

О.М. СІНЧУК, д-р техн. наук, проф., О.Ю. МИХАЙЛЕНКО, канд. техн. наук, доц.,  
В.Д. БАРАНОВСЬКИЙ, асистент, Криворізький національний університет

## КЕРУВАННЯ СПОЖИВАННЯМ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ НАСОСІВ ГОЛОВНОГО ВОДОВІДЛИВУ ЗАЛІЗОРУДНОЇ ШАХТИ З ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ЛОГІЧНОГО ВИСНОВКУ

Впровадження ринку електроенергії [1] змінило основні підходи до взаєморозрахунків між споживачами та електропостачальними компаніями. При цьому формат визначення вартості електроенергії «на добу наперед» створив передумови для синтезу нових алгоритмів керування системами електропостачання [2]. Метою роботи такої системи є зниження фінансових витрат на покупку підприємством електроенергії [3] і, як наслідок, зниження енергетичної складової в собівартості кінцевої продукції.

Як об'єкт для дослідження ефективності системи керування електроспоживанням було розглянуто головний водовідливний комплекс (ГВК) залізорудної шахти. Він здійснює відкачування підземних вод для уникнення затоплення стовбура шахти та створення безпечних умов роботи працівників підприємства. Конкретно було розглянуто водовідлив передкінцевого горизонту. Туди відкачуються шахтні води з усіх нижніх горизонтів, скільки б їх не було в системі водовідливу. Саме тому цей передостанній горизонт має водозбірник найбільшого об'єму, найпотужніші насоси і є одним з найбільших споживачів електроенергії на шахті [4].

Система керування споживанням електроенергії насосами ГВК повинна мати два входи – водоприплив та ціна електроенергії і один вихід – загальна потужність електромеханічного обладнання насосних агрегатів. Враховуючи, що ці величини без винятку можуть підлягати експертній оцінці, тому доцільно застосувати систему нечіткого логічного висновку (НЛВ) Мамдані. У системах такого типу кожна лінгвістична змінна має свої функції приналежності, яка визначає, наскільки кожне вхідне або вихідне значення належить тій чи іншій наявній нечіткій множині.

Фазифікація функцій приналежності до нечітких множин лінгвістичних змінних «водоприплив», «вартість електроенергії», «потужність насосів» проводиться з застосуванням математичних залежностей декількох типів, що дозволить здійснити порівняльний аналіз ефективності керування за допомогою систем НЛВ різної структури. Застосуємо безперервні залежності, як-от гауссові і сигмоїдні та кусково-лінійні, як-от трикутні та трапецеїдальні.

Після фазифікації формалізуємо базу правил системи НЛВ. Під час проведення даного процесу врахуємо необхідність здійснення відкачки шахтних вод з різною продуктивністю, коли спостерігається різна інтенсивність водоприпливу, що регламентується вимогами до роботи водовідливу. База нечітких правил формується з застосуванням логічної операції кон'юнкції множин, що належать лінгвістичним змінним «водоприплив» і «вартість електроенергії», тобто вхідним.

Проведено імітаційне моделювання режимів роботи системи керування споживанням електроенергії насосами головного водовідливу. Воно показало, що рівень витрат на покупку електроенергії на 0,89% нижче в системі НЛВ з кусково-лінійними функціями та на 1,24% нижче в системі НЛВ з безперервними функціями ніж в системі без керування.

Синтезована нечітка система керування продемонструвала економічну ефективність, що дозволяє рекомендувати її до впровадження.

### Список літератури

1. Закон України «Про ринок електричної енергії». Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27–28, ст.312 (редакція від 03.09.2023).
2. Xu L., Wei W., Cai X., Liu C., Jiang X., Yang J. Day-Ahead Economic Dispatch Strategy for Distribution Network Considering Total Cost Price-Based Demand Response. *Frontiers in Energy Research*. 2022. Vol. 10. Article 870893. DOI: 10.3389/fenrg.2022.870893.
3. You P., Li S., Li C., Zhang C., Zhou H., Wang H., Zhao H., Zhao Y. Price-Based Demand Response: A Three-Stage Monthly Time-of-Use Tariff Optimization Model. *Energies*. 2023. Vol. 16. Article 7858. DOI: 10.3390/en16237858.
4. Beshta A., Balakhontsev A., Khudolij S., Khudy E., Khuda O. Energy saving in mine drainage via optimization of pumping operation modes. *Scientific Reports on Resource Issues*. 2012. Vol. 2. P. 66–75.