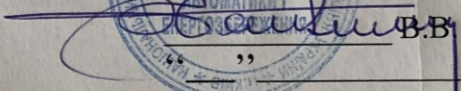
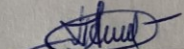
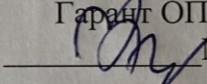


Національний університет біоресурсів і природокористування України
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
Кафедра електропостачання ім. проф. В.М. Синькова

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ННІ Енергетики,
автоматики і енергозбереження

В.В. Каплун
2022 р.

“СХВАЛЕНО”
на засіданні кафедри електропостачання
ім. проф. В.М. Синькова
Протокол № ___ від “_” ___ 2022 р.
Завідувач кафедри

В.В. Козирський

“РОЗГЛЯНУТО”
Гарант ОП ББЕ

М.В. Гребченко

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем

спеціальність 141 - «Електроенергетика, Електротехніка та Електромеханіка»

освітня програма «Електроенергетика, Електротехніка та Електромеханіка»

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: проф., д.т.н., проф. Гребченко М.В.

1.Опис навчальної дисципліни «Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем»

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Галузь знань	14-Електрична інженерія	
Спеціальність	141-«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Освітній ступінь	магістр	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4,0	
Кількість змістовних модулів	2	
Курсовий проект		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форми навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	
Семестр	3	
Лекційні заняття	20 год.	
Практичні, семінарські заняття	10 год.	
Лабораторні заняття	20 год.	
Самостійна робота	70 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		
аудиторних -	5 год.	
самостійної роботи студента –	7 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - навчання використанню принципів і методів оптимізації параметрів та оптимального розподілу активних і реактивних потужностей у сталих режимах електроенергетичних систем і мереж, а також умови забезпечення стійкості електричних систем, спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.

Дисципліна забезпечує формування здатності аналізувати усталені режими роботи електроенергетичних систем і мереж, оцінювати параметри електроенергетичного обладнання і умови регулювання параметрів режимів з використанням методів оптимізації для забезпечення надійного електропостачання якісною електричною енергією, володіння методами синтезу електроенергетичних систем із заданими показниками технічної ефективності роботи.

Завдання:

1. Навчити розробляти оптимальні схеми електричних мереж і систем, схеми заміщення окремих елементів та визначати їх параметри і розраховувати усталені режими електричних систем.

3. Навчити: основам управління ustalеними режимами мереж, забезпеченню необхідного рівня напруги; принципам розробки заходів для зменшення втрат потужності і електроенергії; проведенню аналізу режимів роботи електричних мереж і систем.

4. Розглянути і проаналізувати фізичну суть явищ, які супроводжують оптимальні режими процесів виробництва, розподілу і споживання електроенергії.

5. Зрозуміти умови використання принципів побудови електричних систем і мереж.

6. Урозуміти основи математичного моделювання оптимальних режимів роботи електричних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: - основні технологічні показники нормального та оптимального функціонування електричних систем; конструктивні та функціональні властивості елементів електричних систем та мереж;

- властивості споживачів електричної енергії та технологічні умови забезпечення їх електричною енергією;

- методи розрахунку ustalених режимів електричних мереж; методологію аналізу результатів розрахунків режимів електричних систем;

- основні принципи забезпечення нормального функціонування електричних систем та оптимального управління їх режимами; основи проектування електричних мереж;

вміти: - виконувати оцінку ефективності технологічного процесу передачі, розподілу та регулювання електричної енергії;

- вибрати оптимальні заходи для забезпечення якості та надійності електропостачання споживачів; визначати параметри поточних та прогнозованих режимів роботи енергосистем з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки;

- обґрунтувати інженерні рішення, що приймає персонал;

- виконувати проект оптимального розвитку електричної мережі.

Набуття компетентностей:

загальні компетентності (ЗК): Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності, здатність приймати обґрунтовані рішення, здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

фахові (спеціальні) компетентності (ФК): Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж.

Тема лекційного заняття 1. Вступ. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж

Тема лекційного заняття 2. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем і мереж.

Тема лекційного заняття 3. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.

Тема лекційного заняття 4. Методи визначення та усунення неоднорідності мереж

Тема лекційного заняття 5. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання

Змістовний модуль 2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем.

Тема лекційного заняття 6. Забезпечення статичної і динамічної стійкості електричних систем

Тема лекційного заняття 7. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем

Тема лекційного заняття 8. Методи оптимального розподілу активних потужностей

Тема лекційного заняття 9. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей

Тема лекційного заняття 10. Методи оптимізації електричних мереж

Структура навчальної дисципліни для повного терміну денної форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						
	денна форма						
	тижні	усього	у тому числі				
			лек	прак	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8
Змістовий модуль 1. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж.							
Тема 1. Вступ. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж	1	12	2	1	2		7
Тема 2. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем і мереж.	2	12	2	1	2		7
Тема 3. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.	3	12	2	1	2		7
Тема 4. Методи визначення та усунення неоднорідності мереж	4	12	2	1	2		7
Тема 5. Методи підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання	5	12	2	1	2		7
Разом за змістовим модулем 1		60	10	5	10		35
Змістовий модуль 2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем.							
Тема 6. Забезпечення статичної і динамічної стійкості електричних систем	6	12	2	1	2		7
Тема 7. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем	7	12	2	1	2		7
Тема 8. Методи оптимального розподілу активних потужностей	8	12	2	1	2		7
Тема 9. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей	9	12	2	1	2		7
Тема 10. Методи оптимізації електричних мереж	10	12	2	1	2		7
Разом за змістовим модулем 2		60	10	5	10		35
Усього годин		120	20	10	20		70

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення сталих режимів систем і мереж	4
2	Дослідження методів визначення неоднорідності мереж	4
3	Дослідження методів підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання	4
4	Дослідження методів оптимізації режимів електроенергетичних систем	4
5	Дослідження методів регулювання реактивної потужності і напруги електричних мереж.	4

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи оптимізації	2
2	Дослідження методів оцінювання електричних систем та їх спостережуваності	2
3	Аналіз стійкості роботи електричних систем	2
4	Оптимальний розподіл активних потужностей	2
5	Оптимальний розподіл реактивних потужностей	2

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

Контрольні питання

1. Режими роботи електричних мереж і систем.
2. Нормальні, аварійні та післяаварійні режими ЕЕС.
3. Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж
4. Математичне моделювання сталих режимів електроенергетичних систем і мереж.
5. Спостережуваність та оцінювання електроенергетичних систем.
6. Методи визначення та усунення неоднорідності мереж
7. Методи підвищення пропускнуєї спроможності ліній електропередавання
8. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем.
9. Забезпечення статичної і динамічної стійкості електричних систем
10. Методи оптимального розподілу активних потужностей
11. Методи оптимального розподілу реактивних потужностей
12. Методи оптимізації електричних мереж
13. Використання Матлаб та Power Factory для моделювання електричних мереж і систем .
14. Розрахунки режимів роботи простих замкнених мереж.
15. Розрахунок режимів ліній з двостороннім живленням.
16. Економічність роботи неоднорідних мереж.
17. Природний і економічний розподіл потужності в замкнених мережах.
18. Розмикання мережі.
19. Забезпечення економічності режиму мережі.
20. Баланс активної потужності у системі.
21. Основи забезпечення балансу активної потужності ЕЕС.
22. Дефіцит активної потужності.
23. Принципи управління режимами роботи ЕЕС.
24. Статичні джерела реактивної потужності.
25. Поперечна компенсація SVC.
26. Принципи побудови гнучких ліній FACTS.
27. Векторні синхронізовані вимірювання параметрів, PMU.
28. Системи моніторингу ЕЕС WAMS.

Комплект тестів №1

1. Природний розподіл потужності в замкнутій мережі це:

1	Розподіл обернено пропорційний повним опорам ділянок
2	Розподіл пропорційний повним опорам ділянок
3	Розподіл пропорційний активним опорам ділянок
4	Розподіл пропорційний індуктивним опорам ділянок

Правильна відповідь - 2

2. Економічний розподіл потужності в замкнутій мережі це розподіл:

1	При якому забезпечується мінімальне значення сумарних втрат активної потужності.
2	При якому забезпечується середньозважене значення втрат активної потужності
3	При якому забезпечується мінімальне значення сумарних втрат реактивної потужності.
4	При якому забезпечується середньозважене значення втрат реактивної потужності

Правильна відповідь – 1

3. Зрівняльна потужність у замкнутій мережі викликана:

1	Неоднорідністю мережі.
2	Значним активним опором ліній.
3	Однорідністю мережі.
4	Значним реактивним опором.

Правильна відповідь – 1

4. У якому разі напруга в кінці лінії може перевищити напругу на початку лінії?

1	При збільшенні перерізу проводів ЛЕП
2	При розщепленні проводів фаз ЛЕП
3	При підключенні батареї конденсаторів і зменшенні навантаження
4	При підключенні батареї конденсаторів і збільшенні навантаження

Правильна відповідь -3

5. Векторне управління режимами електричних систем забезпечує:

1	Зміну амплітуд векторів напруг
2	Зміну фаз між векторами напруг
3	Зміну амплітуд векторів напруг і фаз між ними
4	Незмінність амплітуд векторів напруг

Правильна відповідь -3

6. Який режим нейтралі використовується в мережі напругою 110 кВ:

1	Ізольована нейтраль
2	Компесована нейтраль
3	Глухозаземлена нейтраль або ефективно заземлена
4	Глухозаземлена нейтраль

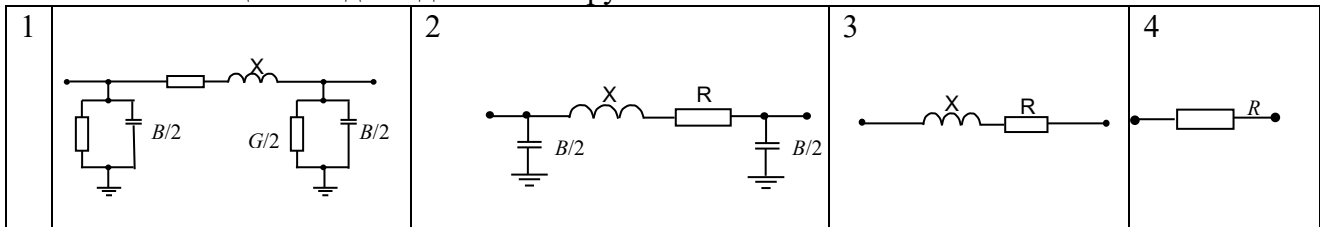
Правильна відповідь -3

7. Втрати активної потужності повітряної лінії обумовлені

1	Реактивним опором
2	Активним опором
3	Активним опором та активною провідністю
4	Реактивним опором та реактивною провідністю

Правильна відповідь – 3

8. Яка схема заміщення відповідає лінії напругою 110 кВ:



Правильна відповідь - 2

9. Розрахункове навантаження споживача це:

1	Алгебраїчна сума приведенного навантаження і половин зарядних потужностей ЛЕП
2	Алгебраїчна сума половини приведенного навантаження і зарядних потужностей ЛЕП
3	Алгебраїчна сума приведенного навантаження і зарядних потужностей ЛЕП
4	Алгебраїчна сума зарядних потужностей ЛЕП

Правильна відповідь - 1

10. За якою з наведених формул можна розрахувати поздовжню складову падіння напруги на ділянці трифазної ЛЕП

1	$\Delta U = \frac{PR+QX}{U}$.	3	$\Delta W = \Delta P \cdot t$
2	$\Delta U = \frac{PR+QX}{\sqrt{3}U}$.	4	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Правильна відповідь - 1

11. За якою з наведених формул можна розрахувати втрати електричної енергії на ділянці трифазної ЛЕП

1	$\Delta U = \frac{PR+QX}{U}$.	3	$\Delta W = \Delta P \cdot t$
2	$\delta U = \frac{PX-QR}{U}$,	4	$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

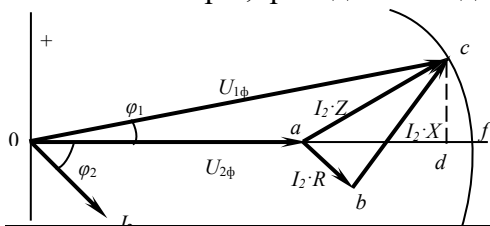
Правильна відповідь - 3

12. У скільки разів відрізняється втрата потужності в мережі з рівномірно розподіленим навантаженням у порівнянні з мережею з навантаженням зосередженим в кінці лінії:

1	В 2 рази менша
2	В 2 рази більша
3	В 3 рази менша
4	В 3 рази більша

Правильна відповідь - 3

13. Який з векторів, приведених на діаграмі, відповідає падінню напруги на опорі ЛЕП:



1	Вектор «ac»
2	Вектор «ab»
3	Вектор «bc»
4	Вектор «ad»

Правильна відповідь - 1

14. Визначити втрати потужності в обмотках силового трансформатора типу ТМ-250 ($\Delta P_k=3,7\text{кВт}$) при розрахунковому навантаженні 200кВА

1	1,25 кВт
2	2,37 кВт
3	0,8 кВт
4	5,0 кВт

Правильна відповідь -2

$$\Delta P_{\text{мд}} = \Delta P_k \left(\frac{S}{S_{\text{НОМ}}} \right)^2 = 3,7 \cdot \left(\frac{200}{250} \right)^2 = 2,37$$

15. Знайти втрату напруги на ділянці ЛЕП напругою 35 кВ, довжиною $l = 10$ км, яка має наступні погонні параметри: $r_0=0,32\text{Ом/км}$, $x_0=0,42\text{Ом/км}$. Навантаження $3+j1$ МВА.

1	2,513 %
2	1,126 %
3	0,548 %
4	3,542 %

Правильна відповідь -2

Опори лінії: $R = r_0 \cdot l = 0,32 \cdot 10 = 3,2$ Ом; $X = x_0 \cdot l = 0,42 \cdot 10 = 4,2$ Ом

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U} = \frac{3 \cdot 10^6 \cdot 3,2 + 1 \cdot 10^6 \cdot 4,2}{35 \cdot 10^3} = 394,3 \text{ В.}$$

Відносна втрата напруги

$$\frac{394,3}{35000} \cdot 100\% = 1,126\%$$

16 Які перетворення форми представлення параметрів режиму ЕЕС виконує прилад РМУ

1	З цифрової форми в аналогову
2	З цифрової форми в аналогову й далі з аналогової у цифрову форму
3	З аналогової форми у цифрову й далі з цифрової в аналогову форму
4	З аналогової форми у векторну форму

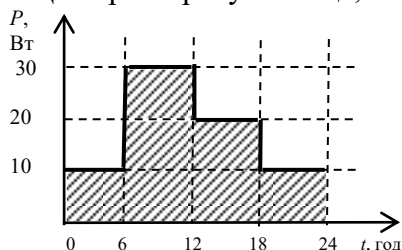
Правильна відповідь -4

17 Що таке система WAMS

1	Система контролю ЕЕС
2	Система захисту ЕЕС
3	Система моніторингу ЕЕС
4	Система автоматики ЕЕС

Правильна відповідь -3

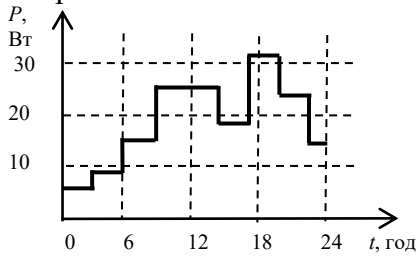
18. Що характеризує площа, обмежена графіком навантаження, що приведений на рисунку.



1	Енергію, що спожита за добу
2	Втрати електричної енергії за добу
3	Середнє значення потужності навантаження
4	Середнє значення втрат електричної енергії

Правильна відповідь -1

19. Як треба змінити графік навантаження, щоб зменшити втрати електричної енергії в електричній системі:



1	Перетворити на добовий графік за тривалістю
2	Перетворити на річний графік
3	Змінити використання навантаження у часі таким чином, щоб зрівняти графік
4	Перетворити на річний графік за тривалістю

Правильна відповідь -3

9. Методи навчання

За джерелами знань використовуються наступні методи навчання: словесні – лекція, розповідь, пояснення; наочні – ілюстрація, демонстрація; практичні – лабораторні роботи.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються наступні методи: дослідницький, пошуковий, проблемний.

За характером логіки пізнання використовуються наступні методи: аналітико – синтетичний, синтетичний, аналітичний, індуктивний, дедуктивний.

10. Форми контролю

Оцінювання якості знань студентів в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання та національною шкалою оцінювання.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи $R_{нр}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{др}$	Рейтинг штрафний $R_{штр}$	Підсумкова атестація (екзамен)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Співвідношення між національними оцінками і рейтингом здобувача вищої освіти

Оцінка національна	Рейтинг здобувача вищої освіти, бали
Відмінно	90-100
Добре	74-89
Задовільно	60-73
Незадовільно	0-59

Критерії оцінювання за модулями

Вид діяльності	Кількість балів	З урахуванням ваги модуля
----------------	-----------------	---------------------------

Модуль 1 Методи оптимізації параметрів електроенергетичних систем і мереж. (50%)

Навчальна робота		
Лабораторна робота №1 Визначення сталих режимів систем і мереж	15	5,25
Лабораторна робота №2 Дослідження методів визначення неоднорідності мереж	15	5,25
Лабораторна робота №3 Дослідження методів підвищення пропускної спроможності ліній електропередавання	15	5,25
Самостійна робота		
Завдання 1- Дослідження методів оцінювання електричних систем та їх спостережуваності	15	5,25
Модульний контроль		
<u>Модульний тест</u>	40	14,0
Всього за модуль 1	100	35

Модуль 2. Методи оптимізації режимів електроенергетичних систем (50%)

Навчальна робота		
Лабораторна робота №4 Дослідження методів оптимізації режимів електроенергетичних систем	15	5,25
Лабораторна робота №5 Дослідження методів регулювання реактивної потужності і напруги електричних мереж.	15	5,25
Самостійна робота		
Завдання 2 Аналіз статичної стійкості роботи електричних систем	15	5,25
Завдання 3 Оптимальний розподіл активних потужностей	15	5,25
Модульний контроль		
<u>Модульний тест</u>	40	14,0
Всього за модуль 2	100	35

Підсумкова атестація (30%)

<u>Підсумковий тест</u>	100	30
Всього з дисципліни		100

12. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Проект розвитку електричної мережі району» з дисципліни «Електричні мережі і системи». Укладачі: М.В. Гребченко, Ларіна І.І. - К: НУБіП. 2015. - 24 с.

2. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Електричні системи та мережі». Укладач: О.В. Гай - К: НУБ і ПУ. 2011. - 22 с.

3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні системи та мережі». Укладачі: А.В.Жильцов, О.В.Гай. – К.: НУБіП.- 2010. - 35 с.

13. Рекомендована література**Основна**

1. Сегеда М.С. Электричні мережі та системи. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2015. – 540 с.
2. Сулейманов В.М., Кацадзе Т.Л. Электричні мережі та системи. Київ.: НТУУ «КПІ», 2008. – 456 с.
3. Идельчик В.И. Расчеты и оптимизация режимов электрических сетей и систем. М. Энергоатомиздат. 1988.
4. Буслова Н.В., Винославский В.Н., Денисенко Г.И., Перхач В.С. Электрические системы и сети К.: Вища школа, 1986. - 584 с.
5. Блок В.М. Электрические сети и системы.
6. Петренко Л.И. Электрические сети и системы. - К.: Вища школа, 1981. - 320 с.
7. Кирик В.В., Маслова Т.Б. Электричні мережі та системи. Режимы работы розімкнених мереж. Київ: НТУУ «КПІ», 2015.-256 с. (укр., англ.)
8. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях./ Под ред. Веникова В.А.
9. Петренко Л.И. Электрические сети. Сб. задач. - К.: Вища школа, 1976. - 216 с.
10. L.Naarla, M.Koskinen, R.Hirvonen, P.-E.Labeau. Transmission Grid Security. Springer-Verlag London. 2011.
11. Advanced Technologies for Future Transmission Grids. M.Gianluigi (Ed.). Springer-Verlag London. 2013.
12. Phadke A.G., J.S.Thorp. Synchronized Phasor Measurements and Their Applications. Springer Science+Business Media. 2008.
13. Planning of Electric Power Distribution. Technical Principles. Siemens AG Berlin and Munich. 2014.

Допоміжна

1. Зорін В.В., Штогрин Є.А., Буйний Р.О. Электричні мережі та системи. Ніжин. Аспект-Поліграф. 2011.- 248 с.
2. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под. ред. С.С. Рокотяна и М.М. Шапиро. - М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Справочник по проектированию электрических сетей / Под. ред. Д.Л. Файбисовича . - М.: Издательство НЦ ЭНАС. 2006.
4. Комплектные газоизолированные трансформаторные подстанции напряжением 110-220 кВ. Техническая информация НК АИ.670049.035 ТИ.
5. Перхач В.С. Математичні задачі електроенергетики. Львів. Вища школа.1989.-455 с.
6. Бурбело М.Й. Математичні задачі електроенергетики. Математичне моделювання електропостачальних систем: навчальний посібник. Вінниця. ВНТУ, 2016.- 185 с.
7. Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище. Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №543 від 04.08.2014

13. Інформаційні ресурси

<http://www.springer.com/series/4622>

[siemens.com/tip-cs](http://www.siemens.com/tip-cs)

<http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/pages/ua/scientificworksandpublishedworks.aspx>