

ГРАНИЧНІ ВІДСТАНИ ПРИЄДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ І СПОЖИВАЧІВ ДО ЕНЕРГОДЖЕРЕЛ ЗА РІЗНИМИ СИСТЕМАМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Дана стаття присвячена розробці методики вибору оптимального варіанту системи електропостачання віддаленого локального об'єкту від централізованої об'єднаної енергосистеми. У статті запропоновано та сформульовано визначення терміну локального енергетичного об'єкту.

Проаналізовано основні фактори, що впливають на вибір системи електропостачання віддаленого об'єкту від централізованої системи електропостачання, до їх складу увійшли: віддаленість споживача від централізованої електромережі, потужність навантаження, характер навантажень, його природно-кліматичні і соціально-економічні умови розташування.

Розроблено класифікацію систем електропостачання локальних енергетичних об'єктів за такими категорійними ознаками, як: джерела надходження електроенергії, характер експлуатації джерела живлення, місце розташування джерела живлення, характер приєднання споживачів до джерела живлення, спосіб розподілу електроенергії.

У статті було розроблено рівняння граничних радіусів приєднання електроустановок до джерел електричної енергії при централізованому варіанті електропостачання від об'єднаної енергосистеми та при централізованому електропостачанні від власної електростанції в межах локального енергетичного об'єкту. Побудовано принципові схеми електропостачання локальних енергетичних об'єктів з детальним описом їх елементів.

Наведені переваги та недоліки, а також можливості та загрози розвитку електропостачання локальних об'єктів у складі мікромереж. До переваг централізованого електропостачання віднесено невисоку вартість енергії, і значно вищу якість її порівняно з енергією, що отримується від власних електростанцій. До недоліків децентралізованого електропостачання віднесено високу вартість капіталовкладень в обладнання власної сонячної, вітрової або паливної електростанції, як правило великої потужності та комплектуванні її штатом висококваліфікованих спеціалістів, а також проблеми зі зберіганням енергії та необхідність у придбанні палива, його доставки та зберіганні у великих обсягах

Надано стратегічні напрямки необхідні для розвитку і поширення енергетичних інновацій в Україні у довгостроковій перспективі.

Ключові слова: локальний енергетичний об'єкт, система електропостачання, гранична відстань, оптимальний радіус приєднання, споживач, енергоефективність.

Вступ

Система електропостачання – головна частина енергетичного комплексу об'єкту. До її складу входять електростанції (при власній генерації електроенергії), трансформаторні підстанції, а також лінії живлення і розподілу електроенергії. Різноманіття умов, які впливають на вибір при побудові систем електропостачання локальних об'єктів, обумовлюють різні варіанти цих систем, що майже завжди приводить до проблеми вибору оптимального з них. Щоб згрупувати їх і покласти в основу для подальших досліджень в області оптимізації електропостачання локальних енергетичних об'єктів, спираючись на дослідження [1-7] створимо класифікацію систем електропостачання за найвагомшими класифікаційними ознаками, які принципово виокремлюють різні варіанти один від одного.

Мета та завдання

Мета. Підвищення ефективності функціонування системи електропостачання локального об'єкту шляхом розроблення математичних рівнянь граничних відстаней між енергоджерелом та споживачем.

Завдання. Проаналізувати та встановити вимоги для вибору системи електропостачання. Розробити класифікацію систем електропостачання енергетичних об'єктів за різними класифікаційними ознаками. Обґрунтувати значення та сутність локальних енергетичних об'єктів у складі енергомереж. Описати рівняння оптимального радіусу приєднання локального об'єкту до джерела енергії. Проаналізувати переваги і недоліки основних варіантів систем електропостачання.

Матеріал та результати досліджень

Вибір системи електропостачання локального об'єкту залежить від багатьох факторів: віддаленості його від централізованої електромережі, потужності навантаження, характеру навантажень, його

природно-кліматичних і соціально-економічних умов розташування тощо. При розгляді усіх факторів які впливають на вибір, класифікація буде дуже громіздка і складна у використанні, тому обмежимося найголовнішими на думку автора. В основу класифікації закладено п'ять класифікаційних ознак (Рис. 1).

I. Джерела надходження електроенергії:

1. Надходження електроенергії від власних електростанцій;
2. Надходження електроенергії від централізованої мережі.

II. Характер експлуатації джерела живлення:

3. Електропостачання від стаціонарних джерел живлення з трансформацією електроенергії;
4. Електропостачання від мобільних(пересувних) електростанцій без трансформації електроенергії.

III. Місце розташування джерела живлення:

5. Розосереджено у межах локальної системи
6. Централізовано у межах локальної системи
7. Централізовано від об'єднаної енергосистеми

IV. Характер приєднання споживачів до джерела живлення

8. Індивідуальне приєднання до електростанції чи підстанції (глибокий ввід);
9. Групове приєднання до електростанції чи підстанції.

V. Спосіб розподілу електроенергії

10. Радіальна побудова електромереж;
11. Магістральна побудова електромереж;
12. Кільцева побудова електромереж.

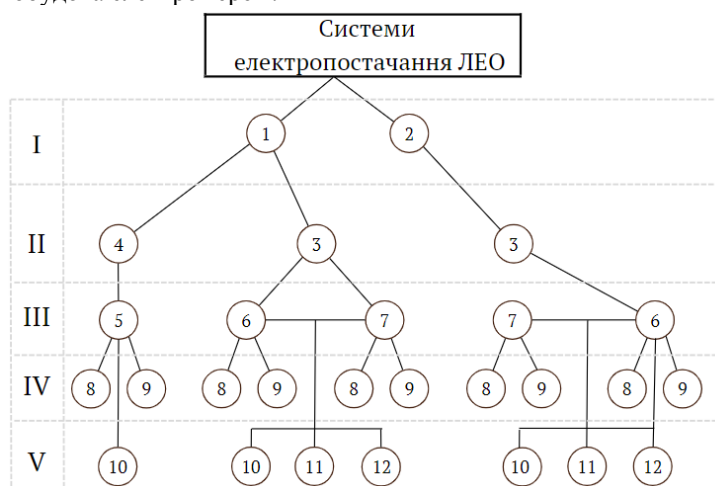


Рис. 1. Схема класифікації систем електропостачання локальних енергетичних об'єктів

Для деталізації класифікаційних відмінностей можна навести і додаткові ознаки. До прикладу, тип місцевих електростанцій (сонячна, вітрова, дизель-генератор тощо), тип первинного двигуна для місцевих електростанцій (карбюраторний, газотурбінний чи дизельний), чи ступеню високої напруги (6, 10, 35 кВ). Однак подібні ознаки не є визначальними та принциповими видозмінами варіанту системи електропостачання і не розповсюджуються на всі системи.

Для специфічних умов електропостачання локальних енергетичних об'єктів найбільш суттєвими ознаками, є перші три. Поділивши системи за цими ознаками, можна виділити чотири принципово різні варіанти електропостачання, які відрізняються не тільки за технічним виконанням, області застосування, а і за фінансово-економічним критерієм, де враховані капіталовкладення і собівартість електроенергії. Тому в подальшому всі питання, що стосуються вибору і побудови оптимального варіанту, розглядатимемо серед наступних систем електропостачання:

- централізовано від об'єднаної енергосистеми (ОЕС);
- централізовано від єдиної власної електростанції, яка забезпечує енергією всі локальні об'єкти;
- централізовано від різних ізольованих електростанцій в межах району і локального об'єкту;
- локально від власних пересувних або стаціонарних електростанцій.

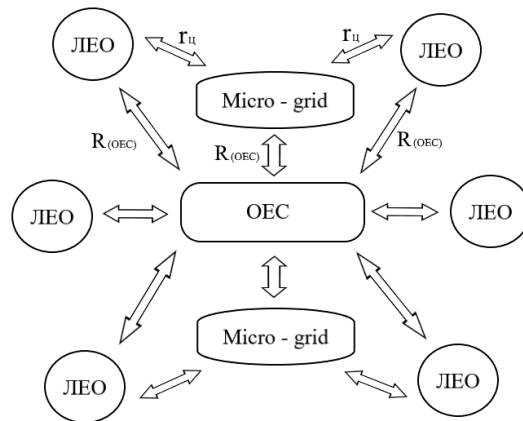


Рис. 2. Схема взаємодії елементів системи електропостачання локальних об'єктів

Умовні позначення: ОЕС - об'єднана енергетична система; Micro grid – локальна енергетична система; ЛЕО – локальний енергетичний об'єкт.

Класифікаційні ознаки, що залишились, а саме: характер приєднання споживачів до джерела живлення та спосіб розподілу електроенергії – другорядні і поділяють виділенні класи на підкласи. Поділ на підкласи не стосується джерела електроенергії, а розглядає тільки питання передачі і розподілу електроенергії: наявність мереж розподілу, напруги.

Побудова системи електропостачання для локальних об'єктів і вибору раціонального варіанту включає наступні схеми Рис. 3.

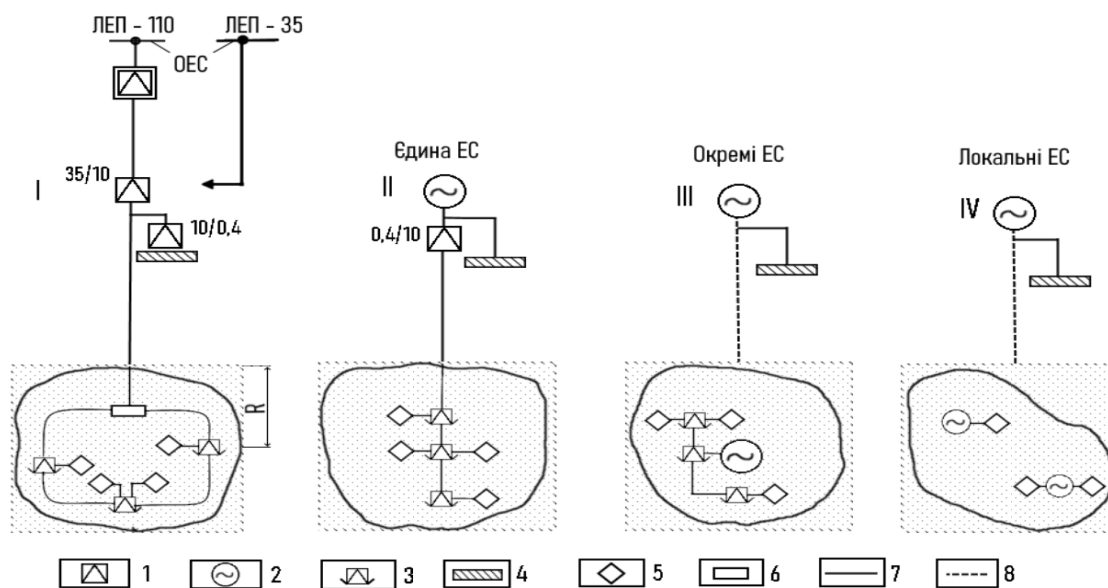


Рис. 3. Принципові схеми електропостачання локальних енергетичних об'єктів.

Умовні позначення: 1- трансформаторна підстанція; 2 – електростанція; 3 – КТП; 4 – локальна енергосистема міста (MicroGrid); 5 – споживачі; 6 – розподільний пункт; 7 – ЛЕП; 8 – транспортне сполучення.

На схемах показано електропостачання локальних енергетичних об'єктів, розташованих на відстані $r_{л}$ від локальних енергосистем (таких як Microgrid) і відстані $R_{(ОЕС)}$ від об'єднаної енергетичної системи ОЕС до локальної енергетичної системи.

На рис. 3, варіант I, представлена схема електропостачання від об'єднаної енергетичної системи ОЕС з напругою в мережі 110, 35 кВ до локальної енергосистеми (Microgrid), а від неї до локальних об'єктів - 10 кВ. На ділянці в зоні розташування ЛЕО, електропостачання споживачів виконується за кільцевою схемою, а їх приєднання до понижуючих трансформаторів групове або індивідуальне (глибокий ввід).

У відповідності з числовими позначеннями наведеними у класифікації (Рис.1), дана схема може бути представлена рядом цифр: 2,3,7,8,9,12. Напруга в лінії від ОЕС може бути 220, 110, 35 чи 10 кВ. В

залежності від цієї вхідної напруги і прийнятої напруги на виході будуються трансформаторна підстанція 110/35, 35/10 або якщо рівні напруги не змінюються то облаштовують пункт під'єднання напругою 35 чи 10 кВ.

На **рис. 3**, варіант II, зображено централізовану схему електропостачання від єдиної власної електростанції, яка забезпечує енергією локальну енергосистему і всі локальні об'єкти разом з нею. В лінії $Г_{ц}$ напруга з 0,4 кВ може підвищуватися до 10 кВ для передачі на дальні відстані. Розподіл електроенергії виконується за магістральною схемою з груповими і індивідуальними приєднаннями споживачів до понижуючих трансформаторних підстанцій. За класифікацією числовий ряд схеми – 1,3,7,8,9,11.

На **рис. 3**, варіант III, електропостачання локальних енерго-об'єктів і локальної енергосистеми відокремлене. На локальному енергетичному об'єкті одна центральна електростанція, а у локальній енергосистемі – друга. Розподіл електроенергії може виконуватися за радіальною схемою з груповими та індивідуальними приєднаннями споживачів до понижуючих трансформаторів. Позначення за класифікацією: 1,4,5,8,9,10.

На **рис. 3**, варіант IV, показано локальну схему електропостачання від власних пересувних або стаціонарних електростанцій. Приєднання споживачів до ліній низької напруги виконується індивідуально або груповим чином. По класифікації схема позначається – 1,4,5,8,9,10.

Наведенні схеми є базовими, але в окремих випадках можуть бути і їхні комбінації.

На основі наведених принципових схем вибір оптимального варіанту часто не викликає складнощів, а іноді є очевидним. Так, якщо локальний об'єкт знаходиться близько до ОЕС, то зазвичай варто орієнтуватися на перший варіант електропостачання, від централізованої об'єднаної енергосистеми, або якщо ЛЕО знаходиться на значній відстані або у відокремленій чи складній місцевості то варто використовувати IV варіант електропостачання, від власних електростанцій.

До всіх можливих варіантів описані вище входять найчастіше, і вибір з поміж них найкращого є складною і багатогранною задачею, яка вирішується із застосуванням основних тверджень оптимізації.

Економічним критерієм вибору системи електропостачання локального об'єкту є мінімальні (з урахуванням часу) затрати. Спрощення громіздких розрахунків під час вибору оптимального варіанту рекомендується розроблений на основі виведених відношень **метод визначення граничних відстаней**. Сутність методу полягає в тому, що за економічним критерієм знаходять граничну відстань від локального об'єкта (або окремого споживача) до енергоджерела, за межами якого економічно недоцільно приєднання цього споживача до енергоджерела, що розглядається. Визначення граничних відстаней базується на порівнюванні розрахункових залежностей витрат двох суміжних систем електропостачання.

Визначення граничної відстані приєднання до централізованої мережі (районної лінії)

Переважаючий у більшості випадків варіант електропостачання – отримання електроенергії від централізованої об'єднаної енергомережі мережі. У цьому випадку вартість енергії невисока, а якість її значно вища порівняно з енергією, що отримується від власних електростанцій. У разі централізованого електропостачання зникає необхідність в обладнанні власної сонячної, вітрової або дизельної електростанції, як правило великої потужності та комплектуванні її штатом висококваліфікованих спеціалістів, а також відпадає необхідність у придбанні палива, його доставки та зберіганні у великих обсягах.

Однак часто місце розташування локального об'єкту знаходиться на такій відстані від централізованої мережі, що доцільність будівництва від неї ліній електропередачі вимагає спеціальних економічних розрахунків з урахуванням технічної можливості побудови такої лінії. При певній відстані від локального об'єкту до об'єднаної енергосистеми настає такий момент, коли витрати на побудову системи електропостачання від цієї мережі та від власної електростанції стають рівними. Якщо фактична відстань виявляється більше тої, при якій витрати за варіантами рівні, то вибирають будівництво власної електростанції.

Отже, за відомої величини граничної відстані (за економічним критерієм) приєднання до об'єднаної енергосистеми в розрахункових умовах і порівнюючи її з фактичною, можна вирішити питання про доцільність застосування варіанту електропостачання. Щоб отримати розрахункову залежність для визначення граничної відстані приєднання до об'єднаної енергомережі достатньо порівняти затрати (з врахуванням часу) для цих варіантів:

а) електропостачання від власної електростанції:

$$Z_{ц. дес} = \frac{1}{T_{окупності}} (K_{дес} + K_{т} + K_{л}) + V_{ам.дес} + V_{ам.т} + V_{ам.л} + V_{л} + V_{зп} + V_{пал} + V_{пот} + V_{пер} + V_{тр} + V_{пр},$$

де $K_{дес}$, $K_{т}$, $K_{л}$ - капіталовкладення відповідно на паливну електростанцію (дизельну), трансформаторну підстанцію, лінію електропередачі; $V_{ам.дес}$, $V_{ам.т}$, $V_{ам.л}$ – витрати на амортизаційні відрахування відповідно для дизельної електростанції, трансформаторної підстанції, лінії електропередачі;

$V_{л}$ - річні витрати по розподільним мережам; $V_{зп}$ – витрати на заробітну плату персоналу; $V_{пал}$ – витрати на паливо і його транспортування; $V_{пот}$ – витрати пов’язані з втратами в лініях та трансформаторах; $V_{пер}$ - витрати пов’язані з переміщенням трансформаторних підстанцій; $V_{тр}$ – витрати на поточний ремонт; $V_{пр}$ – інші витрати (витрати на менеджмент, охорону праці тощо).

б) *електропостачання від об’єднаної енергосистеми:*

$$Z_{ОЕС} = \frac{1}{T_{окупності}} (K_{т(ОЕС)} + K_{л(ОЕС)}) + V_{ам.т(ОЕС)} + V_{ам.л(ОЕС)} + V_{л(ОЕС)} + V_{зп(ОЕС)} + V_{e/e} + V_{пот} + V_{пер} + V_{тр} + V_{пр},$$

де $V_{e/e}$ – витрати на оплату річних рахунків за спожиту електроенергію.

При цьому однакові статті витрат, до яких відносяться витрати на спорудження розподільчих мереж, понижуючих підстанцій, витрати, пов’язані з внутрішньою системою електропостачання, виключаються. З деякою похибкою можна прирівняти витрати пов’язані зі збитками від простоїв.

В якості вихідних даних візьмемо та порівняємо розрахункові залежності двох варіантів централізованого електропостачання від власної електростанції і від об’єднаної енергетичної системи з глибоким вводом з напругою мережі 10 і 35 кВ (Рис. 3. варіанти I та II). Зіставивши рівняння а) і б), скоротивши однакові витрати і ввівши приведенні нижче позначення, отримаємо залежність для визначення граничної відстані приєднання локального об’єкту до ОЕС (Рис. 4).

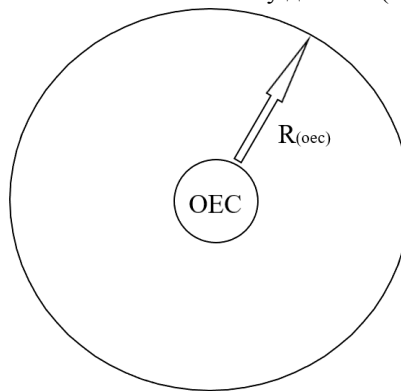


Рис. 4 – Граничний радіус приєднання локального об’єкту до ОЕС.

Різниця в річних капіталовкладеннях на власну електростанцію і трансформаторну підстанцію для живлення від централізованої мережі:

$$\Delta K = \frac{1}{T_{окупності}} (K_{дес} + K_{т} + K_{л}) - \frac{1}{T'_{окупності}} (K'_{т} + K'_{л}),$$

де $T_{окупності}$, $T'_{окупності}$ - термін окупності капіталовкладень для паливної електростанції (дизель генераторна електростанція) та трансформаторної підстанції і високовольтної лінії електропередач, $K_{дес}$, $K_{т}$, $K_{л}$ - капіталовкладення відповідно на дизель генераторну електростанцію, трансформаторні підстанції для ДЕС, лінії електропередачі для ДЕС, $K'_{т}$, $K'_{л}$ - капіталовкладення відповідно на трансформаторні підстанції від (ОЕС), високовольтні лінії електропередачі.

Різниця в річних витратах на заробітну плату

$$\Delta Z = 1790(k_p + 1) * (c_3 - c_{3л}),$$

де $(c_3 - c_{3л})$ – різниця в заробітній платі по обслуговуванню власної електростанції та централізованої мережі.

Різниця у витратах, пов’язаних з оплатою електроенергії і палива для власної ДЕС - ΔP

$$\Delta P = V_{e/e} - V_{пал},$$

де $V_{e/e}$ - витрати на оплату рахунків електроенергії від централізованої енергомережі, $V_{пал}$ – витрати на оплату палива для дизель генераторної установки.

Витрати на спорудження 1 км ліній електропередач (ЛЕП) зовнішнього електропостачання – l

$$l = \left(\frac{1}{T_{окупності}} \right) K'_{л} + V'_{л} + W'_3,$$

де $K'_{л}$ - капіталовкладення на будівництво 1 км ЛЕП, $V'_{л}$ - витрати пов’язані з амортизаційними відрахуваннями, W'_3 - витрати пов’язані з втратами електроенергії у лінії електропередач.

Скориставшись прийнятими позначеннями, запишемо:

$$\Delta K + \Delta Z + \Delta \Pi = R_{(OEC)} * I$$

$$R_{(OEC)} = (\Delta K + \Delta Z + \Delta \Pi) / I$$

Підставивши у кінцеву формулу вихідні дані і виконавши розрахунок, отримаємо граничну відстань приєднання локального енергетичного об'єкту до ОЕС за економічним критерієм. Порівнюючи це значення з фактичною відстанню, робимо висновок про доцільність варіанту зовнішнього електропостачання від ОЕС, яке можна рекомендувати, якщо розрахункове значення граничної відстані більше фактичної. Якщо зовнішнє електропостачання виконується по мережі напругою 35 кВ, то гранична відстань рахується за тією ж формулою, але значення ΔK , $\Delta \Pi$ можуть дещо відрізнитися внаслідок того, що у схемі додаються понижуючі підстанції і інше додаткове обладнання.

Визначена за економічним критерієм відстань $R_{(OEC)}$ має бути перевірена також на технічну можливість реалізації даного варіанту за усіма нормами в тому числі і допустимих втрат по напрузі. Якщо втрати перевищують допустимі норми то збільшують переріз жил або ступінь напруги живлячої мережі. Причому значення $R_{(OEC)}$ має бути розраховане знову з урахуванням прийнятих змін.

Визначення граничної відстані приєднання об'єктів до єдиного централізованого енергоджерела

Встановлення доцільності приєднання групи споживачів до об'єднаної енергосистеми ще не означає, що всі локальні енергетичні об'єкти мають бути приєднані до центральної підстанції. В цьому випадку, як і при орієнтації на центральну власну сонячну, вітрову або паливну електростанцію, повинні бути визначені граничні відстані приєднання споживачів до центрального енергоджерела. Отримання електроенергії від центральної власної електростанції або підстанції на базі міста (Microgrid) або ЛЕО більш ефективно в порівнянні з застосуванням кількох децентралізованих і тим більше пересувних електростанцій на місцях, оскільки забезпечуються максимальна концентрація, краща якість енергії та найнижчі витрати. Однак централізоване електропостачання раціональне у тих випадках, коли об'єкти споживання розміщуються на відносно невеликих відстанях від розташування центрального енергоджерела. Зі збільшенням відстаней до споживачів зростають витрати на спорудження та обслуговування ліній електропередач, істотно збільшуються витрати, пов'язані з втратами енергії, знижується надійність систем електропостачання загалом.

Отже, як зазначалося вище, на якійсь відстані споживачів від бази ГРП витрати за варіантами централізованого електропостачання з розміщенням енергоджерела на базі міста (Microgrid) та на ЛЕО виявляться рівними. Зі збільшенням цієї відстані вище граничного значення, централізоване електропостачання від джерела стає дорожчим за виробництво електроенергії децентралізовано біля ЛЕО. Величина граничної відстані може змінюватися в залежності від техніко-економічних розрахунків умов району. Отримати розрахункову залежність для визначення цієї відстані можна за допомогою прирівнювання витрат за варіантами електропостачання від єдиного центрального енергоджерела для міста та локального енергетичного об'єкту - до витрат на електропостачання споживачів від централізованої електростанції на локальному енергетичному об'єкті з додаванням в останньому випадку приведених витрат для забезпечення енергією споживачів міста (Microgrid). Виконавши прирівнювання, отримаємо залежності для визначення граничного радіусу за економічним **критерієм відстані** приєднання споживачів до централізованого енергоджерела.

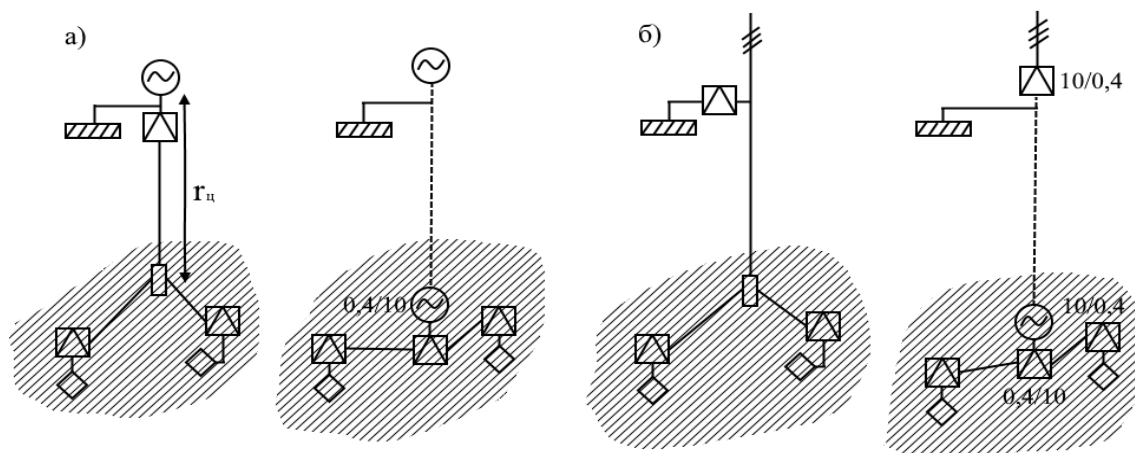


Рис. 5 – Схеми електропостачання для визначення граничного значення радіусу Γ_n (а – джерело енергії – локальна електрична станція; б – джерело енергії – централізована електромережа).

Граничне значення радіусу приєднання $r_{ц}$ (відстані) в залежності від типу обраного джерела енергії розглядатиметься за двома під варіантами:

1) центральне джерело енергії представлено підстанцією, що живиться від центральної електромережі,

$$r_{ц,м} = \frac{1}{T_{окупності}} \left(K_{д(Microgrid)} \right) + \frac{1}{T_{окупності}} \left(K_{Т(ЛЕО)} + \Delta K_{ТЗ} \right) + \Delta B_{зп} + V_{пал} - \frac{V_{e/e}}{\left(\frac{1}{T_{окупності}} (K'_{л}) + W_3 - B_{тт} \right)},$$

де $V_{пал}$ – витрати на паливо і його транспортування; W_3 – витрати пов'язані з втратами в лініях та трансформаторах;

2) центральне джерело енергії – локальна електрична станція (дизельна електростанція),

$$r_{ц,д} = \frac{1}{T_{окупності}} \left(K_{д(Microgrid)} + K_{д(ЛЕО)} - K_{д(Microgrid+ЛЕО)} \right) + V_{зп(Microgrid)} + V_{зп(ЛЕО)} - \frac{V_{зп(Microgrid+ЛЕО)}}{\left(\frac{1}{T_{окупності}} (K'_{л}) + W_3 - B_{тт} \right)},$$

де W_3 – втрати e/e в лініях електропередач, $B_{тт}$ – додаткові витрати на транспортування палива до ЛЕО, $K'_{л}$ – капіталовкладення на будівництво 1 км ЛЕП.

Граничні відстані, розраховані за цими формулами, мають також перевірятися на втрати напруги в лініях електропередачі на ці відстані.

В отриманих формулах для спрощення користування ними загальні позначення параметрів прийняті як відповідні індекси, які вказують на приналежність цих параметрів до того чи іншого місця розташування джерела енергії. Наприклад, $K_{д(Microgrid)}$, $K_{д(ЛЕО)}$, $K_{д(Microgrid+ЛЕО)}$ – капітальні затрати в дизельну електростанцію, призначену для забезпечення життєдіяльності міста (Microgrid), локального енергетичного об'єкту і міста та ЛЕО разом (центральна ДЕС).

Висновки

1. У статті було проаналізовано та встановлено ключові вимоги для вибору системи електропостачання, основні з них – віддаленість споживача від джерела енергії, потужність навантаження, характер навантаження, природно-кліматичні і соціально-економічні умови розташування об'єкту.

2. Розроблено класифікацію систем електропостачання локальних енергетичних об'єктів, за такими категорійними ознаками як: джерела надходження електроенергії, характер експлуатації джерела живлення, місце розташування джерела живлення, характер приєднання споживачів до джерела живлення, спосіб розподілу електроенергії, що дало змогу виокремити основні підходи для побудови систем електропостачання.

3. Описано переваги і недоліки цих систем, що дають ґрунтовне розуміння для оперування ними у практичній площині. Основними з переваг мікромереж в умовах нарощування потужностей поновлюваної енергетики є: мінімізація втрат при передаванні електроенергії на великі відстані, розвантаження електромережі та мінімізація додаткових мережевих будівництв. З недоліків варто відзначити низьку надійність та дороговизну резервування енергії.

4. Розроблені рівняння граничних радіусів приєднання електроустановок до джерел електричної енергії, полегшують вибір оптимального варіанту електропостачання локальних енергетичних об'єктів і роблять його майже очевидним. Отримані результати можуть бути використані для подальших досліджень необхідних для розвитку і поширення енергетичних інновацій в Україні.

Список використаної літератури

1. Праховник А.В. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства / А.В. Праховник, В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, В.І. Дешко та інш. – Луганськ: Місячне сяйво, 2010. – 696 с

2. Розен В. П. Електропостачання віддалених об'єктів / В. П. Розен, А. И. Соловей, Д. В. Купцов // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія : Гірництво. - 2014. - Вип. 26. - С. 96-102. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKPI_gir_2014_26_17.

3. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.

4. Практичний посібник з енергетичного аудиту промислових підприємств / [А. В. Чернявський, А. О. Сафьянц, Н. Усенко та ін.]. – м. Київ: Проект «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини (BMZ), 2020. – 280 с.

5. Хотян А.А., Розен В.П. Стан і перспективи розвитку локальних енергетичних об'єктів у складі мікромереж. *Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. № 2. С. 75-81.*

6. Кириленко О.В., Павловський В.В., Лук'яненко Л.М. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах // Техн. електродинаміка. – 2011. – № 1. – С. 46–53.

7. Лободзинський В.Ю., Вплив системи smart grid на національну енергетичну мережу / В. Ю.Лободзинський, М. П. Бурик, О. В. Петрученко, О. В. Іліна. // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2022. – С. 57–64.

A. Khotian¹, Ph.D. student, ORCID 0000-0003-1676-0752

V. Rozen¹, Dr. Sc. (Eng.), Prof., ORCID 0000-0002-0440-4251

¹**National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

THE LIMIT DISTANCES OF CONNECTION OF OBJECTS AND CONSUMERS TO ENERGY SOURCES BY DIFFERENT POWER SUPPLY SYSTEMS

This article is devoted to the development of a methodology for selecting the optimal variant of the power supply system for a remote local facility from the centralized integrated power system. The article proposes and formulates a definition of the term local power facility.

The main factors influencing the choice of a power supply system for a remote facility from a centralized power supply system are analyzed, including: the remoteness of the consumer from the centralized power grid, load power, the nature of the loads, its natural and climatic, and socio-economic conditions of location.

A classification of power supply systems of local energy facilities has been developed according to such categorical features as: sources of electricity supply, nature of power supply operation, location of the power supply, nature of consumer connection to the power supply, and method of electricity distribution.

The article develops the equations of the boundary radii of connection of electrical installations to power sources in the case of centralized power supply from the integrated power system and centralized power supply from the own power plant within the local power facility. Schematic diagrams of power supply of local energy facilities with a detailed description of their elements are constructed.

The advantages and disadvantages, as well as opportunities and threats to the development of power supply of local facilities as part of microgrids are presented. The advantages of centralized power supply include the low cost of energy and its much higher quality compared to the energy received from own power plants. The disadvantages of decentralized electricity supply include the high cost of investment in the equipment of own solar, wind or fuel power plants, usually of high capacity and staffed by highly qualified specialists, as well as problems with energy storage and the need to purchase fuel, its delivery and storage in large volumes.

The article provides strategic directions necessary for the development and dissemination of energy innovations in Ukraine in the long term.

Keywords: local energy object, power supply system, marginal distance, optimal attachment radius, consumer, energy efficiency.

References

1. Prakhovnyk A.V. Practical manual on energy saving for industrial, construction and housing and communal facilities / A.V. Prakhovnyk, V.V. Prokopenko, O.M. Zaladnyi, V.I. Deshko and others - Luhansk. 2010. - 696 p.

2. Rosen V.P. Electricity of remote objects / VP Rosen, AI Solovey, DV Kuptsov // Bulletin of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". Series: Milling. - 2014. - Iss. 26. - P. 96-102. - Access mode: http://nbuv.gov.ua/en/vkpi_gir_2014_26_17.

3. Shkrabets F.P. Electricity supply: a textbook / F.P. Shkrabets; Ministry of Education and Science of Ukraine, National Mining University - D.: NSU, 2015. 540 p.

4. Practical guide to energy audit of industrial enterprises / [A. Chernyavsky, A. Safyants, N. Usenko et al. Kyiv: Project "Advising Enterprises on Energy Efficiency" of the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH on behalf of the Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ), 2020. 280 p.

5. Khotian A.A., Rosen V.P. State and prospects of development of local energy objects within microgrids. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2022. No. 2. P. 75-81.

6. Kyrylenko O.V., Pavlovskiy V.V., Lukianenko L.M. Technical aspects of the introduction of distributed generation sources in electric networks (in Ukrainian) // Techn. electro-dynamics. - 2011. - No. 1. - P. 46-53.

7. Lobodzynskiy V.Y., Influence of the SMART GRID SYSTEM On The National Power Grid / V.Y. Lobodzynskiy, M.P. Buryk, O.V. Petruchenko, O.V. Illina // *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2022. . P. 57-64.

Надійшла: 15.03.2023

Received: 15.03.2023