

Олег Сінчук, Сергій Бойко, Олексій Городній,  
Андрій Некрасов, Максим Федь, Марина Ножнова

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

**Актуальність теми дослідження.** Аналіз досягнень сучасної енергетики показує, що децентралізовані енергосистеми з використанням джерел розосередженої генерації можуть бути надзвичайно прибутковою сферою для капіталовкладень, якщо є можливість розміщувати джерела генерації енергії поблизу споживачів. Зазвичай витрати на передачу енергії сягають 30 % від вартості її вироблення. Наявні методики для проєктування системи електропостачання віддалених споживачів переважно розглядають як альтернативу централізованому електропостачанню, електропостачання за рахунок генерації електроенергії на базі відновлювальних джерел енергії, або за рахунок використання котелень, дизель-генераторів. Між тим, освоєння потенціалу відновлювальних джерел енергії – це технічно важкореалізоване нині завдання, яке пов'язане з низькою щільністю потоку енергії від відновлювальних джерел енергії і залежністю їх від природних умов. Вартість отримання енергії, хоча вона і щорічно знижується, залишається значно вище, ніж у традиційних енергоресурсів, а необхідних кардинальних технічних рішень поки немає.

**Постановка проблеми.** Проблематикою цієї роботи є синтез методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств, враховуючи особливості та специфіку їх експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Об'єднання на паралельну роботу розосередженої генерації та мережі дасть синергетичний ефект – появу нових властивостей, яких не було у складових частинах, що проявляється, зокрема, у зниженні нерегулярності сумарного графіка навантаження об'єднаних систем, зниженні його нерівномірності в добовому, тижневому й сезонному розрізах, зменшенні залежності частоти електричного струму від коливань балансу потужності. У попередніх дослідженнях нами обґрунтовано позитивний ефект від впровадження джерел розосередженої генерації в умовах промислових підприємств, а саме модульність, надійність, місцеве керування, зменшення негативного впливу на екологію та малий пусковий період.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Враховуючи складність технологічного процесу та специфіку функціонування гірничих підприємств, актуальним науково-практичним завданням є розробка методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств, враховуючи специфіку їх функціонування.

**Постановка завдання.** Отже, актуальним науково-практичним завданням є синтез методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств, що дозволить ефективно впроваджувати джерела розосередженої генерації у структуру електропостачання залізрудних підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення потенціалу відновлювальних джерел енергії, що входять до складу джерел розосередженої генерації в умовах залізрудних підприємств, необхідно мати як можна повніші й чіткі дані про електропостачання і електроспоживання навантаження електрообладнанням залізрудного підприємства протягом доби, а також наявність даних про витрати електричної енергії в електромережі електропостачання і електроспоживання навантаження.

**Висновки відповідно до статті.** На залізрудних підприємствах актуальним та можливим є впровадження в загальну структуру систем електроживлення розосередженої генерації на базі відновлюваних джерел енергії. Запропонований метод визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств дозволить ефективно впроваджувати розосереджену генерацію до структури їх електропостачання.

**Ключові слова:** розосереджена генерація; електропостачання підприємств; потенціал розосереджених джерел енергії; залізрудні підприємства.

Рис.: 1. Бібл.: 11.

**Постановка проблеми.** Аналіз досягнень сучасної енергетики показує, що децентралізовані енергосистеми з використанням джерел розосередженої генерації можуть бути надзвичайно прибутковою сферою для капіталовкладень, якщо є можливість розміщувати джерела генерації енергії поблизу споживачів. Зазвичай витрати на передачу енергії сягають 30 % від вартості її вироблення [1].

Наявні методики для проєктування системи електропостачання віддалених споживачів в основному розглядають як альтернативу централізованому електропостачанню, електропостачання за рахунок генерації електроенергії на базі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), або за рахунок використання котелень, дизель-генераторів.

Між тим, освоєння потенціалу ВДЕ – це технічно важкореалізоване нині завдання, яке пов'язане з низькою щільністю потоку енергії від ВДЕ і залежністю їх від природних умов. Вартість отримання енергії, хоча вона і щорічно знижується, залишається значно вище, ніж у традиційних енергоресурсів, а необхідних кардинальних технічних рішень поки немає.

Технологічне об'єднання енергії ВДЕ і енергії вуглеводневого палива в одній системі має суттєві техніко-економічні переваги. Ця перевага полягає у високій енергетичній ефективності, недосяжній в існуючих системах енергопостачання, у простоті інтеграції з додатковими генеруючими потужностями на основі ВДЕ з будь-яким ступенем заміщення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Об'єднання на паралельну роботу ДРГ та мережі дасть синергетичний ефект – появу нових властивостей, яких не було у складових частинах, що проявляється зокрема в зниженні нерегулярності сумарного графіка навантаження об'єднаних систем, зниженні його нерівномірності в добовому, тижневому й сезонному розрізах, зменшенні залежності частоти електричного струму від коливань балансу потужності [3].

У попередніх дослідженнях нами обґрунтовано позитивний ефект від впровадження джерел РГ в умовах промислових підприємств, а саме модульність, надійність, місцеве керування, зменшення негативного впливу на екологію та малий пусковий період [1; 8].

**Визначення недосліджених частин загальної проблеми.** Отже, актуальним науково-практичним завданням є розробка методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств, враховуючи специфіку їх функціонування.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є синтез методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізрудних підприємств, що дозволить ефективно впроваджувати джерела розосередженої генерації до структури електропостачання залізрудних підприємств.

**Виклад основного матеріалу.** Для визначення потенціалу ВДЕ, що входять до складу ДРГ в умовах ЗРП, необхідно мати як можна повніші й чіткі дані про електропостачання (ЕП) і електроспоживання (ЕС) навантаження електрообладнанням (ЕО) залізрудного підприємства (ЗРП) протягом доби, а також наявність даних про витрати електричної енергії (ЕЕ) в електромережі (ЕМ) ЕП і ЕС (рис. 1).

Наступним кроком є аналіз ЕС насосами при відкачуванні води протягом доби в різних тарифних зонах та інтервалах часу, враховуючи режими використання насосів різних типів (різної потужності), в умовах не використання ВДЕ, що входять до складу ДРГ, до оптимізації графіка роботи насосів, обчисливши сумарну спожиту електричну енергію насосами за формулою:

$$\sum W_{\text{розр}}^{\text{сп.нас.}} = (C - \delta_{PS}^{\tau}) \sum W_{\text{розр}}^{\text{сп.нас. bS}} \cdot$$

де тут і далі  $(C - \delta_{PS}^{\tau})$  – кількість насосів, які працювали в тарифній зоні S, в інтервалах часу  $\tau$ , C – загальна кількість насосів,  $\delta_{PS}^{\tau}$  – насоси, P типу, які були в резерві в тарифній зоні S, в інтервалі часу  $\tau$ ,  $\sum W_{\text{розр}}^{\text{сп.нас. bS}}$ ,  $\sum W_{\text{оптим}}^{\text{сп.нас. bS}}$  – сумарне ЕС насосів за різними тарифними зонами відповідно розрахункове та оптимальне.

Потім необхідно виконати необхідні розрахунки ЕС насосами ЗРП при оптимізації графіка роботи насосів протягом доби, за формулою:

$$\sum W_{\text{оптим}}^{\text{сп.нас.}} = (C - \delta_{PS}^{\tau}) \sum W_{\text{оптим}}^{\text{сп.нас. bS}}$$

Якщо після оптимізації графіка роботи насосів ЕС менше ніж до оптимізації (так):  $(C - \delta_{PS}^{\tau}) \sum W_{\text{розр}}^{\text{сп.нас. bS}} > (C - \delta_{PS}^{\tau}) \sum W_{\text{оптим}}^{\text{сп.нас. bS}}$ , то переходять до іншого етапу – аналізу витрат електричної енергії, а якщо нерівність не виконується (ні), то повертаються до аналізу ЕС насосами ЗРП до оптимізації графіка роботи насосів.

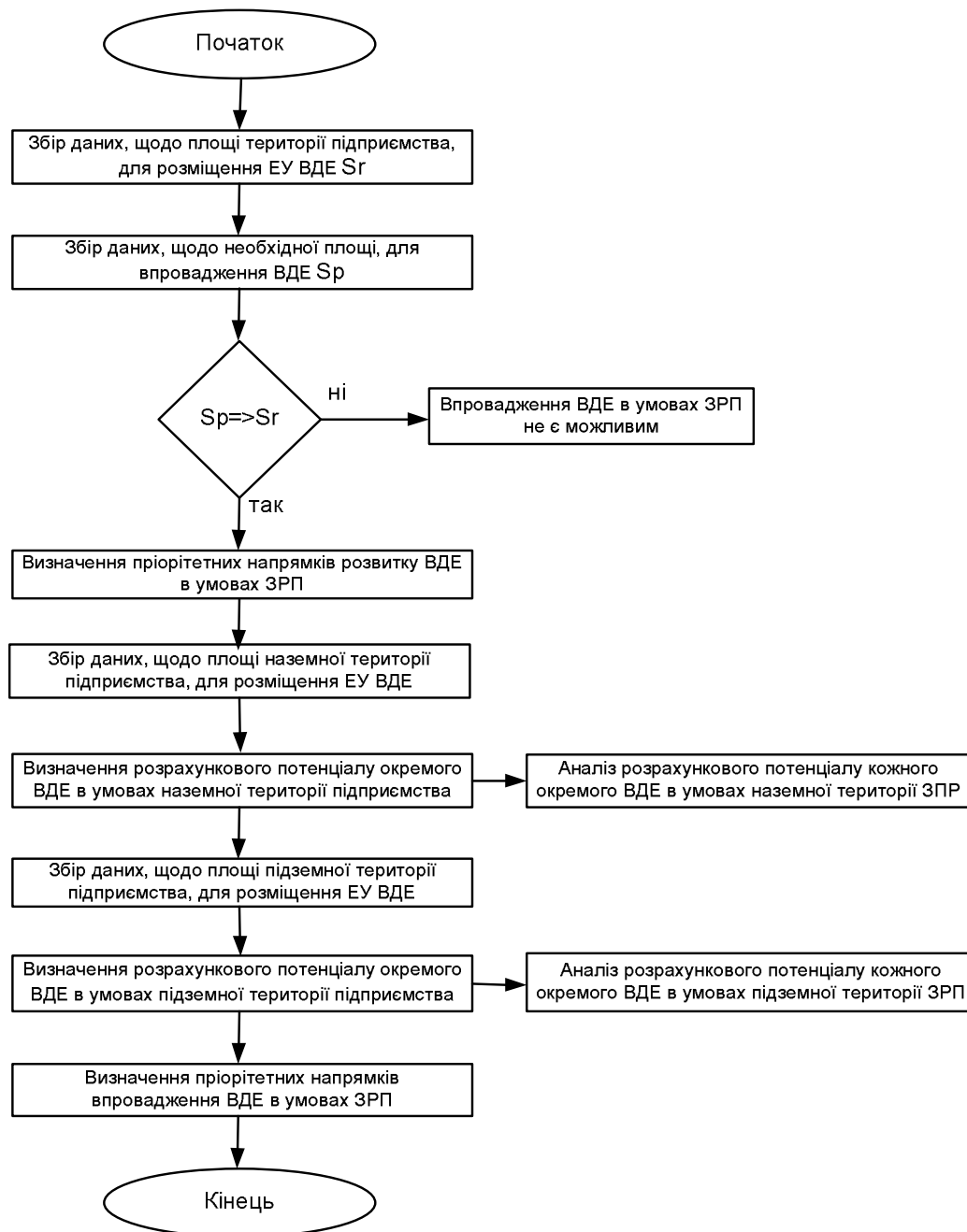


Рис. 1. Алгоритм методу визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізорудних підприємств

Обчисливши витрати електричної енергії в ЕМ до використання ВДЕ, що входять до складу ДРГ в умовах ЗРП  $\sum W_{\text{втр. qS}}^{\tau}$  та витрати електричної енергії в ЕМ після впровадження ВДЕ, що входять до складу ДРГ в умовах ЗРП  $\sum W_{\text{ВДЕ}}^{\tau}$  та порівнявши їх  $\sum W_{\text{ВДЕ}}^{\tau} < \sum W_{\text{розр}}^{\tau}$ , то при виконанні нерівності (так) переходять до наступного етапу, а якщо не виконується (ні), то повертаються на початок аналізу витрат ЕМ.

Потім обчислюють вартість можливої закумуляованої електричної енергії ГАЕС протягом тарифної зони «ніч» ( $S_3$ ) за формулою:

$$B_3^{\text{ГАЕС}} = \left( W_{\text{ГАЕС}T_3}^{\tau_3} \cdot \eta_3 \right) \cdot k_3 \cdot T$$

де тут і далі  $B$  – вартість можливої закумульованої електричної енергії ГАЕС протягом тарифної зони  $S$ ,  $\eta_s^\tau$  – коефіцієнт визначення типу режиму роботи ГАЕС і акумуляторних батарей (АБ),  $k$  – кількість обладнання,  $T$  – час роботи,  $W_{ГАЕС\tau_3}^{\tau_3}$  – спожита (закумульована або передана в ЕМ) електрична енергія ГАЕС в тарифній зоні  $S$ , в інтервалі часу  $\tau$ , протягом доби.

Вартість переданої в ЕМ ЕС ЗРП від ГАЕС протягом тарифних зон «пік» ( $S_1$ ) і « $n$ /пік» ( $S_2$ ) визначають за формулою:

$$B_1 + B_2 = \sum \left( W_{ГАЕС\tau_1}^{\tau_1} \cdot \eta_1^{\tau_1} \right) \cdot k_1 \cdot T + \sum \left( W_{ГАЕС\tau_2}^{\tau_2} \cdot \eta_2^{\tau_2} \right) \cdot k_2 \cdot T$$

Якщо виконується нерівність (так)  $(B_3^{ГАЕС}) < (B_1^{ГАЕС}) + (B_2^{ГАЕС})$ , то переходять до наступного етапу, а якщо не виконується (ні), то переходять до попередніх етапів обчислення вартості закумульованої та переданої електричної енергії в ЕМ ЕС ЗРП.

На цьому етапі обчислюють вартість закумульованої електричної енергії акумуляторними батареями (АБ) протягом тарифної зони «ніч» ( $S_3$ ) за формулою:

$$B_3^{АБ} = \sum \left( W_{АБd_3}^{\tau_3} \cdot \eta_3^{\tau_3} \right) \cdot k_3 \cdot T,$$

де  $W_{АБd}^\tau$  – спожита (акумульована) або передана в ЕМ АБ в тарифних зонах  $S$ , в інтервалах часу  $\tau$ , протягом доби.

Вартість електричної енергії переданої в ЕМ ЕС ЗРП від акумуляторних батарей протягом тарифних зон «пік» ( $S_1$ ) і « $n$ /пік» ( $S_2$ ) визначають за формулою:

$$B_1^{АБ} + B_2^{АБ} = \sum \left( W_{АБd_1}^{\tau_1} \cdot \eta_1^{\tau_1} \right) \cdot k_1 \cdot T + \sum \left( W_{АБd_2}^{\tau_2} \cdot \eta_2^{\tau_2} \right) \cdot k_2 \cdot T$$

Якщо виконується нерівність (так)  $(B_3^{АБ}) < (B_1^{АБ}) + (B_2^{АБ})$ , то переходять до наступного етапу, а якщо не виконується (ні), то переходять до попередніх етапів обчислення вартості закумульованої та переданої електричної енергії в ЕМ ЕС ЗРП.

Обчислення та аналіз ЕС і ЕП згенерованого сумарного потенціалу ДРГ здійснюється за формулою:

$$\sum W_{ji}^{st} = \sum_{\text{облад.}} W_{\text{спож.рS}}^\tau + \sum_{\text{насах.}} W_{\text{спож.бS}}^\tau + \sum W_{\text{втр. qS}}^\tau + \sigma_s^\tau \cdot \sum W_{ГАЕС\tau_s}^\tau \cdot \tau_s^\tau + \gamma_s^\tau \cdot \sum W_{АБ\tau_s}^\tau \cdot \eta_s^\tau - \sum W_{ЗЕМ_s}^\tau.$$

де  $\sum W_{\text{спож.рS}}^\tau$  – сумарна спожита електрична енергія ЕС ЗРП типу  $p$  протягом тарифних зон  $S$ , в інтервалах часу  $\tau$ , протягом доби,  $\sum W_{\text{спож.бS}}^\tau$  – сумарна спожита електрична енергія працюючими насосами в тарифній зоні  $S$ , інтервал часу  $\tau$  (протягом доби),  $\sum W_{\text{втр. qS}}^\tau$  – сумарна втрата електричної енергії в ЕМ ЗРП протягом тарифної зони  $S$ , в інтервалі часу  $\tau$  протягом доби,  $\sigma_s^\tau \sum W_{ГАЕС\tau_s}^\tau \cdot \tau_s^\tau$  – сумарна спожита (закумульована або передана) в ЕМ електрична енергія ГАЕС в тарифній зоні  $S$ , в інтервалі часу  $\tau$ , протягом доби,  $\sigma_s^\tau$  – коефіцієнт передачі або акумулявання електричної енергії ГАЕС в тарифній зоні  $S$ , в інтервалі часу  $\tau$ ,  $\gamma_s^\tau \sum W_{АБ\tau_s}^\tau \cdot \eta_s^\tau$  – сумарна спожита (акумульована) або передана в ЕМ АБ в тарифних зонах  $S$ , в інтервалах часу  $\tau$ , протягом доби,  $\gamma_s^\tau$  – коефіцієнт передачі або акумулявання електричної енергії АБ в тарифній зоні  $S$ , в інтервалі часу  $\tau$ ,  $\sum W_{ЗЕМ_s}^\tau$  – сумарна спожита електрична енергія ЕС ЗРП в тарифних зонах  $S$ , в інтервалах часу  $\tau$ , протягом доби.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Потім обчислюють рівень ЕП електричної енергії із зовнішньої електромережі (ЗЕМ) у різних тарифних зонах (S) за формулою:

$$\sum W_{ЗЕМ_S}^{\tau} = \sum W_{ЗЕМ_{S_1}}^{\tau_1} + \sum W_{ЗЕМ_{S_2}}^{\tau_2} + \sum W_{ЗЕМ_{S_3}}^{\tau_3} .$$

де  $\sum W_{ЗЕМ_{S_1}}^{\tau_1}$ ,  $\sum W_{ЗЕМ_{S_2}}^{\tau_2}$ ,  $\sum W_{ЗЕМ_{S_3}}^{\tau_3}$  – рівні ЕП електричної енергії із зовнішньої електромережі у 1, 2 та 3 тарифних зонах відповідно.

Обчислюють вартість спожитої електричної енергії обладнанням ЗРП із ЗЕМ протягом доби по різних тарифних зонах (S) за формулою:

$$B_{\sum ЗЕМ_S}^{\tau} = B_{\sum ЗЕМ_{S_1}}^{\tau_1} + B_{\sum ЗЕМ_{S_2}}^{\tau_2} + B_{\sum ЗЕМ_{S_3}}^{\tau_3} = \sum W_{ЗЕМ_S}^{\tau} = \sum W_{ЗЕМ_{S_1}}^{\tau_1} \cdot k_1 \cdot T + \sum W_{ЗЕМ_{S_2}}^{\tau_2} \cdot k_2 \cdot T + \sum W_{ЗЕМ_{S_3}}^{\tau_3} \cdot k_3 \cdot T$$

та сумарної вартості можливої згенерованої електричної енергії ДРГ у умовах ЗРП ( $B_{\sum ВДЕ}$ ).

$$\text{Якщо виконується (так) рівність: } B_{\sum ВДЕ} = B_{\sum \text{спож.}} + B_{\sum \text{спож. насос.}} + B_{\sum \text{втр.}} - B_{\sum ЗЕМ} - B_{\sum АУ}$$

, (де  $B_{\sum ВДЕ}$  – сумарна вартість можливої згенерованої електричної енергії ВДЕ у умовах ЗРП,  $B_{\sum \text{спож.}}$ ,  $B_{\sum \text{спож. насос.}}$  – сумарна вартість спожитої електричної енергії обладнанням та насосами відповідно,  $B_{\sum \text{втр.}}$  – загальна вартість втрат електричної енергії,  $B_{\sum ЗЕМ}$ ,  $B_{\sum АУ}$  – загальна вартість електроенергії спожита з загальної мережі та від акумуляторних батарей відповідно), то переходимо до наступного стану, якщо не виконується (ні), то переходять до попереднього етапу (обчислення ЕП із ЗЕМ).

Потім необхідно з'ясувати можливості короткочасного мінімального забезпечення ЕС електрообладнанням ЗРП якщо ЕП із ЗЕМ недостатнє ( $W_{ЗЕМ} \rightarrow 0$ ), тобто

$W_{\sum ВДЕ} = \sum \min_{\text{спож. обл.}}$ , та резервно необхідного рівня електрозабезпечення ЕС ЗРП у критичних умовах, коли ЕП із ЗЕМ,  $W_{ЗЕМ} = 0$  тобто  $W_{\text{рез. необх.}} \leq W_{\sum ВДЕ}$ . Якщо обидві умови виконуються (так), тоді переходять до розрахунку параметрів ДРГ та аналізують можливості їх використання в умовах ЗРП, а якщо вищеперелічені умови не виконуються (ні), тоді переходять до попередніх етапів обчислення можливого забезпечення необхідних рівнів енергопостачання ДРГ при недостатньому ЕП із ЗЕМ та в критичних умовах ЕП із ЗЕМ.

Детально аналізують параметри різних типів ВДЕЕ, їх режимів генерації електричної енергії, вартість обладнання експлуатації, можливої вартості розміщення, вибраних типів ДРГ, в умовах ЗРП, а також можливі терміни окупності, в умовах ЗРП, тобто обчислюють термін окупності оптимальний ( $T_{\text{окуп.}}^{\text{онт.}}$ ) і термін окупності розрахунковий ( $T_{\text{окуп.}}^{\text{розр.}}$ ).

Якщо виконується нерівність (так)  $T_{\text{окуп.}}^{\text{онт.}} > T_{\text{окуп.}}^{\text{розр.}}$ , тоді переходять до аналізу рівня впливу вибраних типів ДРГ для впровадження в умовах ЗРП, на екологію навколишнього середовища й виробничий процес.

Якщо рівень впливу ДРГ на екологію та виробничий процес в межах допустимих норм (так), тоді переходять до аналізу рівня впливу впроваджених ДРГ на собівартість залізорудної сировини (ЗРС), в умовах ЗРП, тобто розраховують собівартість ЗРС без впровадження ВДЕ, що входять до складу ДРГ ( $CB_{\text{без ВДЕ}}^{\text{ЗРС}}$ ) і собівартість ЗРС після впровадження ВДЕ, що входять до складу ДРГ ( $CB_{\text{впр. ВДЕ}}^{\text{ЗРС}}$ ). Якщо виконується нерівність (так)  $CB_{\text{без ВДЕ}}^{\text{ЗРС}} > CB_{\text{впр. ВДЕ}}^{\text{ЗРС}}$ , то переходять до підготовки проектно-технічної документації для одержання дозволу на впровадження вибраних типів ДРГ, в умовах ЗРП, а якщо

не виконується (ні), то переходять до перегляду ЕС і ЕП в умовах ЗРП, тобто сумарного потенціалу ВДЕ, що входять до складу ДРГ.

Одержавши необхідні дозвільні документи та впровадження вибраних типів ВДЕЕ в умовах ЗРП переходять до підготовки технічної та проектно-кошторисної документації для розміщення у вибраних місцях об'єктів ДРГ та їх використання.

**Висновки відповідно до статті.** На залізородних підприємствах актуальним та можливим є впровадження в загальну структуру систем електроживлення розосередженої генерації на базі відновлюваних джерел енергії.

Запропонований метод визначення потенціалу розосереджених джерел енергії в умовах залізородних підприємств дозволить ефективно впроваджувати розосереджену генерацію до структури електропостачання залізородних підприємств.

### Список використаних джерел

1. Синчук О. Н., Синчук І. О., Гузов Э. С., Бойко С. М., Яловая А. Н. Энергоэффективность железорудных производств. Оценка, практика повышения: монография. Кременчуг: Изд LAP LAMBERT Academic Publishing is managed by OmniScriptum Management GmbH., 2016. 346 с.
2. Синчук О. М., Синчук І. О., Бойко С. М., Караманиць Ф. І., Ялова О. М., Пархоменко Р. О. Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізородних підприємств. (Аналіз, перспективи, проекти): монографія. Кривий Ріг: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2017. 152 с.
3. Бойко С. М., Синчук О. М., Синчук І. О., Мінаков І. А. Алгоритм вибору нетрадиційних та відновлювальних джерел електричної енергії до локальної системи електропостачання підприємств гірничо-видобувного комплексу. *Electronics and Communications*. 2016. Vol. 21. №5(94). С. 6-13.
4. Кармазін О. О. Проблеми вписування ВЕС в загальний баланс ОЕС України. *Відновлювана енергетика*. 2014. № 3. С. 70–76.
5. Кирик В. В., Губатюк О. С., Моссаковський В. І. Дослідження впливу джерел розподіленої генерації на режим роботи електричної системи. *Відновлювана енергетика XXI століття: матеріали XIV Міжнар. конф. Крим, 2013*. С. 141–143.
6. Федоров А., Садчиков С. Характеристики и алгоритмы формирования и отбора вариантов систем промышленного электроснабжения. *Электричество*. 1982. № 2. С. 1–5.
7. Кудря С. О., Морозов Ю. П., Кузнецов М. П. Дослідження ефективності комбінованого використання енергії вітру, сонця і теплоти землі для отримання водню при електролізі води. *Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях: тези доп. наукової звітної сесії НАН України*. Київ, 2013. С. 30.
8. Харитонов В. П. Автономные ветроэлектрические установки. Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2006. 280 с.
9. Білолід В. Д., Таранець К. В. Мала енергетика та її значення в регіональних системах майбутнього. *Проблеми загальної енергетики*. 2008. № 18. С. 40–47.
10. Бриль А. О., Васько В. П., Васько П. Ф., Пекур П. П. Енергетична сумісність вітроелектростанцій в складі централізованої електроенергетичної системи. *Нетрадиционная энергетика в XXI веке: III междунар. конф.: тези доп. (АР Крым, 2002)*. Київ: ІТТФ НАНУ, 2002. С. 113–115.
11. Головка В. М., Денисюк П. Л., Кириленко В. М. Аналіз принципів побудови локальних систем енерго-забезпечення на базі відновлювальних джерел енергії. *Відновлювана енергетика XXI століття: IX Міжнар. конф., 15–19 вересня 2008 р.: тези доп.* Крим, 2008. С. 124–125.

### References

1. Sinchuk, O. N., Sinchuk, I. O., Guзов, E. S., Boyko, S. M., Yalova, A. N. (2016). Enerhoeffektivnost zhelezorudnykh proizvodstv. Otsenka, praktika povysheniia [Energy efficiency of iron ore industries. Evaluation, enhancement practice]. Kremenchug: LAP LAMBERT Academic Publishing is managed by Omni Scriptum Management GmbH [in Russian].
2. Sinchuk, O. M., Sinchuk, I. O., Boyko, S. M., Karamanitsy, F. I., Yalova, O. M., Parkhomenko, R. O. (2017). *Renewable sources of electricity in structures of power supply systems of iron ore enterprises. (Analysis, prospects, projects) [Vidnovliuvani dzhherela elektrychnoi enerhii v strukturakh system elektropostachannia zalizorudnykh pidpriemstv. (Analiz, perspektyvy, proekty)]*. Kryvyi Rih: Publishing House PE Shcherbatyh O. V. [in Ukrainian].
3. Boyko, S. M., Sinchuk, O. M., Sinchuk, I. A., Minakov, I. A. (2016). Alhorytm vyboru netradytsyinykh ta vidnovliuvalnykh dzhherel elektrychnoi enerhii do lokalnoi systemy elektropostachannia

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

pidpriemstv hirnycho-vydobuvnoho kompleksu [Algorithm for choosing non-traditional and renewable electricity sources to the local power supply system of the mining and mining complex]. *Electronics and Communications*, 21, 5 (94), 6-13.

4. Karmazin, O. O. (2014). Problemy vpysuvannya VES v zahalnyi balans OES Ukrainy [Problems of WPP entry into the overall balance of the Ukrainian UPS]. *Vidnovliuvana enerhetyka – Renewable Energy*, 3, 70–76 [in Ukrainian].

5. Kyryk, V. V., Gubatiuk, O. S., Mossakovsky, V. I. (2013). Doslidzhennia vplyvu dzherel rozpodilenoї heneratsii na rezhym roboty elektrychnoi systemy [Investigation of the influence of distributed generation sources on the mode of operation of the electrical system]. Proceeding from *Vidnovliuvana enerhetyka KhKhI stolittia: materialy XIV Mizhnar. konf. – Materials XIV International. Conf. «Renewable Energy of the 21st Century»* (pp. 141–143). Crimea [in Ukrainian].

6. Fedorov, A., Sadchikov S. (1982). Kharakteristiki i algoritmy formirovaniia i otbora variantov sistem promyshlennogo elektrosnabzheniia [Characteristics and algorithms of formation and selection of variants of industrial power supply systems]. *Elektrichestvo – Electricity*, 2, 1–5 [in Russian].

7. Kudrya, S. O., Morozov, Yu. P., Kuznetsov M. P. (2013). Doslidzhennia efektyvnosti kombinovanoho vykorystannia enerhii vitru, sontsia i teploty zemli dlia otrymannia vodniu pry elektrolizi vody [Investigation of the Efficiency of Combined Use of Wind Energy, Sun and Earth Heat for Hydrogen Production at Water Electrolysis]. Proceeding from *Voden v alternatyvni enerhetytsi ta novitnikh tekhnolohiiakh: tezy dop. naukovoї zvitnoi sesii NAN Ukrainy – Hydrogen in Alternative Energy and the Newest Technologies: Abstracts. Scientific Reporting Session of NAS of Ukraine* (p. 30), Kyiv [in Ukrainian].

8. Kharitonov, V. P. (2006). *Avtonomnye vetroelektricheskie ustanovki [Autonomous wind farms]*. Moscow: GNU VIESH [in Russian].

9. Bilolid, V. D., Taranets, K. V. (2008). Mala enerhetyka ta yii znachennia v rehionalnykh systemakh maibutnoho [Small energy and its importance in regional systems of the future]. *Problemy zahalnoi enerhetyky – Problems of general energy*, 18, 40–47 [in Ukrainian].

10. Bryl, A. O., Vasko, V. P., Vasko, P. F., Pekur, P. P. (2002). Enerhetychna sumisnist vitroelektrostantsii v skladi tsentralizovanoi elektroenerhetychnoi systemy [Energy compatibility of wind power plants as a part of a centralized electric power system]. Proceeding from *Netraditsionnaia energetika v XXI veke: III mezhdunar. konf. – Unconventional energy in the 21st century: III international. conf.* (pp. 113–115). Kyiv: ITTF NASU [in Ukrainian].

11. Golovko, V. M., Denysyuk, P. L., Kirilenko, V. M. (2008). Analiz pryntsyviv pobudovy lokalnykh system enerho-zabezpechennia na bazi vidnovliuvalnykh dzherel enerhii [Analysis of the principles of construction of local systems of energy supply on the basis of renewable energy sources]. Proceeding from *Vidnovliuvana enerhetyka KhKhI stolittia: IKh Mizhnar. konf. – Renewable energy of the 21st century: IX International. Conf.* (September 15-19, 2008, pp. 124–125). Crimea [in Ukrainian].

UDC 621.311.4.031

Oleg Sinchuk, Serhii Boyko, Oleksiy Gorodny,  
Andrey Nekrasov, Maksim Fed, Maryna Nozhnova

## METHOD OF DETERMINING THE POTENTIAL OF DISTRIBUTED ENERGY SOURCES IN THE CONDITIONS OF STEEL ENTERPRISES

**Urgency of the research.** An analysis of the achievements of modern energy shows that decentralized grid systems using distributed generation sources can be an extremely profitable area for investment, if it is possible to place energy sources near consumers. Generally, energy transmission costs reach 30 % of the cost of generating energy. Existing techniques for designing the power supply system for remote consumers are generally considered as an alternative to centralized electricity supply, electricity supply through the generation of electricity based on renewable energy sources, or through the use of boilers, diesel generators. Meanwhile, harnessing the potential of renewable energy sources is a technically difficult task nowadays, which is associated with low energy flow density from renewable energy sources and their dependence on natural conditions. Although energy costs are reduced annually, the cost of obtaining energy remains much higher than traditional energy resources, and the necessary fundamental technical solutions do not yet exist.

**Target setting.** The problem of this work is the synthesis of the method of determining the potential of dispersed energy sources in the conditions of iron ore enterprises, taking into account the peculiarities and specifics of their operation

**Actual scientific researches and issues analysis.** Combining the distributed generation and the network in parallel will give a synergistic effect - the emergence of new properties that were not in the components, which is manifested, in particular, in reducing the irregularity of the total load schedule of the combined systems, reducing its irregularity in the daily, weekly and seasonal cuts, reducing the dependence of the frequency of electric current on fluctuations in the power balance. In previous studies, the authors substantiate the positive effect of the introduction of distributed generation sources in the conditions of industrial enterprises, namely modularity, reliability, local control, reduction of negative impact on the environment and small start-up period.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Given the complexity of the technological process and the specifics of the operation of the mining enterprises, an urgent scientific and practical task is to develop a method for determining the potential of dispersed energy sources in the conditions of iron ore enterprises, taking into account the specifics of their operation.

**The research objective.** Thus, an urgent scientific and practical task is to synthesize the method of determining the potential of dispersed energy sources in the conditions of iron ore enterprises, which will allow to effectively introduce the sources of dispersed generation into the power supply structures of iron ore enterprises.

**The statement of basic materials.** To determine the potential of renewable energy sources that are part of the sources of distributed generation in the conditions of iron ore enterprises, it is necessary to have as complete and clear data on the power supply and power consumption of the electrical equipment load of the iron ore enterprise during the day, as well as the availability of data on electricity consumption in the power grid and power grid power consumption of the load.

**Conclusions.** At the iron ore enterprises it is relevant and possible to introduce into the general structure of power systems of the distributed generation on the basis of renewable energy sources.

The proposed method of determining the potential of dispersed energy sources in the conditions of iron ore enterprises will allow to effectively introduce dispersed generation in the power supply structures of iron ore enterprises.

**Keywords:** distributed generation; power supply of enterprises; potential of dispersed energy sources; iron ore enterprises.

**Fig.:** 1. References: 11.

**Сінчук Олег Миколайович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, Криворізький національний університет (вул. Віталія Матусевича, 11, м. Кривий Ріг, 50027, Україна).

**Sinchuk Oleg** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of the Department of Automated Electromechanical Systems in Industry and Transport, Kryvyi Rih National University (11 Vitaliy Matusevich Str., 50027 Kryvyi Rih, Ukraine).

**Email:** speet@ukr.net

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7621-9979>

**ResearcherID:** [https://www.researchgate.net/profile/Oleg\\_Sinchuk](https://www.researchgate.net/profile/Oleg_Sinchuk)

**Бойко Сергій Миколайович** – кандидат технічних наук, завідувач відділення авіаційного транспорту, електроенергетики і управління, Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

**Boiko Serhii** - PhD in Technical Sciences, Head of the Air Transport, Power and Control Department, Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs (17/6 Peremohy Str., Kremenchuk, 39605, Ukraine).

**E-mail:** bsn1987@i.ua

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9778-2202>

**Scopus:** ID 56417478200

**Городній Олексій Миколайович** - кандидат технічних наук, старший викладач кафедри промислової електроніки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, Чернігів, 14035, Україна).

**Gorodny Olexsiy** – PhD in Technical Sciences, senior lecturer of the Industrial Electronics Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** aleksey.gorodny@gmail.com

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5303-9564>

**Web of Science:** H-1425-2016

**Scopus:** ID 55327980200; ID 56338229500; ID 57191829796

**Некрасов Андрій Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Nekrasov Andrey** – PhD in Technical Sciences, Kremenchuk National University of Michaylo Jstrogradskiy (17/6, Perchotravneva Str., 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** boikosn2017@gmail.com

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3507-1987>

**Федь Максим Михайлович** – аспірант, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна).

**Fed Maksim** – PhD Student, Kremenchuk National University of Michaylo Jstrogradskiy (Pershotravneva Str., 20, 39600 Kremenchuk, Ukraine).

**Ножнова Марина Олександрівна** – викладач, Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ (вул. Перемоги, 17/6, м. Кременчук, 39605, Україна).

**Nozhnova Maryna** – lecturer, Kremenchuk Flight College of Kharkiv National University of Internal Affairs (17/6, Peremohy Str., 39605 Kremenchuk, Ukraine).

**E-mail:** marina.nozhnova@yahoo.com