

УДК 621.3

А.О. Дем'яненко, О.В. Невмержицький, Ю.В. Хохлов, канд. техн. наук,  
Ю.С. Ямненко, д-р техн. наук

## Система комбінованого керування електротехнічними пристроями

Рассмотрена комбинированная система управления электротехническими устройствами локального объекта. Предложена и описана структура контролера комбинированной системы управления. На основании теории автоматов предложен обобщенный алгоритм управления электротехническими устройствами.

**Hybrid remote control system for electrical devices was considered. The structure of hybrid controller was proposed. The generalized algorithm for devices control based on the automata theory was developed.**

**Ключові слова:** *децентралізована система керування, комбінована система керування, теорія автоматів, контролер, імовірнісна матриця.*

### Вступ

Збільшення кількості одиниць промислового та побутового електротехнічного обладнання, а також збільшення сумарної потужності пристроїв обумовлює значне підвищення енергії споживання у різних галузях. При цьому виникає необхідність пошуку систем автоматичного керування електротехнічними пристроями.

На даний час найбільш розповсюдженими є централізована та децентралізована системи керування.

Зростання кількості споживачів призводить до зменшення надійності та швидкодії централізованих систем у зв'язку зі збільшення потоку інформації, який підлягає обробці та передачі по каналах зв'язку [1]. Частковим вирішенням цієї проблеми є застосування децентралізованих систем, які здатні досить швидко розв'язувати локальні задачі. Однак децентралізована система в силу принципів її функціонування не забезпечує виконання глобальної задачі оптимізації споживання енергії та не може вважатися постійно працездатною [2]. Оцінка загального стану та рівня споживання всього об'єкта при цьому практично неможлива.

В такому випадку найбільш ефективним є комбіноване керування, яке містить елементи централізованих та децентралізованих методів керування. Обов'язковою умовою ефективного комбінованого керування є наявність інфор-

маційного середовища, утвореного самими пристроями.

Проте комбіноване керування передбачає наявність центрального блока, який виконує функцію контролю та керування на узагальненому рівні [3]. У випадку, якщо центральний блок виходить з ладу, частина функції такої системи керування втрачається. Тому у роботі запропоновано комбіновану систему керування, де функції центрального блока розподілені між децентралізованими пристроями.

Перевагами такої системи є: концентрація всієї інформації про стан системи в одному вузлі, мінімальна довжина циклу керування, однозначність прийняття рішень, висока надійність системи, відсутність необхідності у високопродуктивних контролерах, здатність системи швидко вирішувати поставлені задачі незалежно від її складності [1].

### 1. Система комбінованого керування електротехнічними пристроями

На рис. 1 зображена комбінована система керування навантаженнями локального об'єкту, яка складається з  $m$  контролерів [3].

Кожен контролер системи містить чотири блоки (рис. 2): модуль обробки даних, комунікаційний інтерфейс, інтерфейс керування навантаженням, блок датчиків.

Комунікаційний інтерфейс забезпечує зв'язок між контролерами, які входять до складу системи, та може бути реалізований з використанням проводова або безпроводових ліній зв'язку [4].

Функції модулю обробки даних:

- формування алгоритму керування навантаженням;
- збір, перетворення та зберігання інформації;
- побудова шляхів передачі інформації між контролерами.

За допомогою датчиків модуль обробки даних отримує інформацію про споживання електроенергії навантаженнями та пропараметри навколишнього середовища.

Інтерфейс керування навантаженням забезпечує зв'язок навантаження з модулем обробки даних. В залежності від способів підключення контролера до навантаження можуть використовуватися інфрачервоний протокол зв'язку

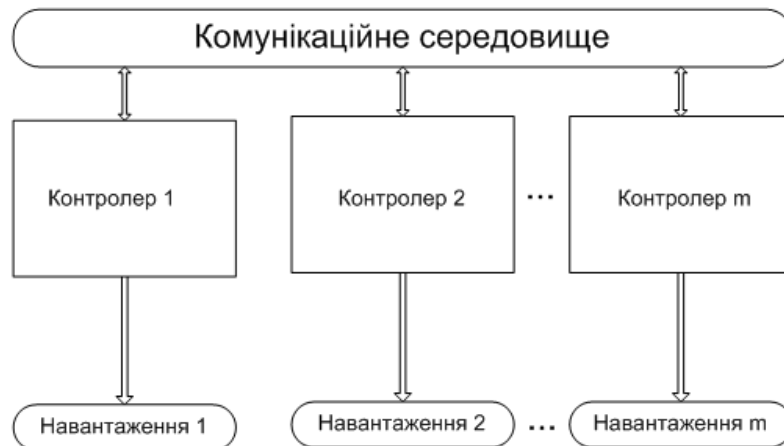


Рис. 1. Блок-схема системи керування навантаженнями



Рис. 2. Блок-схема контролера

(IRDA), технологія зв'язку по силовим лініям (PLC), послідовний інтерфейс (USB, UART). В тому випадку, коли навантаження не має власної системи керування, комутація цього навантаження до електромережі відбувається за допомогою силового реле.

Таким чином, запропонована система комбінованого керування дає змогу поєднати переваги централізованих та децентралізованих підходів керування електротехнічними пристроями локального об'єкту.

## 2. Алгоритм передачі інформації між вузлами системи

За теорією автоматів контролер побудовано на основі імовірного автомата з інформацією про стан сусіда [3,5].

Програмні моделі автоматів реалізовано на базі однокристальних мікроконтролерів. При цьому програмна модель здатна виконувати функції імовірного автомата, інтерфейсу керування споживачем та приймання/передавання інформації про поточний стан сусіднього автомата.

При керування електротехнічними пристроями локальних об'єктів на системи керування

навантаженням покладено функції автоматів та середовища. Оскільки реалізація автоматів здійснено шляхом створення їх програмних моделей, вбудованих у мікроконтролер, задача розробки системи комбінованого керування зведена до розробки відповідного програмного забезпечення.

Передбачено, що автомати функціонують у дискретному форматі часу, де  $n$  приймає цілі значення  $1, 2, 3, \dots$ . На рис. 3 наведено схему взаємодії автоматів із середовищем. Вихідні сигнали автомата  $f(n)$  є вхідними сигналами для середовища  $E$ , яке у свою чергу формує сигнали реакції  $S(n)$ . На рис. 3 пунктиром показано інформаційний сигнал  $I_A(n)$ , який містить дані про поточний стан сусіднього автомата.

Зміна внутрішніх станів автомата може бути представлена у вигляді імовірнісної матриці  $P(S(n))$  [6]:

$$P(S(n)) = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1z} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2z} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{z1} & p_{z2} & \dots & p_{zz} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Кожний елемент такої матриці  $p_{ij}$ ,  $i, j=1, 2, \dots, z$ , де  $z$  - кількість станів автомата, являє собою імовірність переходу автомата із стану з номером  $i$  в стан з номером  $j$  під впливом реакції середовища  $S(n)$ .

Кожен рядок матриці  $P(S(n))$  відповідає певній стратегії (режиму роботи) системи керування.

Значення перехідних ймовірностей мають задовольняти умовам:

$$0 \leq p_{ij}(n) \leq 1, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^z p_{ij}(n) |_{i=\text{const}} = 1. \quad (3)$$

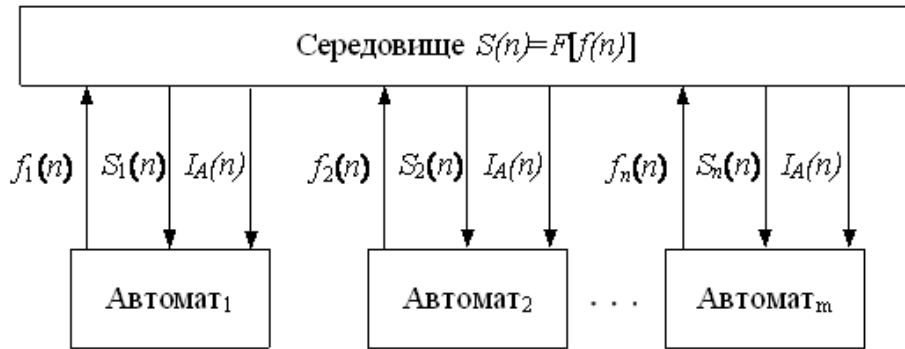


Рис. 3. Підключення автоматів до середовища

Якщо множина реакцій середовища складається з сигналів двох типів: «не штраф» ( $S(n) = +1$ ) і «штраф» ( $S(n) = -1$ ), то автомат можна представити у вигляді двох матриць:

$$P(+1) = [p_{ij}(+1)], \tag{4}$$

що визначає зміну дій автомата після одержаного сигналу «не штраф», та

$$P(-1) = [p_{ij}(-1)], \tag{5}$$

що визначає зміну дій автомата після одержання сигналу «штраф».

Після переходу автомата в новий стан імовірність, що відповідає цьому переходу, змінюється на величину  $\Delta$  залежно від реакції середовища на дію автомата:

$$p_{ij}(n+1) = \begin{cases} p_{ij}(n) + \Delta, \text{ якщо } S(n) = +1 \\ p_{ij}(n) - \Delta, \text{ якщо } S(n) = -1 \end{cases} \tag{6}$$

Після зміни перехідної імовірності значення елементів рядка матриці станів нормуються, що забезпечує виконання умов (2) та (3).

Алгоритм роботи імовірнісного автомата наведено на рис. 4. Після отримання сигналу від середовища відбувається аналіз отриманого сигналу і відповідно до його типу («не штраф» або «штраф») здійснюється зміна матриці перехідної імовірності (6) і подальше нормування зміненого рядка матриці, що забезпечує виконання умов (2) та (3). Зміна матриці відбувається в блоці зміни перехідної ймовірності, а нормування рядка виконує окремий блок.

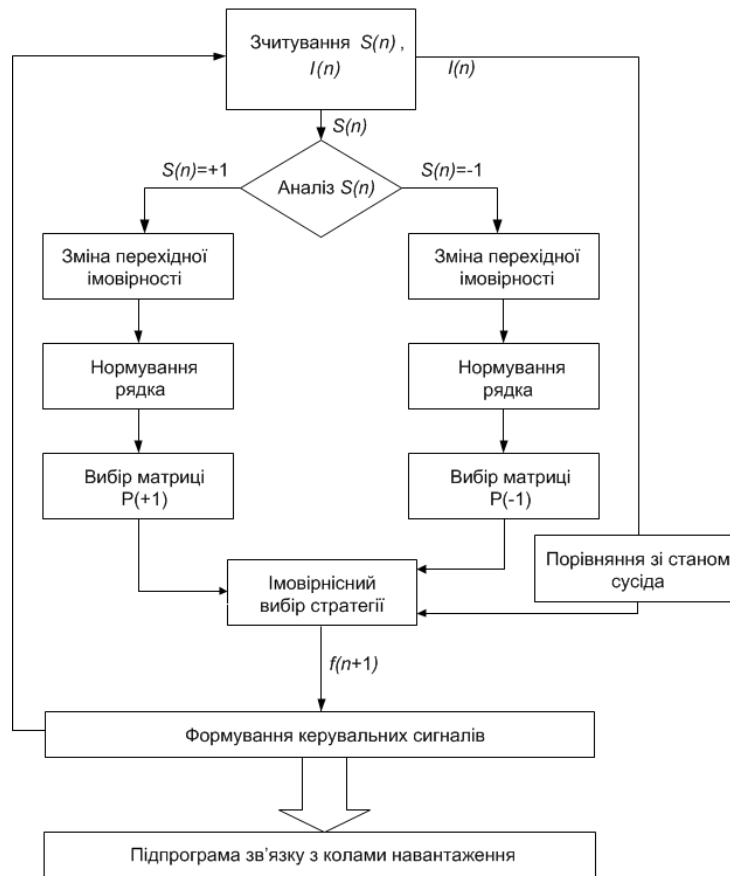


Рис.4. Алгоритм підключення автоматів до середовища

Після цього відбувається вибір матриці  $P(S(n))$  (1) залежно від гілки алгоритму. Для гілки  $S(n) = +1$  обирається матриця  $P(+1)$  згідно виразу (4), для гілки

$S(n) = -1$  – матриця  $P(-1)$  згідно рівнянню (5).

У тому рядку обраної матриці, що відповідає номеру поточної стратегії, виконується імовірнісний вибір стратегії. Вибір відбувається шляхом виклику відповідної підпрограми, яка аналізує матрицю (1) та обирає той рядок матриці (стратегію), елемент якої  $p_{ij}$ , є найбільшим у всій матриці. З урахуванням обраної стратегії та стану сусіднього автомата на виході блоку формується значення стану автомата на наступному кроці  $f^*(n+1)$ .

Після вибору стратегії виконується підпрограма інтерфейсу зв'язку з навантажувальним колом.

#### Висновки

Розроблено та представлено комбіновану систему керування електротехнічними пристроями локального об'єкту, де функції центрального блока розподілені між децентралізованими пристроями, а керування в межах контролера є централізованим.

Запропоновано алгоритм керування електротехнічними пристроями на базі імовірнісного автомата з інформацією про стан сусіда, що дозволяє узгоджено керувати навантаженнями.

Контролер керування виконує моніторинг стану навантаження та навколишнього середовища і використовує отримані дані в процесі керування згідно запропонованого алгоритму.

#### Література

1. *Варшавский В.И.* Коллективное поведение автоматов. – М.: Гл. ред. физ.-мат. литературы изд-ва „Наука”, 1973.– 50 с.
2. *Трахтман А.М.* Введение в обобщенную спектральную теорию сигналов. – М.: Сов. радио, 1972. – 468 с.
3. *Интеллектуальные системы обеспечения энергосбережения жилых домов / Петергеря Ю.С., Жуйков В.Я., Терещенко Т.А.* - К.: "Аверс", 2008. – 91 с.
4. *Редько О.В., Хохлов Ю.В.*, Динамічна маршрутизація на основі принципів функціонування нейронних мереж. – 2 с.
5. *Цетлин М.Л.* Исследования по теории автоматов и моделирование биологических систем. – М.: Наука, 1969.– 316 с.
6. *Карпов Ю.Г.* Теория автоматов. – М. Питер, 2003.– 132 с.