

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії і управління
(повна назва)

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

Метод та засоби збору і обробки даних
інтелектуальних приладів обліку енергії

(тема)

Виконав:

студент _____ II курсу, групи _____ СПМ-20-2
Гаврилюк Д. В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____
123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____
Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: _____ доц. Бовчалюк С. Я.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В. о. зав. кафедри ЕОМ

(підпис)

Волк М.О.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту _____ Гаврилюку Дмитру Віталійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метод та засоби збору і обробки даних інтелектуальних приладів обліку енергії

затверджена наказом по університету від “ 24 ” березня 2022 р. № 413 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 травня 2022 р.

3. Вхідні дані до роботи 1) документація по системі Smart Grid; 2) технічна документація інтелектуальних приладів обліку енергії; 3) технічна документація джерел; енергопостачання; 4) документація інструментів HTML,CSS; 5) документація мови програмування Python; 6) документація мови програмування JavaScript; 7) середовище Open Server

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

1) Аналіз поточного стану енергосистеми України і світу

2) Аналіз можливості інтеграції Smart Grid до енергосистеми України

3) Дослідження принципів роботи інтелектуальних приладів обліку енергії

4) Дослідження технології взаємодії приладу обліку енергії зі споживачем

5) Аналіз технологій розробки веб-застосунків

6) Програмна реалізація веб-застосунку

7) Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайд-презентація – 18 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технології розумних мереж Smart Grid	25.03.22-04.04.22	
2	Аналіз роботи інтелектуальних приладів обліку енергії	05.04.22-09.04.22	
3	Дослідження технологій збору і обробки даних приладів обліку енергії	10.04.22-12.04.22	
4	Аналіз технології розробки веб-застосунків	13.04.22-17.04.22	
5	Розробка веб-застосунку	18.04.22-07.05.22	
6	Оформлення матеріалів атестаційної роботи	08.05.22-14.05.22	
7	Подання атестаційної роботи на рецензування	15.05.22-17.05.22	

Дата видачі завдання 28 березня 2022 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Бовчалюк С. Я.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 88 с., 16 рис., 3 дод., 23 джерела.

SMART GRID, РОЗУМНА ЕНЕРГОСИСТЕМА, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРИЛАДИ ОБЛІКУ ЕНЕРГІЇ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ВІДДАЛЕНЕ КЕРУВАННЯ, ВЕБ-ЗАСТОСУНОК.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження методів і технологій збору даних інтелектуальних приладів обліку енергії, а також розробка засобів обробки отриманих даних у контексті технології «Smart Grid».

У ході виконання кваліфікаційної роботи проведено дослідження технологій збору і обробки даних інтелектуальними приладами обліку енергії, визначено місце для безпосередньої реалізації елементів цієї технології на базі веб-застосунку. Виконано аналіз робочих процесів і стабільності роботи системи Smart Grid, розглянуто принцип роботи інтелектуального лічильника та взаємодії з користувачем. Виконано огляд технологій Front-end і Back-end розробки веб-застосунку. Розроблено веб-застосунок для збору і обробки інформації про споживання електроенергії кінцевим споживачем на базі інтелектуального приладу обліку енергії та передачі цих даних на сервер енергокомпанії.

ABSTRACT

Mater's thesis: 88 pages, 16 figures, 3 appendices, 23 sources.

SMART GRID, INTELLIGENT ENERGY SYSTEM, INTELLIGENT ENERGY ACCOUNTING DEVICES, ALTERNATIVE ENERGY SOURCES, REMOTE CONTROL, WEB APPLICATION.

The purpose of the qualification work is to explore the methods and technologies of data collection of intelligent energy meters, as well as the development of data processing tools in the context of «Smart Grid» technology.

During execution of the qualification work the research of technologies of data collection and processing by intelligent energy metering devices was carried out, the place for direct realization of elements of this technology on the basis of web application was determined. The analysis of work processes and stability of work of the Smart Grid system is executed, the principle of work of the smart counter and interaction with the user is considered. An overview of Front-end and Back-end web application development technologies has been performed. A web application has been developed to collect and process information on electricity consumption by the end user on the basis of an intelligent energy metering device and transfer this data to the energy company's server.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	13
1.1 Поняття розумної мережі Smart Grid	13
1.1.1 Переваги впровадження розумної мережі	13
1.1.2 Поточні проблеми та перспективи розвитку Smart Grid в Україні	14
1.2 Принципи функціонування технології інтелектуальної мережі	16
1.3 Іноземний досвід впровадження Smart Grid	17
1.4 Визначення задач кваліфікаційної роботи	19
2 ОГЛЯД ТА ВИБІР МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ	21
2.1 Погляд на розумні лічильники	21
2.1.1 Технології	24
2.1.1.1 Протоколи	25
2.1.1.2 Керування даними	26
2.1.2 Інформаційні системи в управлінні даними Smart Grid	28
2.1.3 Безпека та захист даних	30
2.2 Принцип роботи інтелектуального лічильника та взаємодії з користувачем.	32
2.2.1 Типи контролерів та варіанти передачі показників на сервер	33
2.3 Технології розробки веб-застосунку	35
2.3.1 Front-end розробка	36
2.3.2 Back-end розробка	39
2.3.3 Робота з базою даних	41
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ	44

3.1 Організація зв'язку між клієнтом і сервером	44
3.2 Структура бази даних користувачів та даних лічильників.....	46
3.3 Реєстрація особистого кабінету та авторизація	50
3.4 Механізм роботи сесій у Python	52
3.5 Загальний алгоритм взаємодії кінцевого користувача веб- застосунку із розумним лічильником	53
4 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА	55
ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	611
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	64
ДОДАТОК Б Наукові публікації за темою кваліфікаційної роботи	74
ДОДАТОК В Код веб-застосунку	76
В.1 Головна сторінка.....	76
В.2 Сторінка реєстрації.....	80
В.3 Сторінка налаштувань «Мій профіль».....	84
В.4 Код серверу	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ANSI – Американський національний стандарт для комунальної промисловості (англ., American National Standard for Utility Industry)

ASCII – Американський стандартний код для обміну інформацією (англ., American Standard Code for Information Interchange)

DMS – система управління розподілом (англ., distribution management system)

DN – розподілена мережа (англ., distributed network)

EMS – система енергоменеджменту (англ., energy management system)

ETSAP – програма аналізу систем енергетичних технологій (англ., energy technology systems analysis program)

FACTS – гнучка система передачі змінного струму (англ., flexible AC transmission system)

GPRS – загальна служба пакетного радіо (англ., General Packet Radio Service)

IEC – Міжнародна електротехнічна комісія (англ., the International Electrotechnical Commission)

IED – інтелектуальний електронний пристрій (англ., intelligent electronic device)

IEEE – Інститут інженерів електротехніки та електроніки (англ., Institute of Electrical and Electronic Engineers)

ISO – Міжнародна організація зі стандартизації (англ., the International Organization for Standardization)

ITU-T – Сектор стандартизації телекомунікацій (англ., Telecommunication Standardization Sector)

LAN – локальна мережа (англ., local area network)

LPWAN – малопотужна глобальна мережа (англ., low-power wide-area

network)

MPPT – відстеження точки максимальної потужності (англ., maximum power point tracking)

NIST – Національний інститут стандартів і технологій (англ., National Institute of Standards and Technology)

PMU – одиниця вимірювання фазора (англ., phasor measurement unit)

SCADA – наглядний контроль і збір даних (англ., supervisory control and data acquisition)

TCP/IP – Протокол керування передачею/протокол Інтернету (англ., Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

TOU – час використання (англ., time-of-use)

WAN – глобальна мережа (англ., wide area network)

ІАЦ – інформаційно-аналітичний центр

ІРВ – інфраструктура розширеного вимірювання

ВСТУП

Сучасні електричні мережі України знаходяться у процесі активного розвитку і модернізації. Значна частина електромереж має знос на рівні 80-100%; якісною електроенергією не забезпечено третину користувачів; тривалість відключень на порядок вище, ніж у розвинених країнах; наявні також неприпустимо великі втрати при передачі електроенергії [1]. Проте Україна впевнено прямує до рівня надання енергетичних послуг технічно та економічно розвиненими країнами та рухається у напрямку побудови перспективної інтелектуальної енергетичної системи нового покоління. Головний крок у цьому напрямку вже зроблено – 11 березня 2022 року енергосистеми України та Молдови повністю синхронізовано з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E. Концепція інтелектуалізації електроенергетики має на меті побудову повністю інтегрованої, саморегульованої та самовідновлюваної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні та розподільчі мережі, і всі види споживачів електричної енергії, які керуються єдиною мережею автоматизованих пристроїв у реальному часі [2]. Така концепція отримала загальноприйнятий термін – Smart Grid, що означає «розумна», або «інтелектуальна» електромережа.

Smart Grid – набір технологій, що перетворюють енергетичну інфраструктуру старого типу на сучасну цифрову систему. Тільки з урахуванням розумних мереж можливий розвиток сучасної енергетики. Фактично, це сильно модернізовані мережі з використанням останніх ІТ-рішень. У мережі інтегровані комунікаційні технології, а також технології для збору інформації про виробництво, передачу та споживання електроенергії, ефективного контролю та управління мережею. Smart Grid – основа Smart City – розумного та безпечного міста, про життя в якому мріє кожна сучасна людина.

Розумні лічильники передають дані про споживання електроенергії у режимі реального часу. Вони допомагають споживачеві приймати обґрунтовані рішення про те, скільки енергії використовувати і в який час доби. Смарт-лічильники дозволяють відслідковувати та знижувати споживання енергії в години пікового навантаження (зазвичай, це ранок або вечір). Наприклад, повернувшись додому, споживач зможе підключити електромобіль до зарядки, налаштувавши її так, щоб акумулятор почав заряджатися вночі, коли ціна електроенергії мінімальна. Це ж стосується пральних машин, посудомийок та іншої великої побутової техніки. На більш високому рівні – оператора системи розподілу (у минулому – обленерго) або країни загалом – концепція Smart Grid дозволяє підвищити надійність енергопостачання (наприклад, за рахунок швидкого виявлення аварійних ситуацій або їх запобігання) та енергоефективності системи загалом.

Перші елементи Smart Grid, як багатотарифні лічильники, почали з'являтися ще в 1970 роках. Але концепція не набувала масового поширення через слабкий розвиток телекомунікаційних послуг, які дозволяють обмінюватися інформацією в режимі реального часу. Лише на початку 2000-х на тлі буму мобільного зв'язку та масштабного розповсюдження бездротового інтернету світові енергетичні компанії взялися за її масштабне впровадження.

Сам термін Smart Grid уперше був згаданий у 2003 році. Тоді співробітники Electric Power Research Institute спрогнозували заміну електромеханічних пристроїв енергосистеми на більш оперативне електронне управління. А вже у 2007 році в США у законі «Про енергетичну незалежність та безпеку» з'явилося формальне визначення розумної мережі. Сьогодні найбільш масштабні програми здійснюються у США, Канаді та у всіх країнах Євросоюзу, особливо у Латвії, Італії, Франції, Німеччині. Крім того, прийнято рішення про реалізацію аналогічних проектів і у великих країнах, що розвиваються: Індія, Бразилія, Мексика. До 2020 року 100% оснащення смарт-лічильниками планується в США, Китаї, Бразилії, Японії. В

Україні робота над впровадженням новітніх технологій у національній енергосистемі розпочалася відносно недавно. Наприклад, з 2014 року бельгійська компанія Tractebel займається розробкою та впровадженням низки пілотних технологій та проектів Smart Grid на рівні системного оператора – «Укренерго». Оператори системи розподілу також поступово намагаються запроваджувати елементи розумних електричних мереж. Найактивніше технології впроваджує ДПЕК. Компанія заявила, що активно встановлює розумні лічильники та автоматизує систему електропостачання за допомогою сучасного ПЗ. Це допоможе їй швидше «бачити» аварії і як наслідок – значно швидше їх усувати.

Враховуючи вищевказане, головною метою роботи є дослідження методів і технологій збору даних інтелектуальних приладів обліку енергії, а також розробка засобів обробки отриманих даних у контексті технології «Smart Grid».

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Поняття розумної мережі Smart Grid

1.1.1 Переваги впровадження розумної мережі

Реалізація концепції «розумна енергосистема» (Smart Grid) дозволить у режимі online відслідковувати та контролювати роботу всіх учасників процесу вироблення, передачі та споживання електроенергії, в автоматичному режимі оперативно реагувати на зміни різних параметрів в енергосистемі та здійснювати електропостачання з максимальною надійністю та економічною ефективністю.

Існує безліч визначень поняття «Smart Grid», серед яких можна виділити такі, що найбільш точно відображають її функціональні можливості:

- мережа, що доставляє електроенергію від виробників до споживачів, використовуючи двонаправлені цифрові комунікації, та контролююча пристрої у споживача для збереження енергії, скорочення вартості її споживання та підвищення надійності та прозорості;

- самобалансуюча, самостережувана мережа, що працює з усіма видами генерації (газ, вугілля, сонце, вітер) і доставляє кінцевим споживачам всі види енергії (тепло, світло, гаряча вода) за мінімальної участі людини;

- інтелектуальна мережа розширює за допомогою цифрових технологій розподільну та транспортну мережу для оптимізації поточних операцій та відкриття нових ринків для альтернативної енергетики.

Серед цілей створення інтелектуальної мережі можна виділити наступні:

- збільшення використання цифрових та контролюючих технологій для забезпечення надійності, безпеки та ефективності електричної мережі;

- динамічна оптимізація операцій у мережі із забезпеченням повної інформаційної захищеності;
- розвиток та інтеграція розподіленої генерації, включаючи відновлювані джерела енергії;
- управління попитом, підвищення енергоефективності споживачів;
- використання інтелектуальних технологій для моніторингу стану мережі та управління мережею;
- інтеграція «розумних» приладів обліку та пристроїв споживача;
- розгортання та інтеграція технологій зберігання електроенергії та зняття піків навантаження;
- надання споживачам своєчасної інформації та можливостей управління;
- розробка стандартів взаємодії «розумних» приладів та обладнання, підключеного до мережі, включаючи інфраструктуру управління мережею (Plug&Play);
- ідентифікація та зниження нерозумних та зайвих бар'єрів, що перешкоджають розвитку технологій, практик та послуг у галузі інтелектуальних мереж.

1.1.2 Поточні проблеми та перспективи розвитку Smart Grid в Україні

Розгляд технічного стану електромереж показав, що українська енергосистема застаріла та не витримує новітніх навантажень. Високий рівень зносу головного та допоміжного обладнання енергосистеми та ірраціональний мережевий розподіл навантаження нерідко призводять до аварійних ситуацій та відключень електроенергії. Водночас, в Україні присутній один з найвищих у Європі показників тривалості аварійного відключення – майже 700 хвилин в рік у середньому. У порівнянні з іншими країнами, у Польщі – майже в 4 рази швидше, у Латвії – в 7 разів менше, а у Німеччині – у понад 60 разів.

Таке швидке аварійне відключення відбувається завдяки обладнанню, котрим володіють місцеві енергетичні компанії, яке дає змогу оперативно знаходити аварійну локацію і зазвичай відновити електропостачання автоматичним способом. Ще одним досить значним моментом у роботі системи «розумних лічильників» є можливість ефективної інтеграції електричних станцій на базі регенеруючих енергетичних джерел. Це полягає в боротьбі зі змінами клімату, яку ведуть усі прогресивні та розвинуті країни. Одним із її головних етапів є декарбонізація енергетики, а саме скорочення частини електростанцій, які спалюють газ, вугілля, мазут.

Ефективним методом для запровадження декарбонізації є розвиток зеленої енергетики, а саме сонячної, вітрової та гідроелектричної енергії. Але, вироблення електроенергії цими станціями дуже залежить від погодних умов, отже мінливе у часі, причому, деколи раптово. Оскільки кількість цих станцій вимірюється не в одиницях, а в сотнях і тисячах, управління мережею є складним та потребує такої швидкої реакції, що людина вже не може впоратися з такою кількістю інформації. Але комп'ютер, який використовує дані та засоби автоматизації Smart Grid, здатний швидко реагувати практично на будь-які зміни чи відхилення та забезпечувати безперебійне живлення споживачів електроенергії.

16 мільйонів домогосподарств, які споживають близько 30% усієї електроенергії в Україні, – важливий маховик змін. Щороку в наших домівках стає все більше і більше техніки: від планшетів малого споживання до електроплиток, кондиціонерів, духових печей. Здійснюється перехід до електричного опалення, люди купують електромобілі. Це призводить до збільшення споживання електричної енергії та появи пікових навантажень на мережі навіть у літній час. Хоча раніше цього не було. Поміж цього, частина українських міст у повному відмовилися від централізованого опалення на користь обігріву за рахунок електроприладів. Це стало додатковим випробуванням для електричних мереж та персоналу енергокомпаній, що змушений оперативно реагувати на зміну попиту. Найцікавіше, що сьогодні

будь-який пересічний українець уже може стати активним учасником енергетичної системи. Мається на увазі не тільки споживати електроенергію, а й продавати її до мережі. У який спосіб? Наприклад, встановити сонячні батареї на терасі або на даху будинку. Наразі майже 17 тисяч українських домогосподарств використовують екологічно чисту електроенергію, інвестувавши майже 500 млн. доларів у домашні сонячні електростанції. Українці можуть продавати і заробляти на надлишках електроенергії, що виробляється.

Українське населення споживає тільки третину від наявної електричної енергії. Інші дві треті – це компанії з різних економічних секторів. Зростання споживання електроенергії говорить про виробничий розвиток. Тому реалізація концепції Smart Grid також торкається бізнесменів і підприємців, котрі бажають інвестувати у створення нового заводу в Україні чи розширення існуючої компанії.

Будь-який бізнес страждає від раптового відключення від джерела живлення та довгого очікування повторного підключення. Повноцінне використання Smart Grid підвищує мережеву надійність, забезпечуючи при цьому невідчутний перехід на резервне джерело живлення у разі виходу з ладу основної мережі, а також дозволяє швидко усувати аварійні ситуації та підключати до мережі нові підприємства. В результаті компанії працюватимуть стабільно, приносячи дохід власникам, податки державі та гідну та своєчасну заробітну плату працівникам.

1.2 Принципи функціонування технології інтелектуальної мережі

«Розумна мережа» використовує комп'ютерні технології для покращення зв'язку, автоматизації та підключення різних компонентів електричної мережі. Це дозволяє масову передачу електроенергії, зібраної з кількох генеруючих установок. Це також покращує розподіл, передаючи інформацію від споживачів до трансформаторів і генеруючих установок.

Одним з ключових елементів цієї системи є встановлення розумних лічильників у будинках і на підприємствах. Замінивши традиційні аналогові лічильники, ці цифрові пристрої здатні здійснювати двосторонній зв'язок – передавати інформацію про попит і пропозицію між виробниками та споживачами.

Дані, зібрані за допомогою розумних лічильників, також мають важливе значення для функціонування розумної мережі. Аналізуючи ці дані, електростанції можуть краще прогнозувати періоди пікового попиту та реагувати на них. Це дозволяє їм скорочувати виробництво, коли потрібно менше електроенергії, і швидко нарощувати виробництво, коли наближаються пікові періоди. Використовуючи потужність комп'ютерів, комунікацій та технологій аналізу даних, інтелектуальна мережа покращує гнучкість та ефективність традиційної мережі та відкриває нові можливості для більш переривчастих методів генерації, таких як вітер та сонце, та нові навантаження на мережу, як на електромобілі.

1.3 Іноземний досвід впровадження Smart Grid

Поміж світовими державами масштаби, напрями, інтенсивність та темпи перетворень в електроенергетиці різні. Вони визначаються ступенем різноманітності елементів енергосистеми, можливістю об'єднання в єдину енергосистему малих і великих джерел енергії, у тому числі нетрадиційних та інших факторів.

У 2003 р. концепція Smart Grid в Сполучених Штатах Америки стала важливою частиною національної стратегії розвитку електроенергетики держави у XXI ст., а в 2009 р. президент Сполучених Штатів оголосив про програму розвитку енергетичних систем наступного покоління, у тому числі мереж та комплектуючих, підтримка розвитку технологій «розумних енергетичних систем» [3].

У Сполучених Штатах Америки за програмою енергосистеми нового

покоління планують забезпечити:

- можливість використання усіх наявних джерел енергії – як традиційні, так і альтернативні та стимулювання розвитку відновлювальних джерел;
- оптимізація витрат на обслуговування та управління системою для підвищення якості та надійності електропостачання;
- здатність системи швидко реагувати на надзвичайні ситуації та можливість самостійного ремонту;
- підтримку розвитку ринку електроенергії;
- активізацію участі споживачів в управлінні власним споживанням електроенергії [4].

Інститут енергетичних досліджень США оцінює доповнювачі компаній, орієнтованих на електроенергію, у 1,8 мільярда доларів до 2020 року за рахунок створення більш ефективної та надійної мережі [5].

Європейський Союз вирішує проблему перебудови в енергетиці шляхом створення відповідних технологічних платформ (ТП) як комунікаційного інструменту та середовища для реалізації інноваційних проектів технологічного розвитку. Місія відповідних технологічних платформ – об'єднання зусиль держави, науки та бізнесу для вирішення масштабних технологічних проблем реструктуризації та модернізації енергетичної сфери ЄС [6]. У 2004 році на міжнародній конференції з інтеграції відновлюваних джерел енергії була висунута ідея створення Європейської технологічної платформи для мережі майбутнього (ETREM). Ініціаторами виступили представники галузі. Згодом до процесу створення технологічної платформи залучилися національні та європейські органи влади. ETREM отримав підтримку від п'ятого та шостого енергетичних кластерних програм Європейського Союзу. У результаті понад 100 європейських компаній і дослідницьких центрів об'єдналися для досягнення цієї мети.

У Китайській Народній Республіці концепція розумних енергетичних систем розвивається у напрямку трансформації базової структури

енергетичних систем, тобто великих електростанцій і мереж постачання електроенергії. Планується інтенсивний розвиток широкомасштабних систем моніторингу режимів та управління режимами роботи системи. Для цього планують встановити нові прилади на всіх станціях потужністю понад 300 МВт та на всіх підстанціях 500 кВ і вище. Державна енергетична корпорація Китаю запропонувала план розвитку розумних мереж, який включає три етапи:

- 2009-2010 рр. – планування та експериментальні проекти;
- 2011-2015 рр. – комплексне будівництво;
- 2016-2020 рр. – досягнення лідерських позицій і підвищення функціональності. На цьому етапі має бути повністю побудована єдина стійка та ефективна розумна енергетична мережа, а технології та обладнання мають досягти найвищого світового рівня. У Китаї розпочато активні дослідження в галузі інтелектуальних мереж електропостачання. Обленерго країни проводять попередні роботи та дослідження в галузі інтелектуальних мереж електропостачання [7].

1.4 Визначення задач кваліфікаційної роботи

Як було показано вище сучасна технологія інтелектуальних мереж Smart Grid має суттєві переваги у порівнянні з класичною, а навіть можна назвати її і вже застарілою, архітектурою енергосистем, що існують, наприклад, в Україні, Молдові, Білорусі, тощо. Іноземний досвід впровадження Smart Grid дозволяє стверджувати, що саме у напрямку реалізації подібної технології потрібно рухатись енергетиці України. У той же час ще далеко не всі методи, засоби і технологічні рішення Smart Grid є остаточно реалізованими, можна навіть напевно стверджувати, що значна частина з них є у фазі проектування, або попереднього тестування і випробування.

У зв'язку із зазначеним актуальною є розв'язання науково-прикладної

задачі дослідження методу та засобів збору і обробки даних інтелектуальних приладів обліку енергії. Відповідно до зазначеної мети необхідно розв'язати наступні часткові завдання дослідження:

- виконати дослідження технологій збору і обробки даних інтелектуальними приладами обліку енергії;
- виконати аналіз робочих процесів і стабільності роботи системи Smart Grid;
- розглянути принцип роботи інтелектуального лічильника та взаємодії з користувачем;
- виконати огляд технологій розробки веб-застосунку;
- виконати практичну розробку веб-застосунку, як засобу для обробки інформації показників розумних лічильників.

2 ОГЛЯД ТА ВИБІР МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕРЕЖ

2.1 Погляд на розумні лічильники

Розумний лічильник – це загальне поняття, яке можна застосовувати до електронного пристрою, який реєструє споживання електричної енергії, тепла або води, додатково нараховуючи показники за часом доби (електрика) або температурою та обсягом енергії (гаряча вода, центральне опалення), кожної години або частіше, і надсилає інформацію провайдеру не рідше одного разу на день для відстеження та виставлення рахунків [8]. Як правило, термін «розумний лічильник» відноситься до лічильника електроенергії, тому що його найпростіше впровадити та встановити на існуючих лініях інфраструктури; однак можуть використовуватись лічильники тепла та гарячої води. Інтелектуальні лічильники забезпечують можливість двостороннього зв'язку між центральною системою та лічильником, причому в деяких випадках доступ до такої бази даних для абонента може здійснюватись через Інтернет або мобільний телефон. На відміну від домашніх лічильників електроенергії інтелектуальні лічильники можуть збирати дані для віддаленої звітності. Тому передова інфраструктура обліку відрізняється від традиційної автоматизованої системи обліку комерційної електроенергії (АСКОЕ) тим, що забезпечує двосторонній зв'язок із лічильником.

Крім того, розумні лічильники можуть забезпечити зворотній зв'язок щодо споживання енергії, близький до реального часу, і дозволити зацікавленим споживачам краще керувати своїм використанням, економити енергію та зменшувати свої рахунки.

Для споживачів, які бажають активніше брати участь на ринку електроенергії, самостійно або за допомогою сервісної компанії, розумні

лічильники можуть запропонувати ще більше. Вони дозволяють їм адаптувати споживання енергії до різних цін на енергію протягом дня, дозволяючи їм споживати більше в періоди нижчих цін і заощаджувати гроші на своїх рахунках за електроенергію.

Розумні лічильники також актуальні для тих, хто виробляє електроенергію, наприклад, від сонячної панелі, встановленої на їх даху. За допомогою розумного лічильника вони можуть виміряти електроенергію, яку їх домогосподарство постачає до мережі, і передати цю постачання керівнику мережі.

Відповідно, завдяки розумному вимірюванню оператори мережі отримують краще уявлення про те, що відбувається в цій частині мережі. Таким чином, вони можуть краще планувати свої інвестиції та керувати своєю інфраструктурою, щоб відповідати вимогам своїх клієнтів, а отже зменшити витрати на експлуатацію та обслуговування мережі, які в кінцевому підсумку несуть споживачі через мережеві тарифи.

Щоб забезпечити виконання на всіх цих фронтах, розумні лічильники повинні бути оснащені належними функціональними можливостями, як зазначено в Директиві щодо електроенергії (ЄС) 2019/944. Більше того, національні органи влади повинні уважно стежити за тим, щоб вони отримували максимальну віддачу від цієї значної інвестиції, і щоб встановлювані ними системи інтелектуального обліку служили системі в цілому та приносили переваги та задоволення як споживачам, так і підприємствам [9].

Розумні лічильники можуть надавати підтримку для дистанційної діагностики, динамічного ціноутворення, сповіщення про несанкціоноване втручання, аналізу споживання тощо. Це означає що, по-перше, він створює те, чого не існувало з моменту створення мережі: базу поінформованих споживачів. Люди можуть проаналізувати власне споживання енергії настільки детально, скільки забажають, а потім регулювати кількість, спосіб і час, протягом яких використовуються пристрої з високим навантаженням.

Навіть сьогодні більшість споживачів не знають, що для постачальників комунальних послуг вартість кВт·год вища під час пікового попиту – адже електроенергія традиційно виставляється за фіксованою ставкою. Пропонуючи динамічне ціноутворення на основі попиту на електроенергію в режимі реального часу, електричні компанії створюють можливості для клієнтів значно знизити свої рахунки за електроенергію за допомогою простих змін, наприклад, використання сушарки для білизни в непікові години. Крім того, подібні зміни призводять до зменшення або «згладжування» піків попиту протягом дня, що може ще більше знизити витрати на електроенергію.

У двокристальному рішенні основні метрологічні функції приладу реалізовані як окремий функціональний блок, тобто мікросхема лічильника енергії. Існує багато можливих причин для вибору цієї архітектури; наприклад, метрологічне мікропрограмне забезпечення може вимагати ізоляції та певної кваліфікації. Активна потужність визначається за допомогою трансформатора струму, як правило, котушки Роговського, який потім забезпечує аналогові вимірювання потужності лічильника енергії. Як правило, АЦП дельта-сигма (аналого-цифрові перетворювачі) в мікросхемі лічильника енергії виконують аналого-цифрове перетворення. Чіп також відстежує споживання енергії, передаючи дані в процесор програми, і, можливо, надає додаткові функції, такі як попереднє посилення та виявлення несанкціонованого доступу.

Процесор програми забезпечує значну кількість енергонезалежної пам'яті, потужності обробки та параметрів підключення, необхідних для реалізації більшості «розумних» функцій розумного лічильника, таких як аналіз споживання, динамічне ціноутворення та інші функції реагування на попит. Усі розумні лічильники мають можливість двостороннього зв'язку з комунальним підприємством, будь то за допомогою зв'язку лінії електропередачі (PLC), бездротових мережевих мереж Zigbee, RS-485 або певної комбінації комунікаційних технологій. Вибір каналу(ів) зв'язку та

методу зчитування лічильників часто диктується вартістю, яка значною мірою залежить від існуючої інфраструктури та місцевих правил даного регіону [10].

2.1.1 Технології

Комунікація є важливою проблемою для всіх технологій інтелектуального вимірювання.

Кожен лічильник повинен безпечно та надійно передавати зібрану інформацію з деякими центральними установами. Через місця і умови ймовірного встановлення лічильників проблема може бути складною. В якості запропонованих рішень: стільникові пейджингові мережі, супутниковий зв'язок, радіоканал в діапазоні частот, що підлягає ліцензуванню, комбінація каналів у діапазонах частот, що підлягають ліцензуванню, та діапазонів частот, що не підлягають ліцензії, зв'язок до ліній електропередач. Вирішальне значення має не тільки середовище спілкування, а й тип мережі. Можливі фіксована бездротова мережа, мережеві мережі та їх комбінація, включаючи Wi-Fi та інші мережі, пов'язані з Інтернетом. Сьогодні здається, що оптимального варіанту для всіх випадків не існує. Умови в сільській місцевості відрізняються від міських, а важкодоступні місця в гірських районах, як правило, погано охоплені бездротовими мережами та провайдерами.

Окрім комунікації із зовнішньою мережею розумні лічильники можуть бути частиною домашньої мережі, що містить у собі обладнання комунікації та дисплей дисплей задля забезпечення зв'язку інших розумних лічильників із зовнішньою мережею. Технології домашньої мережі відрізняються від країни до країни, але включають потужність і ZigBee.

2.1.1.1 Протоколи

ANSI C12.18 – це стандарт, прийнятий Американським національним інститутом стандартів, який описує протокол двонаправленого зв'язку з трансптичним портовим вимірником ANSI типу 2 та визначає низькорівневі деталі протоколу. Він використовується переважно на ринках Північної Америки. ANSI C12.19 визначає таблиці даних, що використовуються. ANSI C12.21 є розширенням C12.18, що визначає використання модемів замість оптичного зв'язку, тому він більше підходить для автоматичних зчитувань.

У Європі для показань використовуються протоколи під назвою Meter-Bus.

IEC 61107 визначає протокол зв'язку з розумними лічильниками, опублікований Міжнародною електротехнічною комісією. та є досить поширеним в ЄС. IEC 61107 був замінений IEC 62056, але все ще використовується через простоту. Він включає надсилання даних у кодї ASCII через послідовний порт. Фізичним середовищем поширення сигналу може бути світло, що випромінюється світлодіодом і приймається фотодіодом, або пара провідників, в яких електричний сигнал модулюється EIA-485. Протокол напівдуплексний. IEC 61107 пов'язаний із протоколом FLAG, з яким його часто плутають. Ferranti та Landis + Gyr були одними з перших прихильників стандарту інтерфейсу, який зрештою став підмножиною IEC1107.

Open Smart Grid Protocol (OSGP) – це сімейство специфікацій, опублікованих Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI), які використовуються в поєднанні з ISO/90, інтелектуальними лічильниками та додатками в інтелектуальних енергосистемах. Мільйони розумних лічильників, що використовують OSGP, встановлені в усьому світі. Протокол OSGP виявив численні недоліки безпеки.

В даний час спостерігається тенденція до використання технології TCP/IP як загальної платформи комунікацій для додатків інтелектуальних

лічильників, тому компанії розгортають мультикомунікаційні системи, що використовують IP-технологію як загальної платформи управління. Універсальний інтерфейс для зчитування відбитків повинен дозволити розробляти та серійно виробляти інтелектуальні лічильники та пристрої для інтелектуальних енергосистем до встановлення біржових стандартів. Потім можна легко додати або замінити відповідні комунікаційні модулі. Це знизить ризик інвестування в невдалий стандарт і дозволить використовувати єдиний продукт у всьому світі навіть за наявності регіональних відмінностей у стандартах зв'язку.

Деякі розумні лічильники можуть використовувати для тестування інфрачервоний світлодіод, який передає незашифровані дані користувача і обходить тим самим систему захисту лічильника у реальному часі.

2.1.1.2 Керування даними

Іншою важливою технологією для систем інтелектуальних лічильників є інтеграція мереж інтелектуальних лічильників на основі постачальників, включаючи виставлення рахунків. Це включає в себе систему управління даними.

Для впровадження розумних мереж також важливо, щоб технології мережевого зв'язку, які використовуються в домашній мережі, були стандартизованими та сумісними. Контрактна мережа дозволяє системам HVAC та іншим приладам зв'язуватися з розумним лічильником і провайдером. В даний час розроблено кілька вузькосмугових і широкосмугових стандартів, які несумісні один з одним. Щоб виправити цю ситуацію, NIST створив групу PAP15, яка вивчатиме та рекомендуватиме механізми співіснування з метою гармонізації стандартів зв'язку домашньої мережі. Метою групи є забезпечення того, щоб технології мережевих комунікацій, обрані для побудови домашніх мереж, могли принаймні співіснувати. Дві обрані технології мережі – HomePlug AV/IEEE 1901 і ITU-T

G.hn. Робочі групи цих організацій працюють над розробкою прийнятних механізмів співіснування. Альянс HomePlug Powerline Alliance розробив новий стандарт для домашнього зв'язку по лінії електропередачі під назвою HomePlug Green PHY. Він сумісний і може співіснувати з широко використовуваним HomePlug AV і новим стандартом IEEE 1901 і заснований на широкосмуговій технології OFDM. ITU-T представив у 2010 році новий проект під назвою G.hnem для управління живленням в домашніх мережах на основі існуючих низькочастотних і вузькосмугових технологій OFDM.

Проект Google PowerMeter до закриття у 2011 міг використовувати лічильники для відслідковування споживання електроенергії.

Розумні мережі мають свої особливі переваги та зміни, які зачіпають сектор систем інформаційно-комунікаційних технологій. Ці нові зміни включають:

- нові форми інформаційного потоку, що надходять з електричної мережі;
- нові гравці, як децентралізовані виробники відновлюваної енергії, споживачі та залучені споживачі;
- нові види використання, пов'язані з DER, такі як електромобілі та підключені будинки;
- нове комунікаційне обладнання, таке як розумні лічильники, датчики та точки дистанційного керування.

Ці зміни принесуть величезну кількість інформації операторам та адміністраторам мереж через багато змінних, пов'язаних із виробництвом, розподілом та споживанням енергії. Розумні мережі розглядаються як конкретне рішення для одночасних змін, що зачіпають сектор електроенергетики, і вони допомагають ефективній інтеграції всієї мережі. Отже, оскільки розумні мережі забезпечують високу інтеграцію електричної мережі від виробництва до споживання, очікується, що через них буде проходити велика кількість даних. Ці дані не сортуються, як у звичайних мережах, які, наприклад, мають загальне споживання одного лічильника в

місяць. Завдяки такій функції, як розумний лічильник, який можна налаштувати на надсилання споживчих показань кожні 15 хвилин, розумні мережі отримують більші обсяги даних за встановлений час, що означає більше інформації для сортування з вищими порогоми аналізу. Ось чому потрібне управління даними; інтелектуальні мережі повинні мати справу з високошвидкісними даними, ємністю зберігання та розширеною аналітикою даних.

2.1.2 Інформаційні системи в управлінні даними Smart Grid

Це компоненти розумних мереж, які взаємодіють для масштабованості та гнучкості мережі. Вони контролюють і завантажують дані з поля, а потім використовують їх для отримання значень і розуміння стану ліній, обладнання, споживання енергії тощо. В інформаційній системі є кілька компонентів.

Наглядний контроль та збір даних (англ. Supervisory control and data acquisition, SCADA) – це безпечна та надійна система програмних та апаратних елементів, що використовуються для моніторингу контролю в мережі. Система контролює процеси розподілу енергії, відстежує та збирає дані в режимі реального часу, веде записи подій і взаємодіє з пристроями через людино-машинний інтерфейс. SCADA також може застосовуватися в таких промислових секторах, як енергетика, нафта і газ, транспортування та переробка. Ці системи є важливими, оскільки вони допомагають підтримувати ефективність, обробляють дані більш інтелектуально та зменшують час простою через системні проблеми.

Розширена інфраструктура вимірювання (англ. Advanced metering infrastructure, AMI) допомагає економити витрати та час, збираючи дані про споживання та виробництво енергії. AMI створює лічильники двостороннього зв'язку між споживачами та операторами комунальних послуг, які дозволяють збирати високочастотні дані про споживання енергії в

інтелектуальних мережах. Це дає операторам комунальних послуг можливість змінювати різні параметри рівня обслуговування для клієнтів і збирати дані про частоту використання та коливання.

Система управління відключеннями (англ. outage management system, OMS) є життєво важливою для мінімізації наслідків та діагностики причин відключень електроенергії, а також підвищення доступності та надійності системи. Ця система здатна відновлювати моделі мережі після відключення. Вони також здатні відстежувати, відображати та групувати збої.

Інформаційна система клієнта (англ. customer information system, IC) необхідна для розвитку та розуміння взаємовідносин між комунальними підприємствами та споживачами. Це повна система управління відносинами з клієнтами, яка допомагає ефективно отримувати інформацію про клієнта. Це допомагає надавати якісні послуги споживачам, використовуючи їх зібрані дані.

Геоінформаційна система (англ. geographic information system, GIS) вважається інструментом візуалізації для збору інформації про мережу, споживачів і технології. Він фіксує, зберігає, перевіряє та відображає, здавалося б, не пов'язані дані про положення на поверхні Землі, що допомагає вирішувати реальні проблеми через розуміння просторових закономірностей.

Система управління реагуванням на попит (англ. demand response management system, DRMS) дає комунальним підприємствам можливість створювати автоматизовані, гнучкі та інтегровані платформи для ефективного та швидкого керування рішеннями реагування на попит. Це критична ланка між стороною реагування на попит в мережі та операторами комунальних послуг. Це допомагає з інтеграцією вкрай необхідного двостороннього зв'язку між споживачами та операторами мережі [11].

2.1.3 Безпека та захист даних

Через неоднорідну архітектуру зв'язку інтелектуальних мереж досить важко розробити складні та надійні механізми безпеки, які можна легко розгорнути для захисту зв'язку між різними рівнями інфраструктури інтелектуальної мережі [12]. Традиційна електромережа нині перетворюється на інтелектуальну мережу. Інтелектуальна мережа поєднує традиційні електромережі з інформаційними та комунікаційними технологіями (ІКТ) [13]. Така інтеграція дає постачальникам та споживачам електроенергії можливість підвищувати ефективність та доступність енергосистеми, постійно відстежуючи, контролюючи та керуючи вимогами споживачів [14].

У систему інтелектуальної електромережі необхідно включити кілька основних цілей безпеки:

- наявність безперебійного живлення відповідно до вимог користувача;
- цілісність переданої інформації;
- конфіденційність даних користувача. Потрібно виділити основні вразливості мережі, різних зловмисників та типи атак, які вони можуть проводити, а також необхідні рішення щодо безпеки;
- профілактичний аналіз, реактивна безпека з використанням реагування на вторгнення та запобігання вторгненням недостатні для критично важливих CPS та подібних інтелектуальних мереж. На відміну від традиційних ІТ-систем, де вплив атаки на критично важливу інфраструктуру може бути руйнівним з погляду збитків та наслідків. Таким чином, потрібно проактивно ідентифікувати потенційні потоки, щоб зменшити поверхню атаки для інтелектуальної мережі та уникнути згубних наслідків;
- автоматизація аналізу безпеки для великих та гібридних систем, таких як інтелектуальні мережі. Рекомендації щодо безпеки інтелектуальних мереж, розроблені NIST, дуже докладні;
- динамічні заходи безпеки (здатність забезпечувати безпеку та

відмовостійкість інтелектуальних мереж за рахунок гнучкості властивостей системи).

Розглянемо основні рішення безпеки для Smart Grid.

Шифрування – процес взяття деякої інформації та її кодування, щоб її не можна було прочитати. При підключенні до Інтернету за допомогою VPN з'єднання шифрується, а це означає, що якщо кіберзлочинці перехоплять потік даних, все, що вони отримають – це нісенітницю. Можна розглядати шифрування як різновид секретного коду.

Аутентифікація. Підтримка аутентифікації та контроль доступу є основними завданнями, коли розпізнання має бути перевірене за допомогою надійних механізмів аутентифікації [15]. Для реалізації аутентифікації «політика неявної відмови» цінна під час отримання доступу до мережі, а також використання політики для надання дозволів на доступ тільки явним користувачам. Використовуючи політику, пропонується рішення безпеки для організації, а використання політики неявної відмови може бути вигідним, тому що окремі користувачі матимуть різні дозволи, котрі надають окремим користувачам, де менеджер може бачити всі додаткові дані, пов'язані з проектами, тоді як персонал має обмежений доступ до даних. Надаючи явний доступ окремим особам в організації знижується ризик злову, а також полегшується ідентифікація користувача, який отримав доступ до мережі. Крім того, використання аутентифікації може бути реалізовано за допомогою протоколів SSL. Проте протоколи можуть піддаватися кібератакам, наприклад, атакам типу «відмова в обслуговуванні». Мережа Smart Grid вимагає більш високої пропускної спроможності для зв'язку, що означає, що методи криптографії можуть використовуватися для аутентифікації. Використання методів криптографії збільшить вартість, хоча вони забезпечують відмінний механізм аутентифікації. Найкраще використовувати систему управління та інженерів з IT-безпеки для спільної роботи та рівноправного захисту інтелектуальної мережі.

Захист від зловмисного програмного забезпечення. Smart Grid потребує

захисту від зловмисного програмного забезпечення, оскільки вбудована система та системи загального призначення, підключені до Smart Grid, повинні бути захищені від кібератак. Для вбудованої системи потрібен ключ виробника, який можна використовувати для захисту продукту для перевірки програмного забезпечення. Основна причина, чому вбудована система безпечна, полягає в тому, що вбудовані системи підтримують лише програмне забезпечення, яке постачається виробником, і для перевірки програмного забезпечення потрібен ключ виробництва, тоді як системи загального призначення підтримують стороннє програмне забезпечення, таке як антивірусне програмне забезпечення [16].

Безпека мережі: віртуальна приватна мережа (VPN) забезпечує додаткову безпеку під час використання загальнодоступної мережі, наприклад Інтернету. VPN використовує різноманітні методи безпеки, такі як шифрування та захист будь-яких даних, оскільки вони можуть бути під загрозою під час використання інфраструктури загальнодоступної мережі. Віртуальні приватні мережі VPN також використовуються для зв'язку, оскільки вони забезпечують йому безпечний шлях.

Оцінка ризиків. Проведення ефективної оцінки ризиків кібербезпеки та впровадження пом'якшення у великих складних мережах та об'єктах, де повний аудит безпеки не може бути здійснений через обмеження часу та потужності, нещодавно призвело до низки розумних рішень.

2.2 Принцип роботи інтелектуального лічильника та взаємодії з користувачем

Лічильник, або прилад обліку ресурсів, – пристрій, що перетворює витрачені воду, газ, тепло та електроенергію на цифри (кубометри, кВт•год). «Нерозумний» лічильник виводить витрати на вбудований індикатор. «Розумний» передає показники через Інтернет.

Вимірювання активної електричної енергії проводиться шляхом

аналогово-цифрового перетворення електричних сигналів, що надходять від первинних перетворювачів сили струму і напруги на вхід вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) мікроконтролера, який перетворює сигнали в послідовність цифрових відліків, та передається іншому мікроконтролеру, який розраховує значення напруги, потужності та активної енергії сумарно і по кожному тарифу.

Контролер забезпечує роботу електронного дисплею, інтерфейсів зв'язку, імпульсних виходів, датчиків відкриття кожуха і клемної кришки лічильника. Для зберігання даних в лічильнику використовується енергонезалежна пам'ять. Контролер може бути вбудований в лічильник (рідше) або зовнішнім пристроєм. У будь-якому випадку його функція – отримувати показники та передавати на сервер. Сервери розміщуються у спеціалізованих дата-центрах, зберігають отримані показники та мають вихід в Інтернет, завдяки чому власники лічильників бачать стан пристроїв обліку на екрані комп'ютера, планшета, смартфона. Так модель «лічильник → контролер → сервер → Інтернет → власник» (рисунок 2.1) робить лічильник розумним.

2.2.1 Типи контролерів та варіанти передачі показників на сервер

Контролер передає показники на сервер дротами (дротові технології), повітрям (бездротові технології) або гібридним способом.

Не применшуючи значення провідних і гібридних методів передачі, слід визнати, що вони – минуле. У промисловості, великих офісах дроти ще доречні, але у житлових будинках – ні.

Бездротові контролери виходять на зв'язок зі світом, використовуючи одну з технологій зв'язку:

- GPRS;
- LPWAN;
- Wi-Fi.



Рисунок 2.1 – Збір показників з лічильника

У GPRS-контролер, як у мобільний телефон, встановлюється SIM-карта. Контролер дротом підключається до лічильників, а на сервер передає показання загальнодоступного стільникового зв'язку. За таким принципом працюють більшість охоронних та пожежних сигналізацій.

Основна ідея LPWAN – зробити передачу даних менш енерговитратною порівняно з GPRS. Для цього постачальники LPWAN-рішень розгортають у районі автоматизованого будинку або кварталу спеціальну вишку для зв'язку домашніх контролерів із сервером. Вишка приймає та передає невеликі обсяги даних, на невисокій швидкості, достатньої для розумних пристроїв. Вона береже енергоресурси контролерів та забезпечує стабільно високий рівень сигналу.

Wi-Fi-контролери, як і будь-які інші, дротом підключаються до лічильників води, газу, тепла та електрики, а на зв'язок з Інтернет виходять через Wi-Fi. Так звичайний лічильник стає Wi-Fi-лічильником. Технологія поєднує в собі переваги двох попередніх:

- завдяки низькому енергоспоживанню, Wi-Fi-контролери чудово працюють на батарейках;

- Wi-Fi-контролер – це персональний побутовий пристрій. Його установку не потрібно узгоджувати із сусідами, керуючою компанією або інженерною службою.

Отже, у багатоквартирних будинках або на промислових підприємствах краще використовувати перший спосіб передачі даних, другий більш доцільний для будинків, що розташовані далеко від міст. Третій спосіб – універсальний за наявності WiFi-роутера.

2.3 Технології розробки веб-додатку

Для створення веб-додатку, в роботі якого буде виконуватись взаємодія клієнта і сервера необхідно дотримуватись єдиних правил опису запитів та відповідей. Протокол передачі даних – це і є набір таких правил. Базовий рівень Інтернету функціонує за допомогою IP (Internet Protocol) та TCP (Transmission Control Protocol), які часто адресуються спільно як TCP/IP. Завдяки ним виконується передача даних у виді спеціальних пакетів обмеженого розміру. IP та TCP зазвичай підтримуються на рівні операційної системи. В даний час використовуються IPv4 і IPv6 – четверта і шоста версія протоколу IP відповідно.

У розробці веб-додатків та самій програмній інженерії є принцип поділу відповідальності між внутрішньою реалізацією та зовнішнім поданням. В результаті цього розробка веб-додатків поділяється на дві частини – «Front-end» та «Back-end».

Front-end – це розробка функціональності та інтерфейсу користувача, що функціонують на клієнтській стороні додатку або веб-сайту. Сюди відноситься все, що користувач бачить, відкриваючи веб-сторінку.

До Front-End-розробки відносять:

- HTML (HyperText Markup Language) – мова розмітки гіпертексту, за

допомогою якої формують структуру веб-сторінки: заголовки, списки, абзаци та ін.;

- CSS (Cascading Style Sheets) – (укр. каскадні таблиці стилів) мова для стилізації зовнішнього вигляду документа, його опису. Завдяки CSS-коду браузер розуміє, як відображати елементи. За допомогою CSS задаються кольори та параметри шрифтів, визначається розташування блоків веб-сайту і т.д. Також він дає можливість виводити один і той же документ в декількох стилях, наприклад, для друку.

Back-end – це програмно-апаратна частина сервісу. Це набір засобів, за допомогою яких відбувається реалізація логіки веб-сайту. Це те, що приховано від очей звичайного користувача, тобто відбувається поза комп'ютера чи браузера. Як тільки користувач вводить запит на сторінці пошуковика та натискає клавішу «Ввести», Front-end закінчується та починається Back-end.

2.3.1 Front-end розробка

HTML (HyperText Markup Language, мова розмітки гіпертексту) - це система верстки, яка визначає, як і які елементи повинні розташовуватися на веб-сторінці. Інформація на сайті, спосіб її подання та оформлення залежать виключно від розробника і тих цілей, які він перед собою ставить [17].

Елементи HTML – це складові HTML-сторінок. За допомогою HTML-конструкцій зображення та інші об'єкти можуть бути вбудовані у візуалізовану сторінку. HTML надає інструменти для створення структурованих документів, що позначають структурну семантику тексту, а саме заголовки, абзаци, списки, посилання, цитати та інші елементи.

HTML реалізує інструменти для:

- створення структурованого документа із зазначенням структурного складу тексту: заголовки, абзаци, таблиці та списки, цитати та ін.;
- створення інтерактивних форм;

- отримання інформації з будь-якої частини мережі Інтернет через гіперпосилання;

- включення в текст зображень, відео, звуку та інших об'єктів.

Стилем або CSS (Cascading Style Sheets, каскадні таблиці стилів) називається набір параметрів форматування, який застосовується до елементів документа, щоб змінити їх зовнішній вигляд [18]. Можливість роботи зі стилями здавна включають в розвинені видавничі системи і текстові редактори, тим самим дозволяючи одним натисканням кнопки надати тексту заданий, заздалегідь встановлений вид. Ще однією перевагою стилів є те, що вони пропонують набагато більше можливостей для форматування, ніж звичайний HTML. CSS являє собою потужну систему, яка розширює можливості дизайну і верстки веб-сторінок.

Призначення CSS – відокремлювати те, що задає зовнішній вигляд сторінки, від її змісту. Якщо документ створено тільки з використанням HTML, то в ньому визначається не тільки кожен елемент, але і спосіб його відображення (колір, шрифт, положення блоку і т. д.). Якщо ж підключені каскадні таблиці стилів, то HTML описує тільки черговість об'єктів. А за все їх властивості відповідає CSS. В HTML досить прописувати клас, не перераховуючи всі стилі кожен раз.

Перерахуємо основні переваги такої технології:

- забезпечує відносно просту і швидку розробку, тому що одного разу створене оформлення можна застосовувати до багатьох сторінок;
- підвищує гнучкість і зручність редагування – досить внести правку в CSS, щоб оформлення змінилося всюди;
- робить код більш простим, знижуючи повторюваність елементів. Його простіше читати програмістам і пошуковим роботам;
- прискорює час завантаження, тому що CSS може кешуватися при першому відкритті, а в наступних зчитуються тільки структура і дані;
- збільшує кількість візуальних рішень для подання вмісту;
- забезпечує можливість легко застосовувати до одного документу різні

стилі (наприклад, створювати адаптовану версію для мобільних пристроїв або спеціальні стилі для людей з вадами зору).

Тобто каскадні таблиці служать не тільки для втілення дизайну, а й кардинально змінюють підхід до сайтобудування, спрощуючи працю розробників і забезпечуючи гнучкість реалізації.

JavaScript (JS) – це невибаглива до ресурсів мова програмування з функціями першого класу, код якої інтерпретується та компілюється під час виконання [19]. Хоча JavaScript насамперед відома як скриптова мова для веб-сторінок, вона також використовується у багатьох небраузерних середовищах на кшталт Node.js, Apache CouchDB та Adobe Acrobat. JavaScript – прототип-орієнтована динамічна мова, що має декілька парадигм та підтримує об'єктно-орієнтований, імперативний та декларативний (тобто функціональне програмування) стилі. Розгорнуте визначення та докладний опис JavaScript читайте за посиланням.

Стандартом для JavaScript є ECMAScript. Станом на 2012 рік усі сучасні браузери вже мали повну підтримку ECMAScript 5.1. Застарілі браузери підтримують щонайменше ECMAScript 3. 17 червня 2015 року ECMA International випустила шосту базову версію ECMAScript з офіційною назвою ECMAScript 2015, яка у попередніх обговореннях йменувалася ECMAScript 6 або ES6. Відтоді стандарти ECMAScript оновлюються раз на рік.

JavaScript використовується для:

- написання сценаріїв веб-сторінок, щоб зробити їх інтерактивними;
- створення односторінкових веб-додатків (React, AngularJS, Vue.js);
- програмування на стороні сервера (Node.js);
- стаціонарні програми (Electron, NW.js);
- мобільні додатки (React Native, Cordova);
- сценарії в прикладному програмному забезпеченні (наприклад, в програмах від Adobe Creative Suite або Apache JMeter);
- всередині PDF-документів тощо.

JavaScript має C-подібний синтаксис, але в порівнянні з мовою C має такі корінні відмінності:

- об'єкти, з можливістю інтроспекції та динамічної зміни типу через механізм прототипів;
- функції як об'єкти першого класу;
- обробка винятків;
- автоматичне приведення типів;
- автоматичне збирання сміття;
- анонімні функції.

2.3.2 Back-end розробка

Python – це інтерпретована, об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з динамічною семантикою. Його високорівневі вбудовані структури даних у поєднанні з динамічним типізацією та динамічним зв'язуванням роблять його дуже привабливим для швидкої розробки додатків, а також для використання в якості мови сценаріїв або склеювання для з'єднання існуючих компонентів разом. Простий, легкий у засвоєнні синтаксис Python підкреслює читабельність і, отже, знижує витрати на обслуговування програми. Python підтримує модулі та пакунки, що сприяє модульності програм і повторному використанню коду. Інтерпретатор Python і велика стандартна бібліотека доступні у вихідній або двійковій формі безкоштовно для всіх основних платформ і можуть вільно поширюватися.

Програмісти часто надають перевагу Python завдяки підвищеній продуктивності, що він забезпечує. Оскільки етапу компіляції немає, цикл редагування-тестування-налагодження наймовірно швидкий. Налагоджувати програми Python легко: помилка або неправильне введення ніколи не призведе до помилки сегментації. Натомість, коли інтерпретатор виявляє помилку, він створює виняток. Якщо програма не вловлює виняток, інтерпретатор друкує трасування стека. Налагоджувач на рівні вихідного

коду дозволяє перевіряти локальні та глобальні змінні, оцінювати довільні вирази, встановлювати точки зупину, переходити через код по рядку і так далі. Налагоджувач написаний на самому Python, що свідчить про інтроспективну силу Python. З іншого боку, часто найшвидший спосіб налагодити програму - це додати кілька операторів print до джерела: швидкий цикл редагування-тестування-налагодження робить цей простий підхід дуже ефективним.

Як і C#, Java та Go, Python має сміттєзбиральне управління пам'яттю, що означає, що програмісту не потрібно впроваджувати код для відстеження та випуску об'єктів. Зазвичай збір сміття відбувається автоматично у фоновому режимі, але якщо це створює проблеми з продуктивністю, ви можете запустити його вручну або повністю вимкнути, або оголосити цілі області об'єктів, звільненими від збирання сміття, як підвищення продуктивності.

Важливим аспектом Python є його динамічність. Усе в мові, включаючи самі функції та модулі, обробляється як об'єкти. Це відбувається за рахунок швидкості (докладніше про це пізніше), але значно полегшує написання високорівневого коду. Розробники можуть виконувати складні маніпуляції з об'єктами лише за допомогою кількох інструкцій і навіть розглядати частини програми як абстракції, які можна змінити за потреби.

Використання Python значних пробілів було названо як одним із найкращих і найгірших атрибутів Python. Відступ у другому рядку нижче призначений не тільки для читабельності; це частина синтаксису Python. Інтерпретатори Python відхилятимуть програми, які не використовують належний відступ для вказівки потоку керування [20].

Open Server Panel – це програмне середовище, створене спеціально для веб-розробників з урахуванням їхніх рекомендацій та побажань.

Даний програмний комплекс включає ретельно підібраний набір серверного програмного забезпечення, а так само неймовірно зручну і продуману керуючу утиліту, яка володіє потужними можливостями з

адміністрування і налаштування всіх доступних компонентів.

OSPanel широко використовується з метою розробки, налагодження та тестування веб-проектів, а також для надання веб-сервісів у локальних мережах. Проект існує вже більше 10 років, він успішно зарекомендував себе як першокласний, простий та надійний інструмент, необхідний кожному веб-майстру.

2.3.3 Робота з базою даних

SQL (Structured Query Language, укр. структурована мова запитів) є стандартною мовою програмування для реляційних баз даних. Незважаючи на те, що він старший за багато інших типів коду, він є найбільш поширеною мовою баз даних.

Оскільки SQL дуже поширений, знання про нього є цінним для всіх, хто займається комп'ютерним програмуванням або використовує бази даних для збору й упорядкування інформації. SQL можна використовувати для обміну даними та керування ними, зокрема даними, які знаходяться в системах керування реляційними базами даних, які включають дані, організовані в таблиці. Кілька файлів, кожен із яких містить таблиці даних, також можуть бути пов'язані між собою загальним полем.

SQL використовується для наступного: зміна структури таблиць та індексів бази даних; додавання, оновлення та видалення рядків даних; отримання підмножин інформації з систем управління реляційними базами даних (RDBMS) – цю інформацію можна використовувати для обробки транзакцій, аналітичних додатків та інших програм, які потребують зв'язку з реляційною базою даних. Запити SQL та інші операції мають форму команд, записаних у вигляді операторів, і об'єднані в програми, які дозволяють користувачам додавати, змінювати або отримувати дані з таблиць бази даних. Таблиця є найпростішою одиницею бази даних і складається з рядків і стовпців даних. Одна таблиця містить записи, і кожен запис зберігається в

рядку таблиці. Таблиці є найбільш використовуваним типом об'єктів бази даних або структур, які містять або посилаються на дані в реляційній базі даних. Інші типи об'єктів бази даних включають наступне: Подання є логічними представленнями даних, зібраних з однієї або кількох таблиць бази даних. Індеси – це таблиці пошуку, які допомагають прискорити функції пошуку в базі даних. Звіти складаються з даних, отриманих з однієї або кількох таблиць, як правило, підмножини цих даних, які вибираються на основі критеріїв пошуку. Кожен стовпець таблиці відповідає категорії даних, наприклад, імені або адреси клієнта, тоді як кожен рядок містить значення даних для стовпця, що перетинається. Реляційні бази даних є реляційними, оскільки вони складаються з таблиць, які пов'язані одна з одною. Наприклад, база даних SQL, яка використовується для обслуговування клієнтів, може мати одну таблицю для імен та адрес клієнтів, а також інші таблиці, які містять інформацію про конкретні покупки, коди продуктів і контакти клієнтів. Таблиця, яка використовується для відстеження контактів клієнтів, зазвичай використовує унікальний ідентифікатор клієнта, який називається ключем або первинним ключем, щоб посилатися на запис клієнта в окремій таблиці, яка використовується для зберігання даних клієнтів, таких як ім'я та контактна інформація. SQL став де-факто стандартною мовою програмування для реляційних баз даних після того, як вони з'явилися наприкінці 1970-х і на початку 1980-х років.

PhpMyAdmin – це додаток, який написаний на PHP та забезпечує повноцінну, в тому числі віддалену, роботу з базами даних MySQL через браузер [21]. Так як phpMyAdmin дозволяє в багатьох випадках обійтися без безпосереднього введення команд SQL, то робота з базами даних стає цілком посильним завданням навіть для людини, досить поверхово знайомою з MySQL.

Активне використання MySQL в веб-програмуванні зумовило його актуальність, а інтуїтивно зрозумілий інтерфейс в сукупності з широкою функціональністю і підтримкою понад 60 мов забезпечило йому

популярність серед веб-розробників.

У зв'язку з підтримкою ініціативи GoPHP5, для роботи з phpMyAdmin 3.x.x потрібні встановлені MySQL 5 і PHP 5.2. Для використання більш старих версій MySQL і PHP, розробники до сих підтримують 2.x.x гілку phpMyAdmin.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ

3.1 Організація зв'язку між клієнтом і сервером

HTTP найчастіше використовується з клієнтом веб-браузера (наприклад, Chrome, Safari або Edge) і веб-сервером, що працює на комп'ютерній системі, розташованій десь в Інтернеті. HTTP також підтримує багато інших веб-програм і служб.

На рисунку 3.1 зображено схему обміну даними між клієнтом та сервером.

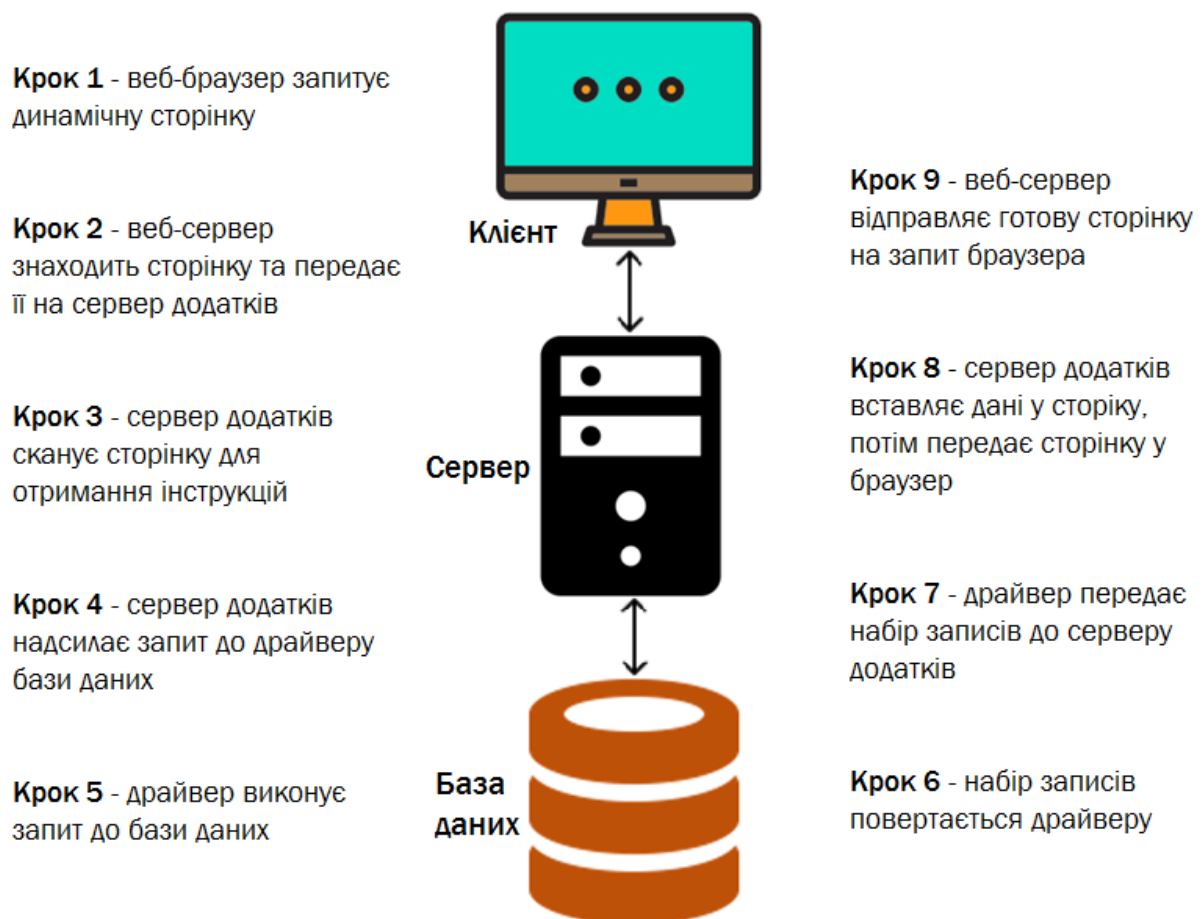


Рисунок 3.1 – Схема обміну даними між клієнтом та сервером

Всесвітня павутина використовує HTTP для зв'язку між веб-клієнтами та серверами – запити на веб-сторінки, оновлення веб-ресурсів, статус запитів тощо. Протокол HTTP визначає, як веб-клієнт і сервер взаємодіють один з одним. Він детально визначає запити, які клієнт може запитувати до сервера, а також те, як сервер повинен відповідати. Це охоплює синтаксис дозволених комунікацій – по суті, дозволені граматичні правила та семантику цих комунікацій, а також передбачуване значення запитів і відповідей. Це також визначає можливості, доступні веб-клієнтам під час взаємодії з веб-серверами.

У моделі клієнт-сервер клієнт завжди ініціює запити сервера. У веб-додатках веб-браузер зазвичай є клієнтом, а веб-сервер – сервером. Наприклад, браузер може запитати «Надішліть мені веб-сторінку <http://anysite.com/learn>». Потім сервер надсилає відповідну відповідь, наприклад, «Ось HTML для цієї веб-сторінки. Удачі!» або, як альтернатива, «Ця сторінка не існує, вибачте». Запити та відповіді адресуються відповідним ресурсам і передаються як документи HTML через TCP/IP.

Запит GET передає дані в URL у вигляді пар «ім'я-значення» (іншими словами через посилання), а запит POST передає дані в тілі запиту (докладно показано в прикладах нижче). Ця різниця визначає властивості методів та ситуації, що підходять для використання того чи іншого HTTP методу.

Сторінка, створена методом GET, може бути відкрита повторно багато разів. Така сторінка може бути кешована браузерами, проіндексована пошуковими системами та додана в закладки користувачем. З цього випливає, що метод GET слід використовувати для отримання даних від сервера і не бажано у запитах, які передбачають внесення змін до ресурсу.

Наприклад, можна використовувати метод GET у HTML формі фільтра товарів: коли потрібно, виходячи з даних, введених користувачем, переправити його на сторінку з відфільтрованими товарами, що відповідають його вибору.

Запит, виконаний методом POST, навпаки слід використовувати у

випадках, коли потрібно вносити зміну ресурсу (виконати авторизацію, відправити форму оформлення замовлення, форму зворотного зв'язку, форму онлайн заявки). Повторний перехід за кінцевим посиланням не викликає повторної обробки запиту, оскільки не міститиме переданих раніше параметрів. Метод POST має більший рівень захисту даних, ніж GET: параметри запиту не видно користувачеві без використання спеціального ПЗ, що дає методу перевагу при пересиланні конфіденційних даних, наприклад, у формах авторизації.

HTTP метод POST підтримує тип кодування даних `multipart/form-data`, що дозволяє передавати файли.

Також слід відмітити, що методи можна комбінувати. Тобто, при необхідності ви можете надіслати POST запит на URL, що має параметри GET.

3.2 Структура бази даних користувачів та даних лічильників

Система показу інформації інтелектуальних приладів обліку енергії служить для зберігання та показу необхідної інформації щодо створення особистого кабінету користувача, для зберігання введених даних та задля зберігання інформації по тарифам, споживанню, показникам тощо. Ця база даних була реалізована за допомогою реляційної моделі даних, котра використовує систему управління базами даних MySQL.

Реляційна база даних - це набір даних із заздалегідь визначеними між ними зв'язками. Вони організовані як набір таблиць, які складаються із рядків та стовпців. У таблицях зберігається інформація про об'єкти, представлені у базі даних. Кожен стовпець таблиці зберігає певний тип даних у кожній комірці: значення атрибута. Кожен рядок таблиці являє собою набір значень, пов'язаних з одним об'єктом або сутністю. Кожен рядок таблиці може бути позначений унікальним ідентифікатором, так званим первинним ключем, а рядки з кількох таблиць можуть бути пов'язані за допомогою зовнішніх

ключів (приклад на рисунку 3.2). До цих даних можна отримати доступ багатьма способами, і немає необхідності реорганізувати таблиці бази даних. У цій кваліфікаційній роботі було використано систему управління базами даних PhpMyAdmin.

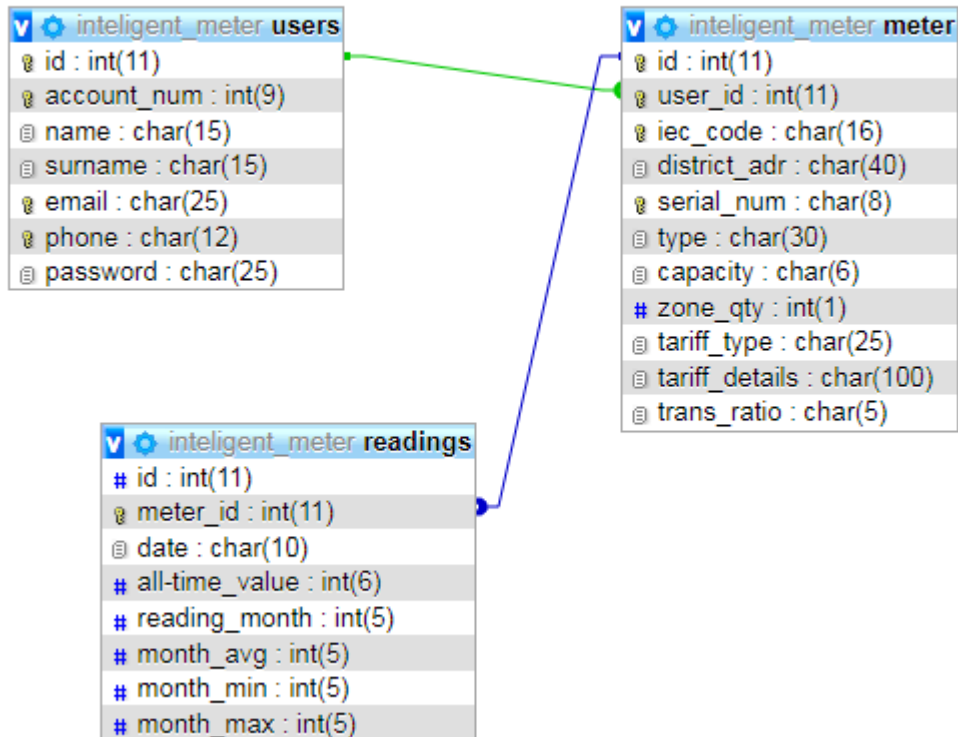


Рисунок 3.2 – Приклад реляційної бази даних

У реляційних базах даних таблиця – це набір елементів (значень) даних, які організовані за допомогою моделі вертикальних стовпців (з різними назвами) та горизонтальних рядків. У таблиці є певна кількість стовпців, тоді як кількість рядків може відрізнятися в різний час. Кожен рядок ідентифікується спеціальним набором стовпців, який називається потенційним ключем.

Словник даних складається з типів записів (таблиць), створених у базі даних за допомогою файлів команд, сгенерованих системою, пристосованих

для кожної підтримуваної back-end СУБД. Таблиці-словники є основою для таблиць сутності. Таблиці сутності, або субстанційні таблиці – це головні таблиці баз даних, котрі містять динамічну інформацію. Вони не містять інформаційних полів з іменами, проте містять тільки ключі, які вказують на поля таблиць словників. Тобто користувач, який заповнює таблицю сутності, вказує лише ключові значення. І в майбутньому інформація з бази даних буде витягнута з таблиці сутності, яка буде адресуватись до таблиці-словника для пояснення ключа.

«USERS» – головна таблиця сутностей бази даних, що відповідає за реєстрацію та авторизацію користувачів у веб-додатку. Вона містить персональні дані, а саме: ім'я, прізвище, електронну адресу, номер телефону, пароль. За допомогою цієї таблиці формується особистий кабінет користувача. На рисунку 3.3 проілюстровано таблицю «Users», що містить у собі всі поля таблиці.

id	account_num	name	surname	email	phone	password
int(11)	int(9)	char(15)	char(15)	char(25)	char(12)	char(25)

Рисунок 3.3 – Таблиця користувачів «Users»

Значення стовпців таблиці:

- ID – унікальний номер запису в таблиці, ідентифікуючий особу. Такий стовпець існує у всіх таблицях баз даних, адже виконує однакове обов'язкове навантаження. Полю призначається властивість первинного ключа;

- ACCOUNT_NUM – номер особового рахунку, якому призначається властивість унікального ключа, тому що номер є неповторним;

- NAME – ім'я користувача;
- SURNAME – прізвище користувача;
- EMAIL – електронна адреса користувача, якій призначається властивість унікального ключа, адже електронна адреса не може повторюватись у різних користувачів, тобто є індивідуальною;
- PHONE – телефон користувача, якому також призначається властивість унікального ключа, адже не може повторюватись;
- PASSWORD – пароль користувача для входу в особистий кабінет.

Таблиця «METER» – основна таблиця сутностей бази даних. Вона відповідає за зберігання даних про встановлений лічильник. Ця таблиця містить фото користувача, утворений номер посвідчення особи та дані з таблиці про батьківські дані. Відповідно на рисунку 3.4 зображено таблицю «Meter».

Column Name	Data Type
id	int(11)
user_id	int(11)
iec_code	char(16)
district_adr	char(40)
serial_num	char(8)
type	char(30)
capacity	char(6)
zone_qty	int(1)
tariff_type	char(25)
tariff_details	char(100)
trans_ratio	char(5)

Рисунок 3.4 – Таблиця «Meter»

Визначення стовпців таблиці:

- ID – оригінальний номер запису в таблиці, унікальний ключ;
- USERID – користувач, до якого відносяться введені дані;
- IEC_CODE – унікальний ІЕС-код приладу обліку енергії;
- DISTRICT_ABR – адреса точки обліку;
- SERIAL_NUM – унікальний серійний номер лічильника;

- TYPE – тип лічильника;
- CAPACITY – розрядність лічильника;
- ZONE_QTY – кількість зон;
- TARIFF_TYPE – тип тарифу;
- TARIFF_DETAILS – деталі по тарифу;
- TRANS_RATIO – коефіцієнт трансформації.

Таблиця «READINGS» відповідає за збереження інформації по показникам лічильника. Таблицю продемонстровано на рисунку 3.5.

The image shows a screenshot of a database table definition for 'intelligent_meter_readings'. The table has the following columns and data types:

Column Name	Data Type
id	int(11)
meter_id	int(11)
date	char(10)
all-time_value	int(6)
reading_month	int(5)
month_avg	int(5)
month_min	int(5)
month_max	int(5)

Рисунок 3.5 – Таблиця даних лічильника «Readings»

Визначення символів таблиці:

- ID – оригінальний номер запису в таблиці, оригінальний ключ;
- DATE – дата внесення показників;
- ALL-TIME_VALUE – показник споживання за весь час на дату;
- READING_MONTH – показник споживання за конкретний місяць;
- MONTH_AVG – середньомісячний показник споживання;
- MONTH_MIN – найнижче значення місячного показника;
- MONTH_MAX – найвище значення місячного показника споживання.

3.3 Реєстрація особистого кабінету та авторизація

Перед виконанням будь-яких операцій необхідна реєстрація. Для здійснення реєстрації особистого кабінету у веб-застосунку задіяно перевірку

вхідних даних за допомогою регулярних виразів.

Регулярні вирази – набори символів, що застосовуються для пошуку текстових рядків, відповідних необхідним умовам. Результат застосування регулярного виразу – підмножина даних, відібрана згідно з логікою, закладеної у вираженні [22]. Регулярні вирази застосовуються в будь-яких завданнях з пошуку в множині даних, для яких потрібно отримувати витримки за певними правилами.

Під час реєстрації введені дані перевіряються на коректність, після цього на сервері проходять нову перевірку – на неповторність введених даних. Такими даними номери телефону, адреси електронної пошти, тобто всі поля, котрі є унікальними ключами. Після успішного збереження даних базою даних сервер проводить переадресацію користувача на сторінку особистого кабінету після успішної реєстрації. В іншому випадку користувач отримує повідомлення про помилку. Схему передачі даних при реєстрації показано на рисунку 3.6.

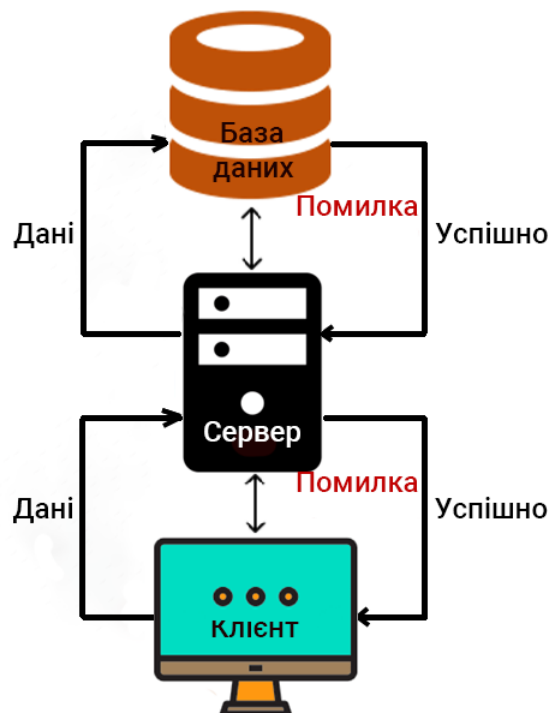


Рисунок 3.6 – Схеми реєстрації користувача

Авторизація – надання певній особі або групі осіб прав на виконання певних дій, а також процес перевірки (підтвердження) даних прав при спробі виконання цих дій. Авторизація проходить після реєстрації.

3.4 Механізм роботи сесій у Python

Сесія використовується для тимчасового зберігання та передачі інформації з однієї сторінки на іншу (поки користувач не закриє веб-сайт). У разі використання файлів cookie інформація зберігається на комп'ютері користувача, але у випадку сеансу інформація не зберігається на комп'ютері користувачів.

Змінні сесії зберігають інформації користувача, яка використовується на кількох сторінках (наприклад, ім'я користувача, прізвище тощо). За замовчуванням змінні сесії тривають, доки користувач не закриє браузер. Тому, змінні сесії містять інформацію про конкретного користувача та доступні для всіх сторінок в одній програмі.

Об'єкт сесії `requests.Session` дозволяє зберігати певні параметри в запитах до одного сайту. Він також зберігає файли cookie у всіх запитах, зроблених з екземпляра `Session`, та використовуватиме пул з'єднань модуля `urllib3`. Тому, якщо робити кілька запитів до одного і того ж хосту, базове ТСП-з'єднання використовуватиметься повторно, що призводить до значного збільшення продуктивності.

Об'єкт сесії `Session` має всі методи основного модуля API `requests`, здійснюється наступним чином:

```
import requests
sess = requests.Session()
sess.get('https://anysite/cookies/set/sessioncookie/123456789').
```

На рисунку 3.7 показано механізм роботи Python-сесій.

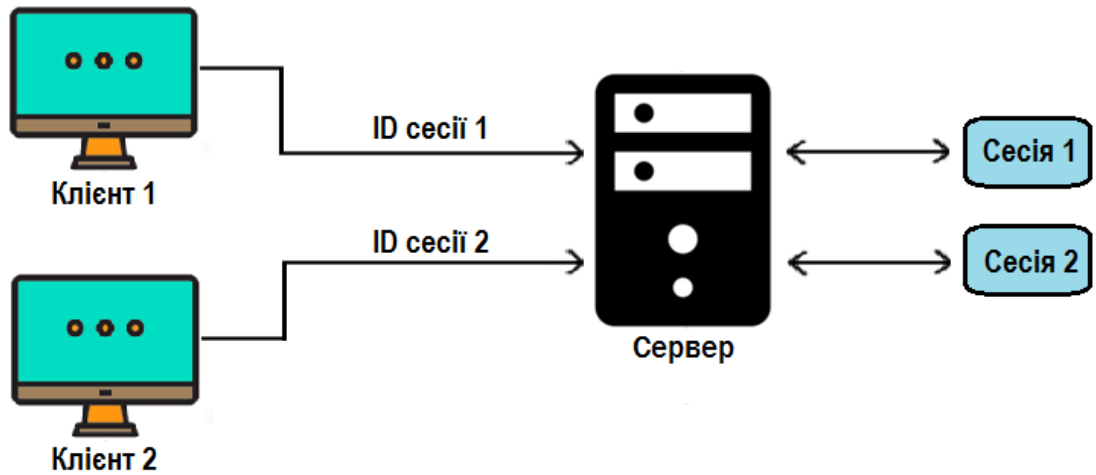


Рисунок 3.7 – Механізм роботи сесій у Python

3.5 Загальний алгоритм взаємодії кінцевого користувача веб-застосунку із розумним лічильником

В загальному вигляді взаємодія користувача з розумним лічильником виглядає наступним чином (рисунок 3.8):

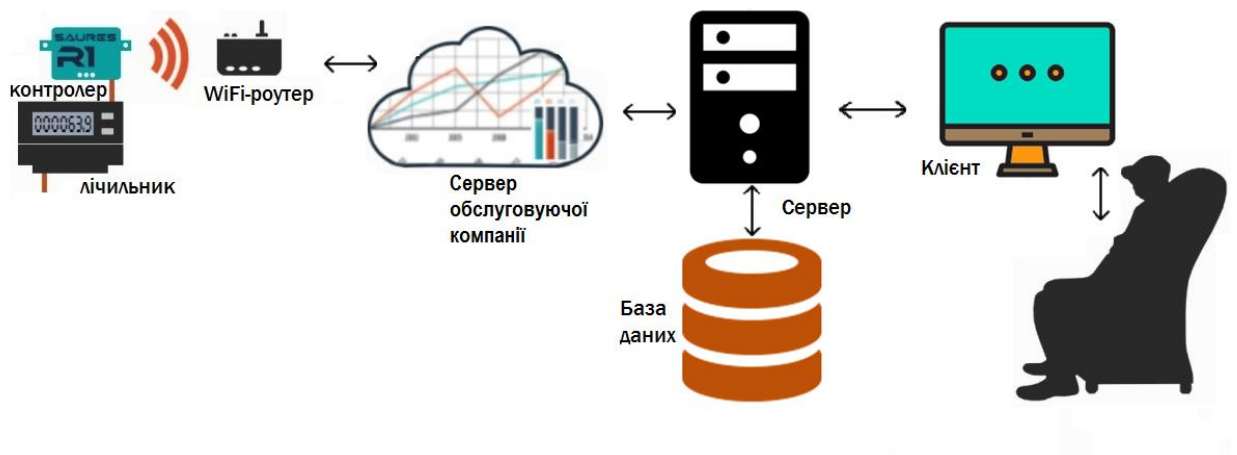


Рисунок 3.8 – Загальний алгоритм взаємодії

Інтелектуальний прилад обліку вимірює електроенергію шляхом аналогово-цифрового перетворення електричних сигналів, що надходять від первинних перетворювачів сили струму і напруги на вхід вбудованого аналого-цифрового перетворювача (АЦП) мікроконтролера, який перетворює сигнали в послідовність цифрових відліків, та передається іншому мікроконтролеру, який розраховує значення напруги, потужності та активної енергії сумарно і по кожному тарифу.

Контролер забезпечує роботу електронного дисплею, інтерфейсів зв'язку, імпульсних виходів, датчиків відкриття кожуха і клемної кришки лічильника. Він може бути вбудований в лічильник (рідше) або зовнішнім пристроєм. Його функція – отримувати показники та передавати на сервер.

Сервер компанії, що обслуговує лічильники, отримані та зберігає показники.

Далі створений для веб-додатку сервер звертається до серверу компанії та отримує звідти потрібні показники по лічильнику, зберігає їх у базі даних та синхронізує разом з особовим рахунком, який зареєстрував кінцевий користувач через веб-клієнт.

4 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

Користувацька частина веб-сервісу функціонує як набір сторінок, кожна з яких відповідає певним потребам та функціям. Цими сторінками є:

- головна сторінка;
- сторінка реєстрації;
- сторінка даних лічильника особового рахунку;
- сторінка з показниками лічильника;
- сторінка електропостачання;
- сторінка налаштувань персональних даних користувача.

Для користування функціями веб-сервісу користувачу потрібно зареєструвати особистий кабінет, або увійти до існуючого. Для створення аккаунту необхідно натиснути на клавішу «Реєстрація» на головній сторінці (рисунок 4.1). Після цього, користувач перенаправляється до сторінки реєстрації користувача (рисунок 4.2).

Для успішної реєстрації необхідно внести наступні дані: ЕІС-код приладу обліку, назву районного підрозділу, ім'я, прізвище, номер мобільного телефону, адресу електронної пошти, створити та підтвердити пароль. Також потрібно погодитися з угодою користувача. Після коректного внесення даних натиснути на клавішу «Підтвердити». Після цього з'являється повідомлення про успішну реєстрацію (рисунок 4.3).

Після успішної реєстрації, направляючись до головної сторінки, користувач переходить на сторінку особового рахунку та даних про лічильник (рисунок 4.4). На цій сторінці доступна вся інформація по розумному лічильнику електричної енергії, на який зареєстровано кабінет.

Для того, щоб побачити показники значень лічильника, потрібно натиснути на «Показники» у лівій навігаційній панелі. Користувача направляє на сторінку показників, де можна побачити та порівняти значення лічильника по датам (рисунок 4.5).

Головна Споживачам Приєднання до електричних мереж Інструкція для користувача Контакти

Особистий кабінет споживача електричної енергії

Вітаємо в Особистому кабінеті споживача електричної енергії

Існуючий сервіс допоможе Вам швидко вирішити питання пов'язані із постачанням електричної енергії. Користувачам сервісу доступні різні функції, серед яких:

- Перегляд актуальної інформації
- Контроль за споживанням електроенергії
- Завантаження та друк рахунків
- Замовлення послуги приєднання

Щоб розпочати роботу в Особистому кабінеті, авторизуйтеся або створіть новий акаунт в розділі «Реєстрація».

Логін

Пароль

[Забули пароль/Зміна пароля](#)

ПІДТРИМАЙ АРМІЮ

Підтримай Збройні Сили України!

Рисунок 4.1 – Головна сторінка

Головна Споживачам Приєднання до електричних мереж Інструкція для користувача Контакти

Реєстрація у особистому кабінеті

ЕІС-код приладу обліку

Районний підрозділ

Ім'я

Прізвище

Мобільний телефон

Email

Пароль

Підтвердіть пароль

З угодою користувача згоден

ПІДТРИМАЙ АРМІЮ

Підтримай Збройні Сили України!

Рисунок 4.2 – Реєстрація користувача

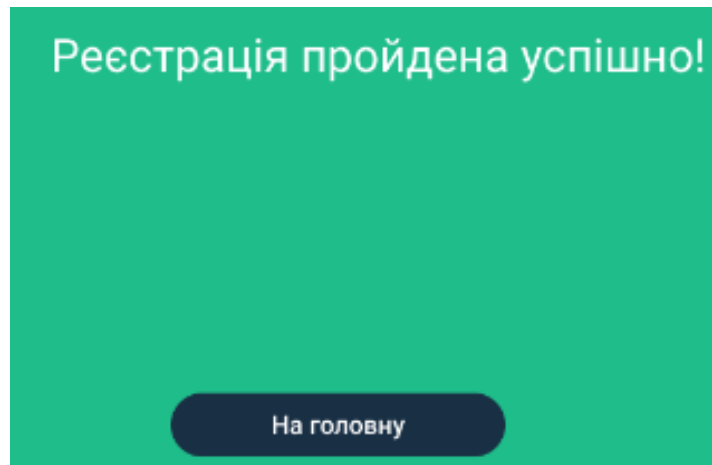


Рисунок 4.3 – Успішна реєстрація

Головна Споживачам Приєднання до електричних мереж Інструкція для користувача Контакти

Особовий рахунок

ДАНІ ЛІЧИЛЬНИКА

Дані лічильника

Шановний споживач! Дякуємо Вам, що Ви вчасно здійснюєте розрахунки за спожиту електроенергію.

Особовий рахунок	256259739
РЕМ	Харківське міське відділення
Адреса точки обліку	м. Харків пр. Перемоги буд. №65 кв. 3
Серійний номер лічильника	1365912
Тип лічильника	НІК-2102-02 (6.1/5-60)
Розрядність лічильника	6,1
Кількість зон	1
Тип тарифу	Населення місто - клас 1
Коефіцієнт трансформації	1.0
ЕІС-код	63Z2534206008477

Рисунок 4.4 – Особовий рахунок / Дані лічильника

Дата	Значення лічильника
2022.04.30	29475
2022.03.31	29315
2022.02.28	29145
2022.01.31	28995
2022.01.15	28895
2021.12.31	28810
2021.12.24	28765
2021.10.31	28541
2021.06.26	28390

Рисунок 4.5 – Особовий рахунок / Показники

Надалі, для перегляду інформації по чинному тарифу та статистиці по споживанню необхідно натиснути на «Електропостачання». Користувача направляє до сторінки «Електропостачання», де можна побачити актуальний тариф, його ціну, кількість спожитої електроенергії та статистику по місяцям (рисунок 4.6).

Перехід на сторінку з налаштуванням персональних даних здійснюється натиском на клавішу «Персональні дані» (рисунок 4.7).

На сторінці «Персональні дані» користувач може змінити персональні дані, такі як номер мобільного телефону, адресу електронної пошти та пароль.

Для виходу з особистого кабінету потрібно натиснути на «Вийти». Після цього користувача буде перенаправлено на головну сторінку.

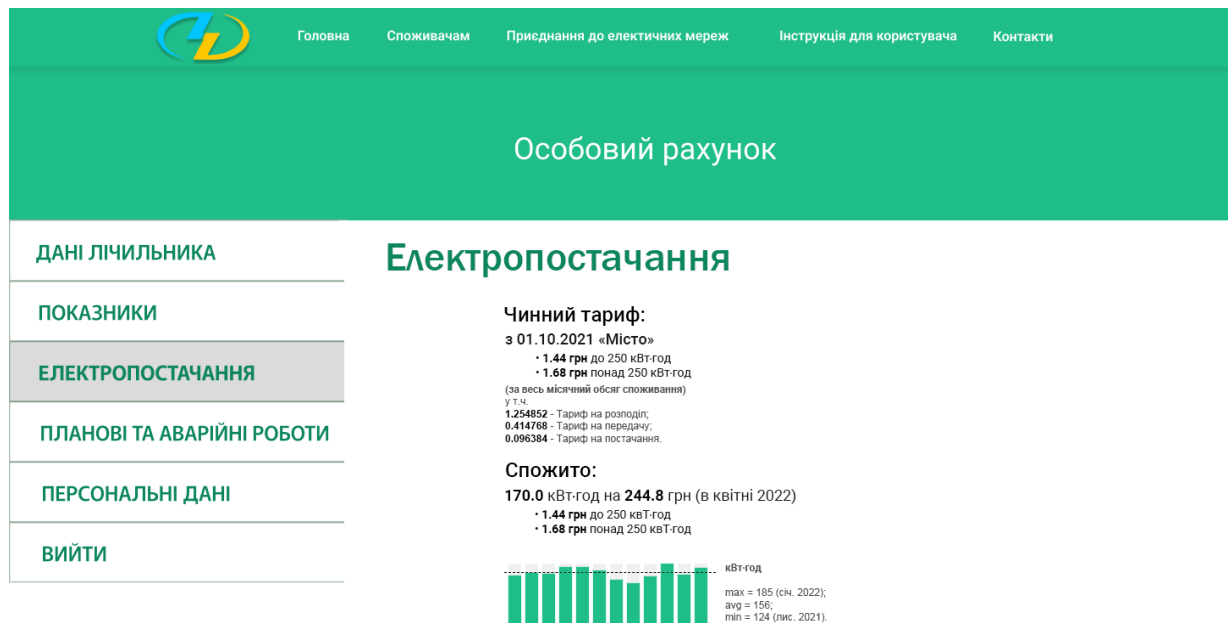


Рисунок 4.6 – Особовий рахунок / Електропостачання

Рисунок 4.7 – Особовий рахунок / Персональні дані

ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було розглянуто та проаналізовано концепцію «розумної мережі» Smart Grid, її переваги, іноземний досвід впровадження та експлуатації у енергетично розвинених країнах. У роботі розглянуті питання, щодо внесення необхідних змін в енергосистему України для запровадження елементів Smart Grid, показано, що ця концепція покращить стан багатьох галузей у країні, таких як екологія, економіка, тощо.

Проведено дослідження технологій збору і обробки даних інтелектуальними приладами обліку енергії, визначено місце для безпосередньої реалізації елементів цієї технології на базі веб-застосунку. Виконано аналіз робочих процесів і стабільності роботи системи Smart Grid, розглянуто принцип роботи інтелектуального лічильника та взаємодії з користувачем.

Виконано огляд технологій Front-end і Back-end розробки веб-застосунку. Розроблено веб-застосунок для обробки інформації про споживання електроенергії кінцевим споживачем на базі інтелектуального приладу обліку енергії. Використання розробленого веб-застосунку надає користувачу інструмент для відслідковування показників приладу обліку енергії за датою, загальною кількістю спожитої енергії, місячними показниками споживання, середньомісячними показниками, тощо.

За результатами досліджень кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді на дванадцятій міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» 27-28 квітня 2022 року [23].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Stanislav Bovchaliuk. The Architecture of Fuzzy Logic Automat of Parallel Action for the Intelligent Smart Grid Networks / S. Bovchaliuk, S. Tymchuk, S. Shendryk, V. Shendryk // New Technologies, Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 128. Springer, – 2020. – P. 462–468.
2. B. Stognii, O. Kyrylenko, O. Prahovnyk, S. Denysiuk, The evolution of intelligent electrical networks and their prospects in Ukraine, Technical Electrodynamics, vol. 5, pp. 52-67, 2012.
3. Grid 2030: A national version for electricity’s second 100 years / Office of Electric Transmission and Distribution, United States Department of Energy – July 2003. – 89 с.
4. Воропай Н.І. Інтелектуальні електроенергетичні системи: концепції, стан, перспективи. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.transform.ru/articles/html/12reforma/ref00090.article>
5. Кобець Б.Б. Інноваційний розвиток електроенергетики на базі концепції Smart Grid / Кобець Б.Б., Волкова І.О. – ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
6. Кобець Б.Б. Smart Grid как концепция инновационного развития электроэнергетики за рубежом / Кобець Б.Б., Волкова И.О., Окорочков В.Р. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.transform.ru/articles/html/10it/it000018.article> .
7. Энергетическая эффективность в Китае: программы и перспективы. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.energsovet.ru/stat618.html>.
8. Розумний лічильник [Текст] /Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_лічильник .
9. Smart grid and meters [Текст] /European Comission – Режим доступу до ресурсу: <https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/smart->

grids-and-meters_en.

10. Smart Grid Technology [Текст] /Mouser – Режим доступу до ресурсу: <https://eu.mouser.com/applications/smart-grid-meter/>

11. Understanding Data Management In Smart Grid Systems [Текст] /Hive Power – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hivepower.tech/blog/understanding-data-management-in-smart-grid-systems>.

12. El Mrabet Z, Kaabouch N, El Ghazi H, et al. (2018) Cyber-security in smart grid: Survey and challenges. *Comput Electr Eng* 67: 469–482.

13. Kimani K, Oduol V, Langat K (2019) Cyber security challenges for iot-based smart grid networks. *Int J Crit Infr Prot* 25: 36–49.

14. Khurana H, Hadley M, Lu N, et al. (2010) Smart-grid security issues. *IEEE Secur Priv* 8: 81–85.

15. Aloul F, Al-Ali A, Al-Dalky R, et al. (2012) Smart grid security: Threats, vulnerabilities and solutions. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*.

16. Maglaras LA, Jiang J (2014) Ocsvm model combined with k-means recursive clustering for intrusion detection in scada systems. 10th International conference on heterogeneous networking for quality, reliability, security and robustness, 133–134.

17. HTML [Текст] /HTMLBook – Режим доступу до ресурсу: <http://htmlbook.ru/html> .

18. CSS [Текст] /Wikipedia – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/CSS> .

19. JavaScript [Текст] / Веб-документація MDN – Режим доступу до ресурсу: <https://developer.mozilla.org/uk/docs/Web/JavaScript> .

20. What is Python? Powerful, intuitive programming [Текст] /Infoworld – Режим доступу до ресурсу: <https://www.infoworld.com/article/3204016/what-is-python-powerful-intuitive-programming.html?page=2> .

21. PhpMyAdmin [Текст] /PhpMyAdmin.ru – Режим доступу до ресурсу:

<https://php-myadmin.ru> .

22. Регулярні вирази [Текст] /NetPeak Blog – Режим доступу до ресурсу: <https://netpeak.net/ru/blog/kak-novichku-razobratsya-v-regulyarnyh-vyrazheniyah> .

23. Гаврилюк Д. В. Технологія збору і обробки даних для інтелектуальних приладів обліку енергії [Текст] / Д. В. Гаврилюк, С. Я. Бовчалоук // СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ. Тези доповідей одинадцятої міжнародної науково-технічної конференції (27-28 квітня 2022 року), Том 1: секції 1-4. – 2022. – С. 165