

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ БУДІВЛЕЮ «АРІАНТ»

Швидкість розвитку технологій автоматизованих систем обумовлює регулярне оновлення, створення нових технічних рішень у цій галузі, не виключенням є ніша домашньої автоматизації. Впровадження «розумних» систем моніторингу та управління будівлями покликане забезпечити підвищення рівня енергоефективності процесів, що пов'язані зі споживанням енергії, а також комфорту і безпеки цих процесів. На ринку пропонується безліч варіантів таких систем [1,2,3]. На сьогодні існують державні документи, що регламентують питання проектування, монтування та експлуатації відповідних систем[4]. Але проблеми критеріїв вибору компоновки та функцій системи, розуміння та коректного використання її можливостей є вкрай гострими та відкритими. Окрім цього, відкритим залишається питання впливу роботи автоматизованої системи окремої будівлі на характеристики зовнішнього енергопостачання. Адже погіршення зовнішніх умов призведе до збільшення втрат при доставці енергресурсу, відповідно, збільшення тарифу на доставку відповідного ресурсу.

Метою даної статті є розробка інтелектуальної системи моніторингу та управління будівлею, інтелектуалізація розробленої системи.

Ключові слова: система управління, автоматизована система, інтелектуальна система, програмований логічний контролер (ПЛК), споживач-регулятор, режими роботи електроенергетичної системи.

Вступ. В сучасному світі автоматизовані системи управління будівлями (Building management system) передбачають управління всіма системами, починаючи з вентиляції та закінчуючи підвищенням енергоефективності. Головна вимога для будь якої автоматизованої системи є наявність мережної архітектури, де вузли з'єднані певними лініями зв'язку. АСУ повинні створюватись на базі програмно-технічних засобів, які здійснюють моніторинг технологічних процесів і процесів управління інженерними системами та забезпечують передачу інформації про їх стан у реальному часі для наступної обробки з метою оцінювання, передбачення і ліквідації наслідків дестабілізуючих факторів[4].

1.Інтелектуальна система моніторингу та управління будівлею «Аріант»

Розроблена система дозволяє автоматизовано отримувати оперативну та точну інформацію про стан комутаційного обладнання ввідно-розподільних пристроїв, систем електроосвітлення та безперебійного електроживлення, витрат електроенергії. Система забезпечує оперативне реагування експлуатуючого персоналу на аварійні та проблемні ситуації на обладнанні життєзабезпечення будівлі.

Призначення та основні особливості:

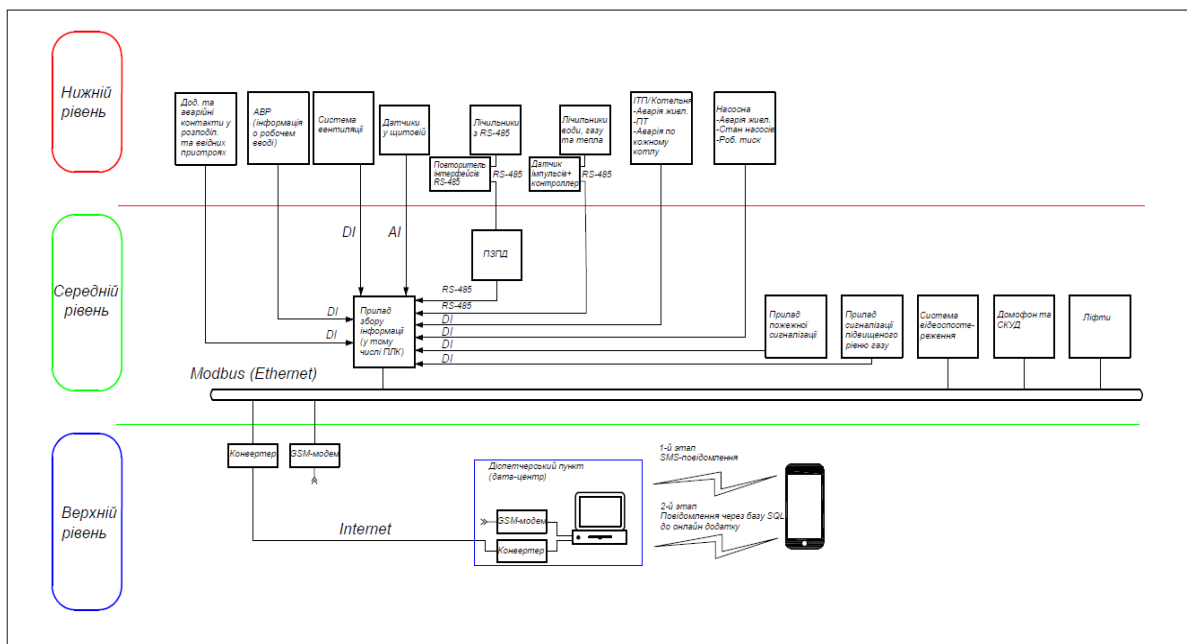
- забезпечення ефективного моніторингу обладнання електропостачання будівлі;
- автоматизація збору інформації про стан об'єкта;
- автоматизований збір показань лічильників;
- предиктивна аналітика, нагадування про проведення регламентних робіт;
- автоматичні повідомлення про нештатні ситуації по SMS, e-mail та Push повідомлення через мобільний додаток;
- забезпечення оперативної реакції обслуговуючого персоналу на аварійні та проблемні ситуації;
- мобільний додаток співробітника керуючої компанії.
- скорочення витрат керуючих компаній на управління, технічне обслуговування та утримання будівель.

Склад системи та основні можливості. Традиційно автоматизовані системи будівель мають структурну схему, що складається із трьох рівнів:

-верхній рівень (Management Level) – це диспетчеризація та адміністрування, а також робота з базами даних та статистичними функціями. На даному рівні здійснюється взаємодія між персоналом (операторами, диспетчерами) та системою, що реалізована на базі комп'ютерних засобів та SCADA-систем.

-середній рівень (Automation Level) – це автоматизоване управління функціональними процесами. Основні компоненти даного рівня: контролери управління, модулі введення-виведення сигналів, а також різне комутаційне обладнання. Саме на даному рівні і відбуваються процеси інтелектуалізації автоматизованої системи.

-нижній рівень (Field Level) рівень кінцевих пристроїв з функціями входу/виходу. Рівень включає в себе різні датчики, виконавчі механізми, кабельні з'єднання між пристроями та нижнім/середнім рівнями.



Вбудоване програмне забезпечення дозволяє налаштувати контролер та підключені до нього пристрої, писати сценарії автоматизації, зберігати та переглядати архів вимірювань.

Інтерфейси та комунікації:

- 2× Ethernet 10/100;
- 2× USB Host;
- Wi-Fi 802.11n(AP, client);
- Bluetooth 4.0;
- 2×RS-485;
- 1× CAN;
- 2×1-Wire/дискретні входи;
- 4 × дискретні/аналогові входи/виходи «відкритий колектор».

Додатково, за допомогою модулів розширення:

- NBІoT/2G/3G/4G (LTE);
- Модеми на дві SIM-карти формату nano SIM;
- Z-Wave та Zigbee.

Вбудоване ПЗ контролера містить гнучкий інструмент написання скриптів Javascript-подібною мовою.

За допомогою скриптів можна автоматизувати будь-які дії: керувати освітленням, опаленням чи технологічним процесом.

Контролери гнучко конфігуруються під конкретне завдання за допомогою модулів розширення та введення-виводу.

Ввідно-розподільні пристрої з аварійними, додатковими контактами та реле напруги.

Автоматичні вимикачі типу ВА-99-125...400 доукомплектуються додатковим та аварійним контактами (комплект) mscb99-a-104, типу ВА 47-63...125 укомплектовані додатковим mdcb-47-рго та аварійним mdac-47. Пристрої, в яких немає можливості встановлення додаткових та аварійних контактів, встановлюються модульні інтерфейсні реле (для відстеження наявності напруги).

Підключення додаткових та аварійних контактів відбувається до модулів введення.

Лічильники електроенергії підключені за інтерфейсом RS-485 безпосередньо або через пристрій збирання та передачі даних (ПЗПД) до керуючого контролера.

Лічильники підключені шлейфом за інтерфейсом RS-485 до порту контролера. У разі наявності ПЗПД (Пристрій Збору та Передачі Даних – це спеціальна серія пристроїв для збору та передачі даних із вбудованим модемом GPRS зв'язку), підключення до цього пристрою відбувається за допомогою інтерфейсу RS-485 (Modbus RTU) до вбудованого порту контролера.

Центральний диспетчерський пункт на базі SCADA системи для централізованого збору та обробки інформації з усіх житлових будівель, обладнаних даною системою по дротових (оптика) та бездротових (GSM) каналах зв'язку.

Для централізованого збору та обробки інформації створено центральний диспетчерський пункт на базі персонального комп'ютера із встановленою SCADA системою.

SCADA система здійснює збирання та архівування інформації з віддалених контролерів через Ethernet, а також через вбудовані в контролери модеми 2G/3G/4G.

SCADA система формує на основі отриманих даних архів у вигляді таблиць баз даних, які надалі є джерелом даних для мобільного додатка для співробітника керуючої компанії.

Системи відеоспостереження, домофонії та СКУД підключені через Ethernet (RTSP, Modbus TCP).

У систему вбудовані камери з підтримкою RTPS потоку.

Системи СКУД, пожежної сигналізації, підключені до системи через сухий контакт на модулі дискретного введення контролера.

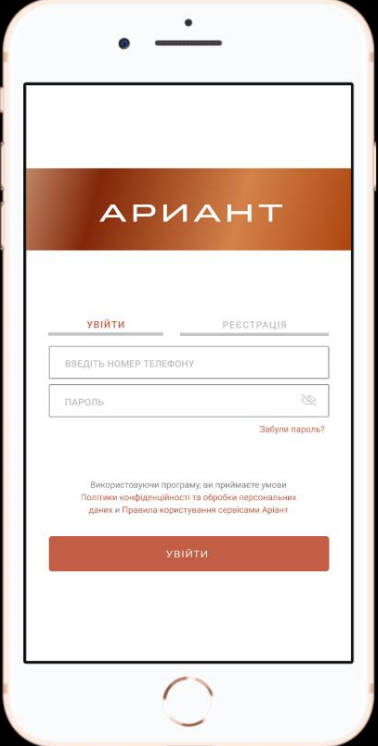
Для отримання інформації та повідомлень у системі використовуються чат-боти популярних месенджерів.

За допомогою контролера та програмного забезпечення реалізується взаємодія чат-бота з користувачем. Можна настроїти будь-які повідомлення про зміну стану вхідних контактів контролера та підключеної периферії, а також налагодити команди для керування виконавчими пристроями.

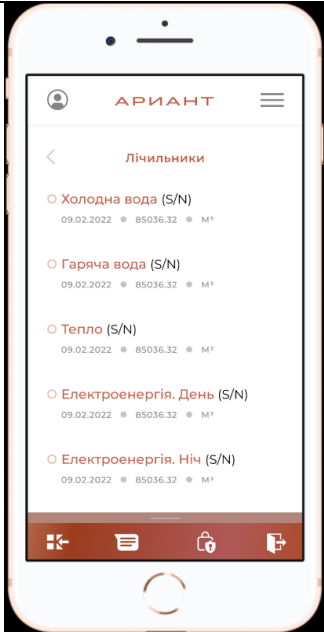
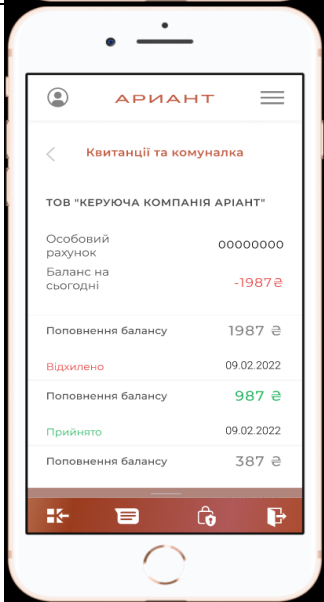
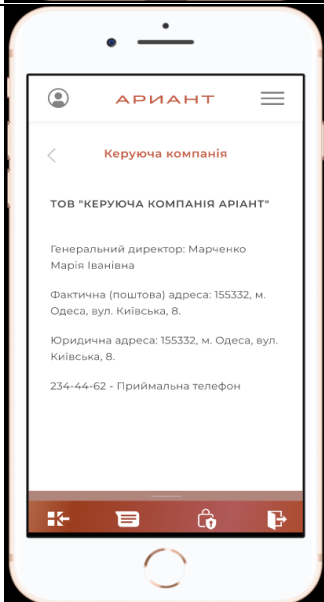
Мобільний додаток «Аріант».

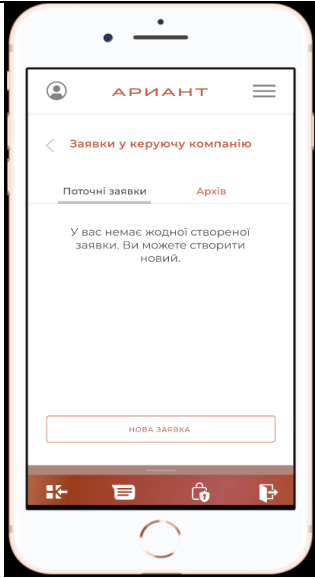
Родзинкою системи є наявний мобільного додатку, який може бути встановлений на мобільний телефон кінцевих користувачів, співробітників керуючої компанії тощо. Додаток має зручний інтерфейс, тож користувачі додатку з легкістю опанують дозволені їм функції та можливості.

Зовнішній вигляд та функціонал мобільного додатка

<p>1.1</p>	<p>Авторизація та реєстрація.</p> <p>В якості логіну виступає номер мобільного телефону кінцевого користувача. Для підтвердження мобільного телефону використовується SMS-підтвердження. Пароль користувача повинен відповідати таким вимогам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Довжина пароля повинна бути не менше ніж 8 і не більше 14 символів. 2. Пароль повинен складатися з букв латинського алфавіту (A-z), арабських цифр (0-9) та спеціальних символів, наведених у п. 4 цих вимог. 3. Літерна частина пароля повинна містити як малі, так і великі (великі) літери. 4. Пароль повинен містити не менше одного з наступних символів: (. , : ; ? ! * + % - < > @ [] { } / \ _ { } \$ #). <p>Якщо пароль був забутий, користувач може натиснути кнопку «Забули пароль?». Для відновлення доступу до програми, користувачеві буде направлена інструкція з відновлення доступу, на мобільний телефон або прив'язану адресу електронної пошти.</p>	
------------	--	---

<p>1.2</p>	<p>Профіль користувача У цьому розділі вказується: інформація про користувача, фото користувача, інформація про об'єкт, переключення між об'єктами (якщо їх кілька), створення облікових записів для співмешканців, зміна пароля</p>	
<p>1.3</p>	<p>Розділ «Послуги» Розділ містить наступні підрозділи (іконки для переходу до підрозділу): - лічильники; - квитанції; - керуюча компанія; - заявки в керуючу компанію (КК); - новини.</p>	

<p>1.4</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Лічильники» Підрозділ містить інформацію про поточні показання приладів обліку (лічильники електроенергії, холодної води, гарячої води, тепла). Для перегляду детальної інформації про витрати, графіки споживання та середні витрати, користувачу необхідно натиснути на відповідні показання та перейти до підрозділу.</p>	
<p>1.5</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Квитанції» Підрозділ містить таку інформацію: - відображення списку квитанцій від керуючої компанії по кожному особовому рахунку користувача (дата та сума квитанції, баланс особового рахунку на дату квитанції); - інформація щодо кожного особового рахунку – номер особового рахунку, поточний баланс, інформація про обслуговуючу компанію; - після переходу до інформації щодо конкретної квитанції відображається інформація – особовий рахунок, баланс особового рахунку на дату квитанції, обслуговуюча компанія, сума нарахувань; - можливість оплачувати квитанції за допомогою стороннього обслуговування прийому платежів. - для оновлення даних за квитанціями керуюча компанія має передавати дані на сервер «АРИАНТ» засобами особистого кабінету співробітника КК.</p>	
<p>1.6</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Керуюча компанія» (КК) У цьому розділі наведено загальну інформацію про керуючу компанію: - найменування керуючої компанії; - інформація про керівника; - Реквізити компанії; - Номери телефонів; - Адреса електронної пошти; - Сайт компанії; Ця інформація заповнюється керуючою компанією через особистий кабінет співробітника.</p>	

<p>1.7</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Заявка до КК» В даному розділі є можливість: - створення заявок у керуючу компанію. Під час створення заявки необхідно вказати тему та текст заявки. Крім цього, є можливість додавання документів до заявки; - перегляд активних та архівних заявок: наданий номер заявки, текст заявки, дата створення заявки, статус, дата останньої зміни; - можливість написати співробітнику керуючої компанії, відповідального за виконання відповідної активної заявки.</p>	
<p>1.8</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Новини» У цьому розділі відображаються останні новини. Крім цього, у цьому розділі керуюча компанія може викладати оголошення, призначені всім мешканцям житлового комплексу.</p>	
<p>1.9</p>	<p>Розділ «Послуги». Підрозділ «Перепустки» Підрозділ забезпечує можливість замовляти гостьові перепустки за допомогою відправки заявки до керуючої компанії. У підрозділі відображаються оформлені перепустки і є можливість оформити новий, для чого необхідно вказати таку інформацію: - Інформація про гостя – ПІБ, номер телефону; - Інформація про транспортний засіб – держ. номер ТС, марка ТС; - Тип пропуску – разовий чи тимчасовий; - Дата та час відвідування; - можливість залишити коментар для КК; - Можливість заповнення даних про відвідувача зі списку контактів телефону.</p>	

1.10	<p>Розділ «Чати» У цьому розділі є можливість спілкування у наступних чатах:</p> <ul style="list-style-type: none"> - чат з керуючою компанією; - чат з мешканцями житлового комплексу; - чат із технічною підтримкою. 	
------	---	---

Інтелектуалізація системи «Аріант»

Гнучкість системи, використання ПЛК дають широкі можливості встановлення стороннього програмного забезпечення за допомогою написання скриптів Javascript. Саме скрипти є інструментом інтелектуалізації системи «Аріант». В рамках даної статті автори поставили перед собою завдання запропонувати метод управління електричним навантаженням, який дасть позитивний ефект для кінцевого споживача у вигляді зменшення вартості електричної енергії за умови позитивного системного ефекту для енергосистеми. Запропонований метод може бути прописаний у вигляді скрипту та стати елементом інтелектуальної автоматизації системи «Аріант».

Ідея методу полягає в переносі частини добового споживання електричної енергії кінцевого споживача з «пікової» та «напівпікової» зон в зону «провала» роботи енергосистеми. Даний перенос дасть можливість ефективно використовувати тарифи, диференційовані за періодами часу в оплаті за електричну енергію. З іншого боку такий перенос позитивно буде впливати на режими роботи системи електропостачання за місце підключення будівлі у вигляді вирівнювання графіка навантаження електричного навантаження.

У якості ресурсу для переносу часу роботи будуть використовуватись так звані споживачі-регулятори[5,6]. Споживачі, які мають властивості опосередкованого накопичення електричної енергії, або їх роботу можна перенести без суттєвого дискомфорту для кінцевого користувача – електричний водяний нагрівач (ЕВН), електричне опалення (ЕО), пральна машина, мультиварка тощо.

При хаотичному переносі роботи споживачів-регуляторів в зону «провал» виникає небезпека їх одномоментного включення на початку відповідної зони.

Таким чином, в такому випадку структурна схема алгоритму функціонування системи Аріант буде виглядати наступним чином:

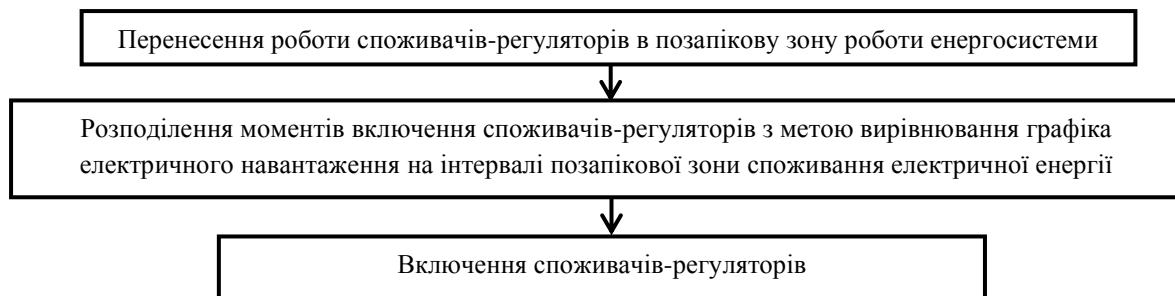


Рисунок 2 - Схема алгоритму керуючих дій системи «Аріант»

Теоретична основа рішення задачі управління

Як відомо, значення максимуму середнього навантаження, наприклад, за струмом на інтервалі довжиною Θ , $I_{\Theta M}$, можна знайти за формулою:

$$I_{\Theta M} = I_C + \beta \sqrt{D I \Theta} \tag{1}$$

де I_C – середнє значення навантаження;

DI_{Θ} – дисперсія середніх значень навантажень I_{Θ} (на інтервалах Θ);

B – коефіцієнт, що залежить від допускаємої ймовірності перевищення навантаженням I_{Θ} значення

$I_{\Theta M}$.

Дисперсію DI_{Θ} розраховують за формулою Г.М. Каялова:

$$DI_{\Theta} = (2/\Theta^2) \int d\tau [K_I(\tau)] d\tau \quad (2)$$

де $K_I(\tau)$ – автокореляційна функція процесу (графіка) $I(t)$ зміни навантаження.

Як дисперсія DI миттєвих значень навантаження, так і дисперсія DI_{Θ} є показниками нерівномірності графіка навантаження. За визначенням дисперсії DI є різницею між квадратами середньоквадратичного $I_{СК}$ і середнього I_C навантажень, чи відповідно:

$$DI_{\Theta} = I_{\Theta СК}^2 - I_{\Theta C}^2 = I_{\Theta СК}^2 - I_C^2 \quad (3)$$

де $I_{\Theta СК}$ – середньоквадратичне значення процесу $I_{\Theta}(t)$;

$I_{СК\Theta}$ – середньоквадратичне значення навантаження за інтервал Θ .

Враховуючи, що $I_{\Theta C} = I_C$

Між DI та DI_{Θ} існує функціональна залежність, яка визначається видом функції $K_I(\tau)$; в практичних розрахунках рекомендується користуватись наступними формулами:

$$DI_{\Theta} = (2t_u/\Theta) DI (e^{-\Theta/t_u} - 1 + \Theta/t_u) \quad (4)$$

Вираз (4) відповідає марківській моделі процесу $I(t)$;

Або формулою:

$$DI_{\Theta} = DI (1 - \Theta/t_u) \quad (5)$$

де t_u – тривалість циклу роботи електроприймачів.

Формула (3) може бути переписана у вигляді:

$$\Delta W = 3R(I_C^2 + DI)T = 3RTI_C^2 + 3RTDI \quad (6)$$

чи

$$\Delta W = \Delta W_I + \Delta W_{DI} \quad (7)$$

де ΔW – втрати електричної енергії на ділянці мережі;

ΔW_I – основна складова втрат, яка визначається середнім значенням навантаження та, відповідно, значенням електроспоживання W ;

ΔW_{DI} – дисперсійна складова втрат, що визначається дисперсією, тобто нерівномірністю графіка навантаження.

Формула (7) показує шляхи зниження втрат електричної енергії:

1) зменшення основної складової втрат ΔW_I , враховуючи, що $W = 3UI_C T$;

2) зменшення дисперсійної складової втрат ΔW_{DI} .

Викладене вище показує, що при збереженні витрати електричної енергії на технологічний процес, тобто при $I_C = const$, зниження максимуму навантаження та зменшення втрат електричної енергії в мережах можна досягти шляхом організації (синтезу) такого режиму сумісної роботи електроприймачів, при якому груповий графік навантаження, який отримується накладенням індивідуальних графіків навантаження, буде мати мінімальну нерівномірність, тобто буде мати мінімум дисперсії.

Дисперсія DP групового графіка навантаження $P(t) = \sum p_r(t)$ мережі, що живить n електроприймачів з графіками навантаження $p_r(t) = 1, 2, \dots$. В часному випадку $p_r(t)$ можуть бути, в свою чергу, графіками деяких вузлів, наприклад ліній, які формують графік навантаження джерела живлення, наприклад трансформатора.

Дисперсія DP групового графіка навантаження визначається за формулою:

$$DP = \sum_{r=1}^n DP_r + 2 \sum_{r<s} k p_{rs}(t_{rs}) \quad (8)$$

де DP_r – дисперсія графіків навантаження;

$k p_{rs}(t_{rs})$ – взаємо кореляційні моменти ГН r -го та s -го електроприймачів, які визначаються за значенням взаємо кореляційної функції $k p_{rs}(\tau)$ цих графіків при значенні $\tau = t_{rs}$;

t_{rs} – зрушення у часі між графіками $p_r(t)$ та $p_s(t)$, тобто зрушення між моментами включення (відключення) електричних приймачів, для яких визначається взаємокореляційна функція відносно обраного початку відліку.

Очевидно, зменшити величину DP , яка дається формулою (8), можливо лише зменшенням другої суми в правій частині цієї формули – кореляційної складової дисперсії: $D_k(t_{rs}) = 2 \sum_{r<s} k p_{rs}(t_{rs})$.

Таким чином, рішення задачі вирівнювання групового графіка навантаження складається в завданні зрушень t_{rs} між моментами включення електроприймачів, які приводять до мінімуму величини $D_k(t_{rs})$.

Граничним (мінімальним) значенням $D_k(t_{rs}) \in D_k = -\sum_{r=1}^n Dp_r$. Це пояснюється тим, що границею ефекту вирівнювання графіка $P(t)$ є приведення його до виду $P(t) = const$. В цьому випадку будемо мати $D[P(t) = const] = 0$, відси на основі формули для дисперсії $DP = \sum_{r=1}^n Dp_r + 2 \sum_{r < s} kp_{rs}(t_{rs})$ одержуємо сформульоване вище визначення граничного значення $D_k(t_{rs})$.

В умовах побуту невідомо які саме споживачі будуть включатися, що обумовлено людським фактором, тобто визначити взаємно кореляційні моменти ГЕН r-го та s-го електроприймачів заздалегідь не є можливим. У такому випадку доцільно використовувати кореляційні моменти групового графіка навантаження та ГЕН споживача-регулятора. Для спрощення здійснено перехід до понять дисперсії та сформульовано наступну умову:

$$\sum_{r=1}^n (DP_{ГЕН} + Dp_r(t_{ГЕН,r})) \rightarrow \min \tag{9}$$

що є умовою планування розподілення моментів включення споживачів-регуляторів з метою вирівнювання графіка електричного навантаження на інтервалі позапікової зони споживання електричної енергії системи електропостачання.

Управління електричним навантаженням у побуті на рівні житлового будинку

Живлення споживачів-регуляторів організовується за спеціальною схемою, опис якої наведено в [7]. Система електропостачання будинку з можливістю управління режимами роботи кінцевих споживачів показана в [7].

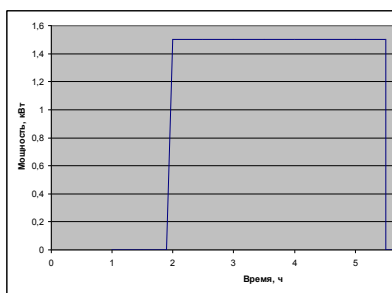
Прилад збору інформації системи Аріант приймає дані щодо складу споживачів-регуляторів, роботу яких можна перенести в зону позапікового споживання. Інформація складається з даних, на базі яких можливо побудувати ГЕН споживача-регулятора[8]. Також до Аріанту надходять профілі графіків добових навантажень будинку в цілому. За критерієм 9 формується графік включення електроприймачів. Керуючі сигнали відправляються на інтелектуальні комутаційні пристрої, через які отримують живлення споживачі-регулятори з відповідною командою на включення.

Зрушення t_{rs} між графіками обираються послідовно («кроками»), а послідовність задається пріоритетним рядом екстремумів (мінімумів) взаємокореляційної функції (ВКФ): при першому кроці обирається зрушення між першою парою графіків, які мають максимальне негативне значення ВКФ (при цьому кроці); при другому кроці обирається зрушення між парою графіків, негативний екстремум яких займає друге місце в пріоритетному ряду, і т.д. В процесі вибору можлива корективка обраних зрушень, яка викликана необхідністю обліку технологічних обмежень чи іншими причинами.

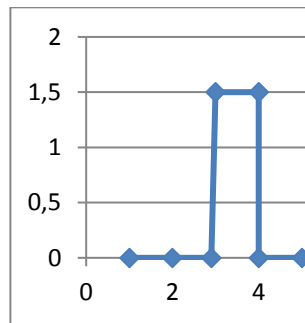
Описане вище рішення застосовується для вирівнювання періодичних графіків навантаження з будь-якою кількістю ступеней. Так як графіки навантаження електричних водонагрівачів є неперіодичними, в силу, по-перше, різної потужності даних пристроїв, по-друге, різної тривалості роботи (рис.3), визначення ВКФ є дуже важким завданням. Для полегшення, з урахуванням того, що

$$kp_{rs}(t_{rs}) = \sqrt{Dp_r Dp_s} \tag{10}$$

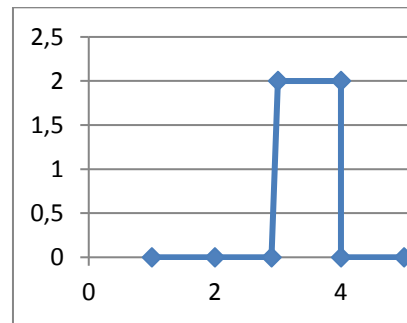
будемо будувати пріоритетний ряд за мінімумом значення дисперсії індивідуальних графіків навантаження електроприймачів.



ГЕН ЕВН потужністю 1,5 кВт при повному завантаженні



ГЕН ЕВН потужністю 1,5 кВт при неповному завантаженні

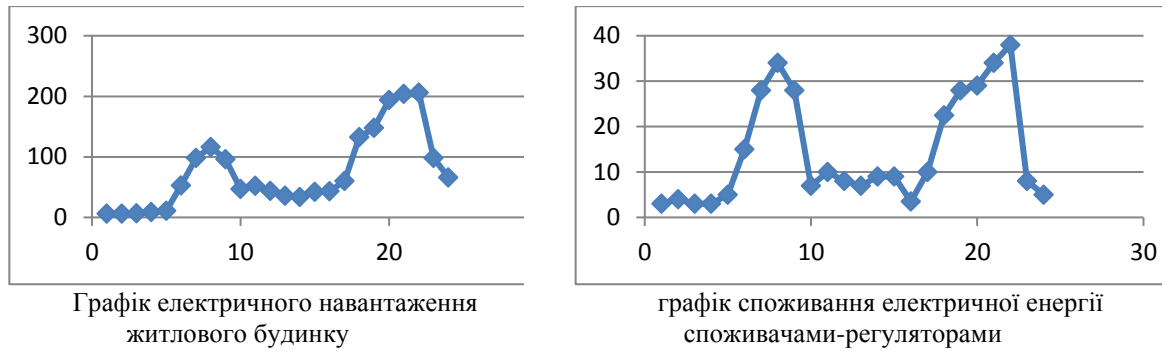


ГЕН ЕВН потужністю 2 кВт при неповному завантаженні

Рисунок 3 – Типові ГЕН споживачів-регуляторів (ЕВН)

Реалізація алгоритму управління

Графік споживання електричної енергії електроприймачами житлового будинку, а також виділений ГЕН споживачів-регуляторів (електричні водяні нагрівачі) будинку до вирівнювання наведено на рис. 4



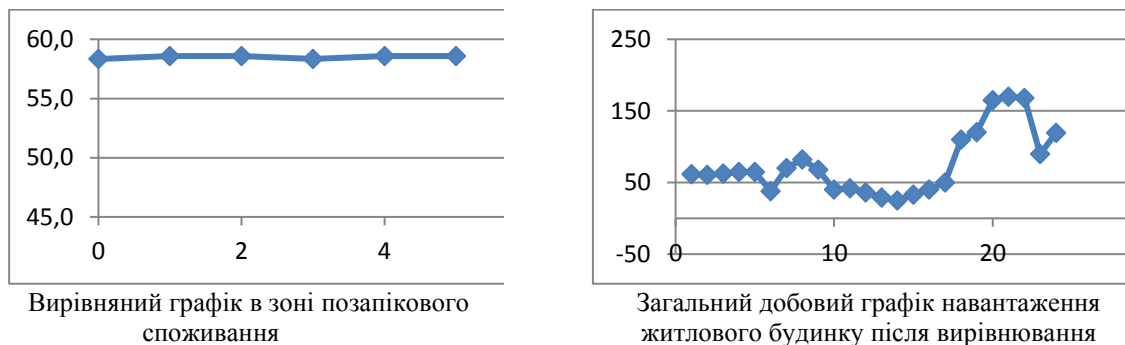
Рисункок 4 – ГЕН до вирівнювання

Розрахункові формули:

Середнє значення навантаження визначається за формулою, кВт:	$p_c = \frac{1}{t_u} \int_0^{t_u} p(t) dt$
Середньоквадратичне значення, кВт ² :	$p_{ck} = \sqrt{\frac{1}{t_u} \int_0^{t_u} p^2(t) dt}$
Дисперсія, кВт ² :	$Dp = p_{ck}^2 - p_c^2$
Коефіцієнт форми:	$k_\phi = \frac{p_{ck}}{p_c}$

Коефіцієнт форми графіка навантаження будинку до вирівнювання складає 1,29.

Графік споживання електричної енергії електроприймачами житлового будинку, а також виділений ГЕН споживачів-регуляторів (електричні водяні нагрівачі) будинку після вирівнювання наведено на рис.5



Рисункок 5 – ГЕН після вирівнювання

Коефіцієнт ГЕН після вирівнювання складає 1,15.

Зменшення втрат електричної енергії в елементах системи електропостачання житлового будинку

Елемент системи електропостачання	Розрахункові формули	Зниження втрат електричної енергії, кВт·год/добу
Силові трансформатори: ТМ-400/6 ТМ-320/6	$\Delta W_{TP} = \Delta W_{XX} + \Delta W_{K3}$ $\Delta W_{XX} = \Delta P_{XX} \cdot T$ $\Delta W_{K3} = k_3 \cdot \Delta P_{K3} \cdot T$	15247,72
Лінії електропередавання (від ТП до будинку)	$\Delta W = \int_0^T \Delta P(T) dT \Rightarrow \Delta W = R \int_0^T I^2(T) dT$ $\delta W = \Delta W_H \cdot \left(1 - \frac{k_{\phi 2}^2}{k_{\phi 1}^2}\right)$ $K_{\phi 1}, K_{\phi 2}$ – коефіцієнти форм графіка навантаження відповідно до вирівнювання і після нього; ΔW_H – втрати навантажень в електричній мережі при коефіцієнті форми $k_{\phi 1}$	8599,995

Висновки. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу та управління в житловому секторі потребує чіткого розуміння мети та очікуваних результатів. Інтелектуалізація таких систем дозволяє отримати максимальний ефект для користувачів без негативних наслідків для електропостачальних компаній та компаній операторів розподілу електричної енергії.

Розроблена система Аріант зі своєю гнучкою конфігурацією у повному обсязі відповідає сучасним потребам будівель, може бути інтелектуалізованою та реалізовувати методи, прописані у вигляді скриптів. За рахунок наявності мобільного додатку є зручною та зрозумілою до використання.

Список використаної літератури

1. Products of BMS. <https://deltacontrols.com/products/>
2. Системи автоматизації будівлі. https://www.geze.ua/uk/produkti-ta-rishennja/avtomatizacija_budivli/sistemi_avtomatizaciji_budivli/c_37540
3. Системи автоматизації й контролю будівель. <https://www.se.com/ua/uk/work/products/building-automation-and-control>
4. ДСТУ-Н Б В.2.5-37 «Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями та спорудами», затверджений Наказом Міністерства розвитку громад та територій України №79 від 18.02.2008 Про прийняття національного стандарту ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008
5. Лазуренко О.П., Лисичкина Д.С., Черкашина Г.І. Новий підхід до класифікації споживачів електричної енергії Світлотехніка та електроенергетика. 2008 р., №1, стр. 76 – 80;
6. Лазуренко О.П., Черкашина Г.І. Акумулявання енергії в побутовому секторі Світлотехніка та електроенергетика. 2008 р., №4(16), стр. 57 – 63;
7. Щодо принципів відновлення електроенергетичної системи України / О.П. Лазуренко, Л.І. Лисенко, Г.І. Черкашина, Д.А. Шокар'юв // Енергетика: економіка, технології, екологія . – 2022 – №4. – С. 102 – 106 URL: <http://energy.kpi.ua/article/view/273415>
8. Simona Vasilica Oprea; Adela Bâra; George Ifrim. Flattening the electricity consumption peak and reducing the electricity payment for residential consumers in the context of smart grid by means of shifting optimization algorithm (2018), Computers & Industrial Engineering, Aug. 2018. Vol. 122, Pp. 125-139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.053>
9. Peak Shaving Algorithms for Residential Consumers. A Comparative Study. Ifrim G.; Oprea S.V.; Bara, A. 2020 24th International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC 2020 - Proceedings, 2020, pp. 37–42. DOI: 10.1109/ICSTCC50638.2020.9259750
10. An automated residential demand response pilot experiment, based on day-ahead dynamic pricing. Vanthournout, K.; Dupont B.; Foubert; W.; Stuckens, C.; Claessens, S. Applied Energy this link is disabled, 2015, 155, pp. 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.100>
11. Demand response for sustainable energy systems: A review, application and implementation strategy. Farshid Shariatzadeh; Paras Mandal; Anurag K. Srivastava. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 45, May 2015, Pp. 343-350. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.062>
12. A novel approach for incorporating incentive-based and price-based demand response programs in long-term generation investment planning. Ali Pourramezan; Mahdi Samadi. International Journal of Electrical Power & Energy Systems Vol. 142, Part B, November 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108315>.

I. Cherneshchuk¹, Ph. D. student, ORCID 0000-0001-6895-7843

H. Cherkashyna¹, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0003-3773-7498

¹National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

INTELLIGENT BUILDING MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM «ARIANT»

The speed of development of technologies of automated systems determines regular updating, creation of new technical solutions in this field, the niche of home automation is no exception. The implementation of "smart" building monitoring and management systems is designed to ensure an increase in the level of energy efficiency of processes related to energy consumption, as well as the comfort and safety of these processes. Many variants of such systems are offered on the market [1,2,3]. Today, there are state documents that regulate the design, installation and operation of the relevant systems[4]. But the problems of the criteria for choosing the layout and functions of the system, understanding and correct use of its capabilities are extremely acute and open. In addition, the question of the influence of the operation of the automated system of a separate building on the characteristics of the external energy supply remains open. After all, the deterioration of external conditions will lead to an

increase in losses during the delivery of an energy resource, accordingly, an increase in the tariff for the delivery of the corresponding resource.

Keywords: *control system, automated system, intelligent system, programmable logic controller (PLC), consumer-regulator, power system operating modes.*

References

1. Products of BMS. <https://deltacontrols.com/products/>
2. Building automation systems. https://www.geze.ua/uk/produkti-tarishennja/avtomatizacija_budivli/sistemi_avtomatizaciji_budivli/c_37540 (Ukr)
3. Building automation and control systems. <https://www.se.com/ua/uk/work/products/building-automation-and-control> (Ukr)
4. DSTU-N B V.2.5-37 "Instructions for the design, installation and operation of automated systems for monitoring and management of buildings and structures", approved by the Order of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine №79 from 18.02.2008 About the adoption of the national standard DSTU-N B V.2.5-37:2008 (Ukr)
5. Lazurenko O, Lysyckyna D., Cherkashyna H. A new approach to the classification of electrical energy consumers Lighting and electrical engineering. 2008, №1, pp. 76 – 80 (Ukr)
6. Lazurenko O, Cherkashyna H. Accumulation of energy in the household sector Lighting and electrical engineering. 2008, №4(16), pp. 57 – 63 (Ukr)
7. On the principles of restoration of the ukrainian electric power system/ Lazurenko O, Lysenko L., Shokarov D., Cherkashyna H. // Енергетика: економіка, технології, екологія . – 2022 – №4. – С. 102 – 106 URL: <http://energy.kpi.ua/article/view/273415> (Ukr)
8. Simona Vasilica Oprea; Adela Bâra; George Ifrim. Flattening the electricity consumption peak and reducing the electricity payment for residential consumers in the context of smart grid by means of shifting optimization algorithm (2018), Computers & Industrial Engineering, Aug. 2018. Vol. 122, Pp. 125-139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.053>
9. Peak Shaving Algorithms for Residential Consumers. A Comparative Study. Ifrim G.; Oprea S.V.; Bara, A. 2020 24th International Conference on System Theory, Control and Computing, ICSTCC 2020 - Proceedings, 2020, pp. 37–42. DOI: 10.1109/ICSTCC50638.2020.9259750
10. An automated residential demand response pilot experiment, based on day-ahead dynamic pricing. Vanthournout, K.; Dupont B.; Foubert; W.; Stuckens, C.; Claessens, S. Applied Energy this link is disabled, 2015, 155, pp. 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.100>
11. Demand response for sustainable energy systems: A review, application and implementation strategy. Farshid Shariatzadeh; Paras Mandal; Anurag K. Srivastava. Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol. 45, May 2015, Pp. 343-350. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.062>
12. A novel approach for incorporating incentive-based and price-based demand response programs in long-term generation investment planning. Ali Pourramezan; Mahdi Samadi. International Journal of Electrical Power & Energy Systems Vol. 142, Part B, November 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108315>.

Надійшла: 12.09.2023

Received: 12.09.2023