

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж операторів системи розподілу

Виконав: студент 4 курсу, групи ІЕСМ-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні системи і мережі»,
Глуханюк А. В. Глуханюк

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ЕСС
Комар В. О.

« 03 » серпня 2025 р.

Рецензент: К.Т.М., доц. каф. ЕССЕМ
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)
Войтук Ю.П.

« 06 » 06. 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

« 03 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електричні системи і мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

«20» жовтня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Глуханюка Антона Володимировича.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. «Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж операторів системи розподілу»

Керівник роботи д.т.н., проф., зав. каф. ЕСС Комар В. О.

затверджена наказом вищого навчального закладу № 97 від 20.03.2025р

2. Термін подання студентом роботи 03 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Фрагмент схема електричної мережі АТ «Вінницяобленерго», параметри сонячної та вітрової електричних станцій.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Вплив відновлювальними джерелами енергії на нормальні режими роботи розподільних електричних мереж. 2. Розроблення метода оцінювання можливостей розподільних електричних мереж з ВДЕ забезпечувати надійне і якісне електропостачання. 3. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Модель СЕС, Модель СЕС, що працює паралельно з ЕЕС, Зміна стуму на виході інвертора для активного навантаження та аналіз спектру гармонік, Зміна стуму на виході інвертора для індуктивного навантаження та аналіз спектру гармонік, Зміна напруги на виході інвертора для активного навантаження після фільтрації та аналіз спектру гармонік, Залежність витрат від варіанту схеми підключення ВДЕ, Результати розрахунків варіантів живлення споживачів фідера, Висновки.

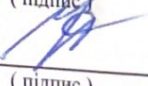
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Комар В. О., д.т.н., проф., зав. кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
1	Формування та затвердження завдання БКР	20.03.2025	27.03.2025
2	Вступ. Огляд літературних джерел	28.03.2025	04.04.2025
3	Вплив відновлювальними джерелами енергії на нормальні режими роботи розподільних електричних мереж	05.04.2025	12.04.2025
4	Розроблення метода оцінювання можливостей розподільних електричних мереж з ВДЕ забезпечувати надійне і якісне електропостачання	13.04.2025	28.04.2025
5	Охорона праці	29.04.2025	06.05.2025
6	Формування висновків по роботі	07.05.2025	14.05.2025
7	Оформлення пояснювальної записки	15.05.2025	22.05.2025
8	Виконання графічної частини та оформлення презентації	23.05.2025	29.05.2025

Студент А. Глуханюк А. В. Глуханюк
 (підпис)
 Керівник роботи  В. О. Комар
 (підпис)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.311.1

Глуханюк Антон Володимирович «Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж операторів системи розподілу». Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2025. – 67 с. Бібліогр.: 34. Рис. : 20. Табл. : 10

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено вплив відновлюваних джерел енергії на розподільні мережі. Для цього було виконано математичне моделювання засобами Matlab Simulink. Використовуючі роботи кафедри електричних станцій та систем виконано оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж для різних місць приєднання сонячних електростанцій.

Ключові слова: розподільні електричні мережі, відновлювані джерела енергії, показник якості функціонування, надійність електропостачання, якість електричної енергії.

SUMMARY

Glukhanyuk Anton Volodymyrovych “The impact of renewable energy sources on the regimes of electrical networks of distribution system operators”. Bachelor's qualification work. – Vinnytsia: VNTU. – 2025. – 67 p. Bibliography: 34. Fig. : 20. Tab. : 10

The bachelor's qualification work investigated the impact of renewable energy sources on distribution networks. For this purpose, mathematical modeling was performed using Matlab Simulink. Using the work of the Department of Power Plants and Systems, an assessment of the quality of functioning of distribution electrical networks for different points of connection of solar power plants was performed.

Keywords: electric distribution network, renewables, quality performance, reliability of power quality electricity.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	3
SUMMARY	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1 ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ НА НОРМАЛЬНІ РЕЖИМИ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	10
1.1 Моделювання вплив ВДЕ на якість електричної енергії	10
1.2 Оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж з ВДЕ	15
2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДА ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВДЕ ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ НАДІЙНЕ І ЯКІСНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	22
2.1 Математичне моделювання вартісної характеристики якості функціонування електричних мереж	22
2.2 Узагальнена характеристика якості функціонування електричних мереж	28
2.2.1 Моделювання узагальненої характеристики якості функціонування електричних мереж	28
2.2.2 Застосування показника якості функціонування для аналізу доцільних схем підключення ВДЕ	33
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	38
3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	38
3.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	38
3.1.2 Електробезпека.....	41
3.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	43
3.2.1. Мікроклімат	43

	5
3.2.2. Склад повітря робочої зони.....	43
3.2.3. Виробниче освітлення	44
3.2.4. Виробничий шум.....	45
3.3. Пожежна безпека.....	46
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50
ДОДАТОК А Протокол перевірки навчальної (кваліфікаційної) роботи.....	55
ДОДАТОК Б Ілюстративний матеріал.....	56

ВСТУП

Актуальність роботи. Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) на сьогодні є важливим напрямком розвитку енергетики України як з економічних, так і з політичних міркувань [1]. З одного боку рівень забезпеченості власними первинними енергоносіями не дозволяє говорити про енергетичну незалежність країни, а з іншого – Україна має великий потенціал у галузі відновлюваної енергетики [2]. Завдяки розбудові ВДЕ відбувається поступовий перехід від суто централізованого електропостачання споживачів, основою якого є потужні ТЕС і АЕС, до комбінованого, коли частина електроенергії виробляється відновлюваними джерелами безпосередньо біля споживачів. Такий перехід дозволяє отримати ряд переваг, основною з яких є розвантаження електричних мереж [3–5].

Однак крім переваг є й недоліки, серед яких слід виділити ускладнення функціонування електричних мереж через нестабільність генерування ВДЕ, зумовлену їх залежність від природних умов [6, 7].

Якщо необхідно оцінити вплив ВДЕ на систему електропостачання, а відповідно на режим роботи споживачів, то на перший план виходить надійність і якість електричної енергії. Вплив ВДЕ на надійність електропостачання споживачів не однозначний. Так говорити про підвищення надійності електропостачання під час використання ВДЕ можна, коли вони використовуються як резервне джерело живлення, або коли в розподільних електричних мережах забезпеченні умови для роботи енергоостровів [8, 9]. В решті випадків дати однозначну відповідь можна лише після проведеного оцінювання, причому це оцінювання необхідно проводити відносно кожного з приєднаних споживачів. Аналіз впливу ВДЕ на якість електричної енергії дозволяє говорити про покращення за показником відхилення напруги за рахунок розвантаження мереж, але погіршення за показниками дози флікера, несинусоїдності та провали напруги [10, 11].

Отже, актуальним є дослідження впливу ВДЕ на режими роботи

споживачів електричної енергії через вплив на режим роботи розподільних електричних мереж.

В умовах постійного зростання дефіциту та підвищення вартості енергоресурсів використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є одним з напрямків забезпечення екологічної та енергетичної безпеки України [1–3]. Використання нетрадиційних джерел енергії (НДЕ) в електроенергетичних системах (ЕЕС) є тим резервом, що за певних умов може забезпечити суттєву економію енергоресурсів. Економія енергоресурсів досягається в результаті використання відновлюваних джерел первинної енергії та децентралізації вироблення електроенергії і, як наслідок, зменшення витрат на її транспортування та розподіл [4–8].

В останні десятиліття у світі спостерігається стійкий інтерес до проблеми використання поновлюваних джерел енергії [2, 5, 8]. Це викликано, у першу чергу, бажанням знизити негативний вплив енергетики на навколишнє середовище. В енергобалансі всіх розвинених країн світу зростає частка відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕ). Наряду з вітроенергетикою значна роль тут відводиться сонячним (СЕС) та гідроелектростанціям (ГЕС), зокрема малим ГЕС (МГЕС).

Для України проблема розбудови та експлуатації ВДЕ не є новою. Так, наприкінці 50-х років у країні експлуатувалося 956 ГЕС на малих річках [3, 9]. Однак, зростання енергоемності промислового виробництва і, як наслідок, підвищення концентрації виробництва електроенергії на великих теплових, гідравлічних, а також атомних електростанціях в умовах практичної відсутності екологічних вимог та заниженої вартості первинних енергоносіїв призвело до занепаду малої гідроенергетики [1, 7]. Наслідком цього стало фактично повне її руйнування.

Останнім часом в Україні появилось розуміння необхідності розбудови інших ВДЕ. Проте темпи розвитку на сьогодні стримуються цілим рядом факторів. Основними технічними проблемами в відновленні та експлуатації ВДЕ є:

- недослідженість питань використання ВДЕ в електричних системах з метою підвищення надійності та якості електропостачання споживачів;
- відсутність ефективних методів та засобів аналізу впливу ВДЕ та їх комплексів на режими роботи розподільних електричних мереж;
- відсутність єдиної концепції автоматизації керування комплексами ВДЕ в розподільних електричних системах для забезпечення їх оптимальної роботи у планових режимах.

Відсутність рекомендацій щодо вибору схем приєднання до електричних мереж, структури, конструктивних та експлуатаційних параметрів основного обладнання ВДЕ, здатних забезпечити їх максимальну техніко-економічну ефективність, не дозволяє приймати обґрунтовані проектні рішення під час їх розбудови.

Мета роботи і задачі дослідження: оцінювання впливу відновлюваних джерел енергії на режим роботи розподільних електричних мереж шляхом аналізу надійності і якості електропостачання споживачів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- моделювання робочих і пускових характеристик ВДЕ (робота інвертора сонячної електричної станції, пуск вітроелектростанції з асинхронними генераторами на паралельну роботу з системою) для дослідження їх впливу на режим роботи розподільних електричних мереж;
- дослідження потенційних можливостей розподільних електричних мереж з ВДЕ в задачі підвищення надійності та якості споживачів;
- розроблення методів та алгоритмів формування доцільних схем приєднання ВДЕ до електричних мереж з урахуванням їх взаємовпливу.

Об'єкт дослідження – процеси у розподільних електричних мережах з ВДЕ, які впливають на нормальну роботу споживачів електричної енергії.

Предмет дослідження – методи та засоби оцінки готовності розподільних мереж забезпечувати надійне і якісне електропостачання в умовах зростання долі ВДЕ в балансі електроенергії.

Методи досліджень. У роботі використані методи теорії подібності й моделювання, елементи теорії ймовірності, критеріальний метод, теорія Марковських процесів, методи теорії чутливості..

Основні наукові та практичні результати, їх значення.

На підставі виконаних досліджень розв'язана задача підвищення ефективності функціонування відновлюваних джерел енергії в розподільних електричних мережах, що полягає у виборі оптимальних схем та параметрів їх приєднання.

1 ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ НА НОРМАЛЬНІ РЕЖИМИ РОБОТИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

1.1 Моделювання вплив ВДЕ на якість електричної енергії

Як зазначалось вплив ВДЕ на якість електричної енергії неоднозначний. Дослідження, за якими можна було б однозначно визначити рівень впливу, не проводились. Фірми, які спеціалізуються на експлуатації, наприклад, сонячні електричні станції (СЕС), запевняють, що вплив, якщо він має місце, мінімальний оскільки все обладнання сертифіковане. Тому, використовуючи засоби Matlab R2022b, було проведено моделювання автономної та паралельної роботи інвертра, яким комплектуються сонячні батареї з модулями MCW12060-12 максимальною потужністю модуля 420Вт і габаритними розмірами $1,411 \times 0,691$ м та вплив вітрових електричних станцій (ВЕС) з асинхронними генераторами на напругу в мережі під час пуску.

Використовуючи засоби SimPowerSystems було побудовано відповідні моделі СЕС та ВЕС (вигляд моделей подано в додатку). За мету ставилось проаналізувати сигнал на виході інвертора без його фільтрації при автономній роботі на активне та активно індуктивне навантаження.

Картину зміни вихідного сигналу показано на рисунку 1.1 для активного навантаження та на рисунку 1.3 для активно-індуктивного (зміна струму фази А). Аналіз гармонічного складу отриманих вихідних сигналів, показаний на рисунках 1.2 та 1.5, свідчить про суттєве відхилення від норм якості електричної енергії. Тобто робота інвертора без спеціальної системи фільтрації не допустима навіть в автономному режимі.

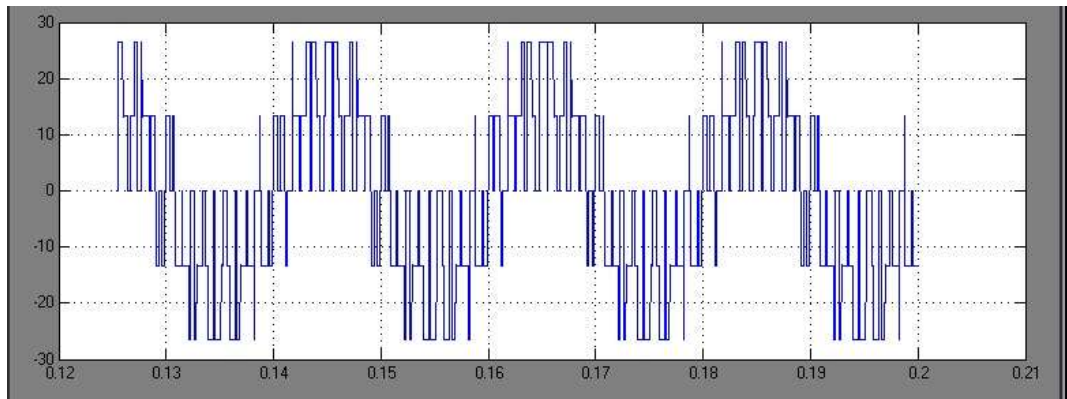


Рисунок 1.1 – Зміна стуму на виході інвертора для активного навантаження

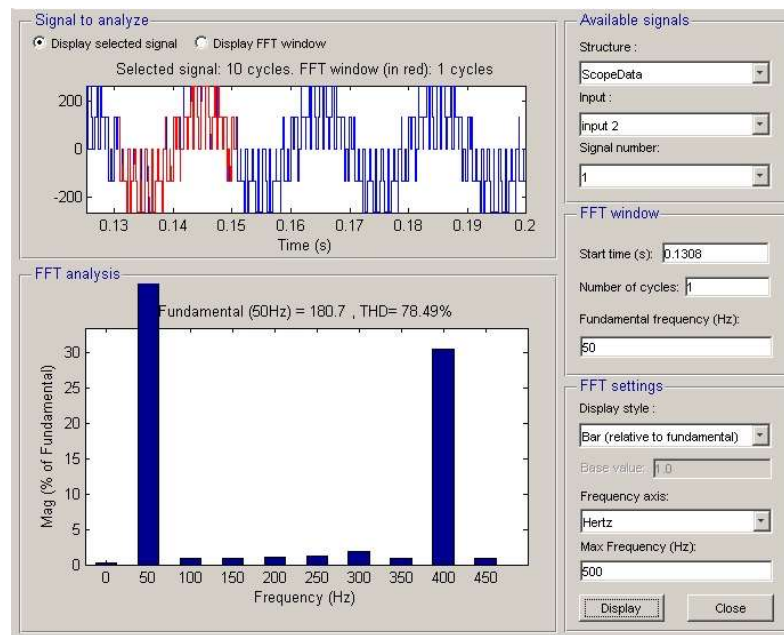


Рисунок 1.2 – Аналіз спектру гармонік

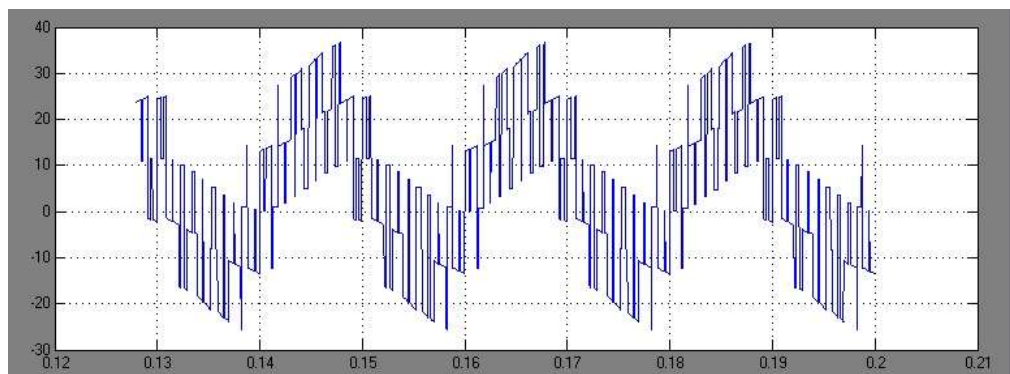


Рисунок 1.3 – Зміна стуму на виході інвертора для індуктивного навантаження

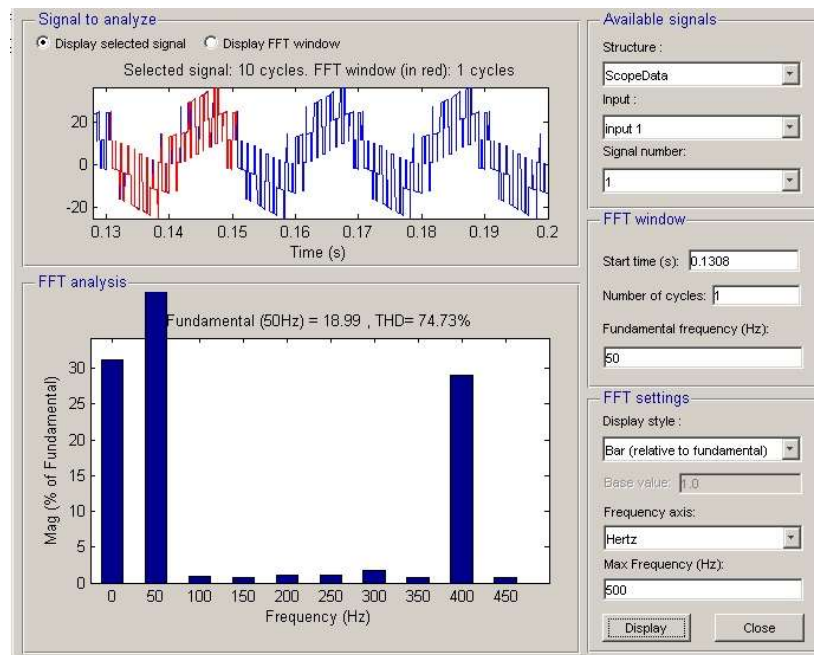


Рисунок 1.4 – Аналіз спектру гармонік

Моделювання з врахуванням фільтрувальних пристроїв показує покращення спектрального складу сигналу (рис. 1.5 та рис. 1.6). Фільтри підібрані так щоб отримати максимально допустиме значення несинусоїдності відповідно до ГОСТ – 13109-97. Це зроблено з метою аналізу взаємовпливу СЕС та розподільної електричної мережі.

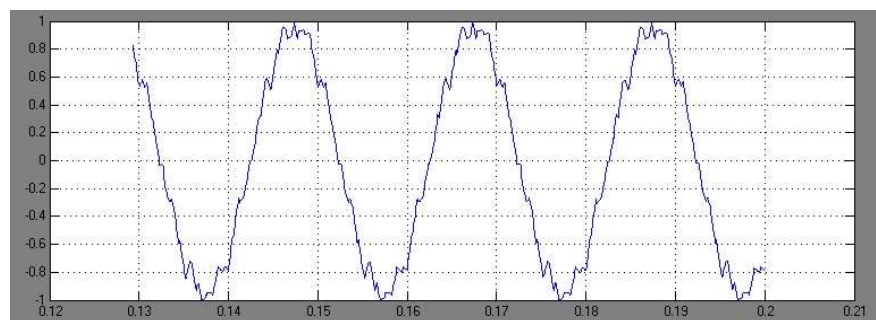


Рисунок 1.5 – Зміна напруги на виході інвертора для активного навантаження після фільтрації

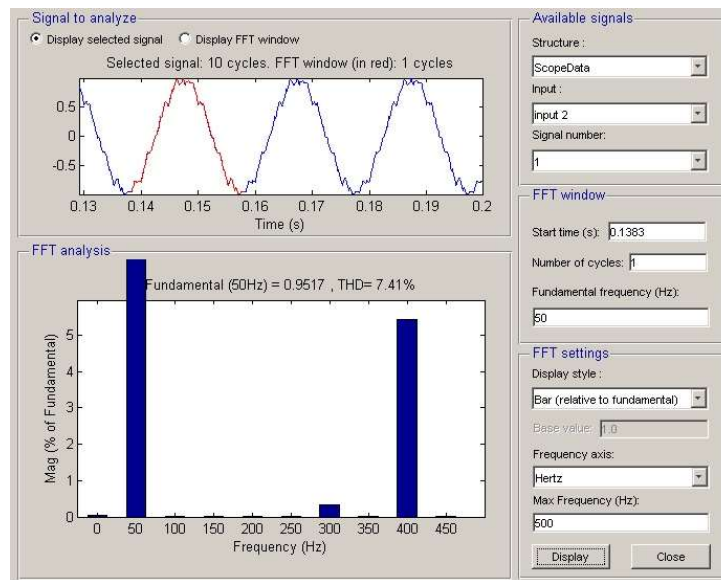


Рисунок 1.6 – Аналіз спектру гармонік

Отже якщо прийняти, що в мережі ідеально симетрична напруга, то під час підключення СЕС з сигналом на виході відповідно рисунку 1.5 напруга в мережі буде спотворюватись (рис. 1.7).

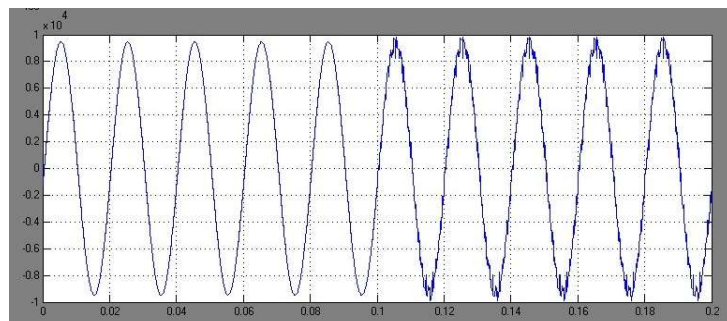


Рисунок 1.7 – Зміна напруги в мережі під час синхронізації з системою

Спектральний аналіз (рис. 1.8) дозволяє констатувати загальне покращення якості електричної енергії порівняно з аналізом показаним на рисунку 1.6. Отже можна зазначити, що має місце взаємовплив СЕС та системи за якістю електричної енергії. Параметри якості електричної енергії можуть змінюватись як вкращу сторону так і в гіршу.

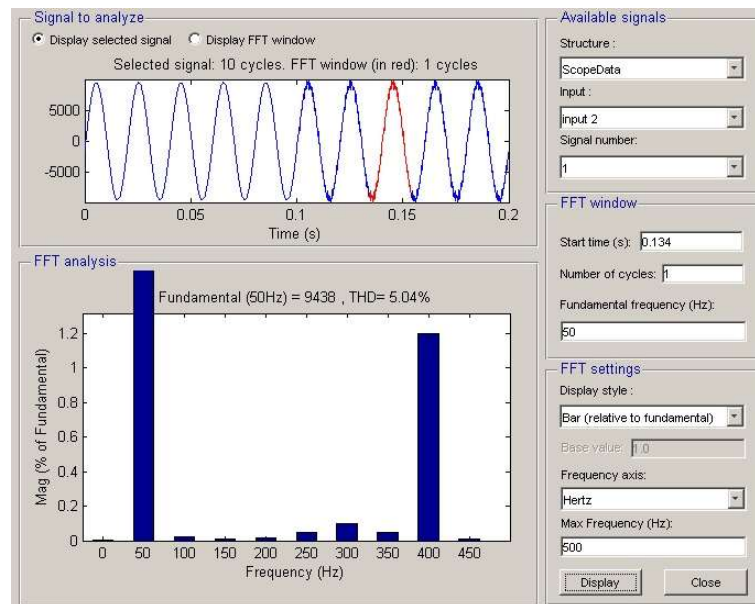


Рисунок 1.8 – Аналіз спектру гармонік

Результати моделювання пуску і підключення до мережі ВЕС з асинхронними генераторами (рис. 1.9) показують значний вплив на коливання напруги в мережі.

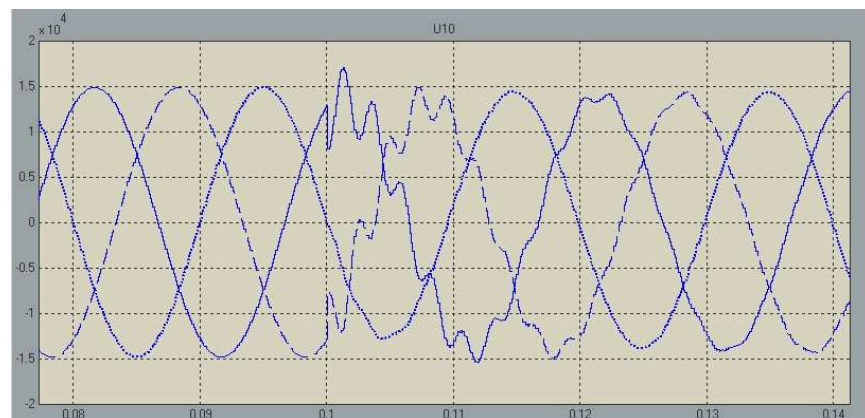


Рисунок 1.9 – Зміна напруги в мережі під час підключення ВЕС

Отже, якщо окремо на виході ВДЕ і в мережі вимоги з якості забезпечені, то не факт що під час їх паралельної роботи вимоги ГОСТу будуть забезпечені.

1.2 Оцінювання якості функціонування розподільних електричних мереж з ВДЕ

Враховуючи результати проведеного моделювання можна констатувати зміну режиму роботи розподільних електричних мереж (ЕМ) за рахунок підключення ВДЕ. Оскільки основні функції мереж полягають у надійному та якісному електропостачанні споживачів електричною енергією, то ВДЕ впливає на готовність до виконання зазначених функцій.

Оцінити готовність мереж виконувати зазначені функції можна шляхом оцінювання інтегрального показника якості функціонування.

Для оцінювання якості функціонування системи електропостачання доцільним є введення інтегрального показника, який враховував би особливості і функціональні можливості локальної системи:

$$B = B(\Delta P) + B(\omega) + B(\delta U). \quad (1.1)$$

де $B(\Delta P)$ – витрати на покриття втрат електроенергії; $B(\delta U)$ – втрати, викликані не відповідністю якості електроенергії нормативним вимогам; $B(\omega)$ – витрати на забезпечення відповідного рівня надійності електропостачання;

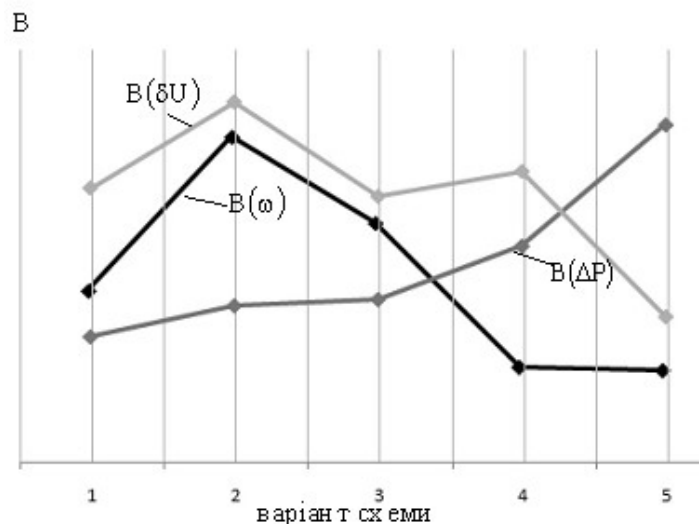


Рисунок 1.10 – Залежність витрат від варіанту схеми підключення ВДЕ

Від (1.1) можна перейти до виразу

$$F = \Delta P + P(\omega) + P(\delta U), \quad (1.2)$$

де ΔP – втрати активної потужності; $P(\omega)$ – недовідпущена потужність через ненадійність елементів ЕМ; $P(\delta U)$ – потужність, що не відповідає нормативам якості електричної енергії.

Оскільки є необхідність в аналізі властивостей системи, інформація про які не завжди повна, то доцільним є перехід до безрозмірної форми (1.2), використавши критеріальний метод [2].

В загальному критеріальна форма від (1.2) має вид:

$$F_* = \pi_1 \cdot P_*^{\alpha_\Delta} + \pi_2 \cdot P_*^{\alpha_\omega} + \pi_3 \cdot P_*^{\alpha_\delta}, \quad (1.3)$$

де P_* – відносне значення потужності, яка споживається в ЛЕС; π – критерії подібності, які в цьому випадку є ваговими коефіцієнтами; $\alpha_\Delta, \alpha_\omega, \alpha_\delta$ – постійні коефіцієнти, які характеризують вплив на якість функціонування ЕМ, відповідно втрат потужності, не надійності електропостачання, якості електричної енергії.

За базис в (1.3) прийнято оптимальне (мінімальне) значення P . Відповідна для (1.3) двоїста задача має вид [3]:

$$d_*(\pi_*) = \prod_{i=1}^3 \frac{\pi_{i0}^{\pi_i}}{\pi_i^{\pi_i}};$$

де π_{i0} – критерії подібності, які відповідають “ідеальній” системі.

Якість функціонування системи можна оцінити інтегральним показником, який визначається як площа E , яка обмежена кривою $d_* = f(p_*)$ і прямою $d_* = \delta d_*$. Значення δd_* відповідає межі якості функціонування системи, за якою вона не придатна до виконання своїх функцій.

$$E = \int_{\pi_{*1}}^{\pi_{*1}''} (d_*(\pi_{*1})) d\pi - \int_{\pi_{*1}}^{\pi_{*1}''} (\delta d_*) d\pi.$$

Для оцінювання якості функціонування електричних мереж в [3, 4] було запропоновано критеріальну модель, що отримана на підставі подібності рівнянь Колмогорова та умов ортогональності та нормування критеріального програмування:

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \prod_{j=1}^n p_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}} - \sum_{i=n+1}^m p_i \prod_{j=1}^n p_j [A_{\min} \leq A \leq A_{\max}]^{v_{ji}}, \quad (1.4)$$

де m – загальна кількість можливих станів розподільної електричної мережі;

n – кількість робочих станів;

p_i – імовірність того, що показник якості електричної енергії A в допустимих межах при тому, що система перебуває в стані j ;

v – елементи матриці переходів, які є алгебраїчними сумами інтенсивностей відмов λ та інтенсивностей відновлень μ .

Розглянемо методику оцінювання якості функціонування на прикладі фрагменту схеми підстанції "Західна" ПАТ "Вінницяобленерго" (рис. 1.11).

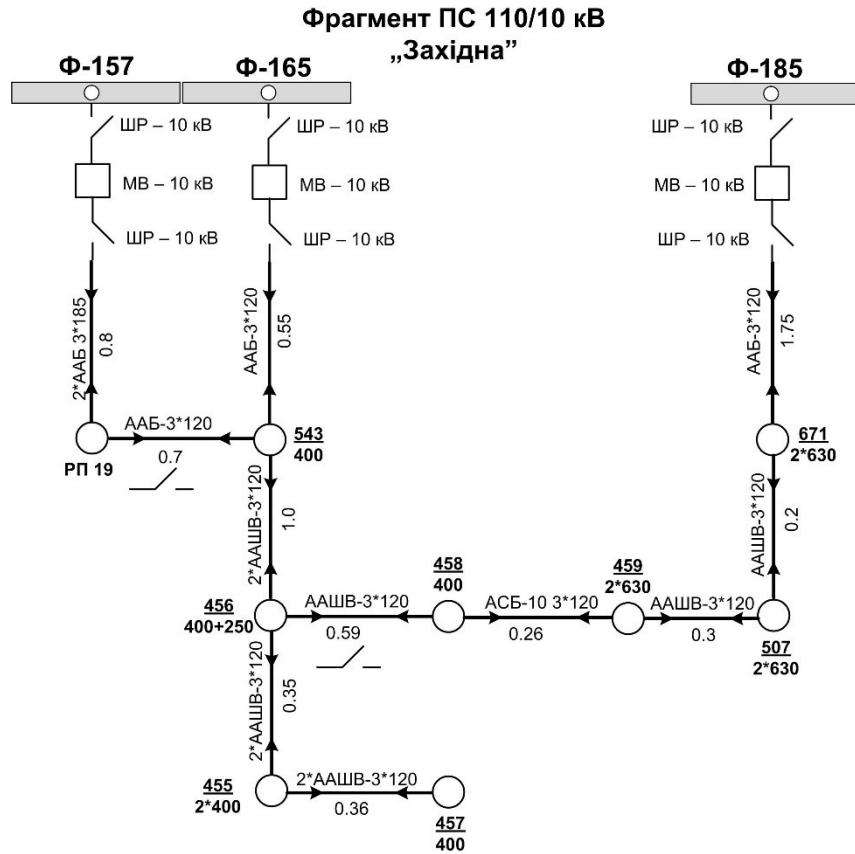


Рисунок 1.11 – Фрагмент схеми підстанції "Західна"

Для цієї схеми граф зміни станів, з врахуванням ієрархічних перетворень, матиме вигляд, наведений на рис. 1.12.

Під час побудови графу прийнято допущення щодо ідеальної надійності індивідуального захисту споживачів.

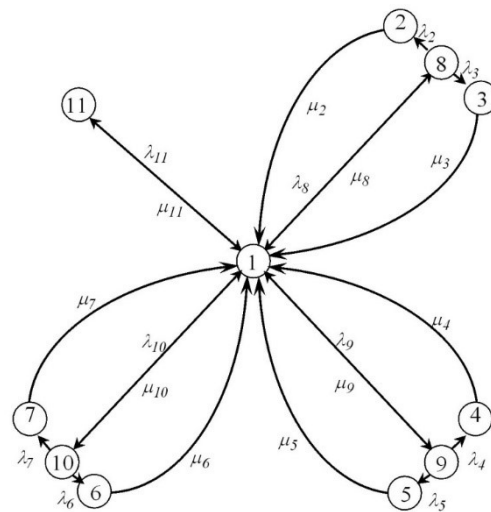


Рисунок 1.12 – Граф станів системи для варіанту живлення Ф-165 від шин підстанції "Західна"

Сутність станів об'єкту така:

стан 1 – всі лінії та комутаційне обладнання функціонують;

стан 2 – одне коло на двоколовій ділянці лінії ТП543 – ТП456 відмовило, з урахуванням можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стан 3 – друге коло на двоколовій ділянці лінії ТП543 – ТП456 відмовило, при врахуванні можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стан 4 – одне коло на двоколовій ділянці лінії ТП456 – ТП455 відмовило, при врахуванні можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стан 5 – друге коло на двоколовій ділянці лінії ТП456 – ТП455 відмовило, при врахуванні можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стан 6 – одне коло на двоколовій ділянці лінії ТП455 – ТП457 відмовило, при врахуванні можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стан 7 – друге коло на двоколовій ділянці лінії ТП455 – ТП457 відмовило, при врахуванні можливих станів решти елементів розподільної мережі;

стани 8 – 10 – всі споживачі фідера відключені від живлення в наслідок спрацювання релейного захисту разом з відмовою однієї з ліній ділянок ТП543 – ТП456, ТП456 – ТП455, ТП455 – ТП457, відповідно;

стан 11 – всі споживачі фідера відключені від живлення в наслідок спрацювання релейного захисту разом з відмовою ділянки Ф-165 – ТП-543.

За графом (рис. 1.12) складається система рівнянь (1.2).

Для решти варіантів живлення споживачів складаються графи станів та системи рівнянь за ними, використовуючи аналогічні правила та допущення.

Вихідні дані для розрахунку якості функціонування наведені в табл. 1.1 та табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Надійнісні показники

	λ (1/рік)	μ (1/рік)
Кабельна лінія	0,0122/км	292
Вимикач	0,006	2190

Таблиця 1.2 – Якість функціонування суміжних фідерів

Значення критерію якості функціонування	ф-157	ф-185
E	0,8	0,7

Результат розв'язку системи рівнянь (1.2) наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Імовірності станів системи за графом рис. 1.12

P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
0,9998	9,15E-	9,15E-	9,15E-	9,15E-	9,15E-	9,15E-	4,45E-	4,45E-	4,45E-	4,45E-
2	10	10	10	10	10	10	05	05	05	05

Імовірність відповідності ГОСТ відхилень напруги на затискачах споживачів визначається, використовуючи графік відхилення напруги (для ТП-457 при живленні від шин Ф-165 див. рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Відхилення напруги на затискачах ТП-457 протягом року

Під час розрахунку якості функціонування варіантів живлення від суміжних фідерів визначається результуюче значення як добуток якості

функціонування відповідного фідера і фрагмента розподільної мережі живлення споживачів фідера ф-165. Наприклад, для живлення від ф-157 результуюче значення якості функціонування буде визначатись так:

$$E_1 = E_{543-456-455-457} \cdot E_{\text{ф-157}}.$$

Результати розрахунків варіантів живлення споживачів фідера наведені на рис. 1.14. Показники якості електроенергії визначаються для кожної підстанції окремо. Проаналізувавши результати розрахунку, можна так розташувати варіанти живлення: ф-165 та ф-157, для решти варіантів потрібен індивідуальний підхід, наприклад, для ТП 457 краще житись від ф-185(2), а для ТП 456 – ф-185(1).

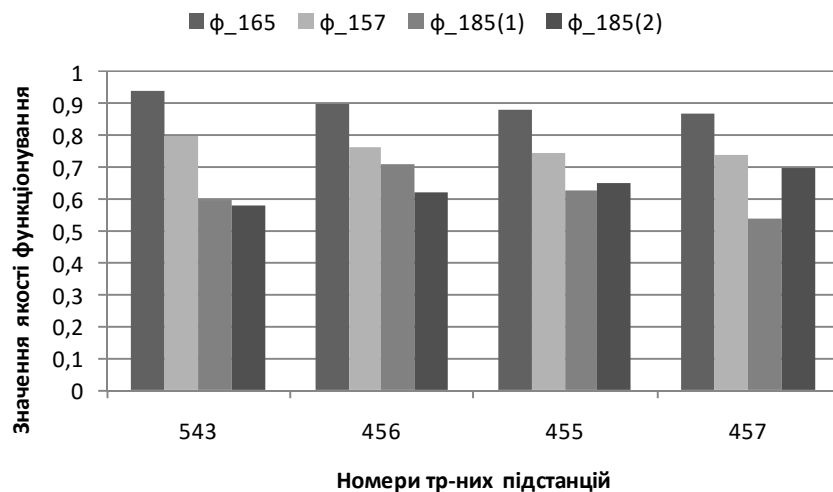


Рисунок 1.14 – Результати розрахунку

Отже, функціональна та структурна надлишковість ЕМ призводить до того, що існує певна свобода у виборі схем приєднання відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ). При цьому кожний варіант приєднання буде характеризуватись відповідним рівнем якості функціонування системи, тобто ефективністю (див. як приклад рис. 1.10).

2 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДА ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ВДЕ ЗАБЕЗПЕЧУВАТИ НАДІЙНЕ І ЯКІСНЕ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Математичне моделювання вартісної характеристики якості функціонування електричних мереж

Для прийняття ефективних рішень щодо планового рівня якості функціонування розподільних мереж та шляхів його підвищення, необхідно враховувати крім збитків від недовідпуску електроенергії та неякісного електропостачання додаткові витрати на впровадження ВДЕ й, на цій підставі, визначати місце їх підключення. Крім того важливим фактором для розв'язання зазначеної задачі є забезпечення енергетичної ефективності експлуатації ЕМ.

Складність у оцінюванні економічного ефекту пов'язана з тим, що він відрізняється для кожного споживача, для фрагментів ЕМ та для мережі в цілому. Отже, за будь-якого економічного аналізу необхідно точно зазначати об'єкт пошуку оптимуму. Крім того слід враховувати, що якість функціонування ЕМ може змінюватися в результаті різнорідних заходів, кожен з яких вимагає специфічних витрат з різних джерел фінансування.

З урахуванням зазначеного, якість функціонування розподільних електричних мереж може бути оцінена цільовою функцією, мінімізація якої відповідає підвищенню ефективності ЕМ:

$$B = B_{\text{дод}} + B_c + B_{\Delta W} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де $B_{\text{дод}}$ – додаткові витрати під час впровадження ВДЕ;

$B_{\text{ня}}$ – очікуваний обсяг компенсації споживачам за ненадійне або неякісне електропостачання;

$B_{\Delta W}$ – очікувана вартість надлишкових втрат електроенергії у ЕМ.

Отже, ефективність роботи ЕМ буде визначатись, з одного боку, додатковими витратами на компенсацію збитків від низької якості $B_{ня}$ та енергетичної ефективності $B_{\Delta W}$ електропостачання, а з іншого, витратами на впровадження ВДЕ $B_{дод}$.

За умов абсолютної надійності елементів електричної мережі додаткові витрати в системі $B_{дод}$ дорівнюють нулю. З іншого боку, якщо система працює з міркувань гарантованого забезпечення споживача електроенергією не зважаючи на її якість та ефективність передачі та розподілу, то витрати $B_{дод}$ максимальні. Отже, необхідно знаходити компроміс між їх зростанням та якістю функціонування електричних мереж (рис. 2.1).

Для аналізу результатів оптимізаційних розрахунків і оцінювання конструктивних змін та їх наслідків доцільно цільову функцію (2.1) звести до критеріального виду [14, 21]:

$$B_* = \frac{B}{B_{\min}} = B_{дод*} + B_{ня*} + B_{\Delta W*}, \quad (2.2)$$

де $B_{\min}$ – мінімальні сукупні витрати, які відповідають оптимальному стану електричних мереж.

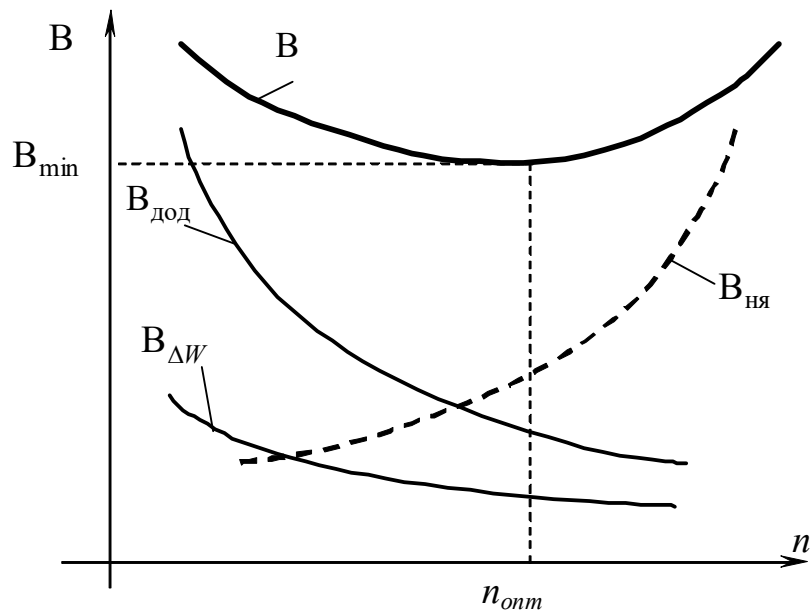


Рисунок 2.1 – Конкуруючий ефект між $B_{\text{дод}}$, $B_{\Delta W}$ та $B_{\text{ня}}$

Згідно теорії двоїстості до (2.2) можна поставити у відповідність двоїсту задачу (в даному випадку критерій відмов). Для оптимальних значень p_o (двоїста змінна) та $p_o(A)$ (пряма змінна)

$$d(p_o) = E(p_o(A)),$$

де $d(p_o)$ – мінімальне значення двоїстої функції $d(p)$.

Сформулюємо двоїсту функцію. Оскільки: $\sum_{i=1}^m p_{oi} = 1$ і $\sum_{i=1}^m v_{ji} \cdot p_{oi} = 0$ то

можна записати

$$d(p_o) = E(p_o(A))^{\left[\sum_{i=1}^m p_{oi} \right]} \cdot \frac{1}{\prod_{j=1}^n p_{oj}(A)^{\left[\sum_{i=1}^m v_{ji} \cdot p_{oi} \right]}} \quad (2.3)$$

Прологарифмувавши (2.3) отримаємо

$$\ln d(p_o) = \ln \frac{E(p_o)^{\left[\sum_{i=1}^m p_{oi} \right]}}{\prod_{j=1}^n p_{oj}(A)^{\left[\sum_{i=1}^m v_{ji} \cdot p_{oi} \right]}} = \sum_{i=1}^m p_{oi} \cdot \ln \frac{E(p_o) \cdot a_i}{\prod_{j=1}^n p_{oj}(A)^{v_{ji}} \cdot a_i} \quad (2.4)$$

Згідно методу інтегральних аналогів [22]

$$p_{oi} = \frac{a_i \prod_{j=1}^n p_{oj}(A)^{v_{ji}}}{E(p_o)}$$

З врахуванням останнього виразу після нескладних перетворювань (2.4) набуває вигляду:

$$\ln d(p_o) = \sum_{i=1}^m \ln \left(\frac{a_i}{p_{oi}} \right)^{p_{oi}} \quad (2.5)$$

Потенціюючи (2.5) отримаємо двоїсту функцію

$$d(p_o) = \prod_{i=1}^m \left(\frac{a_i}{p_{oi}} \right)^{p_{oi}} \quad (2.6)$$

Приведемо (2.6) до критеріального виду прийнявши за базове значення двоїсту функцію для "ідеальної", з огляду надійності та якості електричної енергії, розподільної мережі:

$$d_* = \prod_{i=1}^m \left(\frac{p_{oi}^{p_{oi}}}{p_i^{p_i}} \right) \quad (2.7)$$

Отримавши значення показника якості функціонування E_* та відмов d_*

(рис. 2.2) можна виконувати оптимізацію витрат на підтримання достатнього рівня якості функціонування розподільної мережі використовуючи конкуруючий ефект між витратами на впровадження ВДЕ та витратами, пов'язаними з компенсацією збитків від недовідпуску та незадовільної якості електроенергії:

$$B = B' \cdot E_* + B''(d_* - 1), \quad (2.8)$$

де B' та B'' – вартісні показники, відповідно, заходів з забезпечення якості функціонування ЕМ та компенсації збитків від відмов та неналежної якості електроенергії, які можна визначити згідно [23].

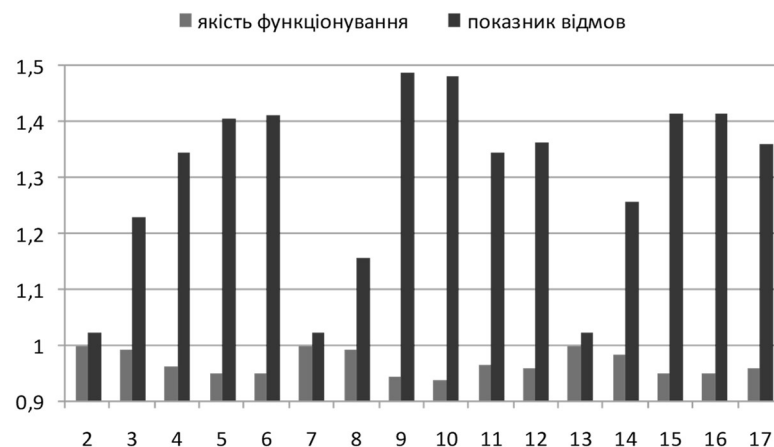


Рисунок 2.2 – Значення показників якості функціонування E_* та відмов d_* по вузлах тестової мережі (див. рис. 2.3)

На рис. 2.4 проілюстровано конкуруючий ефект між складовими витрат згідно (2.8) для деякої розподільної мережі.

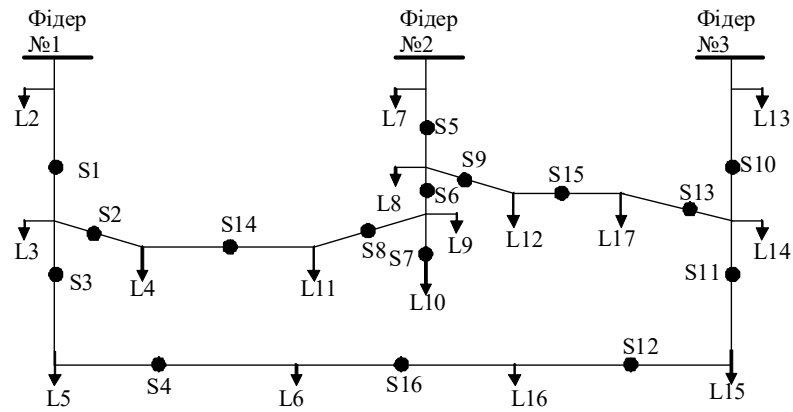


Рисунок 2.3 – Тестова схема для виконання аналітичних розрахунків

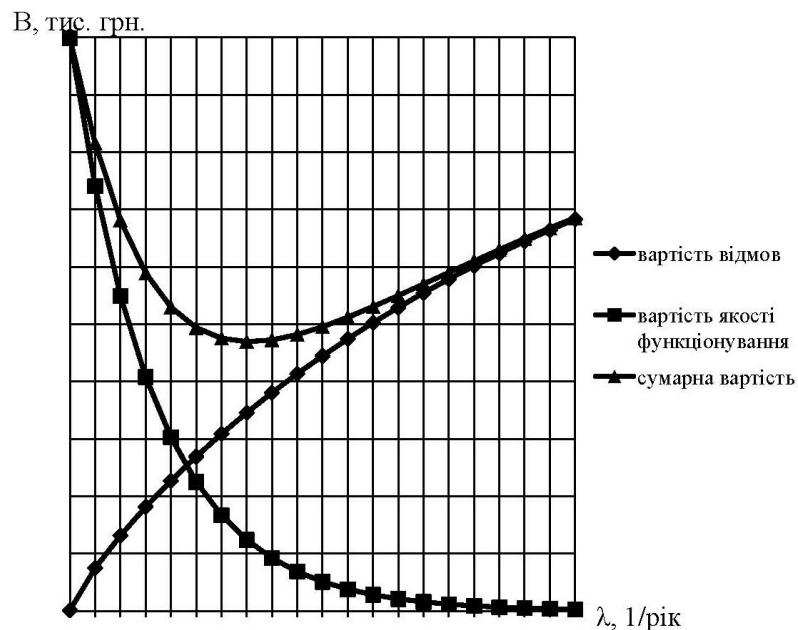


Рисунок 2.4 – Щодо оптимізації планового рівня якості функціонування розподільних електричних мереж

Не зважаючи на переваги отриманої вартісної характеристики якості функціонування (2.8), серед яких слід відзначити наочність та простоту визначення складових витрат, вона має ряд недоліків, що не дозволяють розв'язувати задачі визначення оптимального місця приєднання ВДЕ та експлуатації ЕМ на її підставі. По-перше, структура запису (2.8) лише частково відповідає цільовій функції (2.2), не враховуючи енергетичну ефективність транспортування електроенергії до споживача. По-друге, за

рахунок відмінностей (див. Закон України «Про електроенергетику», стаття 27) у питомих витратах на покриття збитків від недовідпуску та неналежної якості електроенергії визначення єдиного вартісного показника B'' є ускладненим. Отже, необхідно виділити з обсягу недовідпущеної та неякісної електроенергії окремі складові, та ввести до узагальненої характеристики якості функціонування ЕМ енергетичну складову у вигляді математичного очікування вартості втрат електроенергії.

2.2 Узагальнена характеристика якості функціонування електричних мереж

2.2.1 Моделювання узагальненої характеристики якості функціонування електричних мереж

За показником якості функціонування (1.4) можна визначити математичне очікування обсягу електроенергії, який споживач недоотримає або отримає з неналежною якістю:

$$\overline{W} = (1 - E_*) \cdot W, \quad (2.9)$$

де W – річне споживання електроенергії за умови відсутності перерв електропостачання.

Однак, питомі витрати на покриття збитку від неякісної електричної енергії та її недовідпуску є різними. Отже, постає задача виділення з загального обсягу електричної енергії визначеного за (2.9) зазначених складових. Розв'язати її можна аналізуючи критеріальну модель (1.4) з врахуванням якості електричної енергії E_* та без її врахування E'_* :

$$E'_* = \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{i=n+1}^m P_i$$

Відповідно до (2.9) математичне очікування обсягу недовідпущеної

енергії буде визначатись, як функція споживання електроенергії за заданий період W :

$$\overline{W}' = (1 - E'_*) \cdot W, \quad (2.10)$$

а математичне очікування обсягу наданої, але неякісної електричної енергії:

$$\overline{W}'' = (E'_* - E_*) \cdot W \quad (2.11)$$

Використовуючи вирази (2.10), (2.11) вартісна характеристика якості функціонування електричних мереж (2.8) набуває вигляду

$$B = B' \cdot E_* + \left[B''_{\text{нд}} \overline{W}' + B''_{\text{ня}} \overline{W}'' \right], \quad (2.12)$$

де $B''_{\text{нд}}$, $B''_{\text{ня}}$ – відповідно, вартість 1 кВт·год недовідпущеної споживачу та неякісної електроенергії.

Для визначення математичного очікування втрат електроенергії в електричних мережах, що зумовлені її транспортуванням до окремого споживача необхідно враховувати наступне:

- зазначена складова втрат потужності та електроенергії залежить як від навантаження даного вузла, так і від навантажень суміжних з ним вузлів;
- втрати потужності від транспортування електроенергії до даного вузла відсутні у випадку перерви його електропостачання.

Виходячи з цього, якщо розрахункові втрати електроенергії від адресного її постачання до k -го споживача ΔW_k без врахування перерв електропостачання прийняти відомими, то їх математичне очікування з урахуванням надійності електричних мереж можна оцінити (без урахування впливу на втрати в ЕМ якості електроенергії) [24]:

$$\Delta \overline{W}_k = E'_* \cdot \Delta W_k \quad (2.13)$$

З урахуванням (2.13) характеристика якості функціонування (2.12) з огляду на постачання електроенергії k -му споживачу набуде вигляду:

$$B_k = B' \cdot E_{*k} + \left[B''_{нд} \overline{W}'_k + B''_{ня} \overline{W}''_k \right] + B''' \Delta \overline{W}_k, \quad (2.14)$$

де B''' – питома вартість втрат електроенергії у даних електричних мережах.

Для визначення адресних втрат електроенергії ΔW_k , зумовлених функціонуванням окремого k -го споживача доцільно використати метод коефіцієнтів розподілу [25], згідно якого втрати потужності для заданого характерного режиму (наприклад, режиму середніх навантажень) можуть бути визначені таким чином:

$$\Delta P_k = \operatorname{Re} \sum_{i \in M_k} (\mu_i \dot{S}_k), \quad (2.15)$$

або

$$\Delta P_k = \operatorname{Re} \left(E \cdot \mu^{(k)} \cdot \dot{S}_k \right), \quad (2.16)$$

де $\dot{S}_k$ – вектор потужностей вузлів, у якому тільки для k -го вузла задано потужність $\dot{S}_k$, а для решти – нульові значення;

M_k – множина віток ЕМ, якими подається електроенергія від центру живлення до k -ого вузла заступної схеми ЕМ;

$\dot{\mu}_i = (\dot{U}_t M_{\Sigma i}) \hat{C}_i \dot{U}_d^{-1}$ – i -ий рядок матриці коефіцієнтів розподілу втрат потужності у вітках схеми ЕМ в залежності від потужностей у її вузлах;

$\mu^{(k)}$ – k -ий стовпець матриці коефіцієнтів розподілу втрат потужності μ , що утворена послідовно розташованими рядками $\dot{\mu}_i$;

$\dot{U}_t, \dot{U}_d$ – транспонований вектор та діагональна матриця напруг у вузлах включаючи і базисний;

$M_{\Sigma i}$ – вектор-стовпець матриці з'єднань віток у вузлах включаючи і балансуючий;

$\hat{C}_i$ – i -й вектор-рядок матриці розподілу струмів у вузлах по вітках схеми;

E – одиничний вектор-рядок, розмірність якого m відповідає кількості віток заступної схеми ЕМ.

Далі, згідно методу середніх навантажень втрати електроенергії, зумовлені постачанням k -го вузла споживання визначаються

$$\Delta W_k = \Delta P_k \cdot T \cdot k_{\phi}^2$$

Для отримання узагальненої характеристики якості функціонування електричних мереж, придатної для комплексного оцінювання ефективності заходів з приєднання ВДЕ електричних мереж необхідно виконати ряд перетворень (2.14). Підставивши до (2.14) вирази математичного очікування відпуску й втрат електроенергії, зумовлених функціонуванням k -го споживача та після нескладних перетворень отримано узагальнену характеристику якості функціонування електричних мереж:

$$B_k = B''_{нд} \cdot W_k + [B' - B''_{ня} \cdot W_k] E'_{*k} + [B''' \cdot \Delta W_k + (B''_{ня} - B''_{нд}) W_k] E'_{*k} \quad (2.17)$$

Для підтвердження адекватності отриманої узагальненої характеристики якості функціонування ЕМ було розглянуто такі граничні випадки:

1) за рахунок ненадійності електричної мережі показник якості функціонування E'_{*k} без врахування якості електроенергії рівний нулю. Слід зазначити, що при цьому E_{*k} також буде рівним нулю, оскільки визначається

тими ж ймовірностями працездатності ЕМ;

2) за рахунок впровадження заходів з відновлення, або реконфігурації ЕМ було забезпечено високу надійність електропостачання споживачів ($E'_{*k} = 1$), однак якість електроенергії не забезпечено ($E_{*k} = 0$);

3) за рахунок впровадження заходів з підвищення ефективності експлуатації ЕМ було забезпечено належну надійність електропостачання та якість електроенергії ($E'_{*k} = 1, E_{*k} = 1$).

Для першого з розглянутих випадків вираз (2.17) набуває вигляду:

$$B_k = B''_{нд} \cdot W_k,$$

з чого видно, що всі видатки на експлуатацію ЕМ будуть скеровані на покриття недовідпуску електроенергії. Інші складові відсутні, оскільки корисний відпуск електроенергії практично рівний нулю. Додаткові витрати, пов'язані з впровадженням ВДЕ відсутні.

У випадку надійного постачання споживачів неякісною електроенергією (випадок 2) вираз узагальненої характеристики якості набуває вигляду:

$$B_k = B''_{ня} \cdot W_k + B''' \cdot \Delta W_k,$$

тобто видатки на експлуатацію ЕМ будуть сконцентровані на відшкодуванні збитків споживачів від неякісного електропостачання та компенсації втрат електроенергії. При цьому враховуючи співвідношення складових ($W_k > \Delta W_k, B''_{ня} > B'''$) можна записати: $B_k = B''_{ня} \cdot W_k$, що відповідає пріоритетності задач експлуатації ЕМ.

Для випадку надійного та якісного електропостачання споживачів (2.17) набуває вигляду

$$B_k = B' + B''' \cdot \Delta W_k,$$

тобто у цьому випадку на перший план виходять заходи зі зменшення втрат електроенергії в електричних мережах та задачі оптимізації послідовності їх впровадження та конструктивних параметрів.

Всі проміжні стани, що відповідають значенням показників якості у діапазоні $0 < E'_{*k} < 1$, $0 < E_{*k} < 1$ вимагають комплексного підходу до планування заходів з підвищення якості експлуатації ЕМ.

2.2.2 Застосування показника якості функціонування для аналізу доцільних схем підключення ВДЕ

Задача мінімізації затрат на впровадження ВДЕ і експлуатацію розподільної мережі розв'язується під час вибору оптимального варіанту електропостачання споживача за умовами двостороннього договору. Формулюється задача таким чином: необхідно забезпечити заданий рівень якості функціонування розподільної електричної мережі при мінімальних приведених затратах на її реконструкцію та експлуатацію.

Споживач повинен отримувати живлення від вказаного у двосторонньому договорі джерела по n варіантах схеми розподільної мережі. Необхідно забезпечити заданий рівень якості функціонування $E'_{зд}$ так, щоб приведені затрати на реконструкцію Z були мінімальними. Математично задача може бути подана так:

$$B = \sum_{i=1}^n B_i(E'_i) \Rightarrow \min \quad (2.18)$$

за обмеження

$$1 - E'_{зд} = \prod_{i=1}^n (1 - E'_i), \text{ або } \ln(1 - E'_{зд}) = \sum_{i=1}^n \ln(1 - E'_i), \quad (2.19)$$

де $B_i(E'_i)$ – витрати на реконструкцію i -тої схеми розподільної мережі;

E'_i – показник якості функціонування розподільної мережі з абсолютною якістю електричної енергії по відношенню до конкретного споживача $B_i(E'_i) = B_{pi} + B_{ei}$, де B_{pi} і B_{ei} – витрати, відповідно, на впровадження та експлуатацію;

i – варіант схеми електропостачання конкретного споживача.

Оскільки дослідження відносної зміни витрат має ряд переваг над дослідженням абсолютних значень [16] перейдемо до відносних одиниць

$$y_i = B_i(E'_i)_* = \frac{B_i(E'_i) - B_{i0}(E'_i)}{B_{i0}(E'_i)} = \frac{B_i(E'_i)}{B_{i0}(E'_i)} - 1 = \bar{B}_i - 1$$

Для зведення задачі умовної оптимізації (2.18), (2.19) до задачі на безумовний екстремум використано метод невизначених множників Лагранжа. Функція Лагранжа має вигляд

$$\partial L(E'_1, \dots, E'_n) = \sum_{i=1}^n y_i + \lambda \sum_{i=1}^n \ln(1 - E'_i),$$

де λ – множник Лагранжа.

Для визначення λ розв'язано систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(E'_1, \dots, E'_n)}{\partial E'_i} = 0; \\ \ln(1 - E'_{3д}) = \sum_{i=1}^n \ln(1 - E'_i), \end{cases}$$

$$\frac{\partial}{\partial E'_i} \left[\sum_{i=1}^n y_i(E'_i) + \lambda \sum_{i=1}^n \ln(1 - E'_i) \right] = \frac{\partial y_i}{\partial E'_i} - \lambda \frac{1}{1 - E'_i} = 0$$

Тоді

$$\partial y_i(E'_i) = \lambda \frac{\partial E'_i}{1 - E'_i}; \quad y_i(E'_i) = -\lambda \ln(1 - E'_i) + C_i$$

Постійну інтегрування C_i визначаємо з граничних умов: для $E'_i = E'_{i0}$, $y_i = y_{i0} = 1$, де E'_{i0} і y_{i0} – показник якості функціонування вихідної схеми та відносний приріст затрат на реконструкцію схему, відповідно.

$$C_i = 1 + \lambda \ln(1 - E'_{i0}); y_i = 1 - \lambda \ln(1 - E'_i) + \lambda \ln(1 - E'_{i0})$$

$$\ln(1 - E'_i) = \frac{1 - y_i}{\lambda} + \ln(1 - E'_{i0}) \quad (2.20)$$

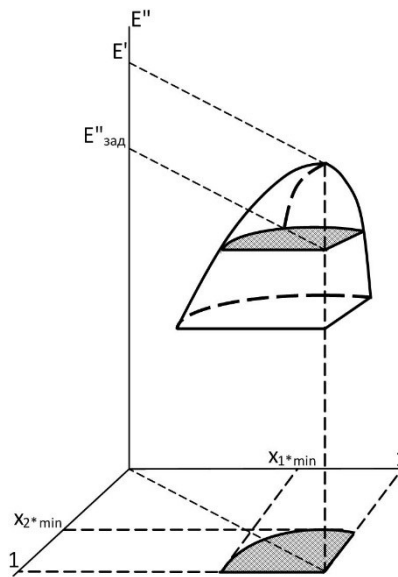


Рисунок 2.5 – Параболоїд отриманий в результаті побудови рівняння
(1.4)

Після підстановки (2.20) в (2.19), отримано

$$\frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n (1 - y_i) + \sum_{i=1}^n \ln(1 - E'_{i0}) = \ln(1 - E'_{зд})$$

Звідки

$$\lambda = \left[\sum_{i=1}^n (1 - y_i) \right] / \left[\ln \frac{(1 - E'_{зд})}{\prod_{i=1}^n (1 - E'_{i0})} \right] \quad (2.21)$$

Після підстановки (2.21) у (2.20) отримано систему з n рівнянь з

невідомими E'_i :

$$\ln(1 - E'_i) = \frac{1 - y_i}{\sum_{i=1}^n (1 - y_i)} \ln \frac{(1 - E'_{3д})}{\prod_{i=1}^n (1 - E'_{i0})} + \ln(1 - E'_{i0}), \quad i = \overline{1, n}. \quad (2.22)$$

Розв'язавши систему рівнянь (2.22), отримуємо значення E'_i , які дозволяють встановити схему відновлення розподільної електричної мережі з мінімальними приведеними затратами.

Зростання відсотку відновлювальних джерел енергії в загальному об'ємі генеруючих потужностей дозволяє покращити функціональні можливості ЛЕС. Запропонований метод оцінювання якості функціонування системи дозволяє кількісно оцінити вплив ВДЕ на якість функціонування ЛЕС. При цьому можливо встановити оптимальні точки приєднання ВДЕ в ЕМ та доцільну їх потужність в цих точках.

Як приклад проведені розрахунки для фрагменту ЛЕС (див. рис. 2.6).

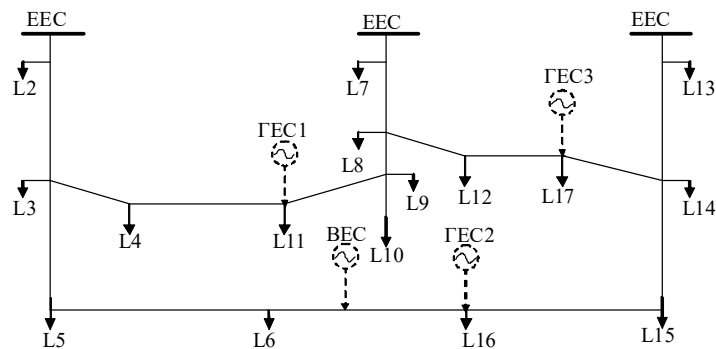


Рисунок 2.6 – Фрагмент локальної електричної системи

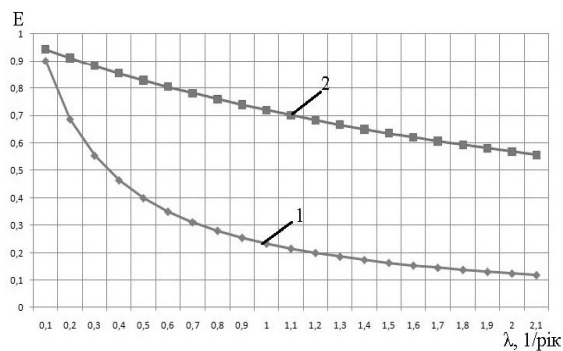


Рисунок 2.7 – Зміна показника якості функціонування від зміни надійності ЛЕП

На рис. 2.7 показано залежності зміни показника якості функціонування від зміни надійності ЛЕП при живленні від ЕЕС (крива 1) та з використанням ВДЕ (крива 2). Використання відновлювальних джерел через зниження втрат потужності, підвищення якості електричної енергії і зниження величини недовідпущеної енергії дозволяє підвищити функціональну готовність системи забезпечувати надійне та якісне електропостачання споживачів.

Очевидно, що провівши розрахунки для різних варіантів розміщення ВДЕ, можна отримати інформацію щодо місць оптимального, з огляду якості функціонування ЛЕС, їх підключення.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі обслуговування електричного обладнання відновлювальних джерел енергії. Відтак, на оперативно-ремонтний персонал, що здійснює експлуатацію обладнання РП відновлювальних джерел енергії, впливають такі шкідливі виробничі фактори [19, 20]: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

3.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

3.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Роботи в діючих електроустановках слід проводити за нарядом, розпорядженням та в порядку поточної експлуатації. Роботи, які виконують в порядку поточної експлуатації працівники на закріплених за ними електроустановках, проводять без оформлення наряду або розпорядження. Перелік робіт, які виконують у порядку поточної експлуатації, затверджує керівництво підприємства. За нарядами слід виконувати всі роботи, які не ввійшли до переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації та за розпорядженням.

Забороняється самовільне проведення робіт, а також розширення робочих місць та обсягу завдання, визначених нарядом або розпорядженням.

Виконання робіт в електроустановках в зоні дії іншого наряду слід узгоджувати з працівником, який видав попередній наряд. Узгодження оформлюється до підготовки робочого місця записом на полях наряду (біля таблиці 2) "Узгоджено" та за підписом працівника, який узгоджує.

Ремонт електроустановок із застосуванням вантажопідіймальних машин, механізмів або великогабаритних пристроїв, за винятком ямобурів і телескопічних пристроїв для піднімання людей, слід виконувати за технологічними картами або ППР.

В електроустановках до 1000 В електростанцій, підстанцій і на КЛ під час виконання роботи під напругою необхідно:

- відгородити розташовані поблизу робочого місця струмовідні частини, що перебувають під напругою, до яких можливий випадковий дотик;
- працювати в діелектричних калошах, ботах або стоячи на ізолювальній підставці чи на гумовому діелектричному килимку;
- застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками (у викруток повинен бути ізольований стрижень). У разі відсутності такого інструменту слід користуватись діелектричними рукавичками.

Забороняється працювати в одязі з короткими або закоченими рукавами, користуватись ножівками, металевими метрами тощо.

В електроустановках понад 1000 В під час проведення робіт на струмовідних частинах, що перебувають під напругою, за допомогою захисних ізолювальних засобів необхідно:

- користуватись тільки випробуваними сухими та чистими ізолювальними засобами з непошкодженим лаковим покриттям;
- тримати ізолювальні засоби за ручки-захвати не далі обмежувального кільця;
- розмістити ізолювальні засоби так, щоб не виникала небезпека перекриття між фазами або фази на землю.

Під час виконання роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги, електровимірювальні штанги та кліщі, покажчики напруги) допускається наближатись людині до струмовідних частин на відстань, визначену довжиною їхньої ізолювальної частини.

Забороняється в електроустановках працювати в зігнутому положенні, якщо у разі випрямлення відстань до струмовідних частин буде менша за зазначену в інструкціях з ОП. Забороняється в електроустановках електростанцій та підстанцій 6-110 кВ під час роботи біля неогороджених струмовідних частин розміщуватись так, щоб вони були позаду або з обох боків.

На ПЛ, за винятком зовнішніх вводів 0,4 кВ до будівель, та ПЛЗ перед розриванням або з'єднанням електрично сполучених складників (проводів, тросів) необхідно встановлювати заземлення з обох боків розриву (передбачуваного розриву).

В темний період доби ділянки робіт, робочі місця, проїзди і підходи до них слід освітлювати. Забороняється працювати в неосвітлених місцях.

У випадку наближення грози слід припинити всі роботи на ПЛ, ПЛЗ; у ВРУ, ЗРУ на виводах та лінійних роз'єднувачах ПЛ; на КЛ, під'єднаних до діляниць ПЛ, а також на вводах ПЛЗ в приміщеннях вузлів зв'язку та на антенно-щоглових спорудах.

Всі працівники, які перебувають в діючих електроустановках (за винятком щитів керування, приміщень з релейними панелями та їм подібних), в колодязях, тунелях, траншеях, повинні користуватись захисними касками.

Працівникам підприємств, інших організацій, направлених у відрядження, одноособово можна записувати покази лічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ. У разі наявності місцевих оперативних працівників відряджені працівники повинні мати групу II, а у разі відсутності місцевих оперативних працівників - групу III. Працівники, які обслуговують компресорні установки та повітрозбірники, електролізні установки, акумуляторні батареї та зарядні пристрої, повинні

мати групу III.

3.1.2 Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.

1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огорожувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;
- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;
- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного

поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (покажчики напруги для фазування, покажчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових – діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [21], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

За безпечність конструкції, правильність вибору матеріалів, якість виготовлення, а також за відповідність засобів захисту чинним в Україні нормативним документам повинні нести відповідальність керівники підприємств, установ, організацій (незалежно від форми власності), що

виготовляють ці засоби захисту, орган, який видав сертифікат на виробництво та на реалізацію захисних засобів, в тому числі і засобів захисту зарубіжного виробництва.

3.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

3.2.1. Мікроклімат

Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 3.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдува;
- провітрювання приміщення.

Таблиця 3.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

3.2.2. Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Вуглець (II) оксиду	20		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під час роботи лінії;
- встановлення пиловловлюючих засобів.

3.2.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт під час експлуатації електрообладнання – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «Г».

Таблиця 3.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. Ч. Від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	Г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	3	1,8

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної

мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

3.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Проектом передбачені засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

– безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;

– для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

3.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

Приміщення ЗРП за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини).

Будівля ЗРП, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилинах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [34] наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [34] наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрытия	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 3.7 (знаменник).

Таблиця 3.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
III	8/9	8/12	10/15

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В приміщенні ЗРП, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

На території ЗРП встановлено 16 вогнегасників ВП-5 і 7 газових вогнегасників ВВК-7 [33].

ВИСНОВКИ

1. На підставі виконаного моделювання досліджено вплив ВДЕ на основні властивості розподільної електричної мережі, які безпосередньо впливають на якість її функціонування по відношенню до споживачів.

2. Набув подальшого розвитку метод оцінки якості функціонування розподільної електричної мережі шляхом врахування впливу ВДЕ. Оцінка виконується по відношенню до "ідеальної" системи, тому порівняння різних варіантів систем електропостачання можна виконувати без визначення техніко-економічних показників.

3. Використовуючи запропонований підхід виявляється можливим розв'язання ряду актуальних задач, серед яких:

- визначення стратегії впровадження ВДЕ з мінімальним погіршенням якості функціонування розподільних електричних мереж;
- оцінювання та оптимізація місць приєднання ВДЕ за загальносистемним критерієм якості функціонування;

4. Під час виконання відновлювальних робіт, або ліквідації аварій диспетчеру необхідно мати інформацію не лише про можливі варіанти живлення споживачів, але й можливість оцінювання цих варіантів за надійністю енергопостачання та якістю електроенергії, тобто якістю функціонування системи. Використання критеріальної моделі, що ґрунтується на поєднанні теорії марковських процесів та критеріального програмування, дозволяє розв'язати цю задачу. При цьому результат отримується у відносних одиницях, що надає ряд переваг, серед яких спрощення його аналізу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Відновлювана енергетика XXI століття: X міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011. – 396 с.
2. Відновлювана енергетика XXI століття: XI міжнарод. наук.-практ. конф.: матеріали конференції. – Крим, 2011. – 405 с.
3. R. W. Wies, R. A. Johnson, J. Aspnes. *DESIGN OF AN ENERGY EFFICIENT STANDALONE DISTRIBUTED GENERATION SYSTEM EMPLOYING RENEWABLE ENERGY SOURCES AND SMART GRID TECHNOLOGY // Proceedings of IEEE Power & Energy Society General Meeting.* – 2010. – P. 1-8.
4. Кириленко О. В., Трач І. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // *Праці Інституту електродинаміки НАН України.* – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7. – ISSN 1727-9895.
5. A. Kim, H. Seo, G. Kim, M. Park, I. Yu, Y. Otsuki, J. Tamura, S. Kim, K. Sim, K. Seong. *OPERATING CHARACTERISTIC ANALYSIS OF HTS SMES FOR FREQUENCY STABILIZATION OF DISPERSED POWER GENERATION SYSTEM // IEEE Transmitting On Applied Superconductivity.* – 2010. – Vol. 20. – № 3. – P. 1334-1338.
6. Лежнюк П. Д. Оптимальне керування розосередженими джерелами енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук // *Праці Інституту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Ч. 1.* – 2011. – С. 48–55. – ISSN 1727-9895.
7. Ahmed W. Sheta A.F. *OPTIMIZATION OF ELECTRIC POWER DISTRIBUTION USING HYBRID SIMULATED ANNEALING APPROACH // Amerrikan Jornal of Applied Sciences.* – 2008/ – Vol. 5. – P. 559–564.
8. Mithulananthan N., Than O. *DISTRIBUTED GENERATOR PLACEMENT TO MAXIMIZE THE LOADABILITY OF DISTRIBUTION SYSTEM // IJEE.* – 2006. Vol. 43. – P. 107–118.

9. Dolezal J., Sautarius P., Tlustý J. *THE EFFECT OF DISPERSED GENERATION ON POWER QUALITY IN DISTRIBUTION SYSTEM* // *Quality and Security of Electric Power Delivery System. CIGRE/IEEE PES International Symposium.* – 2003. – P. 204–207.

10. Esposito G., Golovaton N., Lazaroiu C., Zaninelli D. *IMPACT OF EMBEDDED GENERATION ON THE VOLTAGE QUALITY OF DISTRIBUTION NETWORKS* // *Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU.* – 2007. Vol. 3. – № 1. Режим доступу: http://www.leonardo-energy.org/webfm_send/1079.

11. Мокін Б. І. Математичні моделі робастної стійкості та чутливості нелінійних систем / Б. І. Мокін, С. В. Юхимчук. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 122 с.

12. Комар В. О. Критеріальне моделювання якості функціонування розподільних мереж / В. О. Комар, А. Л. Поліщук // Вісник Львівського національного технічного університету. – №637. – 2009. – с. 35-39.

13. Лежнюк П. Д. Врахування якості функціонування розподільних систем під час їх реконструкції / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, В. О. Лесько, А. Л. Поліщук // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. Михайла Остроградського. – частина 1. – №3(56). – 2009. – с. 172-175.

14. Лежнюк П. Д. Критеріальне моделювання в задачах оцінки якості функціонування систем / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, Ю. В. Томашевський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – №3. – С.48–52.

15. Лежнюк П. Д. Оцінка якості оптимального керування критеріальним методом / П. Д. Лежнюк, В. О. Комар. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 108 с.

16. Cost Related Reliability Measures for Power System Equipment / George J. Anders, Armando M. Leite da Silva // *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 15, №. 2, May 2000. – P. 654 – 660.

17. Комар В. О. Узагальнена техніко-економічна оцінка ефективності реконструкції розподільних електричних мереж / В. О. Комар, А. Л. Поліщук

// Вісник Львівського національного технічного університету. – №666. – 2010. – с. 47-52.

18. Лежнюк П. Д. Додаткові втрати електроенергії як результат взаємовпливу електричних мереж / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. Б. Бурикін, А. Л. Поліщук // Енергетика: проблеми та перспективи. Погляд громадськості. Збірка №4. – Київ: ОЕП “ГРІФРЕ”, 2007. – С. 180-184.

19. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

20. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

21. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826.

22. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

23. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

24. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

25. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

26. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

27. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку

та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

28. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

29. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

30. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

31. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

32. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

33. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

34. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ)
РОБОТИ

Назва роботи: «Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж операторів системи розподілу»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ: Кафедра електричних станцій та систем

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник: д.т.н., зав. кафедри ЕСС Комар В. О.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

StrikePlagiarism	
Оригінальність	61,7
Загальна схожість	38,3

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор Глуханюк А.В.
(підпис)

Глуханюк А.В.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку [підпис]
(підпис)

Вишневський С.Я.
(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б

ІЛЮСТРАЦІЙНА ЧАСТИНА

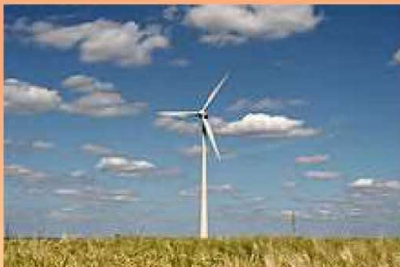
**«Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж
операторів системи розподілу»**

Вплив відновлюваних джерел енергії на режими електричних мереж операторів системи розподілу

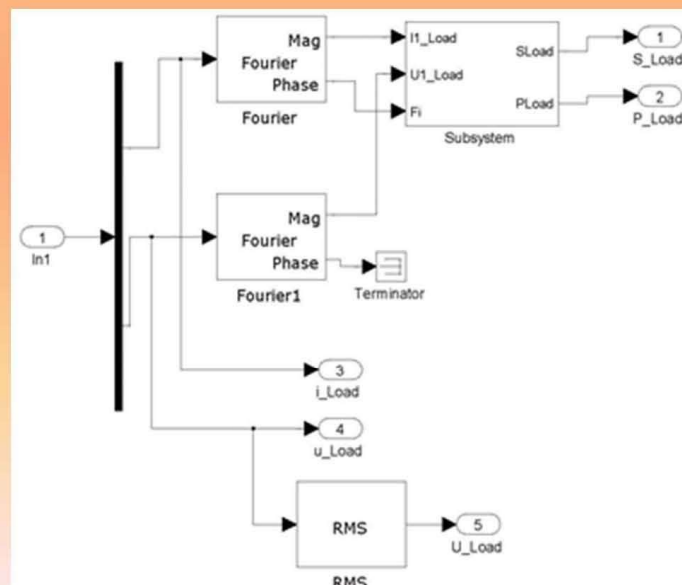
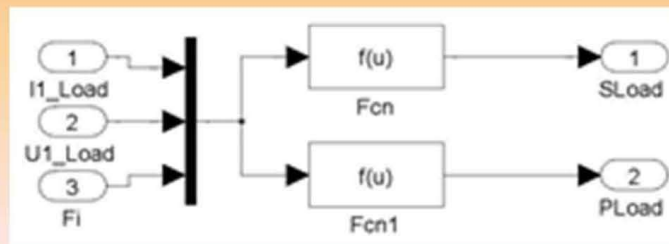
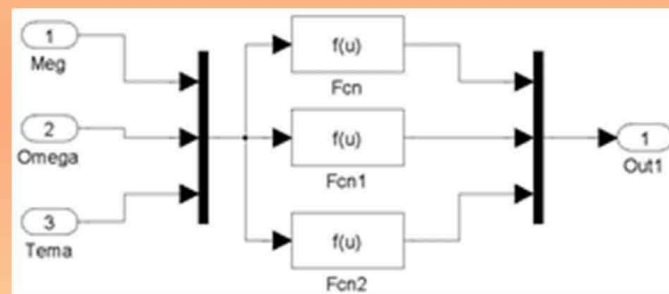
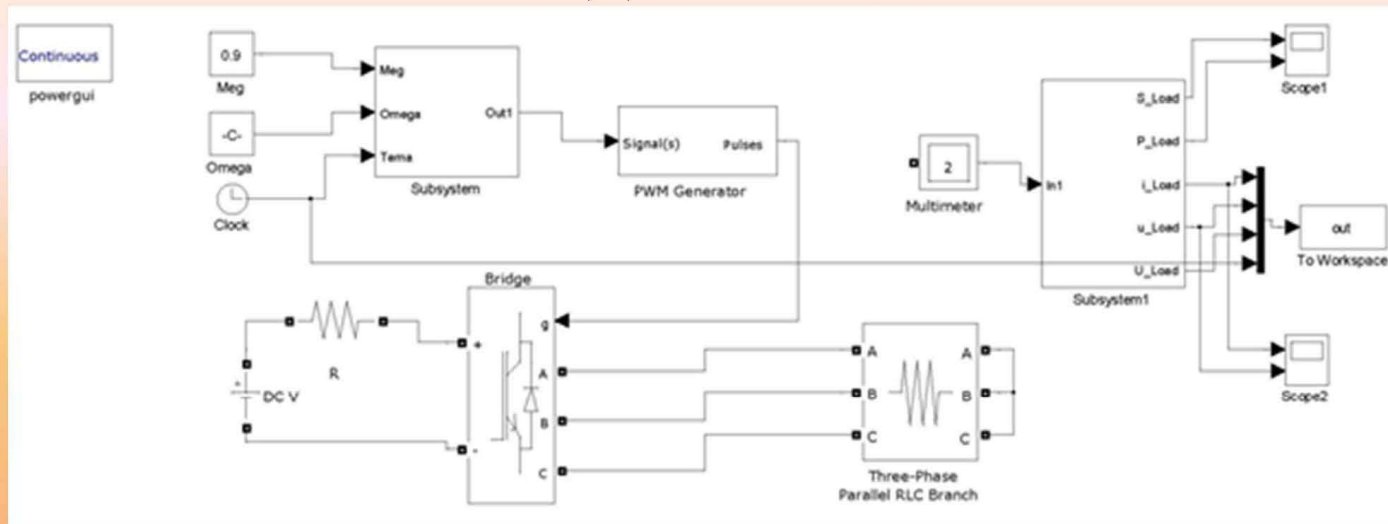


Студентка гр. 1ЕСМ-21б Глуханюк А. В.
Керівник д.т.н., професор Комар В. О.

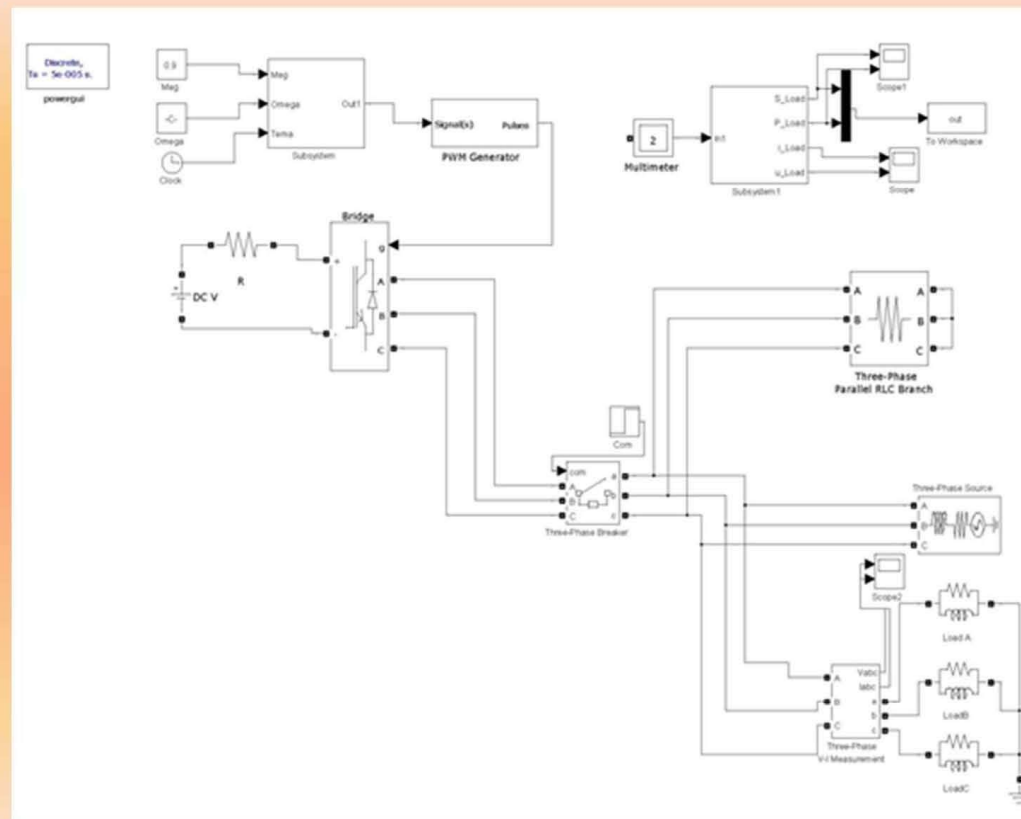
Відновлювана енергетика (англ. renewable energetics) — енергетична галузь, що спеціалізується на отриманні та використанні енергії з відновлюваних джерел енергії. До відновлюваних джерел енергії належать періодичні або сталі потоки енергії, що розповсюджуються в природі і обмежені лише стабільністю Землі як космопланетарного елемента: променева енергія Сонця, вітер, гідроенергія, природна теплова енергія тощо.



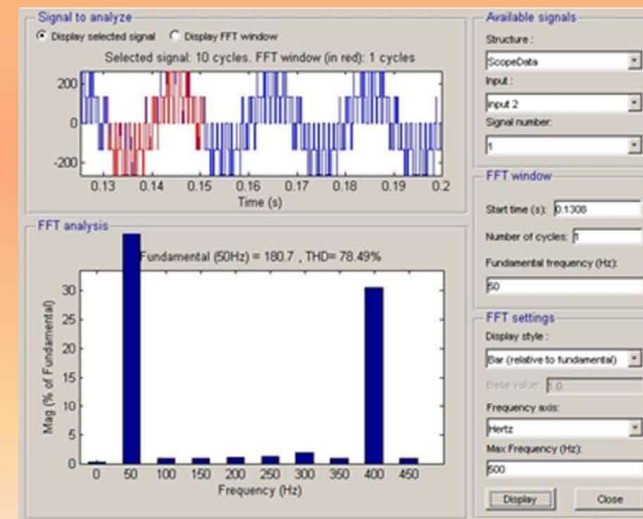
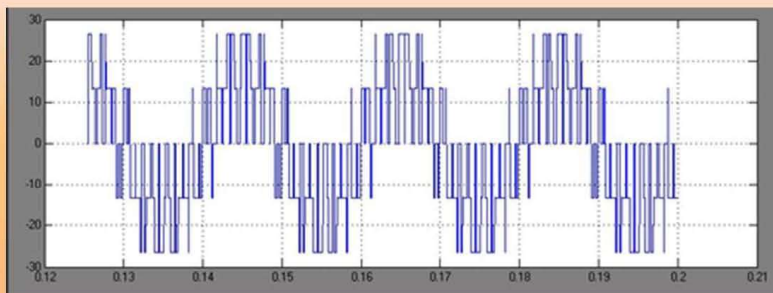
Модель СЕС



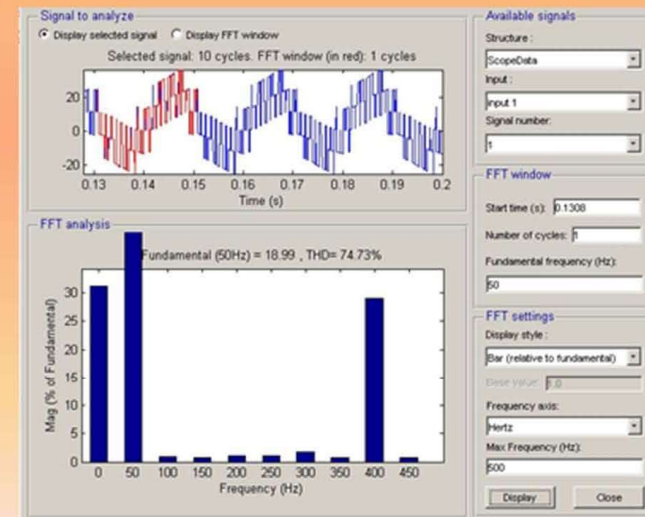
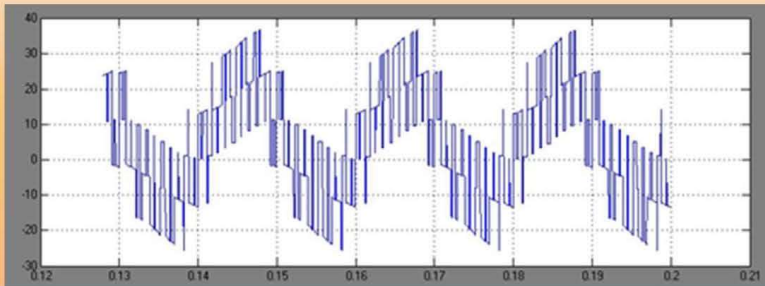
Модель СЕС, що працює паралельно з ЕЕС



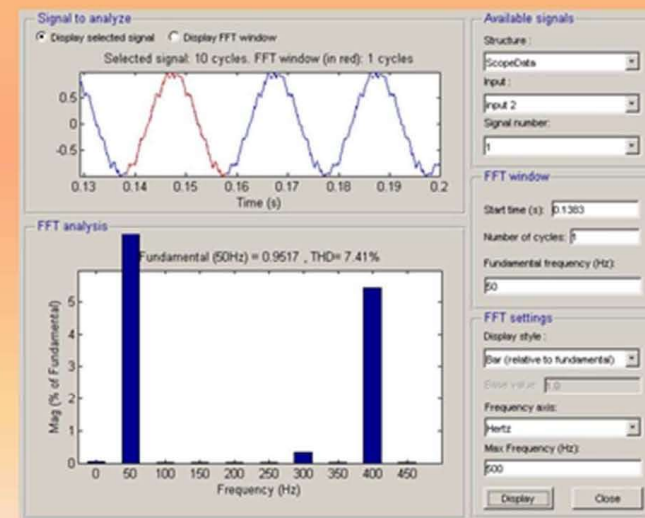
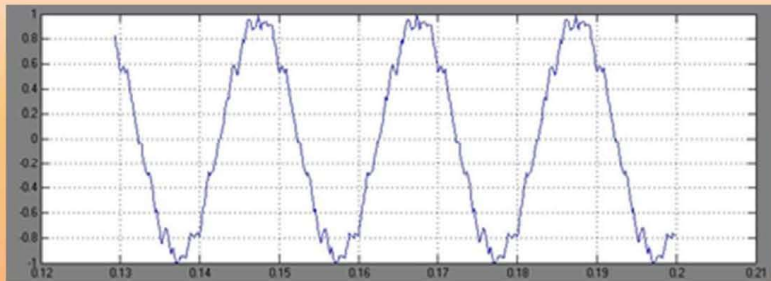
Зміна стуму на виході інвертора для активного навантаження та аналіз спектру гармонік



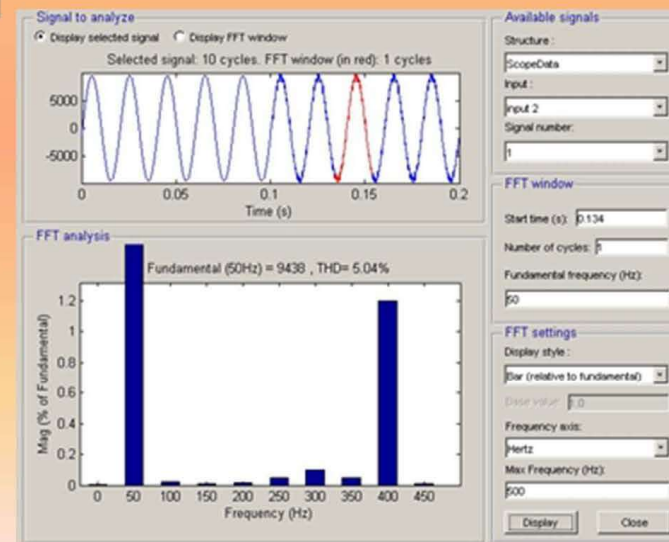
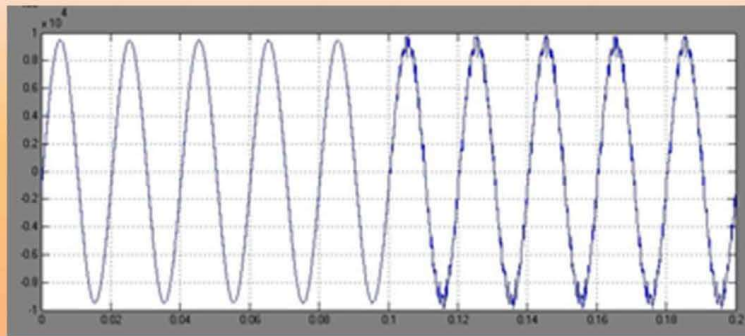
Зміна стуму на виході інвертора для індуктивного навантаження та аналіз спектру гармонік



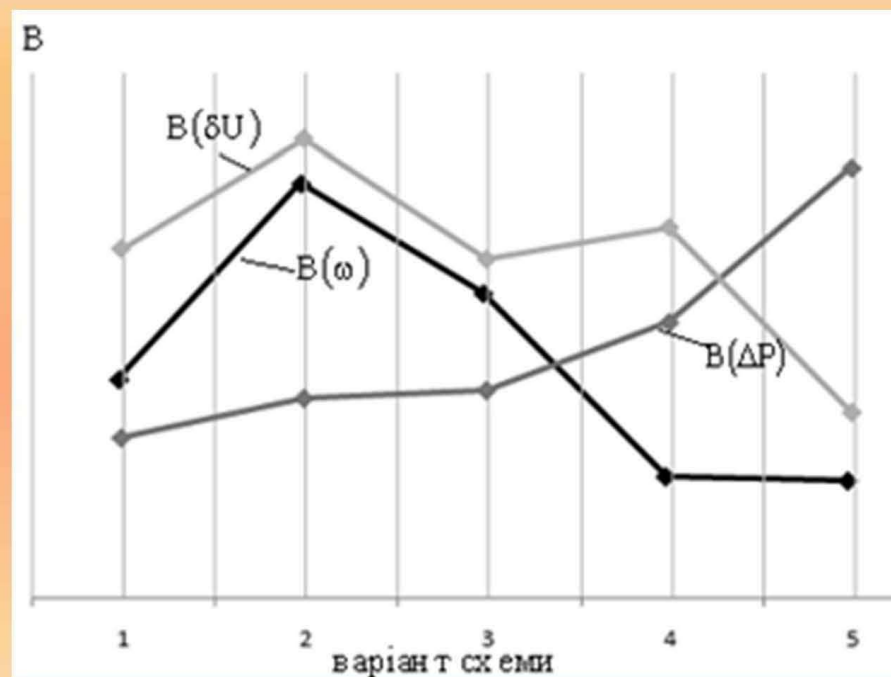
Зміна напруги на виході інвертора для активного навантаження після фільтрації та аналіз спектру гармонік



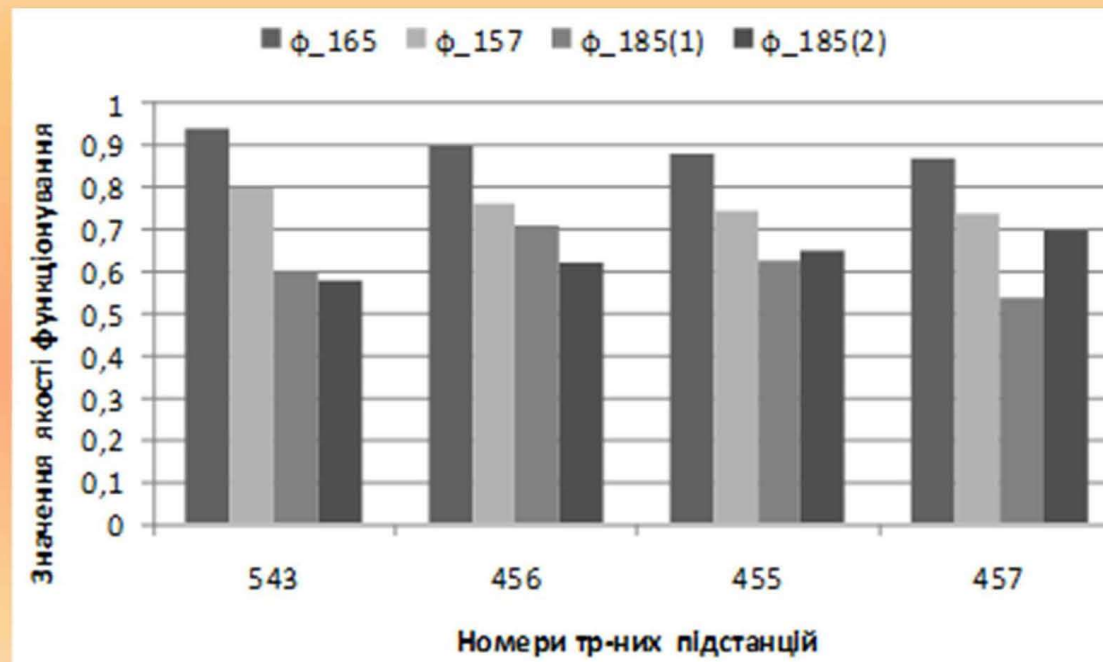
Зміна напруги в мережі під час синхронізації з системою та аналіз спектру гармонік



Залежність витрат від варіанту схеми підключення ВДЕ



Результати розрахунків варіантів живлення споживачів фідера



Висновки

1. На підставі виконаного моделювання досліджено вплив ВДЕ на основні властивості розподільної електричної мережі, які безпосередньо впливають на якість її функціонування по відношенню до споживачів.
2. Набув подальшого розвитку метод оцінки якості функціонування розподільної електричної мережі шляхом врахування впливу ВДЕ. Оцінка виконується по відношенню до "ідеальної" системи, тому порівняння різних варіантів систем електропостачання можна виконувати без визначення техніко-економічних показників.
3. Використовуючи запропонований підхід виявляється можливим розв'язання ряду актуальних задач, серед яких:
 - визначення стратегії впровадження ВДЕ з мінімальним погіршенням якості функціонування розподільних електричних мереж;
 - оцінювання та оптимізація місць приєднання ВДЕ за загальносистемним критерієм якості функціонування;
4. Під час виконання відновлювальних робіт, або ліквідації аварій диспетчеру необхідно мати інформацію не лише про можливі варіанти живлення споживачів, але й можливість оцінювання цих варіантів за надійністю енергопостачання та якістю електроенергії, тобто якістю функціонування системи. Використання критеріальної моделі, що ґрунтується на поєднанні теорії марковських процесів та критеріального програмування, дозволяє розв'язати цю задачу. При цьому результат отримується у відносних одиницях, що надає ряд переваг, серед яких спрощення його аналізу.