

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ІЗ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Роман МИКИТЕЙ**

Керівник: канд. техн. наук, доцент

_____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«____» _____ 2023 р.

Керівник проектної
групи

(гарант освітньої
програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка виконана на 118 сторінках формату А4, яка включає в себе 35 рисунків, 29 таблиць, 16 джерел використаної літератури.

В магістерській дисертації розглянуто проблеми функціонування розподільних електричних мереж з розподіленими джерелами енергії, та вплив джерел розосередженого генерування на надійність розподільних електричних мереж. Проведено аналіз методів оцінювання надійності в умовах зростання розосередженого генерування. Виконано аналіз показників балансової та режимної надійності з врахуванням відновлюваних джерел електроенергії. Проведено розробку методу оцінювання впливу відновлюваних джерел електроенергії на режим розподільних електричних мереж за показником якості електропостачання.

Актуальність роботи. В останні десятиліття у світі спостерігається стійке зацікавлення проблемами використання ВДЕ , особливо у контексті їх роботи в електричних мережах енергосистем. Актуальність роботи пов'язана з широким розповсюдженням джерел розподіленої генерації, а також тим фактором, що електричні мережі проектувалися для умов централізованого електропостачання, а розбудова в них ВДЕ породжує нові нехарактерні для минулого періоду проблеми і задачі. В першу чергу, впливає нестабільність генерування ВДЕ через природну залежність від стану навколишнього середовища. Питанням інтеграції та регулювання джерел розподіленої генерації в електричних мережах займаються вчені, серед яких можна виділити: Лежнюк П.Д., Козирський В.В., Попов В.А., Кулик В.В., Нікіторович О.В. та інші.

Метою магістерської дисертації є розробка основ побудови систем електропостачання з джерелами розподіленої генерації, створення методів і алгоритмів визначення параметрів мережі та її оптимізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- скласти в програмному середовищі Power Factory модель мережі з розподіленими джерелами генерації;
- змодельовати роботу розподільної електричної мережі та визначити вплив ВДЕ на її режимні параметри ;
- проаналізувати отримані результати та розробити методи керування параметрами режиму розподільної мережі;
- визначити найбільш оптимальні місця секціонування мережі.

Об’єкт дослідження: розподільні електричні мережі з генерацією від альтернативних джерел енергії.

Предмет дослідження: вплив ВДЕ на режими роботи розподільних електричних мереж, аналіз та оптимізація складової втрат електроенергії від перетікань, що зумовлені роботою відновлюваних джерел.

Методи дослідження. В основу роботи покладено моделювання режимів роботи розподільної мережі з джерелами генерації від відновлювальних джерел енергії . Обробка результатів дослідження виконувалася за допомогою програмного забезпечення: DigSilent Power Factory.

Наукова новизна результатів полягає в розробленні моделей для аналізу та оптимізації мереж з джерелами розподіленої генерації.

ДЖЕРЕЛА РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЕЛЕКТРИЧНА МЕРЕЖА, ЛОКАЛЬНА ЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ.....	8
1.1 Загальні відомості про джерела розподіленої генерації.....	8
1.2 Аналіз зміни структури генеруючих потужностей в Україні	16
Сонячна енергетика.....	19
Вітрова енергетика	20
Малі ГЕС	21
Біомаса.....	22
Біогаз.....	23
1.3 Розвиток розподіленої генерації у світі.....	26
Висновки до розділу 1.....	41
РОЗДІЛ 2 ЗАДАЧІ ВПРОВАДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	42
2.1 Аналіз доцільності існування острівного режиму роботи в системах електропостачання з ДРГ	42
2.1.1 Обґрунтування доцільності існування острівних режимів роботи в системах електропостачання з ДРГ	42
2.1.2 Обґрунтування методу оцінювання надійності	44
2.1.3 Математична модель формування "динамічних енергоостровів" .	52
2.2 Урахування перспективного розвитку розподіленої генерації	59
2.3 Вплив нерегульованої генерації на якість та втрати електроенергії в СЕП.....	64
2.3.1 Вплив відновлювальних джерел енергії на втрати електроенергії в електричних мережах.....	64
2.3.2 Вплив відновлювальних джерел енергії на якість електроенергії	

в електричних мережах.....	68
2.3.3 Вибір оптимального місця приєднання джерела розподіленої генерації.....	69
2.4 Аналіз показників балансової надійності електричних мереж	82
Висновки до розділу 2.....	88
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ ДУНАЄВСЬКИХ РАЙОННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ.....	90
3.1 Коротка характеристика Дунаєвської СЕС	90
3.2 Аналіз режиму літнього мінімуму навантаження	96
3.3 Аналіз післяаварійних режимів за умови літнього мінімуму навантаження	105
3.1 Аналіз режиму за умови літнього максимуму навантаження та реконфігурація схеми мережі з точки зору мінімізації втрат потужності	108
Висновки до розділу 3	114
ВИСНОВКИ.....	116
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	117

ВИСНОВКИ

Джерела розподіленої генерації мають великий потенціал для підвищення продуктивності розподільних електричних мереж. Однак конструкція системи розподілу і режими їх роботи створюють низку проблем для впровадження розподілених джерел енергії.

В даній магістерській дисертації були проаналізовані та запропоновані шляхи вирішення актуальної наукової задачі управління режимами роботи малозавантажених електричних мереж із ДРГ, що дозволяє підвищити надійність та ефективність систем електропостачання локальних об'єктів з ДРГ. У зв'язку з постійно зростаючою потужністю комплексів ВДЕ найбільш актуальними задачами на даний момент постають забезпечення якості електроенергії, балансової стійкості та надійності енергосистем.

Внаслідок моделювання розподільної мережі напругою 35 кВ з встановленою СЕС потужністю 18 МВт було розглянуто питання керування та оптимізації режиму роботи енергосистеми. Так як наявність некерованих ДРГ в електромережі здатна суттєво впливати на підвищення рівнів напруг доцільним буде встановлення пристрою компенсації реактивної потужності індуктивного характеру.

За критерієм мінімізації втрат потужності оптимальним режимом роботи СЕС є режим «локального енергоострова». Враховуючи нестабільність генерації більшості ВДЕ та фактичну некерованість даний режим є неприйнятним з огляду на необхідність забезпечення стабільності роботи енергосистеми. Отже задача вибору місць оптимального секціонування мережі стає багатокритеріальною і критерій втрати потужності відходить на другий план. З урахуванням різного ступеню генерації ДРГ в залежності від погодних умов, точки потокорозподілу можуть суттєво зміщуватись, що призведе до неминучого збільшення втрат потужності. Вирішенням даної задачі є резервування генерувальних потужностей високоманевреними електростанціями або накопичувачами електроенергії.