

## РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІЙ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ НА БАЗІ АВТОМАТА ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДІЇ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Бовчалюк С. Я., Тимчук С. О., Фурман І. А., Азацький Р. В.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

*В статті наведено спробу реалізації функцій логічного керування в нечіткій формі на базі технології паралельного логічного керування, а також сформульовано загальний підхід до побудови автоматів паралельної дії із нечіткою логікою.*

**Постановка проблеми.** Сучасні електричні мережі України знаходяться на тому етапі, коли необхідно приймати рішення про подальшу стратегію їх розвитку і модернізації. Це обумовлено як їхнім технічним станом, так і загальним напрямком руху енергетичного співтовариства планети.

Розглянемо обидві складові. Перша – технічний стан електромереж країни. Значна їх частина (за деякими даними понад половина) мають 100% знос; якісною електроенергією забезпечено не більше двох третин користувачів; тривалість відключень сягає 100 годин і більше (що на порядок вище, ніж у розвинених країнах); втрати при передачі електроенергії неприпустимо великі (в середньому по країні за 2015 рік більше 12%, а за 2016 рік – 11,7%) і подекуди можуть сягати 40%. Також слід згадати постійне збільшення навантаження на електромережі через зростання кількості споживачів і питомого споживання енергії ними. Окрім вищевказаних факторів додатковим викликом для енергетиків є стрімкий розвиток так званих «зелених» джерел енергії – вітроелектростанцій, сонячних станцій, тощо. Для цих джерел енергії характерними є: переважно невелика генерована потужність, її нестабільність (добова, погодна, тощо), розосередженість за електричними мережами і ще значна кількість характеристик, які не дозволяють достатньо просто інтегрувати такі джерела до існуючих мереж, без внесення певних значних змін до організації та обслуговування енергетичного господарства.

Друга складова – загальний напрямок руху енергетично розвинених країн, який відповідає вимогам забезпечення сталого розвитку. Основними тезами такого руху є нерозривність та узгодженість дій при забезпеченні трьох складових: енергозабезпеченні (безперебійному постачанні електричної енергії відповідної якості), енергодоступності (енергоощадності та доступності ціни на електроенергію), енергоприйнятності (мінімальному впливі на навколишнє середовище) [1].

Таким чином в Україні є унікальний шанс не просто модернізувати енергетичне господарство до рівня відповідності надання енергетичних послуг технічно і економічно розвиненими країнами, а відразу рухатись у напрямку побудови перспективної інтелектуальної енергетичної системи нового покоління.

**Аналіз стану питання.** 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 розпо-

дільчі мережі, і всі види споживачів електричної енергії, які керуються єдиною мережею автоматизованих пристроїв у реальному часі [1]. Така концепція отримала загальноєвропейський і загальноприйнятий термін – Smart Grid. Так за Європейським визначенням European Technology Platform SmartGrids: (інтелектуальні мережі) – це електричні мережі, що задовольняють майбутнім вимогам, щодо енергоефективності та економічності функціонування енергосистеми за рахунок скоординованого функціонування і за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електричними станціями, акумулюючими джерелами та споживачами [2, 3].

На думку авторів, одним із перспективних напрямків реалізації елементів Smart Grid є застосування інформаційної технології паралельного логічного керування на базі безпечного ПЛІС-контролера паралельної дії. Слід зазначити, що ця технологія розроблялась і була практично реалізована для керування об'єктами безперервної циклічної дії, у тому числі критичного застосування (відповідальних, надійних, безвідмовних), але процеси в електричних мережах носять, переважно, невизначений характер і тому безпосереднє застосування вказаної технології в енергетиці не може дати значних переваг у порівнянні із класичними методами і технологіями послідовної дії. У той же час елементи нечіткої логіки у поєднанні із інформаційною технологією паралельного логічного керування, можуть дати ефективний інструмент для побудови елементів технічної реалізації Smart Grid.

**Мета статті.** Сформулювати принципи реалізації функцій логічного керування в нечіткій формі на базі автомата паралельної дії. Сформулювати підхід до побудови елементів інтелектуальної енергетичної мережі у рамках концепції Smart Grid на базі автомата паралельної дії із нечіткою логікою (АПДН).

**Основні матеріали.** Для застосування математичного апарату нечіткої логіки для автоматів паралельної дії при побудові інтелектуальних систем в енергетиці є щонайменше дві причини:

- наявність невизначеності вхідних величин;
- природна паралельність процедури нечіткого логічного висновку.

Розглянемо ці причини.

*Наявність невизначеності вхідних величин.* Задачі прийняття рішення в енергетиці розв'язуються в умовах неповноти і невизначеності зовнішньої інформації. Це призводить до отримання неточних результатів. У відповідності до [4] невизначеність має місце, якщо універсальна множина складається більше ніж з

однієї точки:

- якщо для елементів множини задані відповідні вірогідності, то має місце вірогіднісна характеристика;
- якщо відомі тільки граничні елементи – це інтервальна невизначеність;
- якщо задати для кожного елемента множини відповідну степінь приналежності – це нечіткість.

Наприклад невизначеність виникає у процесі вимірювання параметрів, що визначають технологічні процеси в енергетиці. Такі невизначеності можуть мати різну природу:

- неточність (або погрішність) вимірювальних приладів;
- наявність різних значень при формуванні множинних вимірювань;
- опосередкованість вимірювань, наприклад через розосередженість за параметром або за територією, тощо.

У таких випадках класичних систем логічного керування застосовують детермінізацію (наприклад методом статистичного усереднення). Таким чином втрачається частина даних.

*Природна паралельність процедури нечіткого логічного висновку.* Така природна паралельність дозволяє достатньо просто інтегрувати елементи реалізації нечіткої логіки до структури класичних автоматів паралельної дії. Це дозволить розширити їхню функціональність і напрямки застосування.

Прототипом для АПДН із елементами нечіткої логіки можна вважати пристрій для керування машиною для лиття під тиском [5], спрощена структура якого показана на рис. 1.

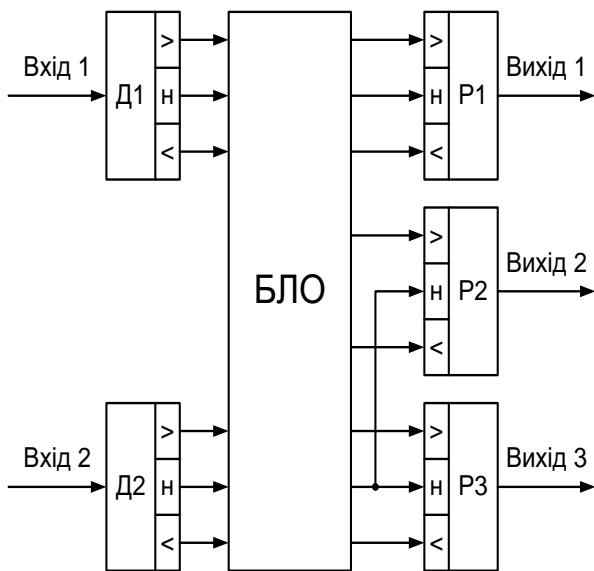


Рисунок 1 – Спрощена структура прототипу АПДН

На вказаній структурі блоки дискримінаторів Д1 і Д2 виконують фазифікацію із приведенням вхідних аналогових сигналів (Вхід 1, Вхід 2) до трьох рівнів – більше (>), норма (н), менше (<), блок логічної обробки (БЛО) жорстко задає алгоритм функціонування технологічного процесу, а вихідні регулятори Р1-Р3, у

залежності від комбінацій вхідних сигналів – більше, норма або менше, формують сигнали керування обладнанням (Вихід 1 – Вихід 3), тобто фактично виконують функції дефазифікаторів.

Фактично показана структура являє собою автомат паралельної дії із жорсткою логікою, що був створений для керування конкретним обладнанням технологічної лінії лиття роторів електродвигунів. Він не передбачав програмування і був реалізований на дискретних елементах, що обмежило його застосування тільки обладнанням згаданого класу. Але принципи, закладені при його побудові дозволяють вважати його прообразом для АПДН, що розглядається у рамках даної публікації.

У загальному вигляді АПДН може бути представлений наступним чином (рис. 2), де:  $a_1...a_k$  –  $k$  цифрових двійкових входів;  $g_1...g_p$  –  $p$  аналогових входів;  $c_1...c_m$  –  $m$  цифрових двійкових виходів;  $fx_1...fx_n$  – входи фазифікованих даних;  $fy_1...fy_l$  – виходи фазифікованих даних. Причому фазифіковані вхідні і вихідні дані фактично являють собою звичайний двійковий код.

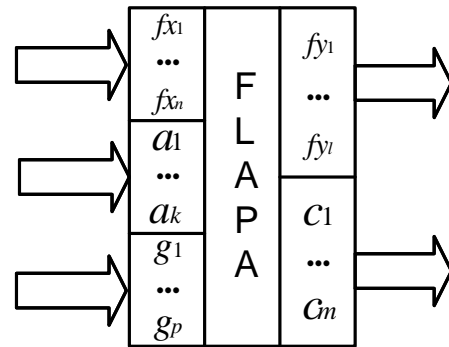


Рисунок 2 – Узагальнена структура АПДН

При синтезі АПДН виникають важливі питання: яка кількість вхідних величин у нечіткій формі може бути оброблена автоматом і скільки вихідних команд керування може бути ним сформовано? Насправді теоретично кількість входів-виходів логічного керуючого автомата паралельної дії (ЛКАПД) є необмеженою, отже і кількість входів АПДН також є необмеженою. Але виходячи із досвіду створення контролерів паралельної дії (у тому числі промислових зразків) можна стверджувати, що кількість входів-виходів, фактично, обмежена складністю технічної реалізації і процедурою реалізації керуючої циклограми. Враховуючи, що АПДН має оперувати нечіткими величинами, при роботі із якими не може бути безпосередньо застосований підхід як до об'єктів безперервної циклічної дії, можливе застосування каскадування АПДН, що дозволить розбити складні задачі на більш прості.

Із вищевказаного можна зробити наступний висновок: класична структура ЛКАПД, наприклад [6, 7], що є базовою для реалізації інформаційної технології паралельного логічного керування, може бути взята за основу при синтезі структури АПДН.

Виходячи із принципів функціонування ЛКАПД і задач, що ставляться перед АПДН, до структури

останнього пропонується внести наступні зміни: виключити блоки БПЗК і ВР, що забезпечували невидачу заборонених комбінацій вихідних команд керування, оскільки питання безпечності керування на даному етапі ще не розглядаються і не обґрунтовуються; виключити БІ, оскільки видача інформації про поточний стан вхідних даних не є актуальною.

Інші блоки присутні в структурі АПДН, хоча і дещо змінюють своє функціональне значення. Пропонувана узагальнена структура АПДН показана на рис. 3.

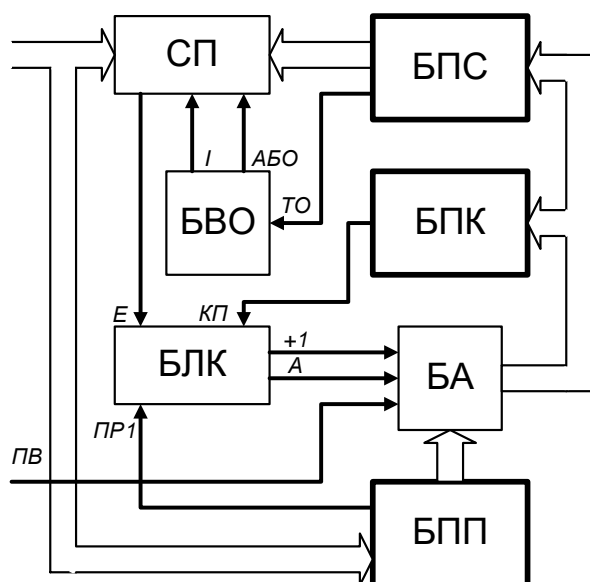


Рисунок 3 – Структура АПДН

Робота АПДН відрізняється від роботи ЛКАПД, наступними особливостями:

- БПП втрачає свою основну функціональність із формування адреси переходу до підпрограми, а фактично, разом з БПК, виконує функції зберігання таблиці формування нечіткого логічного висновку;
- БПС може містити лише фрагменти послідовного виконання команд, якщо в них є необхідність. Якщо така детермінована послідовність відсутня, то БПС виключається із структури;
- блок адресації (БА) виконує ті ж функції, що і ЛА в ЛУАПД, але тепер його основною функцією є формування нечіткого логічного висновку разом з БПП, а не послідовного відпрацювання рядків підпрограм, разом з БПС.

**Висновки.** Проведені дослідження показали, що нечітка логіка може бути ефективним інструментом для керування енергетичним обладнанням, а також дозволить реалізовувати автомати паралельної дії для керування таким обладнанням за один такт дискретного автоматного часу. Також показано, що базова структура ЛКАПД може бути взята за основу при синтезі узагальненої структури АПДН, що дозволяє перейти до практичного синтезу структур автоматів, їх HDL-моделей і фізичної реалізації.

#### Список використаних джерел

1. Стогній Б. С. Еволюція інтелектуальних елект-

ричних мереж та їхні перспективи в Україні / Стогній Б. С., Кириленко О. В., Праховник А. В., Денисюк С. П. // Техн. електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67.

2. Smart Grid – European Technology Platform for Electricity Networks of the Future. – European Commission, 2005. [Electronic resource] - Mode of access: <http://www.smartgrids.eu/>.

3. European Technology Platform- Smart Grids. April 2011: Strategic Deployment document for European Commission, 2014. [Electronic resource] — Mode of access: <http://www.smartgrids.eu/>.

4. A. Kandel, W.J. Byatt (1978) Fuzzy sets, fuzzy algebra, and fuzzy statistics IEEE proc. 1619 – 1639.

5. А. с. 1026946 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 22 D 17/32. Устройство управления машиной для литья под давлением / Кострица В. Г., Фурман И. А (СССР). – №3425477/22-02 ; заявл. 20.01.82 ; опубл. 07.07.83, Бюл. № 25.

6. Фурман И. А. Совершенствование математической модели и архитектуры логических управляющих автоматов параллельного действия / И. А. Фурман, С. Я. Бовчалоук // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. –№ 3 (59). – С. 72–76.

7. Бовчалоук С. Я. Модели, методы и средства информационной технологии параллельного логического управления объектами железнодорожной автоматки: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Бовчалоук Станіслав Ярославович. –Харьков, 2008. –203 с.

#### Аннотация

### РЕАЛИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ АВТОМАТА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Бовчалоук С. Я., Тимчук С. А., Фурман И. О., Азацкий Р. В.

*В статье приведена попытка реализации функций логического управления в нечеткой форме на базе технологий параллельного логического управления, а также сформулирован общий подход к построению автоматов параллельного действия с нечеткой логикой.*

#### Abstract

### IMPLEMENTATION OF FUNCTIONS OF FUZZY LOGICAL CONTROL ON THE BASIS OF PARALLEL ACTION AUTOMAT FOR INTELLIGENT POWER GRID

S. Bovchaliuk, S. Tymchuk, I. Furman, R. Azatsky

*The article describes an attempt to implement the functions of logical control in a fuzzy form based on parallel logic control technologies. A general approach to construction the automat of parallel action with fuzzy logic is formulated.*