

Ю.В. Удовіков¹, Ю.А. Папаїка², А.В. Рухлов³, О.О. Селянський³

¹Шахта ім. «Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», Павлоград, Україна

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

³ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», Запоріжжя, Україна

ПРАКТИЧНИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДЗЕМНУ СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Анотація. У сучасних умовах трансформації вугільної промисловості зростає потреба у підвищенні надійності, керованості та енергоефективності підземних систем електропостачання. Традиційні підходи все частіше поступаються місцем цифровим рішенням – системам моніторингу та діагностики, оперативного керування, інтелектуальним засобам захисту та зв'язку, що здатні працювати у складних умовах вугільних шахт. Впровадження цифрових технологій у підземну інфраструктуру відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності, зниження аварійності, оптимізації режимів роботи електрообладнання та підвищення загального рівня промислової безпеки. У роботі представлений практичний досвід застосування таких рішень на вугільній шахті, висвітлені основні технічні параметри та визначені перспективи їх подальшого розвитку.

Ключові слова: цифрові технології, підземна система електропостачання, вугільна шахта, підстанція.

Вступ. У сучасних умовах трансформації промисловості у рамках концепцій Industry 4.0 і 5.0 зростає потреба у підвищенні надійності, керованості та енергоефективності електроенергетичних систем. Традиційні підходи все частіше поступаються місцем цифровим технологіям – системам моніторингу й діагностики, платформам оперативного керування, інтелектуальним засобам захисту та зв'язку. Пов'язані із цими аспектами питання широко обговорюються науково-практичною спільнотою України та світу, наприклад, у роботах [1, 2]. Загально-промисловий тренд на діджиталізацію торкнувся й вуглевидобувних підприємств, тому що впровадження цифрових технологій у підземну інфраструктуру відкриває можливості для покращення якості електроенергії, зниження аварійності, оптимізації режимів роботи електрообладнання та підвищення загального рівня промислової безпеки. Цифрові рішення певним чином знаходять своє застосування у системах життє- та електрозабезпечення вугільних шахт, чому присвячені роботи [3-6]. Однак через низку причин практичний досвід впровадження таких рішень саме у підземну систему електропостачання вуглевидобувних підприємств ще не знайшов свого належного місця та, відповідно, висвітлення.

Постановка задачі. Отже, у роботі поставлені та розкриті основні завдання щодо представлення практичного досвіду застосування цифрових

технологій у підземній системі електропостачання вугільної шахти, висвітлення основних технічних результатів та визначення перспектив їх розвитку.

Основний зміст роботи. Шахта ім. «Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» є одним з провідних вуглевидобувних підприємств не тільки Західного Донбасу, а й усієї України. На шахті планомірно та цілеспрямовано впроваджують заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності та надійності її роботи: сучасне електромеханічне обладнання для основних технологічних процесів, інструментарій для ремонту та обслуговування, прогресивне устаткування системи електропостачання (керований фільтрокомпенсувальний пристрій на поверхні, підземна компенсація реактивної потужності) тощо.

Враховуючи це, сучасний тренд на впровадження цифрових технологій не міг оминати вуглевидобувне підприємство. Складні гірничо-геологічні умови функціонування обладнання підземної системи електропостачання шахт створюють значні проблеми для постійного моніторингу та надійного керування комутаційною та захисною апаратурою. Особливо це актуально для високовольтних вибухозахищених комірок (КРУВ) підземних розподільчих пунктів РПП і центральних підстанцій ЦПП напругою 6 кВ, які забезпечують живлення усього підземного технологічного устаткування. Саме тому на шахті ім. «Героїв Космосу» запроваджено систему диспетчерського керування та збору даних (SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition) для комірок РПП і ЦПП-6 кВ.

Загалом така система дозволяє реалізувати наступні функції:

- моніторинг: збір даних з різних високовольтних комірок;
- візуалізація: графічне представлення даних та стану комірок на екрані монітора, що спрощує сприйняття інформації оператором;
- керування: дистанційне керування комірками через інтерфейс оператора;
- збір та архівування даних: реєстрація інформації для подальшого аналізу та звітів;
- сигналізація: сповіщення оператора про аварійні та попереджувальні ситуації.

Функціональна система побудована наступним чином. З серверної на поверхні прокладена оптична лінія зв'язку в шахту до РПП та ЦПП. У кожному РПП встановлена шафа зв'язку, куди заходить оптичний кабель та підключається до оптичного іскробезпечного комутатора Mikrotik CRS106, а з нього по ethernet – до іскробезпечного перетворювача інтерфейсу MOXA N5430i. Безпосередньо до цього перетворювача вже підключаються комірочки. У кожній комірці встановлений контролер БЗУ-2-11 виробництва ТОВ «Рудпромавтоматика». Цей контролер підключається до MOXA по RS485 інтерфейсу за протоколом Modbus RTU. На один порт послідовно підключаються до 20 комірок, кожна зі своєю адресою. За допомогою SCADA-системи, побудованої на базі програмного забезпечення AVEVA, відбувається моніторинг та керування комірками, а також цілодобова архівація параметрів та контроль, з якого облікового запису було

зроблено керування коміркою та хто змінював уставки. Окрім цього, система дозволяє онлайн аналізувати роботу вибухозахищених установок компенсації реактивної потужності УКРВ-6 кВ.

На фрагменті робочого столу оператора системи відображається топологія усієї системи підземного електропостачання 6 кВ. За допомогою відповідних мнемосхем показані усі комірки КРУВ-6 залежно від їх типу (ввідна, секційна, відходячих приєднань).

На мнемосхемі високовольтної комірки відображається наступна інформація

- спливаюча підказка;
 - поточний стан комірки;
 - номер комірки на схемі електропостачання;
 - опис споживачів, що живляться від комірки (з можливістю редагування).
- Мнемосхема комірки має наступну кольорову індикацію:
- сіре штрихування на білому фоні – стан комірки не може бути визначений з причини поганої якості вихідних даних;
 - червона – наявність аварійного сигналу від комірки;
 - жовта – комірка вимкнена;
 - жовта із зеленим блиманням – комірка вмикається;
 - зелена – комірка ввімкнена;
 - напівпрозоре червоне блимання – наявність неквитованих (не підтверджених) аварійних подій.

Керування та моніторинг стану високовольтної комірки здійснюється за допомогою Modbus ретранслятору БЗУ-РК та блока керування БЗУ-2. Окрім індикації струмів комірки, напруги, споживання електроенергії та стану сигналізації БЗУ, мнемосхема має кнопки вмикання, вимикання та деблокування комутаційного апарату комірки 6 кВ.

Практична новизна роботи полягає у наданні практичного досвіду впровадження цифрових технологій у вигляді системи SCADA для диспетчерського керування та збору даних вибухозахищеними комірками РПП і ЦПП-6 кВ підземного електропостачання вугільної шахти. Подальшим розвитком вказаної системи бачиться розширення її функціоналу на наступні рівні схеми електропостачання, особливо на рівень пересувних та (або) стаціонарних комплектних трансформаторних підстанцій 6/1,2(0,69) кВ.

Висновки. Отже, впровадження цифрових технологій у підземну систему електропостачання дозволяє оптимізувати споживання електроенергії гірничим обладнанням, керувати навантаженнями у відповідні періоди та покращувати коефіцієнт потужності за допомогою ефективного застосування автоматизованих компенсуючих установок. Загалом цифрова трансформація підземних систем електропостачання веде до створення самокерованих та енергетично стійких комплексів. Вона підвищує безпеку, зменшує експлуатаційні витрати й відкриває простір для нових технологічних рішень у гірничовидобувній галузі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кавун І., Замулко А. Цифровізація в електроенергетичних системах. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*, 2025. № 5. 185-191. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-23>
2. Stadnik M., Shtuts A., Kolisnyk M., Hryhorenko N. Research on the implementation of intelligent systems to increase the reliability and efficiency of the operation of electric power complexes. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2025. № 1 (128). 122-134. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2025-1-14>
3. Хорольський В.П., Шпанько М.І. Інтелектуальна система управління електроспоживанням стаціонарних установок шахт. *Вісник Хмельницького національного університету*, 2015. № 4. 173-179.
4. Papaika Yu.A., Lysenko O.G., Rodna K.S., Shevtsova O.S. Information technologies in modeling operation modes of mining dewatering plant based on economic and mathematical analysis. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2020. № 4. 82-87. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-4/082>
5. Диспетчеризація підстанції "Ювілейна" 110 кВ, "ДТЕК Павлоградвугілля". URL: <https://www.svaltera.ua/solutions/projects/9217.php?utm> (дата звернення: 18.11.2025)
6. У ДТЕК Енерго створили першу в Україні «цифрову шахту». URL: <https://dtek.com/media-center/news/v-dtek-energo-sozdali-pervuyu-v-ukraine-tsifrovuyu-shakhtu> (дата звернення: 18.11.2025)