

**ОПЕРАТИВНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРОМЕРЕЖАХ
ПІДЗЕМНИХ РУДНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДИНАМІЧНОГО
ВІДНОВЛЮВАЧА НАПРУГИ**

На сьогодні з усіх показників якості електричної енергії в електромережах підземних рудників найбільш не відповідають стандартизованим значенням, ті що характеризують якість напруги, як-то коливання її рівнів різного розмаху, спричинені різними зовнішнім і внутрішніми факторами, та втрати, що обов'язково з'являються, коли споживачі суттєво віддалені від розподільних пристроїв [1].

У залізрудних шахтах є велика кількість електроприймачів, котрі чутливі до таких змін якості напруги, які мають вплив на їх ефективність. Покращити якість напруги можна централізовано на знижувальних, дільничних пересувних підстанціях або розподільних пунктах. Такий підхід не завжди є виправданим через свою високу вартість та необхідність модернізування при зміні структури електромережі підземного рудника, яка відбувається постійно через відпрацювання нових штреків і горизонтів. Тому більш раціонально стабілізувати якість напруги оперативно на самому чутливому електроприймачі.

Розвиток напівпровідникових пристроїв зумовив широке поширення систем гнучкої передачі на змінному струмі, які включають, у тому числі пристрої для покращення якості напруги, як-то динамічні відновлювачі напруги [2]. Ці пристрої можуть використовуватися, як для групової, так і індивідуальної компенсації коливань напруги та відхилень від синусоїдальної форми. Динамічний відновлювач напруги складається з джерела постійного струму, інвертору, LC-фільтру та системи керування. Ефективність роботи пристрою залежить від вибору та якості налаштування останнього складника – системи керування. Керування зі зворотним зв'язком за станом сьогодні вважається раціональним варіантом для застосування [3]. На відміну від традиційних ПП- або ППД- регуляторів, зворотний зв'язок за станом дозволяє безпосередньо керувати динамікою системи, покращуючи якісні показники перехідних процесів. При цьому, ефективно застосовувати лінійно-квадратичне регулювання [4], котре дозволяє налаштувати зворотний зв'язок за станом шляхом розв'язання оптимізаційної задачі.

Проведені дослідження застосування лінійно-квадратичного регулятора на динамічному відновлювачі напруги, котрий компенсує коливання напруги на скреперній лебідці потужністю 30 кВт показали, що він забезпечує скорочення часу перехідного процесу більше ніж на 86% і зниження перерегулювання більше ніж на 88% за всіма каналами керування, якщо співставляти з розімкненою системою без керування.

Розробка і впровадження системи оперативного регулювання якості електроенергії на базі динамічного відновлювача напруги з лінійно-квадратичним регулятором дозволяє покращити якість напруги, а саме компенсувати відхилення різного розмаху, в електромережі підземних рудників без необхідності здійснення високих матеріальних витрат. Це сприятиме покращенню конкурентоспроможності продукції підземних залізрудних рудників і розвитку гірничо-металургійної галузі регіону.

Список літератури

1. Siostrzonek, T., Wójcik, J., Dutka, M., & Siostrzonek, W. (2024). Impact of Power Quality on the Efficiency of the Mining Process. *Energies*, 17(22), 5675. <https://doi.org/10.3390/en17225675>
2. Moghassemi, A., & Padmanaban, S. (2020). Dynamic Voltage Restorer (DVR): A Comprehensive Review of Topologies, Power Converters, Control Methods, and Modified Configurations. *Energies*, 13(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/en13164152>
3. Roldán-Pérez, J., García-Cerrada, A., Rodríguez-Cabero, A., & Zamora-Macho, J. L. (2018). Comprehensive Design and Analysis of a State-Feedback Controller for a Dynamic Voltage Restorer. *Energies*, 11(8), 1972. <https://doi.org/10.3390/en11081972>
4. Setiawan, N., & Pratama, G. N. P. (2021). Application of LQR Full-State Feedback Controller for Rotational Inverted Pendulum. *Journal of Physics: Conference Series*, 2111(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2111/1/012006>