

## ПІДХІД ЩОДО РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В СТРУКТУРІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

**О. В. Гай, кандидат технічних наук, доцент**

*E-mail:* [gaalx@ukr.net](mailto:gaalx@ukr.net)

**В. К. Гулевич, студент магістратури**

*E-mail:* [Gulievich1@ukr.net](mailto:Gulievich1@ukr.net)

**Національний університет біоресурсів та природокористування України**

**Анотація.** Нині постачальник електроенергії не в змозі декларувати можливий рівень якості забезпечення електроенергією, а споживач просто не має можливості таку «якісну» електроенергію купити. У таких умовах є неминучим диференційований підхід до утворення тарифу, що сьогодні й реалізовано на практиці, нехай і в початковому стані. Подальше вдосконалення тарифоутворюючого механізму неможливе без створення «гнучкої» залежності тарифу від показників якості електропостачання споживача. Показники якості в свою чергу базуються з одного боку на методиках і підходах їхнього визначення, а з іншого – на статистично достовірних даних щодо елементів, які входять до складу обладнання в ланцюжку «генерація-споживач». Останні роки спостерігається тенденція до зміни концепції розвитку електроенергетики, оскільки перевага надається розбудові джерел розподіленої генерації (РГ). Під розподіленою генерацією розуміємо джерела електричної енергії, безпосередньо з'єднані з розподільною електричною мережею або підключені до неї з боку споживачів. Забезпечення соціально-економічної стабільності суспільства та гідної якості життя населення значною мірою залежить від надійності й ефективності функціонування інфраструктури постачання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема електричної енергії. Надмірні втрати електроенергії при її виробництві, транспортуванні й розподіленні, а також неприпустимий рівень шкідливих викидів у атмосферу, є причиною перебоїв в електропостачанні споживачів і навіть загрозою системних аварій Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) країни. Впровадження альтернативних джерел енергії в електроенергетичних системах, крім зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище і вирішення проблем, що пов'язані з забруднення відходами під час виробництва електричної енергії, знизить використання природних ресурсів та розвантажить системоутворюючі і розподільні лінії електропередачі. У рамках наукового пошуку був запропонований підхід, який покладений в основу розрахунків щодо визначення оптимальних місць установки джерел розподіленої генерації середньостатистичної повітряної лінії. Отримані результати представлені в рамках спільного технічної наради провідних фахівців експлуатаційних підприємств, замовника і колективу кафедри електропостачання ім. В. М. Синькова НУБіП України.

**Ключові слова:** *якість електропостачання, джерела розподіленої генерації, програмне забезпечення*

**Актуальність.** Питанням підвищення якості електропостачання споживачів присвячено значну кількість наукових праць та практичних розробок, проте рівень якості сучасних систем забезпечення електричною енергією споживачів занадто низький та не відповідає загально прийнятому світовому стану. Одним з напрямків підвищення якості електроенергії є раціональне впровадження джерел розподіленої генерації в структуру електричної мережі.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням підвищення якості систем електропостачання внаслідок інтеграції джерел розподіленої генерації в структуру електричних мереж присвячено цілий ряд наукових розробок [1-5, 7-10, 13, 15-17], в яких вони розкриті в певному об'ємі, але без врахування впровадження RAB-тарифікації. Щодо аналізу досліджень опосередковано зв'язаних з питанням якості в розрізі режимів роботи електричних мереж, то проаналізований матеріал [6, 11, 12, 14, 18] свідчить про доцільність детального розгляду питань, які диктує нововведена законодавча база в розрізі впливів показників якості електрозабезпечення кінцевих споживачів на економічні взаємовідносини в сфері електроенергетики.

Особливістю електричних систем з джерелами розподіленої генерації (ДРГ) є різнонаправлений струморозподіл (Two-way flow) в розподільних мережах 10(6) та 0,38 кВ, що викликає появу нових задач, нехарактерних для систем централізованого електропостачання. Основною проблемою систем РГ є залежність параметрів електропостачання інших, "сусідніх" споживачів від режиму роботи споживача з ДРГ, параметрів та режимів роботи мережі, по якій вони отримують живлення від енергосистеми загальними розподільними лініями. Поява джерела генерації в розподільній мережі зі своїми законами регулювання, не узгодженими з законами регулювання центру живлення мережі може привести до погіршення якості електроенергії та надійності електропостачання споживачів, підключених до того ж фідера, що й споживач з ДРГ. Аналогічні негативні наслідки можуть виникнути і в розподільних мережах з ДРГ, тому встановлення ДРГ має бути

обґрунтоване не лише за терміном окупності для споживача, але й має бути розрахований вплив джерела на ефективність роботи системи в цілому, бо інакше це може викликати порушення керованості та стійкості системи електропостачання і, як наслідок, погіршення якості надаваних послуг іншим споживачам. Наразі, при потужностях джерел, які перевищують певну межу, неконтрольовані режими генерації можуть погіршити якість функціонування розподільної мережі: збільшити втрати потужності та електричної енергії в мережі, погіршити якість напруги у вузлах, тощо. Саме тому задача вибору місця розташування та величини потужності ДРГ цікавить як енергетиків, так і науковців всього світу [1].

**Мета дослідження** – обґрунтування шляхів забезпечення цільових значень параметрів якості електропостачання, ґрунтуючись на визначенні місць встановлення джерел розподільної генерації в розрізі загальної проблеми «Мінімізації втрат в розподільних мережах енергопостачальних компаній підприємства «ДТЕК Мережі» в умовах стимулюючого регулювання».

**Матеріали та методи дослідження.** Пошук оптимальних значень потужності та місць розташування ДРГ є багатокритеріальною задачею зі значною кількістю обмежень. Основні підходи до вирішення цієї проблеми можна розділити на такі групи: використання аналітичних методів; чисельних методів; генетичних алгоритмів та інших евристичних методів.

Визначимо оптимальні місця й схему розміщення джерел розподільної генерації для розподільної мережі, показаної на рис. 1. Пошук оптимального розв'язку зробимо, базуючись на методі цілочисельного (булевого) програмування, в основі якого закладені принципи, що дозволяють судити про існування й одиницності отриманих розв'язків.

Запишемо для схеми мережі, зображеної на рис.1, цільову функцію, що визначає ефективність установки додаткових ДРГ:

$$f := Eff_1x_1 + Eff_2x_2 + \dots + Eff_9x_9 + Eff_{10}x_{10}, \quad (1)$$

де  $x_i$  - показник, що визначає місце установки додаткового ДРГ, що є булевим числом, тобто можливі прийняті значення дорівнюють нулю або одиниці;  $Eff_i$  -

коефіцієнт, що визначає ефект від установки того або іншого ДРГ, з врахуванням можливих раніше встановлених ДРГ.

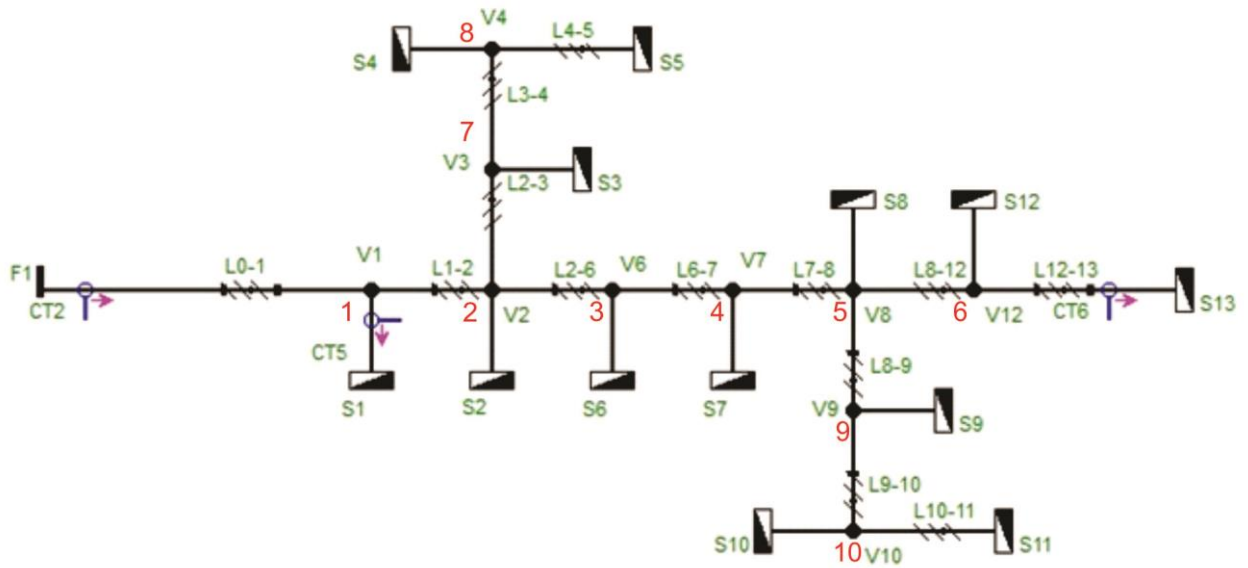


Рис. 1. Модель системи 10кВ

Відповідно, ефект від установки ДРГ буде таким:

$$Eff = Inj_{no\ ДРГ} - Inj_{ДРГ} . \quad (2)$$

де  $Inj$ - величина втрат електричної енергії до та після встановлення ДРГ.

Використовуючи для розв'язку метод цілочисельного програмування з булевими змінними, крім цільової функції необхідно визначити зону припустимих розв'язків у вигляді обмежень.

У нашому випадку використовуються такі обмеження.

Обмеження на діапазон прийнятих розв'язків:

$$x_i, \text{ где } i = (1 \div 10) - \text{цілі, булеві числа.}$$

Економічне обмеження, в основі якого лежить умова ефективності секціонування розподільної мережі, з якого випливає, що впровадження ДРГ ефективне у випадку, якщо сумарний ефект від впровадження ДРГ більше сумарних річних приведених витрат:

$$Eff_1 x_1 + Eff_2 x_2 + \dots + Eff_9 x_9 + Eff_{10} x_{10} \geq Zarat(x_1 + x_2 + \dots + x_{10}) . \quad (3)$$

де  $Zarat$  - річні приведені витрати на установку секціонуючого КА.

Обмеження кількості встановлюваних ДРГ необхідне для усунення від взаємозалежності коефіцієнтів  $Eff$ . За проведеними дослідженнями, можлива кількість установлюваних КА лежить у межах від нуля до трьох, тому:

$$\sum_1^{10} x_i = (1 \div 3). \quad (4)$$

За останнім обмеженням, завдання щодо визначення оптимального місця розміщення ДРГ розбивається на три задачі, для яких відповідно кількість ДРГ дорівнює одному, двом або трьом. Серед розглянутих варіантів вибирається той, який характеризується максимальним ефектом, але при цьому входить у рамки обмежень.

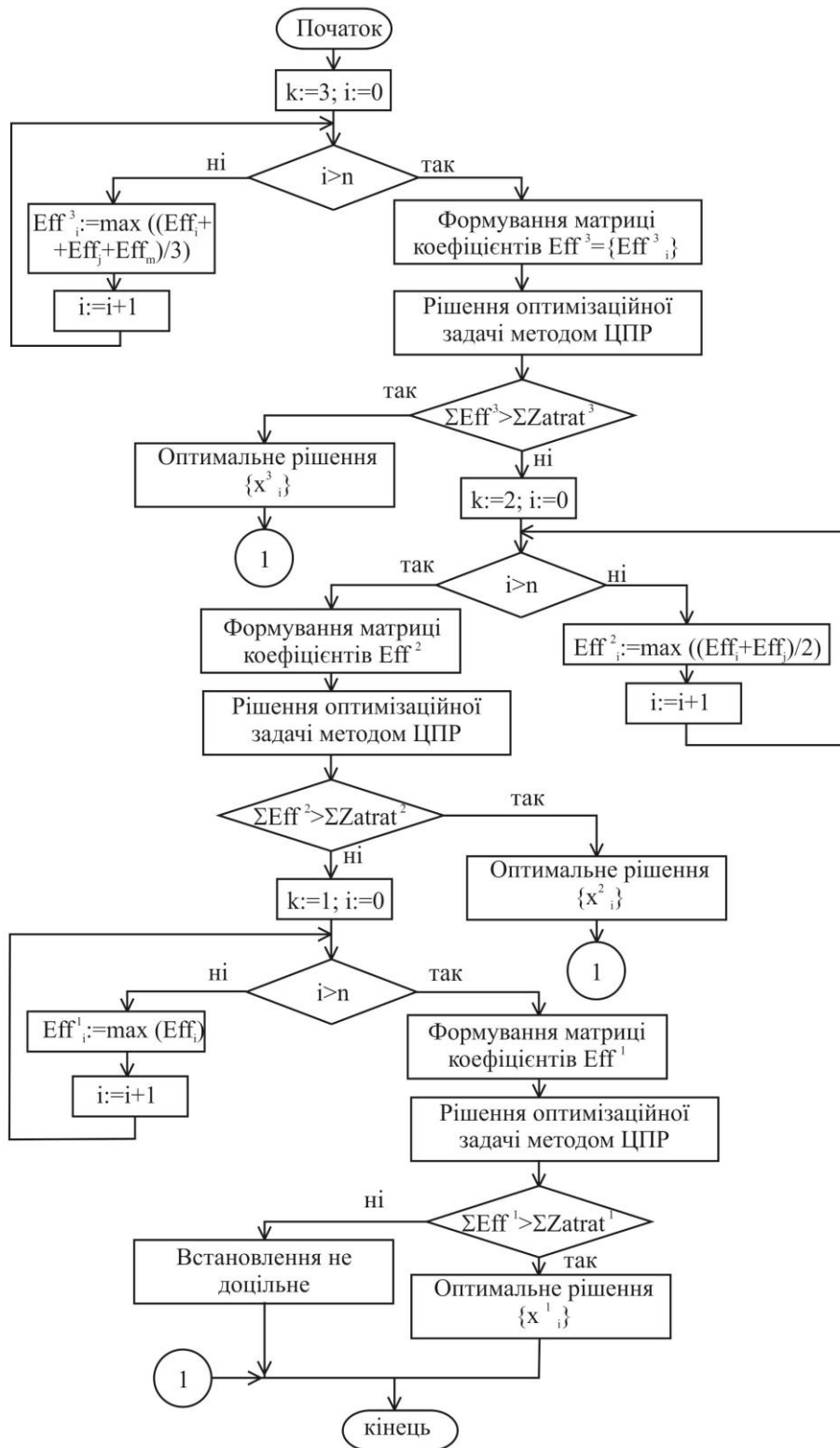
Таким чином, математичне формулювання завдання приймає вигляд:

$$\text{Максимізувати } f = Eff_1 x_1 + Eff_2 x_2 + \dots + Eff_{15} x_{15} + Eff_{16} x_{16},$$

при обмеженнях

$$\begin{cases} Eff_1 x_1 + Eff_2 x_2 + \dots + Eff_9 x_9 + Eff_{10} x_{10} - Z_{atrat}(x_1 + x_2 + \dots + x_{10}) \geq 0, \\ \sum_1^{10} x_i = (1 \div 3), \\ 0 \leq x_i \leq 1, \\ x_i - \text{целое.} \end{cases} \quad (5)$$

Для визначення значень коефіцієнтів ефективності секціонування ( $Eff_i$ ) і наступної оптимізації кількості й місць розміщення КА, використовується алгоритм (рис. 2), в основі якого лежить розбивка загального завдання на три незалежні частки. Кожне із завдань має різний рівень значущості, які визначаються можливою кількістю встановлюваних КА, а відповідно й сумарним ефектом від секціонування. У випадку можливості отримання розв'язку завдання з вищим пріоритетом розв'язок завдань із нижчою значущістю опускається, що можливо внаслідок доказу отриманого раніше, згідно з яким для розімкненої розподільної мережі сумарний ефект від установки декількох ДРГ не залежить від місця початку оптимізаційних розрахунків (або від головного вимикача на лінії, або від кінцевої ділянки магістралі), тобто виконується комунікативний закон додавання.



**Рис. 2. Алгоритм обчислення коефіцієнтів, визначаючих ефект секціонування**

В алгоритмі прийняті такі умовні показники:

- 1)  $k$  - кількість установлюваних КА; 2)  $n$  - кількість можливих місць установки КА, що залежить від схеми сільської розподільної мережі; 3)  $i, j, m$  -

індекси, що визначають місця установки першого, другого й третього КА, відповідно, причому внаслідок комунікативного закону додавання,  $i=1 \div n; j=i \div n; m=j \div n$ ; 4)  $Eff^3, Eff^2, Eff^1$  - матриці коефіцієнтів ефективності при трьох, двох і одному встановлюваних КА; 5) ЦПР – метод цілочисельного програмування.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Таким чином, описана вище методика дозволяє оцінювати ефективність встановлення ДРГ і однозначно визначати кількість, місця й схему, за якою передбачається встановлення ДРГ.

Відомо, що розподільні мережі характеризуються властивістю постійного розвитку, наслідком якого є зміна питомих параметрів, що описують роботу розподільної мережі, а також приєднаної потужності й довжини лінії електропередачі. Результатом процесу розвитку може бути зміна оптимального місця й кількості встановлюваних КА, що говорить про можливу нестійкість отриманого оптимального результату, а отже необхідності застосування нечітких методів теорії оптимізації.

**Висновки і перспективи.** Таким чином, локалізація місця встановлення ДРГ на етапі проєктування в умовах RAB-тарифоутворення забезпечує цільовий характер зниження втрат електроенергії і, як наслідок, істотно знижує витрати на проєктування і переконфігурацію мережі.

В зв'язку з цим необхідно провести ревізію стану і топології проблемних мереж, визначити служби супроводу в енергокомпанії; пройти навчання на програмному забезпеченні як інструменті проєктування; створити стандарти компанії (групи компаній) з урахуванням досвіду колег Молдови, РБ, Балтії, далекого зарубіжжя.

Запропонований підхід був покладений в основу розрахунків з визначення оптимальних місць установки джерел розподіленої генерації середньостатистичної ВЛ. Отримані результати представлені в рамках спільного технічної наради провідних фахівців експлуатаційних підприємств, замовника і колективу кафедри електропостачання ім. В. М. Синькова НУБіП України.

### Список використаних джерел

1. Бодунов В. М. Забезпечення допустимих рівнів напруги в низьковольтних мережах при проектуванні сонячних електричних станцій приватних домогосподарств. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2021. №. 1 (2). С. 23-27.
2. Кириленко О. В., Павловський В. В., Лук'яненко Л. М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. Технічна електродинаміка. 2011. № 1. С. 46–53.
3. Жаркін А. Ф., Новський В. О., Попов В. А., Ярмолук О. С. Підвищення ефективності керування режимами розподільних мереж за умов застосування розосереджених джерел генерації та засобів акумулювання електроенергії. Технічна електродинаміка. 2021. № 3, С. 37–43. doi: 10.15407/techned2021.03.037
4. Lezhniuk P. D., Komar V. A., Sobchuk D. S. Method for Determination of Optimal Installed Capacity of Renewable Sources of Energy by the Criterion of Minimum Losses of Active Power in Distribution System. Energy and Power Engineering. 2014. Vol. 6. P. 37–46 doi: 10.4236/epe.2014.63005
5. Bodunov V., Kulko T., Prystupa A., Gai A. Topological Task of Distributed Generation Placement Using a Pareto optimization. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). 2018. P. 183–188, doi: 10.1109/IEPS.2018.8559502
6. Буславець О. А. Методи та засоби підвищення достовірності розрахунку та аналізу технологічних витрат електроенергії для обґрунтування їх зменшення: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.14.02 / Ольга Анатоліївна Буславець ; [наук. керівник Лежнюк П. Д.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2017. 23 с.
7. Гай А. В. Оптимизация количества и мест установки секционирующих устройств в распределительных сетях сельских регионов: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.09.03 / Гай Александр Валентинович. К., 2008. 165 с.
8. Кожан Д. П. Визначення місць розташування та величин потужностей джерел генерації при територіальному розподіленні навантаження: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.09.03 / Кожан Дмитро Петрович. К., 2021. 190 с.
9. Богомолова О.С. Методи та моделі оцінки потужності сонячної та вітрової генерації у вузлах електричної мережі: Дис. ... кандидата техн. наук: 05.14.02 / Богомолова Оксана Сергіївна. К., 2021. 155 с.
10. Жаркин А.Ф., Попов В.А., Сахрагард Саид Банузаде и др. Многокритериальная оценка альтернативных вариантов интеграции источников распределенной генерации в распределительные сети. Электронное моделирование. 2016. Т. 38, №1. С. 99-112.
11. Жураховский А. В. Формирование стратегии повышения эффективности работы распределительных электрических сетей на предпроектной стадии. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2019. №62.2. С.155-167.
12. Кирик В. В., Циганенко Б. В., Яндульський О. С. Розподільні електричні мережі напругою 20 кВ та ефективність їх роботи : монографія Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 226 с.



13. Козирський В. В., Гай О. В. Методи та моделі розрахунку надійності систем електропостачання: монографія. К.: Гнозис, 2013. 563 с.

14. Кузнецов В. Г., Тугай Ю. І., Нікішин Д. А. Оптимізація режимів сучасних систем електропостачання АПК. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2015. №164. С. 44-45.

15. Левин М. С., Лещинская Т. Б. Методы решений в задачах оптимизации систем электроснабжения. М.: ВИПКЭнерго, 1989. 130 с.

16. Притока И. П., Козырский В. В. Секционирование разомкнутых электрических сетей с учетом неопределенности исходных данных. Известия ВУЗов. Энергетика. 1987. №12. С.47-49.

17. Прусс В. Л., Тисленко В. В. Повышение надежности сельских электрических сетей. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. 208 с.

18. Тугай Ю. І., Нікішин Д. А., Гай О. В. Статистична модель для аналізу надійності систем електропостачання. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. №195. С. 7-8.

### References

1. Bodunov, V. M. (2021). Zabezpechennia dopustymykh rivniv napruhy v nyzkovoltnykh merezhakh pry proiektuvanni soniachnykh elektrychnykh stantsii pryvatnykh domohospodarstv [Ensuring acceptable voltage levels in low-voltage networks in the design of solar power plants of private households]. Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seriia: Enerhetyka: nadiinist ta enerhoefektyvnist, 1, 23-27.

2. Kyrylenko, O. V., Pavlovskiy, V. V., Luk'ianenko, L. M. (2010). Tekhnichni aspekty vprovadzhennia dzherel rozpodilnoi heneratsii v elektrychnykh merezhakh [Technical aspects of introduction of distribution generation sources in electric networks]. Tekhnichna elektrodynamika, 1, 46–53.

3. Zharkin, A. F., Novskiy, V. O., Popov, V. A., Yarmoliuk, O. S. (2021). Pidvyshchennia efektyvnosti keruvannia rezhymamy rozpodilnykh merezh za umov zastosuvannia rozoseredzhenykh dzherel heneratsii ta zasobiv akumuliuвання електроенергії [Improving the efficiency of control of distribution network modes under the conditions of application of dispersed generation sources and means of electricity storage]. Tekhnichna elektrodynamika, 3, 37–43. Doi: 10.15407/techned2021.03.037.

4. Lezhniuk, P. D., Komar, V. A., Sobchuk, D. S. (2014). Method for Determination of Optimal Installed Capacity of Renewable Sources of Energy by the Criterion of Minimum Losses of Active Power in Distribution System. Energy and Power Engineering, 6, 37–46. doi: 10.4236/epe.2014.63005.

5. Bodunov, V., Kulko, T., Prystupa, A., Gai, A. (2018). Topological Task of Distributed Generation Placement Using a Pareto optimization. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 183–188. doi: 10.1109/IEPS.2018.8559502.

6. Buslavets, O. A. (2017) Metody ta zasoby pidvyshchennia dostovirnosti rozrakhunku ta analizu tekhnolohichnykh vytrat elektroenerhii dlia obgruntuvannia yikh zmenshennia [Methods and means to increase the reliability of calculation and analysis of technological costs of electricity to justify their reduction]. Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekhn. in-t", Kharkiv, 23.

7. Gai, A. V. (2008). Optymyzatsyia kolychestva y mest ustanovky sektsyonyruuiushchykh ustroystv v raspredelytelnykh setiakh selskykh rehyonov [Optimization of the number and places of installation of sectioning devices in distribution networks of rural regions]. NULES of Ukraine, 165.

8. Kozhan, D. P. (2021). Vyznachennia mistv roztashuvannia ta velychyn potuzhnosti dzherel heneratsii pry terytorialnomu rozpodileni navantazhennia [Determination of locations and values of generation capacity at the territorial distribution of load]. NULES of Ukraine, 190.

9. Bohomolova, O. S. (2021). Metody ta modeli otsinky potuzhnosti soniachnoi ta vitrovoi heneratsii u vuzlakh elektrychnoi merezhi [Methods and models for estimating the power of solar and wind generation in the nodes of the electrical network]. Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 155.

10. Zharkyn, A. F., Popov V. A., Sakhrhard, Sayd Banuzade (2016). Mnokokryterialnaia otsenka alternatyvnykh varyantov yntehratsyy ystochnykov raspredelennoi heneratsyy v raspredelytelnye sety [Multi-criteria assessment of alternative options for integrating distributed generation sources into distribution networks]. Elektronnoe modelyrovanye, 38, 99-112.

11. Zhurakhovskiy, A. V. (2019) Formyrovanye stratehyy povisheniya efektyvnosti raboti raspredelytelnykh elektrycheskykh setei na predproektnoi stadyi [Formation of a strategy to improve the efficiency of distribution electric networks at the pre-design stage]. Enerhetyka. Yzvestiya visshykh uchebnykh zavedenyi y enerhetycheskykh ob`edynenyi SNH, 62.2, 155-167.

12. Kyryk V. V., Tsyhanenko B. V., Yandulskiy O. S. (2018). Rozpodilni elektrychni merezhi napruhoiu 20 kV ta efektyvnist yikh roboty [20 kV electrical distribution networks and their efficiency]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 226.

13. Kozyrskiy, V. V., Gai, O. V. (2013). Metody ta modeli rozrakhunku nadiinosti system elektropostachannia [Methods and models for calculating the reliability of power supply systems]. Kyiv: Hnozis, 563.

14. Kuznetsov, V. H., Tuhai, Yu. I., Nikishyn, D. A. (2015). Optymizatsiia rezhymiv suchasnykh system elektropostachannia APK [Optimization of modes of modern power supply systems of agro-industrial complex]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 164, 44-45.

15. Levyn, M. S., Leshchynskaia, T. B. (1989). Metodi reshnyi v zadachakh optymyzatsyy system elektrosnabzheniia [Methods of solutions in problems of optimization of power supply systems]. Moskow: VYPKenerho, 130.

16. Prytaka, Y. P., Kozirskiy, V. V. (1987), Sektsyonyrovanye razomknytykh elektrycheskykh setei s uchetom neopredelennosti yskhodnykh dannikh [Sectioning open electrical networks taking into account the uncertainty of the initial data]. Yzvestiya VUZov. Enerhetyka, 12, 47-49.

17. Pruss, V. L., Tyslenko, V. V. (1989). Povisheniye nadezhnosti selskykh elektrycheskykh setei [Improving the reliability of rural electrical networks]. Ltninhrad: Enerhoatomyzdat. Lenynhr. otd-nye, 208.

18. Tuhai, Yu. I., Nikishyn, D. A., Gai, A. V. (2018), Statystychna model dlia analizu nadiinosti system elektropostachannia [Statistical model for reliability analysis of power supply systems]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 195, 7-8.

## **ПОДХОД ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

*А. В. Гай, В. К. Гулевич*

**Аннотация.** *В настоящее время поставщик электроэнергии не в состоянии декларировать возможный уровень качества обеспечения электроэнергией, а потребитель просто не имеет возможности такую «качественную» электроэнергию купить. В таких условиях неизбежен дифференцированный подход к образованию тарифа, что сегодня и реализовано на практике, пусть и в зачаточном состоянии. Дальнейшее совершенствование тарифообразующего механизма невозможно без создания «гибкой» зависимости тарифа от показателей качества электроснабжения потребителя. Показатели качества в свою очередь базируются с одной стороны на методиках и подходах их определения, а с другой - на статистически достоверных данных относительно элементов, входящих в состав оборудования в цепочке «генерация-потребитель». В последние годы наблюдается тенденция к изменению концепции развития электроэнергетики, поскольку предпочтение отдается развитию источников распределенной генерации. Под распределенной генерацией понимаем источник электрической энергии, непосредственно соединенный с распределительной электрической сетью или подключенный к ней со стороны потребителей. Обеспечение социально-экономической стабильности общества и достойного качества жизни населения во многом зависит от надежности и эффективности функционирования инфраструктуры поставок топливно-энергетических ресурсов, в частности электроэнергии. Чрезмерные потери электроэнергии при ее производстве, транспортировке и распределении, а также недопустимый уровень вредных выбросов в атмосферу является причиной перебоев в электроснабжении потребителей и даже угрозой системных аварий Объединенной энергетической системы (ОЭС) страны. Внедрение альтернативных источников энергии в электроэнергетических системах, помимо снижения вредного воздействия на окружающую среду и решения проблем, связанных с загрязнением отходами во время выработки электрической энергии, снизит использование природных ресурсов и разгрузит системообразующие и распределительные линии электропередач. В рамках научного поиска был предложен подход, который положен в основу расчетов по определению оптимальных мест установки источников распределенной генерации среднестатистической воздушной линии. Полученные результаты представлены в рамках совместного технического совещания ведущих специалистов эксплуатационных предприятий, заказчика и коллектива кафедры электроснабжения им. В. М. Синькова НУБиП Украины.*

**Ключевые слова:** *качество электроснабжения, источники распределенной генерации, программное обеспечение*

## APPROACH TO THE LOCATION OF DISTRIBUTED GENERATION SOURCES IN THE STRUCTURE OF ELECTRICAL NETWORKS

A. Gai, V. Gulevich

**Abstract.** *Today, the electricity supplier is not able to declare the possible level of quality of electricity supply, and the consumer simply does not have the opportunity to buy such "high-quality" electricity. In such conditions, a differentiated approach to tariff formation is inevitable, which has been implemented in practice today, albeit in its infancy. Further improvement of the tariff-forming mechanism is impossible without creating a "flexible" dependence of the tariff on the quality indicators of the consumer's power supply. Quality indicators, in turn, are based, on the one hand, on the methods and approaches for their determination, and on the other, on statistically reliable data on the elements that make up the equipment in the "generation-consumer" chain. In recent years, there has been a tendency to change the concept of development of the electric power industry, since preference is given to the development of sources of distributed generation. Distributed generation is understood as a source of electrical energy directly connected to the distribution electrical network or connected to it by consumers. Ensuring the socio-economic stability of society and a decent quality of life for the population largely depends on the reliability and efficiency of the functioning of the infrastructure for the supply of fuel and energy resources, in particular, electricity. Excessive losses of electricity during its production, transportation and distribution, as well as an unacceptable level of harmful emissions into the atmosphere, are the cause of interruptions in power supply to consumers and even the threat of systemic accidents in the United Energy System (UES) of the country. The introduction of alternative energy sources in electric power systems, in addition to reducing the harmful impact on the environment and solving the problems associated with waste pollution during electric power generation, will reduce the use of natural resources and relieve the backbone and distribution power lines. As part of the scientific search, an approach was proposed, which is the basis for calculations to determine the optimal installation locations for sources of distributed generation of an average overhead line. The results obtained are presented in the framework of a joint technical meeting of leading specialists of operating enterprises, the customer and the staff of the Department of Power Supply named after V.M. Sinkova NULES of Ukraine.*

**Key words:** *quality of power supply, sources of distributed generation, software*