

Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КРАВЧУК СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 621.316.1:621.311.29

ДИСЕРТАЦІЯ
ОПТИМІЗАЦІЯ ПОТУЖНОСТЕЙ ГЕНЕРУВАННЯ
ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В ЗАДАЧАХ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ ЛОКАЛЬНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Спеціальність 05.14.02 – електричні станції, мережі і системи
технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ С. В. Кравчук

Науковий керівник

Лежнюк Петро Дем'янович
доктор технічних наук, професор

Вінниця – 2017

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	Error! Bookmark not defined.
ВСТУП.....	185
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЗІ ЗНАЧНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	Error! Bookmark not defined.
1.1 Умови функціонування електричних мереж з відновлювальними джерелами електроенергії.....	Error! Bookmark not defined.
1.1.1 Аналіз функціонування електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії на базі концепції Smart Grid	Error! Bookmark not defined.
1.1.2 Методи розв’язання задач оптимізації режимів електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Вплив нестабільності генерування відновлювальних джерел енергії на режимні параметри електричних мереж	Error! Bookmark not defined.
1.2.1 Вплив відновлювальних джерел енергії на втрати електроенергії в електричних мережах.....	Error! Bookmark not defined.
1.2.2 Вплив відновлювальних джерел енергії на якість електроенергії в електричних мережах.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Аналіз існуючих показників оцінювання нерівномірності добового графіка електричних навантажень	Error! Bookmark not defined.
1.4 Оцінювання якості функціонування електричних мереж з відновлювальними джерелами електроенергії	Error! Bookmark not defined.
1.5 Висновки по розділу 1. Задачі наукового дослідження	Error! Bookmark not defined.

РОЗДІЛ 2 ВРАХУВАННЯ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ГЕНЕРУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ**Error! Bookmark not defined.**

2.1 Визначення показника якості функціонування електричних мереж як засобу узагальненого оцінювання структурної, балансової і режимної надійності**Error! Bookmark not defined.**

2.2 Оцінювання якості функціонування ЛЕС..**Error! Bookmark not defined.**

2.2.1 Аналіз існуючих показників оцінювання балансової надійності електричних мереж**Error! Bookmark not defined.**

2.2.2 Визначення імовірнісних характеристик генерування ФЕС..... **Error! Bookmark not defined.**

2.2.3 Метод визначення показника стабільності генерування ФЕС... **Error! Bookmark not defined.**

2.2.4 Визначення потужності резерву джерела централізованого живлення для забезпечення балансової надійності ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

2.2.5 Визначення імовірності забезпечення нормативних відхилень втрат потужності та напруги у вузлах ЛЕС.....**Error! Bookmark not defined.**

2.2.6 Визначення вагових коефіцієнтів складових узагальненого показника якості функціонування ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

2.3 Розроблення методу узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

2.4 Висновки до розділу 2.....**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 3 АЛГОРИТМІЗАЦІЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ІНТЕГРУВАННЯ ФЕС В ЛЕС ... **Error! Bookmark not defined.**

3.1 Алгоритмізація визначення показника якості функціонування локальної електричної системи**Error! Bookmark not defined.**

3.1.1 Алгоритм визначення показника оцінки стабільності генерування ФЕС для забезпечення балансової надійності ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

3.1.2 Визначення ємності та графіка роботи накопичувача електроенергії фотовольтаїчної електростанції з урахуванням нестабільності її генерування**Error! Bookmark not defined.**

3.1.3 Алгоритми визначення імовірності забезпечення нормативних значень відхилення рівня напруг у вузлах та втрат потужності в ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

3.1.4 Алгоритм визначення оптимальної потужності генерування ФЕС на основі оцінювання якості функціонування ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

3.2 Алгоритм узгодження графіків генерування ФЕС та електричного навантаження ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

3.3 Розроблення програмного забезпечення для узгодження графіків генерування ФЕС та електричного навантаження ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

3.4 Висновки до розділу 3**Error! Bookmark not defined.**

РОЗДІЛ 4 ОПТИМІЗАЦІЯ ВПЛИВУ ГЕНЕРУВАННЯ ФОТОВОЛЬТАЇЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ НА БАЛАНСОВУ НАДІЙНІСТЬ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ**Error! Bookmark not defined.**

4.1 Оцінювання впливу генерування ФЕС на якість функціонування ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**

- 4.1.1 Визначення імовірнісних характеристик генерування Гальжбіївської ФЕС для фрагменту схеми електричних мереж 10 кВ Ямпільського району**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.2 Оцінювання впливу генерування ФЕС на режимні параметри роботи ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.3 Оцінювання якості функціонування локальної електричної системи за критеріальною моделлю**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.4 Визначення ємності накопичувача як елемента підвищення балансової надійності локальних електричних систем**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.5 Визначення оптимальної потужності резерву локальної електричної системи з урахуванням генерування ФЕС**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2 Оцінювання ефекту від узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження в ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.1 Узгодження графіків генерування Гальжбіївської ФЕС та електроспоживання Ф-15 Ямпільських РЕМ**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.2 Результати визначення потужності резерву для узгоджених графіків електричних навантажень ЛЕС та генерування Гальжбіївської ФЕС**Error! Bookmark not defined.**
- 4.3 Засоби покращення балансової надійності локальної електричної системи**Error! Bookmark not defined.**
- 4.3.1 Визначення оптимальної потужності генерування ФЕС **Error! Bookmark not defined.**
- 4.3.2 Обґрунтування вибору оптимального засобу підвищення балансової надійності ЛЕС**Error! Bookmark not defined.**
- 4.5 Висновки до розділу 4.....**Error! Bookmark not defined.**

ВИСНОВКИ	Error! Bookmark not defined.
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	192
ДОДАТОК А Лістинг частини коду програми «Морфометрія графіка електричних навантажень»	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК Б Аналіз основних морфометричних показників нерівномірності графіка електричних навантажень	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК В Результати визначення основних імовірнісних характеристики процесів генерування Гальжбіївської ФЕС та навантаження лінії Ф-15 «ПС Ямпіль 110/10кВ» для зимового періоду	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК Г Результати визначення потужності резерву ЛЕС для оптимальної потужності Гальжбіївської ФЕС	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК Д Список опублікованих праць за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.....	Error! Bookmark not defined.
ДОДАТОК Ж Довідки про впровадження результатів дисертаційного дослідження	Error! Bookmark not defined.

ВСТУП

Актуальність теми. Інтенсивне впровадження відновлювальних джерел енергії в електроенергетичну систему України ставить нові задачі перед фахівцями галузі. В основному вони зумовлені непристосованістю розподільних електричних мереж до електричних станцій, які використовують відновлювальні джерела енергії, з нестабільним генеруванням та відсутністю достатнього рівня автоматизації мереж.

Поява відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕ) поряд зі споживачем потенційно повинна призводити до розвантаження електричних мереж, підвищення якості і надійності електропостачання. Однак,

нестабільність генерування ВДЕ, зумовлена залежністю від природних умов, часом завищена потужність приєднаного джерела призводять до зниження ефективності функціонування електричної мережі і погіршення якості послуг з електропостачання кінцевого споживача. Особливо це стосується фотовольтаїчних електростанцій (ФЕС), одинична та сумарна встановлена потужність яких в електричних мережах зростає з кожним роком.

Наявність в розподільних електричних мережах джерел енергії дозволяє характеризувати їх як локальну електричну систему (ЛЕС), від надійної і економічної роботи якої залежить не лише рівень послуг з електропостачання, а й стабільна робота енергосистеми. Важливим є узгодження графіків навантаження і генерування в ЛЕС таким чином, щоб шляхом балансування потужності в ЛЕС мінімізувати їх вплив на основні центри живлення від електроенергетичної системи (ЕЕС). Особливо тоді, коли в точках примикання ЛЕС до ЕЕС необхідно витримувати заданий графік споживання (генерування) електроенергії. В цьому випадку необхідно мінімізувати відхилення від централізовано заданого графіка сукупного генерування ВДЕ за заданих обмежень на первинні енергоресурси та з врахуванням їх характеристик. При цьому повинна бути забезпечена стійкість ЛЕС як в режимі мінімального навантаження, так і в режимі максимального навантаження.

На сьогодні проблемами оптимального інтегрування ВДЕ в електричні мережі енергосистем і створенню сприятливих умов для розбудови ВДЕ активно займаються в Інституті електродинаміки НАНУ [1–4], Інституті відновлюваної енергетики НАНУ [5–7], НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» [8–11], Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ) [12–15], Національному університеті біоресурсів та природокористування [16, 17], Київському національному університеті технологій і дизайну [18], Луцькому національному технічному університеті [19–21] та інші [22–24].

Оскільки частка фотовольтаїчних електростанцій серед ВДЕ є

суттєвою, а генерування їх нестабільне через залежність від природних умов, то актуальним є дослідження їх впливу на режим локальної електричної системи. Необхідно розробляти методи і засоби оптимального використання ФЕС в електричних мережах таким чином, щоб узгоджувалися інтереси власників джерел генерування та енергопостачальних компаній при відповідній якості електропостачання споживачів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана в плані наукових досліджень, які проводились кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ за держбюджетною та госпдоговірною темами: «Інтелектуалізація електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами енергії на основі принципу Гамільтона-Остроградського» (№ держреєстрації 0115U001120) та «Програмно-апаратний комплекс прогнозування режимів функціонування фотовольтаїчних електричних станцій» (№ договору 2162) відповідно. Автор брав участь у виконанні вищевказаних робіт як виконавець.

Метою роботи є підвищення балансової надійності локальних електричних систем та покращення їх якості функціонування шляхом визначення оптимальних потужностей генерування фотовольтаїчних електростанцій.

Відповідно до вказаної мети в роботі вирішуються такі **основні задачі**:

- дослідження взаємовпливу режимів ФЕС та споживачів електроенергії на основі аналізу графіків їх функціонування;
- аналіз методів оцінювання балансової надійності локальних електричних систем в умовах розбудови розосередженого генерування;
- розроблення методу оцінювання стабільності генерування відновлювальних джерел енергії в задачах оцінювання балансової надійності;
- вдосконалення інтегрального показника якості функціонування локальних електричних систем для оцінювання рівня якості електропостачання споживачів;
- розроблення методу визначення оптимальної встановленої

потужності відновлювальних джерел енергії на підставі аналізу якості функціонування локальної електричної системи;

- розроблення методу узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження в локальній електричній системі;
- розроблення методу визначення оптимальної потужності резерву для забезпечення балансової надійності локальної електричної системи;
- виконання алгоритмічної та програмної реалізації розроблених методів та перевірка їх ефективності.

Об'єктом дослідження роботи є нормальні режими розподільних електричних мереж з фотовольтаїчними електростанціями.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення балансової надійності локальних електричних систем.

Методи дослідження. Для розроблення методів визначення оптимальної встановленої потужності та добових графіків генерування ВДЕ в локальній електричній системі використані методи математичного моделювання та чисельні методи. Статистичні методи оброблення інформації використано для аналізу результатів натурного експерименту. Методи лінійного програмування застосовано для формування алгоритмів пошуку оптимальних розв'язків поставлених задач. Усталені режими моделюються та аналізуються з використанням методу вузлових напруг, матричної алгебри, теорії графів. Для розроблення алгоритмів і програм аналізу графіків генерування ФЕС та їх впливу на режими роботи ЛЕС використовувалися декомпозиція та об'єктно-орієнтований аналіз.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що:

- вперше запропоновано метод визначення оптимальної потужності резерву для фотовольтаїчних електростанцій в локальній електричній системі за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії, що дозволяє компенсувати нестабільність процесу генерування ФЕС і підвищити балансову надійність;
- вперше запропоновано метод узгодження графіків електричних

навантажень в локальній електричній системі і генерування фотовольтаїчних електростанцій в ній, що ґрунтується на застосуванні алгоритму транспортної задачі і дозволяє підвищити енергоефективність ЛЕС за рахунок зменшення втрат електроенергії в мережі, покращення якості напруги та підвищення надійності електропостачання.

– на основі аналізу ймовірнісних характеристик графіків генерування фотовольтаїчних електростанцій, вдосконалено метод визначення коефіцієнта стабільності їх генерування завдяки застосуванню апарату Гаусових сумішей, що дозволяє обґрунтувати ємність накопичувача електроенергії як резерву потужності в локальній електричній системі;

– розвинуто метод оцінювання якості функціонування локальної електричної системи шляхом визначення вагових коефіцієнтів для складових інтегрального показника якості, що дозволяє визначити готовність локальної електричної системи до забезпечення надійного і якісного електропостачання споживачів.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи полягає в тому, що на підставі результатів виконаних досліджень розв'язана задача підвищення балансової надійності ЛЕС, що полягає у визначенні оптимальної потужності резерву від централізованих джерел живлення. Така потужність визначена за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії.

За результатами проведених теоретичних досліджень розроблено програму, що дозволяє на основі аналізу нерівномірності сумарного добового графіка локальної електричної системи визначити необхідну міру зміщення графіка споживання протягом доби за фінансового стимулювання енергопостачальною компанією для забезпечення максимального вирівнювання сумарного добового графіка електроспоживання ЛЕС.

Розроблені у роботі алгоритми та програми визначення ємності накопичувача, що рекомендується для встановлення на фотовольтаїчній електростанції, передано для дослідної експлуатації до ТОВ «Подільський

енергоконсалтинг» (довідка про впровадження від 19.06.2017 р.).

На основі вдосконаленого показника якості функціонування ЛЕС запропоновано метод визначення оптимальної встановленої потужності ФЕС, яка забезпечує зниження втрат електроенергії, підвищення якості напруги і надійності електропостачання. Використовуючи даний метод, можна досягти зменшення втрат в окремих електричних мережах на 2–5%, а також забезпечити дотримання нормативних відхилень напруги під час роботи ФЕС. Запропонований підхід, реалізований програмними засобами, передано для дослідної експлуатації в ТОВ «Енергоінвест» (довідка про впровадження від 15.06.2017р).

Результати дисертаційного дослідження впроваджено в навчальному процесі Вінницького національного технічного університету (довідка про впровадження від 14.06.2017 р.).

Особистий внесок здобувача. Всі наукові положення, які є основним змістом дисертаційної роботи, розроблено та обґрунтовано здобувачем особисто. У роботах, що опубліковано у співавторстві, внесок автора такий. В [25] запропоновано метод визначення показника стабільності генерування фотовольтаїчних електростанцій для оцінювання впливу останній на балансову надійність електричних мереж. В [26,37] запропоновано модель, яка ґрунтується на застосуванні суміші з декількох гаусових розподілів для оцінювання імовірнісних характеристик зміни потужності генерування ФЕС та навантаження ЛЕС. В [27] запропоновано алгоритм методу вирівнювання графіку навантаження локальних електричних систем з ФЕС. В [28] запропоновано метод визначення оптимальної, за критерієм мінімуму приведених витрат енергопостачальної компанії, потужність резерву для електричних мереж з високим ступенем впровадження відновлювальних джерел електроенергії. В [29,39] запропоновано алгоритм методу узгодження графіків генерування ФЕС та навантаження локальної електричної системи, що враховує нестабільність генерування ФЕС. В [30,38] запропоновано метод визначення оптимальних, за критерієм мінімуму втрат потужності, місць

встановлення ВДЕ і їх потужностей. В [31] запропоновано алгоритм оптимізації нормальних режимів електроенергетичних систем на основі принципу найменшої дії за різних критеріїв оптимальності. В [32] запропоновано математичну модель електричної мережі, що враховує нестабільну природу видачі потужності відновлювальними джерелами енергії, зокрема фотовольтаїчними електростанціями та малими гідроелектростанціями. В [33] на основі визначених коефіцієнтів струморозподілу розроблений алгоритм узгодження графіків генерування фотовольтаїчних електростанцій та електричного навантаження споживачів локальних електричних систем. В [34,36] здійснено комплексне оцінювання впливу генерування фотовольтаїчних електричних станцій на балансову надійність локальної електричної системи. В [35] проведено аналіз виконаних тестових розрахунків з використанням розробленого програмного продукту.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи та її результати доповідались, обговорювались та були схвалені на таких науково-технічних конференціях та семінарах:

– XII, XIII міжнародні конференції «Контроль і управління в складних системах (м. Вінниця, 2014, 2016 рр.); – V, VI міжнародні науково-технічні конференції «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах». (м. Луцьк, 2014, 2016 рр.); – науково-технічний семінар “Електричні мережі енергосистем з нетрадиційними і відновлювальними джерелами енергії” НАН України «Наукові основи електроенергетики» (м. Вінниця 2015, 2016 рр.); – III міжнародна науково-технічна конференція «Оптимальне керування електроустановками ОКЕУ-2015» (м. Вінниця, 2015 р.); – XVII міжнародна науково-практична конференція Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті (м. Київ, 2016 р.); – міжнародна науково-практична конференція «Розподільчі мережі 0,4-35 кВ як складова частина локальних електроенергетичних систем майбутнього» (м. Хмельницький,

2016 р.); – V науково-практична конференція «Сучасні методи аналізу усталених режимів електричних мереж та стійкості електроенергетичних систем. Новітні досягнення у проведенні тренажерної підготовки оперативно-диспетчерського персоналу» (с.м.т. Славсько, 2017 р.); – IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) (Київ, 2017); – V міжнародна конференція «Інтелектуальні енергетичні системи – ESS'17» (м. Київ, 2017 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 15 робіт, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях, 4 статті у міжнародних періодичних виданнях, 1 з них проіндексована в базі даних Scopus, 3 публікацій у збірниках матеріалів міжнародних технічних конференцій, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] О.В. Кириленко, І.В. Трач, "Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації", *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. – 2009. – Вип. 24. – С. 3-7. ISSN 1727-9895
- [2] Ю.І. Тугай, В.В. Козирський, О.В. Гай, В.М. Бодунов, "Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів", *Технічна електродинаміка*. – 2011. – № 5. – С. 63-67. ISSN 1607-7970
- [3] В. В. Павловський, А. О. Стелюк, О. В. Ленґа, А. М. Захаров, "Моделювання інерційного відгуку в ОЕС України в умовах значної частки електростанцій на відновлюваних джерелах енергії", *Технічна електродинаміка*. - 2015. - № 4. - С. 53-56. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua_UJRN_TED_2015_4_11.

- [4] Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк, "Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні" *Техн. електродинаміка* – 2011. – №5 – С. 52–67. – ISSN 1607-7970
- [5] Кузнецов М.П., Лисенко О.В. "Можливості короткотермінового прогнозування сонячної енергії" , *Відновлювана енергетика*. – 2017. – №1.– С. 25-31.
- [6] П.Ф. Васько, Ю.А. Вихорев, "Актуальные вопросы развития малой гидроэнергетики в Украине на современном этапе", *Відновлювана енергетика*. – 2012. – № 3(30). – С. 60- 65. ISSN 1919 - 8058
- [7] Кудря С.О. "Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії" . – К.: *НТУУ «КПІ»*, 2012. – 492 с. ISBN 978-966-622-521-7
- [8] А.Ф. Жаркин, В.А. Попов, В.В. Ткаченко, Саид Банузаде Сахрагард, "Функциональное эквивалентирование электрических сетей при оценке влияния источников распределенной генерации на их режимы", *Электронное моделирование*. – 2013. – Т. 35, № 3. – С. 99–111.
- [9] О.С. Яндульський, Г.О. Труніна, А.Б. Нестерко, "Оптимальне регулювання напруги в розподільній електричній мережі з джерелом розосередженого генерування з урахуванням їх належності одному власнику при використанні резерву активної потужності", *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. - 2015. - № 2 91. – С.50-54 ISSN 1995-0519
- [10] В.М. Сулейманов, В.А. Баженов, Т. Л. Кацадзе, "Моделі та методи оптимізації розвитку основних мереж енергосистем в умовах ринкових відносин", *Енергетика: економіка, технології, екологія*. - 2014, №4 - С. 58-66
- [11] В. В. Кирик, О. С. Губатюк, "Сенсорний метод пошуку місця встановлення джерела розподіленого генерування", *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. - 2015. - № 6. - С. 136-140

- [12] П. Д. Лежнюк, О. А. Ковальчук, О. В. Нікіторович, В. В. Кулик, "Відновлювані джерела енергії в розподільних електричних мережах" : монографія, Вінниця : ВНТУ, 2014. – 204 с. ISBN 978-966-641-577-9
- [13] Petro Lezhnyuk, Olga Buslavets and Vyacheslav Komar, "Impact of Renewable Sources of Energy on The Level of Active Power losses in Distribution Networks", 2016 *2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. – Kyiv, Ukraine, 2016.– P. 73–78. ISBN:978-1-5090-1767-6.
- [14] П. Д. Лежнюк, І.О. Гунько "Вплив розосереджених джерел енергії на оптимальний поточкорозподіл в електричних мережах", Вісник національного технічного університету «ХПІ». *Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. Х.: НТУ «ХПІ». – 2016. – №18. – С. 86–91.
- [15] П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук, "Узгодження графіків генерування відновлювальних джерел електроенергії та навантаження споживачів" , *Електрические сети и системы*. – №4–5. – 2016. – С. 76–80.
- [16] В.В. Козырский, Б.В. Кузьменко, А.В. Гай, "Подход к определению мест размещения секционных коммутационных аппаратов", *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*. – 2005. — №1. – С. 32-44.
- [17] В.В. Каплун, О.В.Гай, В.М. Бодунов, "Інтелектуальні системи захисту та автоматики замкнених електричних мереж з джерелами розподіленої генерації", *Енергетика та електрифікація*. – 2011. – № 3. – С. 42–47.
- [18] В.В. Каплун, О. П. Кравченко, В.В. Василенко, С.С. Макаревич, Р.В. Каплун, "Аналіз методів оптимізації мікроенергетичних систем (MicroGrid) на основі джерел розподіленої генерації" , *Вісник КНУТД. Серія: «Технічні науки»*– 2015.–№ 2 (84).–С. 5-17. ISSN 1813-6796

- [19] Л.Н. Добровольська, В.І. Волинець, Д.С. Собчук, В.В. Черкашина, "Електричні мережі з відновлюваними джерелами енергії: навчальний посібник". – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. – 352 с.
- [20] Д.С. Собчук "Використання нетрадиційних джерел енергії в електроенергетичних системах для підвищення надійності та якості електропостачання", *Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Вип. 40.* – Луцьк, 2013. – С. 261–265.
- [21] Л.В. Давиденко, Н.В. Коменда, Т.І. Коменда. "Управління та контроль енергоспоживання: навч. посіб. рекомендовано Луцьким НТУ для студ. напряму "Електротехніка та електротехнології" МОН України, Луцький НТУ ; – Луцьк : Луцький НТУ, 2015. – 87 с. Луцький НТУ. ISBN 978–617–672–087–4
- [22] Ali Ahmadian, Mahdi Sedghi, Masoud Aliakbar-Golkar "Fuzzy Load Modeling of Plug-in Electric Vehicles for Optimal Storage and DG Planning in Active Distribution Network", *Vehicular Technology IEEE Transactions on*, vol. 66, pp. 3622-3631, 2017, ISSN 0018-9545.
- [23] Hao-Tian Zhang, Kang Chang, Huiling Zhang, Loi Lei Lai, "A novel probabilistic approach for evaluating fault ride-through capability of wind generation", *Machine Learning and Cybernetics (ICMLC) 2016 International Conference on*, vol. 1, pp. 135-140, 2016, ISSN 2160-1348.
- [24] J. Enslin, P. Heskes, "Harmonic Interaction Between a Large Number of Distributed Power Inverters and the Distribution Network ", *IEEE Transaction on power electronics* – 2004. – vol. 19, no. 6 – pp.1586-1593. Doi: 10.1109/PESC.2003.1217719
- [25] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук, "Оцінювання стабільності генерування сонячних електростанцій у задачі забезпечення балансової надійності", *Наукові праці ВНТУ.* – № 2. – 2016. – С. 1-8. Режим доступу: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/471469>
- [26] П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук, "Оцінювання імовірнісних характеристик генерування сонячних електростанцій в задачі

- інтелектуалізації локальних електричних систем", *Вісник НТУ «ХПІ»* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – №18 (1190). – С.92-100. – doi:10.20998/2413-4295.2016.18.14.
- [27] П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук, "Врахування нестабільності генерування енергії відновлюваними джерелами в задачі вирівнювання добового графіка електричних навантажень", *Вісник Харківського Національного Технічного Університету Сільського Господарства Імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 176 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України"*. – Харків: ХНТУСГ, 2016. – С.15–18. ISBN 5-7987-0176X.
- [28] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, С. В. Кравчук, "Визначення оптимальної потужності резерву для забезпечення балансової надійності локальної електричної системи", *Вісник НТУ «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 69-75. – doi: 10.20998/2413-4295.2016.42.11.
- [29] П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук, "Узгодження графіків генерування відновлюваних джерел енергії та електричного навантаження в локальній електричній системі", *Вісник Харківського Національного Технічного Університету Сільського Господарства Імені Петра Василенка. Технічні науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України"*. – Харків: ХНТУСГ. №2.– 2016. – С.30 –37. ISSN 2311-0767
- [30] П.Д. Лежнюк., С.В. Кравчук, "Оптимізація схем під'єднання нетрадиційних і відновлювальних джерел електроенергії в електричних мережах", *Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки»*. – 2014.– №2.– с. 168-173.
- [31] П.Д. Лежнюк, В.І. Нагул., В.В. Нетребський, С.В. Кравчук, "Використання принципу найменшої дії для вдосконалення керування нормальними режимами ЕЕС", *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Електротехніка і енергетика»*. – 2013. – Вип.1(14). – с.159 -162

- [32] Petro Lezhniuk, Iryna Hunko, Sergiy Kravchuk, Paweł Komada, Konrad Gromaszek, Assel Mussabekova, Nursanat Askarova, Abenar Arman, "The influence of distributed power sources on active power loss in the microgrid", *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*. – R. 93. – NR 3 2017. – P. 107–112. – ISSN 0033-2097. – doi:10.15199 48.2017.03.25
- [33] P.D. Lezhniuk, V.O. Komar, S.V. Kravchuk, "Reconciliation of generation graphics of renewable energy sources and load with help of morphometric analysis", *International collection of scientific proceedings «European cooperation»*. – Vol 9. – No 16 (2016):. – p. 26-35. – ISSN. 2449 – 7320.
- [34] P.D. Lezhniuk, V.O. Komar, S.V. Kravchuk, J-P. Ngoma, "Assessment stability generation of solar power plants in the problems of providing balance reliability", – Vol 4. – No 9 (2016). *Sciences of Europe*. – p. 90-96. – ISSN. 3162 – 2364.
- [35] Lezhniuk P.D. The influence of the dispersed energy sources on the energy losses in electrical grids / P.D. Lezhniuk, S.V. Kravchuk, I.O. Hunko, J-P. Ngoma// – Vol 1. – No 1 (2016). *The scientific method*. – p. 3-12. – ISSN. 2301 – 2048.
- [36] Лежнюк П.Д. Підвищення балансової надійності в електричних мережах з відновлювальними джерелами енергії / П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, С.В. Кравчук // XIII Міжнародна науково-технічна конференція «КУСС – 2016», 3 - 4 жовтня 2016 р., Вінниця, Україна: тези доп./ Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2016.– С. 196-198.
- [37] Лежнюк П.Д. Оцінювання балансової надійності в електричних мережах з сонячними електричними станціями шляхом аналізу їх імовірнісних характеристик генерування/ П.Д. Лежнюк, О.А. Ковальчук, В.О. Комар, С.В. Кравчук // Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті», 29 - 30 вересня 2016 р., Київ,

- Україна: тези доп./ Інститут відновлювальної енергетики НАН України. – Київ, 2016.– С. 300-305.
- [38] Лежнюк П.Д. Дослідження впливу відновлювальних джерел електроенергії на режим роботи електричних мереж / П.Д. Лежнюк, С.В. Кравчук // III Міжнародна науково-технічна конференція «Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ-2015)», 14-15 жовтня 2015 року, Вінниця, Україна: тези доп./ Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2015. – С. 33.
- [39] Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №69917 Комп'ютерна програма «Морфометрія графіка електричних навантажень». – Державна служба інтелектуальної власності України. 19.01.2017.
- [40] О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко, "Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах", *Технічна електродинаміка*. 2011. – №1. – С. 46 – 53. ISSN 1607-7970.
- [41] О. В. Кириленко, А. В. Праховник, "Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови", *Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск*. – 2010. – С. 10–16. – ISSN 1727-9895
- [42] Renewables 2012 global status report [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журналу: http://www.map.ren21.net_GSR_GSR2012_low.pdf.
- [43] С. П. Денисюк, Д. С. Горенко, "Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій", *Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал*. – 2016. – № 2 (44). – С. 25-33.
- [44] Kumpulainen L., Kauhaniemi K., Verho P., Vahamaki O. New Requirements for System Protection Caused by Distributed Generation , *CIREN 18th International Conference on Electricity Distribution*. – 2005.
- [45] Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк, "Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне

- забезпечення", *Технічна електродинаміка*. 2010. – №6. – С. 44 – 50. ISSN 1607-7970.
- [46] Б.Б. Кобец, И.О. Волкова, Smart Grid. Концептуальные положения [Текст] *Энергорынок*. – 2010. – №3. – С.66-72.
- [47] Ю.Г. Шакарян, Н.Л. Новиков "Технологическая платформа Smart Grid (основные средства)", *Энергоэксперт*. – 2009. – № 4. – С.42-49.
- [48] European Smart Grids Technology Platform: vision and Strategy for Europes Electricity Networks of Future. – *European Commission*, 2006. – 44 P.
- [49] W.R.Lachsetal "Power system control in the next century", *IEEE Transmission on Power Systems*. – 1996. – № 1. – Vol. II.
- [50] The National Energy Technology Laboratory: A vision for the Modern Grid, March 2007.
- [51] Smart Power Grids – Talking about a Revolution, *IEEE Emerging Technology portal*, 2009.
- [52] О.Г. Гриб, Д.А. Гапон, Т.С. Ієрусалімова, М.С. Белов, О.В. Лелека, "Аналіз нормативної бази по проектуванню і побудові систем Smart Grid, яка базується на цифрових підстанціях", *Вісник НТУ«ХПІ»* – 2015. – № 19 (1128). – С. 74-78. ISSN 2079 - 4525.
- [53] IEC standard for Communication networks and systems for power utility automation –Part 90-1: Use of IEC 61850 for the communication between substations, IEC 61850-90-1, 1st ed., 2010.
- [54] О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко, "Оптимізація режиму локальних електричних систем з відновлювальними джерелами енергії" *Наукові праці ДонНТУ. Серія «Електротехніка і енергетика»* – 2013. – № 2 (15). – С. 42-46. ISSN 2074 - 2630.
- [55] Andrew Keane, Mark O'Malley "Optimal Allocation of Embedded Generation on Distribution Networks", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 20, no. 3, pp. 1640-1646, August 2005.

- [56] Walid El-Khattam Kankar Bhattacharya, Yasser Hegazy and M. M. A. Salama "Optimal Investment Planning for Distributed Generation in a Competitive Electricity Market", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 3, pp. 1674-1684, August 2004. Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems.
- [57] N. S. Rau and Y.-H. Wan. "Optimum location of resources in distributed planning"*IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 9, pp. 2014-2020, Nov. 1994.
- [58] Caisheng Wang, M. Hashem Nehrir "An Analytical Method for DG Placements Considering Reliability Improvements", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 4, pp. 2068-2076, November 2004.
- [59] Hamid Falaghi, Mahmood-Reza Haghifam "ACO Based Algorithm for Distributed Generation Sources Allocation and Sizing in Distribution Systems", *PowerThech*, pp. 555-560, 2007.
- [60] Víctor H. Méndez Quezada, Juan Rivier Abbad, and Tomás Gómez San Román "Assessment of Energy Distribution Losses for Increasing Penetration of Distributed Generation", *IEEE Transactions on power systems*, vol. 21, no. 2, pp.533-540, May 2006.
- [61] Seyed Mohammad Hossein Nabavi, Somayeh Hajforoosh, Mohammad A.S. Masoum, "Placement and Sizing of Distributed Generation Units for Congestion Management and Improvement of Voltage Profile using Particle Swarm Optimization", *IEEE Transactions on Power Systems*, 2011.
- [62] Andrew Keane, Luis (Nando) F. Ochoa, Eknath Vittal, Chris J. Dent, Gareth P. Harrison"Enhanced Utilization of Voltage Control Resources With Distributed Generation" *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 252-260, February 2011.
- [63] Nikhil K. Ardeshta, Badrul H. Chowdhury, "Supporting Islanded Microgrid Operations in the Presence of Intermittent Wind Generation", *IEEE Transactions on Power Systems*, pp. 1-8, 2010.

- [64] C. L. T. Borges, and D. M. Falcao, Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement, *International Journal of Power and Energy Systems*, vol. 28, no. 6, pp. 413-420, July 2006.
- [65] Y. Alinejad-Beromi, M. Sedighzadeh, M. Sadighi "A Particle Swarm Optimization for Siting and Sizing of Distributed Generation in Distribution Network to Improve Voltage Profile and Reduce THD and Losses".
- [66] X. Chen and W. Gao, "Effects of Distributed Generation on Power Loss, Load ability and Stability", *IEEE Southeastcon*, pp. 468-473, April 2008.
- [67] M. Gandomkar, M. Vakilian and M. Ehsan, "A Combination of Genetic Algorithm and Simulated Annealing for Optimal DG Allocation in Distribution Networks", *CCECE CCGEI*, Saskatoon, IEEE 2005.
- [68] Walid El-Khattam, Kankar Bhattacharya, Yasser Hegazy and M. M. A. Salama, "Optimal Investment Planning for Distributed Generation in a Competitive Electricity Market", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 19, no. 3, pp. 1674-1684, August 2004. Analytical Approaches for Optimal Placement of Distributed Generation Sources in Power Systems.
- [69] Hamid Falaghi, Mahmood-Reza Haghifam "ACO Based Algorithm for Distributed Generation Sources Allocation and Sizing in Distribution Systems", *PowerThech*, pp. 555-560, 2007.
- [70] Seyed Mohammad Hossein Nabavi, Somayeh Hajforoosh, Mohammad A.S. Masoum, "Placement and Sizing of Distributed Generation Units for Congestion Management and Improvement of Voltage Profile using Particle Swarm Optimization", *IEEE*, 2011.
- [71] Andrew Keane, Luis (Nando) F. Ochoa, Eknath Vittal, Chris J. Dent, Gareth P. Harrison "Enhanced Utilization of Voltage Control Resources With Distributed Generation" *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 26, no. 1, pp. 252-260, February 2011.
- [72] C. L. T. Borges, and D. M. Falcao, Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement, *International Journal of Power and Energy Systems*, vol. 28, no. 6, pp. 413-420, July 2006.

- [73] X. Chen and W. Gao, "Effects of Distributed Generation on Power Loss, Load ability and Stability", *IEEE Southeastcon*, pp. 468-473, April 2008.
- [74] L. Wang and C. Singh, "Reliability-Constrained Optimum Placement of Reclosers and Distributed Generators in Distribution Networks Using an Ant Colony System Algorithm", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics - Part C: Applications and Reviews*, Vol. 38, No. 6, November 2008.
- [75] R. Medeiros, X. Xu, E. Makram, "Assessment of Operating Condition Dependent Reliability Indices in Microgrids", *Journal of Power and Energy Engineering*. – 2016. – No. 4. – P. 56-66. – doi: 10.4236/jpee.2016.44006.
- [76] Jumpei Baba, Akihiko Yokoyama, "Voltage control of distribution network with a large penetration of photovoltaic generations using facts devices", *Electrical Engineering in Japan* – 2008. – Vol. 165. – № 3. – P. 16-28. – doi:10.1002/ej.20499
- [77] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, Д. С. Собчук, "Оцінювання впливу на якість функціонування локальної електричної системи відновлюваних джерел електроенергії " *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 141. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження АПК України*. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – С. 8–10. – ISBN 5-7987-0176X.
- [78] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, Д. С. Собчук, "Аналіз впливу розосередженого генерування на режим розподільних електричних систем", *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – №6. – 2013. – С. 45–47. – ISSN 1997-9266.
- [79] Малярєнко В. А., Нечмоглод І. Є., Колотіло І. Д. "Нерівномірність графіку навантаження енергосистеми та способи його вирівнювання" , *Електроенергетика*. – 2011. – С. 61-61.
- [80] А. В. Праховник "Управление электропотреблением" , Изв. АН СССР: *Энергетика и транспорт*. –1990. – № 1. – С. 5-16.

- [81] А. В. Праховник "Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення, Управління енерговикористанням", збір.доповідей Під заг.ред, д.т.н., проф. А.В.Праховника. – К.: *Альянс за збереження енергії*, 2001. – С.169 -190.
- [82] В.П. Калінчик, В.П. Розен, О.В. Скачок, "Аналіз показників нерівномірності графіків навантаження промислових підприємств", *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2014. – №2. – С. 67-72.
- [83] В.П. Розен, Л.В. Давиденко, В.А. Давиденко "Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи", *Відновлювальна енергетика*. – 2010. – №1 (20). – С. 65–70.
- [84] Б. И. Кудрин, "Электроснабжение промышленных предприятий". – М.: *Теплотехник*, 2009. – 698 с.
- [85] Ф.П. Шкрабець, П.Г. Плешков, "Основи електропостачання". – Кировоград: КНТУ, 2010. – 211 с.
- [86] Н. В. Коменда, "Морфометрична оцінка та критерій рівномірності графіка електричних навантажень", *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*. – 2011– №66. – С. 42–46.
- [87] О.Д. Демов, Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, "Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень", *Промелектро*. – 2008. – №4. – С. 22-25.
- [88] О.Д. Демов, Т.І. Коменда, Н.В. Коменда, "Морфометрія графіка електричних навантажень" , *Енергетика та електрифікація*. – 2009. – №8. – С.59 – 62.
- [89] О.Д. Демов, Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, "Морфометрична оцінка добової нерівномірності навантаження. Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах", *Матеріали II-ї міжнародної конференції* . – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2008. – С.53-57.

- [90] Sangit Chatterjee and Aykit Firat (2007). "Generating Data with Identical Statistics but Dissimilar Graphics: A Follow up to the Anscombe Dataset", *American Statistician*, 61(3), 248 - 254.
- [91] Н.В. Коменда, Т.І. Коменда, О.Д. Демов, "Пошук споживачів – регуляторів на основі морфометричного підходу при управлінні добовим навантаженням промислового підприємства", *Праці інституту електродинаміки Національної академії наук України*. – 2010. – №27. – С.22-26.
- [92] Н. Коменда, "Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств" X міжнародна конференція «Контроль та управління в складних системах (КУСС 2010)». – Вінниця, 2010. – (19-21 жовтня). – С.331.
- [93] Н.В. Коменда, "Морфометрична класифікація графіків електричного навантаження промислових підприємств", *Вісник Вінницького національного політехнічного інституту*. – 2011. – №1. – С.67-70.
- [94] П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук, І. В. Котилко, "Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії з використанням SMART Grid технологій ", *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. - 2014. - № 2. - С. 17-20. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua_UJRN_ekit_2014_2_6
- [95] П.Д. Лежнюк, В.В. Кулик, О.Б. Бурикін, О.А. Ковальчук, "Оптимізація режимів електричних мереж з малими ГЕС в умовах адресного електропостачання", *Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Проблеми сучасної електротехніки*. Ч. 3. – 2010. – С. 31–34.
- [96] П.Д. Лежнюк, В.О. Комар, В.В. Кулик, "Вплив відновлюваних джерел енергії на функціонування розподільних електричних мереж", *Енергетика та електрифікація*. – 2015. – №1. – С. 8–12.
- [97] О. Д. Демов, Ю. Ю. Півнюк, "Поетапний розрахунок компенсації реактивної потужності в електричних мережах на основі їхньої декомпозиції ", *Технічна електродинаміка*. – 2017. – № 1. – С. 81-86

- [98] В. Попов, Е. Ярмолук, П. Замковой, " Алгоритм многокритериального управления режимами работы микросетей", *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2014. – № 2. – Р. 61-68. – doi: 10.15587/1729-4061.2014.23158.
- [99] О.В. Кириленко, В.В. Павловський, О.С. Яндульський, А.О. Стелюк, "Керування режимом роботи електростанції з відновлюваними джерелами енергії в умовах зміни частоти в енергосистемі", *Технічна електродинаміка*. – 2012. – № 4. – С. 52–57.
- [100] В.В. Кулик, О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко, "Дослідження ефективності сумісної експлуатації локальних електричних мереж з ВДЕ та систем централізованого електропостачання", *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво». Електрифікація та автоматизація гірничих робіт». – 2014. – Вип. 25. – С. 113-120. – ISSN 2079-5688.*
- [101] Б.Б. Дунаев, "Точность измерений при контроле качества". – К.: *Техніка*, 1981. –152 с.
- [102] Кузьмін І. В. "Критерії оцінки ефективності, якості та оптимальності складних систем", *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – № 1 (2). – 1994. – С. 5 – 9.
- [103] И.В. Кузьмин "Основы моделирования сложных систем", Под ред.. – К.: *Вища школа*, 1981. – 360 с.
- [104] Ю.Н.Астахов, П.Д.Лежнюк, "Применение критериального метода в электроэнергетике" . – *Киев: УМК ВО*, 1989. –140 с.
- [105] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, "Оцінка якості оптимального керування критериальним методом" . Монографія. – Вінниця: *УНІВЕРСУМ-Вінниця*, 2006. – 108 с.
- [106] П. Д. Лежнюк, В. О. Комар, В. О. Лесько, А. Л. Поліщук, "Врахування якості функціонування розподільних систем під час їх реконструкції ", *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. Михайла Остроградського*. – частина 1. – №3(56). – 2009. – с. 172-175.

- [107] В. О. Комар, А. Л. Поліщук, "Узагальнена техніко-економічна оцінка ефективності реконструкції розподільних електричних мереж", *Вісник Львівського національного технічного університету*. – №666. – 2010. – с. 47-52.
- [108] Ушаков И. А. "Надежность: прошлое, настоящее, будущее (Обзор) ", *Методы менеджмента качества*. 2001.– №5. – С. 21-25.
- [109] Г. В.Дружинин. "Надежность автоматизированных производственных систем"– 4-е изд., перераб. и доп. –М.: *Энергоатомиздат*, 1986. –480 с.
- [110] Billinton R., Allan R.N. "Reliability Evaluation of Power Systems. Second Edition ", New York and London, *Plenum Press*, 1996. – 509 p
- [111] Ю.Я. Чукреев, "К вопросу нормирования вероятностных показателей балансовой надежности территориальных зон электроэнергетической системы, " *Науково-технічний збірник. Комунальне господарство міст. Випуск 101. Серія: Технічні науки та архітектура*. – Харків: ХНАМГ. – 2011. С. 364-371
- [112] Ю. Я. Чукреев, "Модели обеспечения надежности электроэнергетических систем". Сыктывкар: *Коми НЦ УрО РАН*, 1995. –176 с.
- [113] В.А. Попов, А.А. Петров, В.В. Ткаченко, Ю.Д. Манойло, "Особенности оптимизации надежности воздушных распределительных сетей в условиях применения Smart Grid–технологий", *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. – 2011. – Ч. 2.– С. 22–30. (Спец. вип.).
- [114] В.В. Кулик, Т.Є. Магас, Ю.В. Малогулко, "Оптимальне керування розосередженими джерелами електроенергії з асинхронними генераторами засобами Smart Grid " [Електронний ресурс], *Наукові праці ВНТУ. Енергетика та електротехніка*. – 2011. – №4. – С. 1-6. Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/article/view/1404999>. – ISSN 2307-5376.
- [115] European Smart Grid, 2011 [Online]. Available: <http://www.smartgrids.eu> .

- [116] С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. "Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности" – М.: *Финансы и статистика*, 1989. – 607 с. ISBN 5-279-00054-X.
- [117] В. Ю. Королев. "Вероятностно-статистический анализ хаотических процессов с помощью смешанных гауссовских моделей. Декомпозиция волатильности финансовых индексов и турбулентной плазмы". Москва, *Издательство ИПИ РАН*, 2007.
- [118] Е.С. Вентцель "Теория вероятностей" .– М.: *Наука*, 1964.– 576 с.
- [119] НКРЕКП від 28.09.2000. - N 1038. Порядок визначення плати за транспортування електричної енергії власного виробництва при постачанні електроенергії за нерегульованим тарифом , (електронний ресурс). Режим доступу: http://www.uazakon.com/documents/date_61pg_gegwxw.htm.
- [120] Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк "Експертні технології прийняття рішень" : Монографія - К. – 2008. – 444 с.
- [121] В.В. Белов "Теория графов: учебное пособие для ВТУЗов". – М.: „*Высшая школа*”. – 1976. – 392 с.
- [122] Е.З. Демиденко "Линейная и нелинейная регрессии". – М.: *Финансы и статистика*.– 1981.
- [123] Э. Ферстер, Б. Ренц "Методы корреляционного и регрессионного анализа". – М.: *Финансы и статистика*. – 1983.
- [124] Р.М. Літнарівч "Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу", *Навчальний посібник*. – Рівне. –2011. –70 с.
- [125] В.Г. Холмский, "Расчет и оптимизация режимов электрических сетей М.: *Высшая школа*, 1975.– 280 с.
- [126] НКРЕКП від 12.02.2013. – Про затвердження Методики розрахунку плати за приєднання електроустановок до електричних мереж ,

(електронний ресурс). Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua_laws_show_z0339-13

[127] НКРЕКП від 10.07.2013. – Про затвердження Порядку визначення відрахувань коштів на поточні рахунки постачальників електричної енергії за регульованим тарифом та на поточний рахунок із спеціальним режимом використання оптового постачальника електричної енергії , (електронний ресурс). Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua_laws_show_z1168-13

[128] П.Д. Лежнюк, В.В. Кулик, Д.И. Оболонский "Моделирование и компенсация влияния неоднородности электрических сетей на экономичность их режимов" , Электричество. – 2007. – №11.– С. 2–8.