

УДК 621.311.4.031

О. М. СІНЧУК, д-р техн. наук, проф., Криворізький національний університет
 С. М. БОЙКО, канд. техн. наук, доц.,
 Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського
 М.М. ЮРЧЕНКО д-р техн. наук, проф., Інститут електродинаміки НАН України

ДО МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗБУДОВИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО КОМПЛЕКСУ З ВКЛЮЧЕННЯМ В ЇХ СТРУКТУРУ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті розглянуто потенціал альтернативних джерел енергії підприємств гірничо-видобувного комплексу. Обґрунтовано використання електромеханічних вітроенергетичних комплексів в системах електроживлення підприємств гірничо-видобувного комплексу. Запропоновано впровадження локальних систем в комплекс структур мереж електроживлення підприємств гірничо-видобувного комплексу на базі відновлювальних джерел енергії.

Ключові слова: система електропостачання, електричні установки, альтернативні джерела енергії

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Гірничі підприємства, є найбільшими споживачами електричної енергії, яку вони отримують з електричної мережі.

Через високу енергоємність продукції, постійне збільшення цін на енергоносії (природний газ, нафтопродукти, електроенергія та ін.) частка енергетичної складової в собівартості продукції гірничо-збагачувальних підприємств досягає 27-32% [1].

Тому, все актуальнішим стає отримання власних обсягів електроенергії за рахунок використання поновлювальних джерел, особливо енергії вітру.

Аналіз досліджень і публікацій. За результатами аналізу відомих та доступних авторам публікацій [2-7], було зроблено висновок про те, що проведені раніше дослідження підтверджують необхідність та актуальність впровадження альтернативних джерел електричної енергії в умовах промислових підприємств, а саме підприємств гірничо-видобувного комплексу.

Постановка завдання. Метою даної роботи є обґрунтування доцільності використання вітроенергетичних комплексів для автономного виробництва електроенергії на підприємствах гірничо-видобувного комплексу.

Викладення матеріалу та результати. Для досягнення вищевикладеної мети була проаналізована можливість і специфіка роботи вітроенергетичного комплексу (ВЕК) в умовах діючих підприємств гірничо-видобувного комплексу.

Як відомо [2,3], електропостачання підземних гірничих робіт обумовлено рядом специфічних факторів, основними з яких є: прийнята технологія ведення робіт та гірничо-геологічні умови залягання корисних копалин [3].

При цьому система електропостачання гірничих робіт повинна відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати безперебійне живлення електроенергією основних електроприймачів;
- бути безпечною у відношенні пожеж та ураження людей електричним струмом;
- забезпечувати необхідну якість електроенергії в умовах безперервної зміни технологічних параметрів гірських розробок і відповідних змін структур електричних мереж;
- бути економічною при дотриманні вимог, перелічених вище.

В даній роботі розглядається можливість використання енергій потоків атмосферного повітря на відвалах кар'єрів, між відвалами кар'єрів.

За результатами аналізу атмосферних повітряних потоків на території гірничо-видобувних підприємств, можна зробити висновок про те, що згідно технології ведення гірничих робіт, повітряний потік, в підземних гірничих виробках, як необхідна складова технологічного циклу вентиляції останніх, є достатньо потужним, і діє постійно і цілодобово. Доведено, що такого обсягу та швидкості повітряного потоку достатньо для генерування автономно 3-4 кВт електричної енергії вітроустановкою [3,4].

В результаті дослідження аеродинамічних характеристик повітряних потоків промислових підприємств гірничо-видобувного комплексу (ГВК) було зроблено висновок про те, що викори-

стання ВЕК, що використовуються як автономно так і в складі системи електропостачання, є доцільним і достатньо рентабельним [4]. Дослідження аеродинамічних характеристик вентиляції кар'єрів ГВК склали наступну картину. Інтенсивність природного провітрювання кар'єрів ГВК вітром знаходяться в залежності від швидкості вітрового потоку, що діє над кар'єром, і в зворотній від об'єму зони рециркуляції. Скорочення об'єму зони рециркуляції може бути досягнуте зменшенням кутів укосу бортів кар'єру за рахунок раціональної черговості відробітку уступів [4].

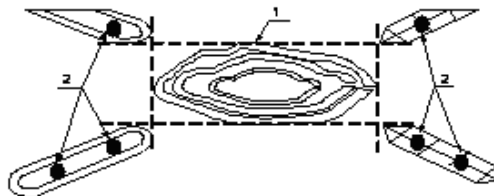


Рис. 1. Схема раціонального розташування вітроенергетичних комплексів на відвалах:
1 - кар'єр; 2 - місця встановлення ВЕК

На рис. 1, як приклад показано схему раціонального розташування ВЕК на відвалах кар'єру, що дозволяє досягти збільшення коефіцієнту використання вітрового потоку при будь-якому напрямі вітру на поверхні [6].

На підставі проведених досліджень зроблений висновок про те, що найбільш раціональним шляхом інтенсифікації природного повітрообміну є максимально можливе звільнення території, що прилягає до кар'єру, від різних споруд, у тому числі й відвалів. В окремих випадках (наприклад, при будівництві нових кар'єрів на рівнинній місцевості) раціональне розташування відвалів і поверхневих споруд може дати відчутний ефект, яким, безумовно, не слід нехтувати.

У зв'язку з цим глибокі кар'єри мають комплекс засобів штучної вентиляції, який здатний здійснити надійне провітрювання кар'єрів навіть за найсприятливіших метеорологічних умов.

Відвали і будівлі, розташовані перед кар'єром з навітряного боку, підвищують турбулізацію повітря, що збільшує кут розкриття вітрового потоку, що надходить до кар'єру. При цьому зменшується об'єм рециркуляційної зони і поліпшується провітрювання кар'єру. Відстань таких відвалів від кар'єрів повинна бути не менше як десять їх висот [7].

Таким чином можна зробити висновок, що такі умови для збільшення швидкості повітряного потоку достатні для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою. Швидкість потоку повітря на поверхні відвалів достатньо для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою. Виходячи з результатів цих досліджень є сенс для умов кар'єрів ГВК будувати системні ВЕК з вітровими двигунами [7].

Беручи до уваги наведені вище результати дослідження, та потужності вітрогенераторів, можна зробити висновок про використання вітрогенераторів на відвалах кар'єрів ГВК для освітлення кар'єру та для передачі залишкової згенерованої потужності в мережу.

Водночас, аналіз розподілу потоків споживання електроенергії свідчить, що велика частка електричної енергії припадає саме на локальні енергетичні об'єкти, що обумовлює в цілому актуальність вирішення питань енергоефективності їх експлуатації [2]. До локальних об'єктів у гірничорудній промисловості відносяться: електротехнічні системи компресорних насосних станцій, вентиляційних та підйомних установок та інші.

Для досягнення викладеної мети проаналізована можливість і специфіка роботи розподілених джерел електроенергії (РДЕ) на базі відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕЕ) в умовах діючих підприємств гірничо-видобувного комплексу.

У роботі пропонується підхід до побудови систем автоматизованого керування електроспоживанням промислових підприємств, заснований на базі відновлювальних альтернативних джерел енергії, у вигляді сукупності взаємозалежних структур. Як наслідок є необхідним та актуальним використання новітніх технологій для комутації електричних мереж з можливістю прогнозування їх енергетичних параметрів.

Таким чином, була проаналізована можливість і специфіка роботи РДЕ в умовах діючих підприємств ГВК, розроблена конструкція комплексу, синтезована її структура. Розроблена структура РДЕ на базі ВДЕЕ і система управління нею дозволяють збільшити надійність і як-

ість електропостачання споживачів, а також підтримувати безперебійність електропостачання споживачів електричної енергії [2].

За результатами дослідження зроблено висновок про те, що системи електропостачання на базі ВМЕС характеризуються наявністю в них генераторів обмеженої потужності, широким діапазоном зміни параметрів навантаження тощо [7-9]. У зв'язку з цим до їх застосування у складі схем електропостачання локальних енергетичних систем (ЛЕС) висувається ряд вимог, насамперед, надійність, обсяг згенерованої потужності, віддаленість споживачів від джерел живлення електроенергії, наявності зон з забрудненими та агресивними середовищами, вплив самих ЛЕС на якість електричної енергії тощо. Таким чином, РДЕ на базі ВДЕЕ слід наблизити до об'єкту споживання, щоб зменшити кількість мережевих ланок та ступенів проміжної трансформації електроенергії та комутації в системі електропостачання в ЛЕС, що можливо на основі децентралізованої архітектури. Це, з одного боку, зменшує кількість проміжних ланок між ВДЕЕ та електроспоживачами, а також знижує кількість ступенів трансформації в ЛЕС, а з іншого може збільшити кількість факторів негативного впливу на якість електроенергії та негативні перехідні процеси в ЛЕС.

В результаті аналізу можливості впровадження ВДЕЕ у складі локальних енергетичних систем було виявлено, що РДЕ на базі ВДЕЕ, впливають на розподільні мережі в ЛЕС та перетворюють їх на активні елементи. Це призводить до необхідності внесення змін у прийнятті стратегії управління ЛЕС та планування структури і режимів локальних енергетичних систем. При цьому їхній вплив може мати як позитивний, так і негативний характер, тому доцільно заздалегідь ґрунтовно досліджувати та аналізувати питання приєднання РДЕ до ЛЕС в залежності від умов експлуатації та особливостей технологічного процесу електроприймачів ГВК [6].

До складу запропонованої системи електропостачання входить наступне устаткування: вітрові мініелектростанції; батарея акумуляторів, що служить для накопичення електроенергії при роботі ВДЕЕ для живлення системи її управління (або, за необхідності, як резервне джерело живлення); перетворювальна апаратура, у випадку використання генератора змінної напруги, що служить для перетворення електроенергії від ВДЕЕ у постійний струм для живлення інвертора й заряду акумуляторних батарей і постійного струму від акумуляторів напруги змінного струму зі стандартними параметрами.



Рис. 2. Структурна схема системи локальної електропостачання на базі відновлювальних джерел електроенергії

При проектуванні ВДЕЕ у складі локальної системи електропостачання (рис. 1), доводиться вирішувати питання, пов'язані з усталеною роботою станції, що виключає перевантаження генератора, за умови надійності в експлуатації. Тому запропоновано підключати мережу до споживача через автоматизований розподільчий пристрій, що призначений для регулювання електроживлення споживача в автоматичному режимі. Таким чином, за умови достатнього електропостачання споживача від ВДЕЕ, енергосистема працює в автономному режимі. У випадку, коли відбувається, за рядом причин, недостатнє генерування електричної енергії ВДЕЕ чи аварійна ситуація, то автоматичний розподільчий пристрій автоматично підключає до системи електропостачання споживача блок акумуляторних батарей, а у разі нагальної необхідності, мережу, як додаткове джерело електричної енергії. Так, мережа є додатковим аварійним джерелом електричної енергії.

За такої системи регулювання підвищується надійність електропостачання споживача та модульність системи в цілому. Оскільки, за необхідністю, відбувається регулювання кількості акумуляторних батарей та ВДЕЕ.

У зв'язку з особливостями електромагнітної сумісності та оптимальним електроживленням споживачів, при плануванні та впровадженні систем локального електроживлення на базі ВДЕЕ, необхідно щоб розташування ВДЕЕ відповідало вимогам забезпечення оптимального енергообміну, покращення якості електроенергії, вимогами до стійкості, надійності та ефективності роботи системи, потужністю, характером і місцем розташування джерел спотворень, а також умові досягнення оптимальних значень техніко-економічних показників системи в цілому.

За умови від'ємного значення потужності спожитої електричної енергії з енергосистеми відбувається віддача надлишку згенерованої електричної енергії до мережі.

Беручи до уваги наведені вище результати досліджень, результати досліджень, отримані раніше [4-10], можна зробити висновок про те, що використання РДЕ на базі ВДЕЕ в умовах залізородних видобувних комплексів є реальним.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Використання вентиляційних повітряних потоків в умовах кар'єрів ГВК, з перетворенням вітрової енергії в електричну відкриває реальні можливості автономно генерувати і використовувати електричну енергію для власних потреб підприємств ГВК, заощадивши при цьому засоби на її закупівлю від «Обленерго».

Застосування в системах управління електричних мереж інтелектуальних систем, є одним із варіантів ефективного управління електропостачанням відповідальних об'єктів, що дасть можливість підвищити надійність та якість управління електропостачанням.

На підприємствах гірничодобувної галузі актуальним та можливим є впровадження в загальну структуру систем електроживлення локальних систем на базі ВДЕЕ, а саме ВЕК.

Водночас з метою достатньо енергоефективного використання таких мініелектростанцій в структурах систем електроживлення необхідно ґрунтовно аналізувати питання приєднання локальних систем в комплекс вищезгаданих систем.

Список літератури

1. **Азарян А.А.** Комплекс ресурсо- і енергозберігаючих геотехнологій видобутку та переробки мінеральної сировини, технічних засобів їх моніторингу із системою управління і оптимізації гірничорудних виробництв / **А.А. Азарян, Ю.Г. Вілкул та ін.** // Кривий Ріг: Мінерал, 2006. – 219 с.
2. **Синчук И.О.** Потенциал электроэнергоэффективности и пути его реализации на производствах с подземными способами добычи железорудного сырья. Монография [Текст] / **И.О. Синчук, Э.С. Гузов, А.Н. Яловая, С.Н. Бойко** // под ред. докт. техн. наук, профессора О.Н. Синчука. – Кременчук: Изд. ЧП Щербатых А.В., 2015. – 296 с.
3. **Бойко С.М.** Можливості використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в підземних виробках шахт // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця 2012. – Вип. 2, – С. 97-99.
4. **Синчук О.М.** Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії: навчальний посібник / **С.М. Бойко, К.І. Лосина та ін.** // Кременчук: Вид. ЧП Щербатих О.В., 2013. – 192с.
5. **Синчук О.М.** Електромеханічний комплекс вітроенергетичної установки для використання в підземних виробках залізородних шахт // **С.М. Бойко** // Восточно-европейский журнал передовых технологий – Харьков, 2013. – № 1/8 (67). – С. 13-21.
6. **K. De Brabandere.** A voltage and frequency droop control method for parallel inverters / **B. Bolsens, J. Van den Keybus, A. Woyte, J. Driesen, and R. Belmans** // IEEE Trans. Power Electron. - Jul. 2007. - vol. 22, no. 4. - P. 1107–1115.
7. **H. Laaksonen.** Voltage and frequency control of inverter based weak LV network microgrid / **P. Saari, and R. Komulainen** // Int. Conf. Future Power Syst., - 2005, - P. 1–6.
8. **S. Tabatabaee.** Investigation of droop characteristics and X/R ratio on small-signal stability of autonomous microgrid / **H.R. Karshenas, A. Bakhshai, and P. Jain** // Proc. 2nd Power Electron., Drive Syst. Technol. Conf. – 2011. – P. 223–228.
9. **J.M. Guerrero.** Output impedance design of parallel-connected UPS inverters with wireless load-sharing control / **L. GarcıadeVicuna, J. Matas, M. Castilla, and J. Miret** // IEEE Trans. Ind. Electron. - Aug. 2005. - vol. 52, no. 4 - P. 1126–1135.
10. **Лежнюк П.Д.** Оптимізація режиму розподільних електричних мереж з розосередженими джерелами електроенергії / **П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, В.В. Кулик** // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 11 (186). – 2011. – С. 250 - 251.
Рукопис подано до редакції 28.03.16