

Системы телекоммуникации, связи и защиты информации

УДК 621.314

Ю.С. Ямненко, д-р техн. наук, В.В. Колесник

Імітаційне моделювання інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту за допомогою мереж Петрі

В статье рассмотрены вопросы энергоэффективного управления подсистемой нагрузок локального объекта. Построена имитационная модель центрального блока управления информационно-управляющей сети локального объекта с учетом критерия минимизации стоимостных затрат. Математическое обеспечение задач управления было реализовано с помощью аппарата сетей Петри.

Problems of energy efficient control of local object's load is considered in this article. Simulation model of central control unit using minimum cost criteria is proposed. The mathematical support was realized by Petri nets tool.

Ключевые слова: локальный объект, информационно-управляющая сеть, сети Петри, минимизация стоимостных затрат.

Вступ

Одним з сучасних напрямків розвитку енергетики та електротехніки є енергоефективність локальних об'єктів [1]. При цьому важливо врахувати особливості, пов'язані з характером та режимами роботи електротехнічних пристроїв, що входять до єдиної системи енергозабезпечення.

Серед навантажень локального об'єкта побутового типу виділяють підсистеми енерго-, тепло-, водопостачання, освітлення, клімату, зв'язку, комп'ютерних та телекомунікаційних мереж. Керування роботою цих підсистем здійснює єдина система керування, яка забезпечує необхідні умови життєдіяльності людей.

Система керування електроживленням локального об'єкту містить в собі розподільну інформаційно-керуючу мережу, в якій група контролерів виконує набір взаємопов'язаних завдань, обмінюючись даними та створюючи єдине інформаційне середовище [2]. Однією із задач такої мережі є керування підсистемою електротехнічних пристроїв за єдиним критерієм мінімізації вартісних витрат.

Для дослідження та оптимізації роботи інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту необхідною є побудова імітаційної моделі підсистеми [3]. Зокрема, задача імітаційного моделю-

вання вирішується за допомогою математичного апарату мереж Петрі [4].

У роботі представлена імітаційна модель роботи центрального блоку керування локального об'єкту, створена за допомогою мереж Петрі, з урахуванням критерію мінімізації вартісних витрат на прикладі керування підсистемою освітлення приміщення.

Структура інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту

Система керування електроживленням локального об'єкту містить в собі наступні компоненти [2]:

- Центральний блок керування, який генерує команди керування у відповідності із заданим алгоритмом та інформаційними сигналами стану від навантажень та джерел;
- Зовнішні датчики (магнітні датчики, датчики руху та ін.), які сигналізують про виконання деяких подій, які потребують змін в алгоритмі функціонування;
- Виконавчі пристрої (реле, димери);
- Контролери окремих навантажень або груп навантажень (підсистем), які обробляють отриману інформацію від датчиків та центрального блоку керування;
- Мережеві пристрої, які забезпечують передачу даних по інформаційно-керуючій мережі локального об'єкту.

Система керування електротехнічними пристроями розпізнає конкретні ситуації (події) у локальному об'єкті та реагує на них, забезпечуючи оперативний обмін даними між центральним блоком керування та підсистемами різних рівнів ієрархії.

Структура інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту представлена на рис. 1.

Функціонування системи здійснюється згідно заданого алгоритму, який реалізується центральним блоком, однак користувач локального об'єкту (оператор) через використання автоматизованого робочого місця (АРМ) може вносити зміни в цей алгоритм, виконуючи при необхідності функції програмування, конфігурування, контролю та керування системою [5].

Опис підсистеми освітлення локального об'єкту

У якості однієї з підсистем електротехнічних пристроїв інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту була розглянута підсистема освітлення приміщення. Для енергоефективного керування підсистемою освітлення можуть бути застосовані такі заходи, як автоматичне вимикання або зменшення рівня освітлення за допомогою одного чи декількох елементів керування:

- вимкнення: за часом (вимкнення на запланований період часу), локальне (вимкнення пристроїв з меншим пріоритетом), в залежності від зовнішнього освітлення та заповненості приміщення (вимкнення підсистеми освітлення при достатньому зовнішньому освітленні та у порожньому приміщенні);
- дискретне або неперервне зменшення рівня освітленості з контролем зовнішнього освітлення або напруги;

– регулювання вимикачів оператором власноруч. Однією з задач енергоефективного керування споживанням є збільшення частки споживання електроенергії у інтервалі дії нижчих тарифів на електроенергію мережі, що дозволяє зменшити вартісні витрати [1].

Розглянемо приклад підсистеми освітлення, яка містить два димери для регулювання загального та локального освітлення, два датчики присутності та зовнішнього освітлення та дві групи ламп для загального та локального освітлення. Перелік електротехнічного обладнання цієї підсистеми наведений у табл. 1 з вказаними режимами пристроїв та рівнем ієрархії.

Унаслідок розподілу на загальне та локальне освітлення у спрощеній моделі виділяють два рівні ієрархії пристроїв підсистеми. Загальне освітлення має вищий (перший) рівень ієрархії відносного локального (другий рівень).

Таблиця 1. Пристрої підсистеми освітлення

Тип пристрою	Режими та стани пристроїв	Рівень ієрархії
1. Димер TV700 (загальне освітлення)	1) Вимкнений; 2) Увімкнений; 3) Регулювання (плавне, 60-700 ВА).	1 (найвищий)
2. Димер TVe700 (локальне освітлення)	1) Вимкнений; 2) Увімкнений; 3) Регулювання (плавне, 50-700 ВА).	2 (найнижчий)
3. Датчик присутності	1) «Прогрів» (світловий індикатор світиться 2 секунди, датчик передає сигнал до центрального блоку, не реагує на рухи протягом 5 секунд): підсистема освітлення увімкнена, присутність людей в приміщенні. 2) «Тривога» (світловий індикатор світиться при кожній реакції на рух в приміщенні та передає сигнал до центрального блоку): увімкнення підсистеми освітлення при появі людини в приміщенні. 3) «Очікування» (світловий індикатор не світиться, датчик не передає сигнал до центрального блоку): підсистема освітлення вимкнена, відсутність людей в приміщенні.	1 (найвищий)
4. Датчик зовнішнього освітлення	1) «Норма» (рівень зовнішнього освітлення достатній для освітлення приміщення, робота підсистеми освітлення не потребує зміни); 2) «Низький рівень освітлення» (рівень зовнішнього освітлення недостатній, регулювання (збільшення) рівня штучного освітлення); 3) «Високий рівень освітлення» (рівень зовнішнього освітлення більш ніж достатній, регулювання (зменшення) рівня штучного освітлення).	1 (найвищий)
5. Група низьковольтних галогенових ламп 230/12 В (локальне освітлення)	1) Вимкнення; 2) Увімкнення; 3) Регулювання.	2 (найнижчий)
6. Група низьковольтних ламп розжарювання 230 В (загальне освітлення)	1) Вимкнення; 2) Увімкнення; 3) Регулювання.	1 (найвищий)

Імітаційна модель центрального блоку керування з урахуванням критерію мінімізації вартісних витрат

Задача оптимального керування споживанням електроенергії у системі освітлення може бути сформульована у двох варіантах:

- 1) мінімізація витрат у грошовому визначенні;
- 2) мінімізація ресурсів. У даній статті при побудові імітаційної моделі був застосований критерій мінімізації вартісних витрат.

Перший варіант задачі справедливий для систем, в яких критичною є вартість спожитої енергії. При цьому передбачається впровадження алгоритмів оптимального керування для регулювання режимів пристроїв, що входять до складу підсистеми освітлення, відповідно до вимог мінімізації вартісних витрат та ієрархічного розподілу пристроїв з урахуванням важливості, потужності споживання, часу та тривалості роботи.

Другий варіант формулювання задачі оптимального керування передбачає розгляд локальних об'єктів, для яких найважливішою є задача раціонального використання ресурсів. Прикладами таких об'єктів є автономні фермерські господарства, дослідницькі станції, військові об'єкти.

Мінімізація вартісних витрат підсистеми освітлення досягається за рахунок використання різних тарифних планів у різні часові інтервали доби: нічний тариф – в інтервалі від 23:00 до 6:59 години; напівпіковий – від 7:00 до 7:59 години, від 11:00 до 19:59 години та від 22:00 до 22:59 години; піковий – в інтервалі від 8:00 до 10:59 години та від 20:00 до 21:59 години [6].

На рис.2 приведена імітаційна модель алгоритму роботи центрального блоку керування інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту з використанням критерію мінімізації вартісних витрат, виконана за допомогою мереж Петрі.

У табл. 2 наведені умовні позначення позицій та переходів моделі.

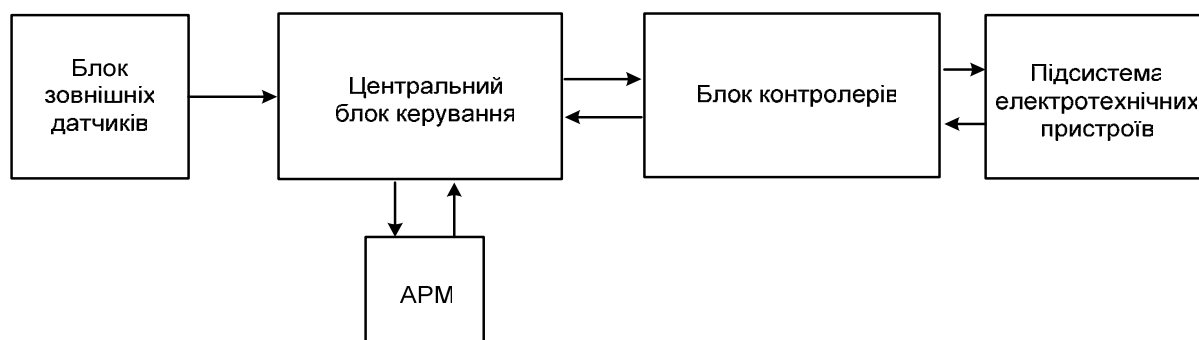


Рис.1. Структура інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту

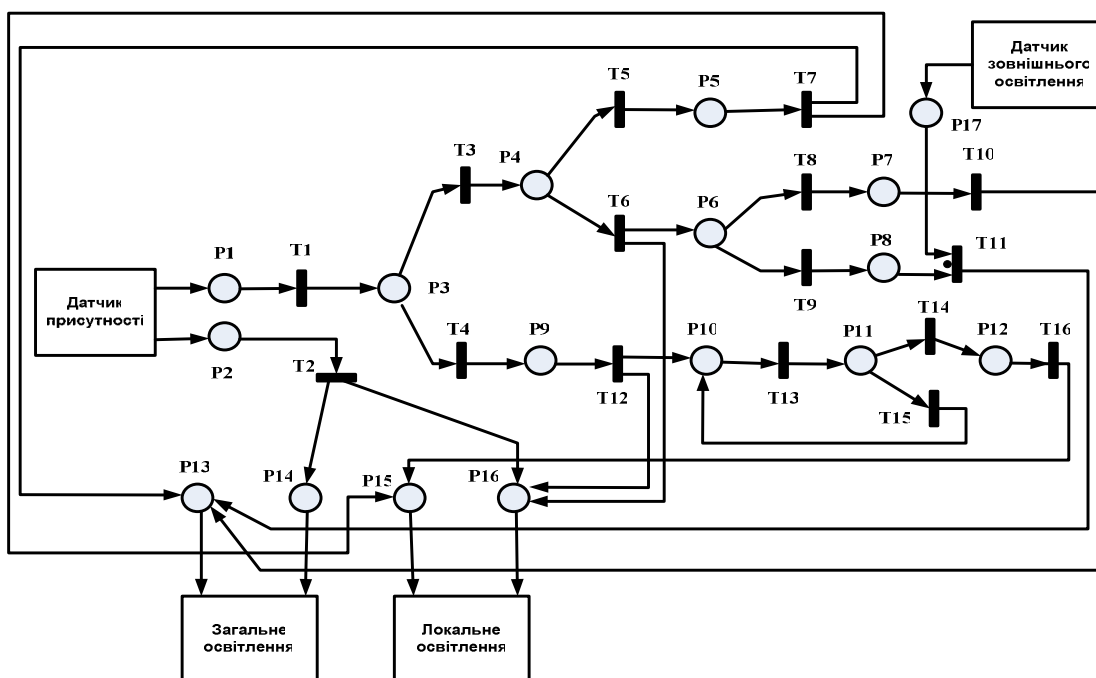


Рис. 2. Імітаційна модель алгоритму роботи центрального блоку керування з урахуванням критерію мінімізації вартісних витрат

Таблиця 2. Позначення позицій та переходів моделі

Індекс i	Позиція P_i	Індекс j	Перехід T_j
1	Сигнал з датчика присутності (режим «Тривога» - реакція на рух в приміщенні)	1	Обробка сигналу з датчика присутності – увімкнення підсистеми освітлення
2	Сигнал з датчика присутності (режим «Очікування» - відсутність жодної людини в приміщенні)	2	Обробка сигналу з датчика присутності – вимкнення загального та локального освітлення
3	Перевірка, чи є найнижчим поточний тариф електроенергії (булева позиція)	3	TRUE-перехід булевої позиції P3
		4	FALSE-перехід булевої позиції P3
4	Перевірка, чи перевищує потужність споживання задану при вмиканні (булева позиція)	5	FALSE-перехід булевої позиції P4
		6	TRUE-перехід булевої позиції P4
5	Потужність споживання освітлення не перевищує задану при вмиканні	7	Вмикання загального та локального освітлення
6	Перевірка, чи перевищує потужність споживання загального освітлення задану при вмиканні (булева позиція)	8	FALSE-перехід булевої позиції P6
		9	TRUE-перехід булевої позиції P6
7	Потужність споживання загального освітлення не перевищує задану при вмиканні	10	Вмикання загального освітлення
8	Потужність споживання загального освітлення перевищує задану при вмиканні	11	Вмикання та регулювання (зменшення рівня освітлення) загального освітлення
9	Поточний тариф не є найнижчим	12	Вимкнення локального освітлення
10	Очікування наступного тарифу	13	Перевірка поточного тарифу електроенергії
11	Перевірка, чи задовольняє потужність споживання локального освітлення при новому тарифі (булева позиція)	14	TRUE-перехід булевої позиції P11
		15	FALSE-перехід булевої позиції P11
12	Потужність споживання локального освітлення при новому тарифі є задовільною	16	Вмикання локального освітлення
13	Сигнали для вмикання загального освітлення		
14	Сигнали для вимкнення загального освітлення		
15	Сигнали для вмикання локального освітлення		
16	Сигнали для вимкнення локального освітлення		
17	Сигнали з датчика зовнішнього освітлення про рівень зовнішнього освітлення та потребу регулювання штучного освітлення		

Центральний блок керування здійснює опитування блоку зовнішніх датчиків й отримує відповідні сигнали щодо вмикання або вимкнення системи освітлення (P1, T1 – спрацювання датчика та P2, T2 – режим «очікування»). Сигнали з датчиків (позиції P1, P2, P17) є обов'язковими для початку роботи моделі. При отриманні сигналу для увімкнення системи освітлення (P1, T1), здійснюється перевірка поточного тарифу щодо того, чи є він найнижчим (позиція P3). По-

зиція P3 є булевою, тобто має переходи (T3, T4) зі значеннями «TRUE» (істина) та «FALSE» (хибність) відповідно. Після перевірки тарифу спрацювати може лише один з двох переходів цієї булевої позиції. У випадку найнижчого тарифу (TRUE-перехід T3) відбувається наступна перевірка – чи перевищує потужність споживання навантаження при вмиканні задану оператором потужність (P4 – булева позиція). У випадку значення потужності споживання, меншого від

заданого (FALSE-перехід Т5) центральний блок керування виробляє сигнали щодо вмикання загального та локального освітлення (Т7, Р13, Р15), причому перехід Т7 має дві вихідні позиції – Р13 та Р15, тобто при спрацюванні переходу Т7 маркери отримують дві його вихідні позиції. Таким чином кількість маркерів в системі збільшиться на 1. Якщо потужність споживання навантаження перевищує задану оператором (TRUE-перехід Т6 булевої позиції Р4), то центральний блок керування створює сигнал щодо вимкнення локального освітлення (позиція Р16), яке має нижчий рівень ієрархії відносно загального освітлення, для зменшення рівня потужності споживання системи освітлення, та здійснюється перевірка, чи перевищує потужність споживання загального освітлення задану оператором (булева позиція Р6). Якщо потужність споживання загального освітлення не перевищує задану (FALSE-перехід Т8), центральний блок керування створює сигнал для увімкнення загального освітлення приміщення, у протилежному випадку (TRUE-перехід Т9) – увімкнення загального освітлення здійснюється лише після регулювання димером рівня освітлення (перехід Т11). Перехід Т11 має розширення – «АБО», тобто для спрацювання переходу достатньо того, щоб одна з його вхідних позицій (позиції Р8, Р17) мала маркер.

Якщо поточний тариф не є найнижчим (позиція Р9), центральний блок керування формує сигнал щодо тимчасового вимкнення локального освітлення (перехід Т12, позиція Р16) та відбувається перевірка поточного тарифу (перехід Т13) та порівняння потужності споживання локального освітлення при новому тарифі (булева позиція Р11). Після того, як значення потужності споживання локального освітлення не буде перевищувати допустиме (TRUE-перехід Т14, позиція Р12), центральний блок керування створить сигнал для увімкнення локального освітлення приміщення. У протилежному випадку (FALSE-перехід Т15) маркер повернеться до позиції очікування та перевірки нового тарифу (позиція Р10).

Також у моделі був врахований датчик зовнішнього освітлення, сигнали з якого (позиція Р17) про недостатній або надмірний рівень освітлення викликають подальше регулювання загального освітлення приміщення (перехід Т11).

У моделі були використані булеві позиції Р3, Р4, Р6, Р11. Кожна з цих позицій має два переходи зі значеннями «TRUE» (істина) та «FALSE» (хибність) відповідно, які не можуть спрацювати

одночасно. Перехід Т11 має розширення – виключне «АБО», тобто для спрацювання переходу достатньо того, щоб одна з його вхідних позицій (Р8, Р17) мала маркер.

Висновки

Впровадження алгоритму енергоефективного керування підсистемою освітлення приміщення за критерієм мінімізації вартісних витрат дозволяє зменшити вартість спожитої енергії. Керування підсистемами та окремими пристроями припускає наявність ієрархічного розподілу, при якому алгоритм керування та характер застосування заходів мінімізації електроспоживання визначається ієрархічним рівнем.

Імітаційна модель роботи центрального блоку керування інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту, на прикладі підсистеми освітлення, з урахуванням критерію мінімізації, створена за допомогою мереж Петрі, дозволяє дослідити поведінку, властивості та умови функціонування реальної системи. Створена імітаційна модель є доцільною для використання при моделюванні та дослідженні роботи всієї інформаційно-керуючої мережі локального об'єкту.

Література

1. *О.В. Кириленко, Ю.С. Петергеря, Т.О. Терещенко, В.Я. Жуйков.* Интеллектуальная система керування потоками електроенергії у локальних об'єктах. – К.: «Аверс», 2005.
2. *Ю.С. Петергеря, А.Г. Киселева.* Особенности построения вычислительно-управляющей сети локального объекта // *Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники», ч.1.* – 2008. – С.208-213.
3. *А.Н. Сочнев.* Оптимизация в сетях Петри с применением нейросетей // *Труды I Всероссийской научной конференции молодых ученых.* – 2010. – С.97-104.
4. *Дж. Питерсон.* Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: «Мир», 1984.
5. *Э. Танненбаум.* Компьютерные сети.-СПб.: «Питер», 2003. – 992 с.
6. Постанова про тарифи на електроенергію, що відпускаються населення і населеним пунктам від 10.03.99 // http://www.nerc.gov.ua/control/uk/publish/article/main?art_id=52717&cat_id=34446