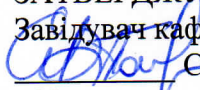


ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра механічної та електричної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
 Станіслав ПОПОВ
«02» вересня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(обов'язкова навчальна дисципліна)

ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ

освітньо-професійна програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
галузь знань	14 Електрична інженерія
освітній ступінь	бакалавр
факультет	Інженерно-технологічний

Робоча програма навчальної дисципліни «Електричні мережі» для здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Мова викладання: державна

Розробник: Анатолій СЕМЕНОВ, професор кафедри механічної та електричної інженерії, кандидат фізико-математичних наук, доцент

02 вересня 2024 р.


 Анатолій СЕМЕНОВ

Схвалено на засіданні кафедри механічної та електричної інженерії
протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

Погоджено гарантом освітньої програми
Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
02 вересня 2024 р.

 Анатолій СЕМЕНОВ

Схвалено головою ради з якості вищої освіти спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
протокол від 02 вересня 2024 р. № 1

 Юлія БАСОВА

1. Опис навчальної дисципліни

Елементи характеристики	Денна форма навчання
Загальна кількість годин	135
Кількість кредитів	4,5
Місце в індивідуальному навчальному плані здобувача вищої освіти	обов'язкова
Рік навчання (шифр курсу)	4, 141EE бд 2024
Семестр	7
Лекції (годин)	18
Практичні (годин)	14
Лабораторні (годин)	14
Самостійна робота (годин)	89
у т.ч. індивідуальні завдання (контрольна робота), годин	—
Форма семестрового контролю	Екзамен

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Опанування здобувачем вищої освіти знань в галузі електричних мереж, формування уявлень про процеси передавання, перетворення, розподілу та споживання електричної енергії, конструктивне виконання та технологічне устаткування електричних мереж, регулювання та планування режимів електричних систем, проектування електричних мереж.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Перелік дисциплін, що передують її вивченню, відповідно до структурно-логічної схеми освітньо-професійної програми: «Фізика», «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Теоретичні основи електротехніки», «Електротехнічні матеріали», «Електричні машини та апарати», «Технічна механіка», «Гідравліка», «Основи електропостачання», «Альтернативна енергетика та ресурсозбереження», «Курсовий проєкт «Електричні станції та підстанції», «Техніка високих напруг».

4. Компетентності

- загальні:

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми;

- фахові:

ФК3. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг;

ФК6. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

5. Програмні результати навчання

ПРН1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПРН19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат

електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

Співвідношення програмних результатів навчання із очікуваними результатами навчання

Програмний результат навчання	Очікувані результати вивчення навчальної дисципліни
ПРН 1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності	Знати особливості функціонування електричних мереж
	Розуміти принципи роботи та структуру електричних мереж
	Аналізувати роботу силового обладнання електричних мереж
	Вміти використовувати знання в галузі електричних мереж для вирішення практичних проблем у професійній діяльності
ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електро-механічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж	Розробляти проектні рішення для електричних мереж
	Оцінювати технічний стан електромеханічних систем та обладнання
	Розв'язувати задачі з технічного обслуговування електромеханічних систем
ПРН19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні	Розуміти причини та види втрат електричної енергії в електричних мережах
	Використовувати теоретичні підходи для оцінки втрат електроенергії в електромережах
	Впроваджувати на практиці емпіричні методи зниження втрат електроенергії

6. Методи навчання і викладання

Методи навчання: словесні (лекція, пояснення, інструктаж); наочні (демонстрування); практичні (практичні роботи, лабораторні роботи, робота з навчально-методичною літературою: конспектування).

7. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Характеристика електричних мереж та систем

Структура та призначення електричних мереж. Вимоги до електричних мереж при їх проектуванні та експлуатації. Класифікація електричних мереж. Електричні параметри електроенергетичних систем і параметри їх режимів. Номінальні напруги електричних мереж. Керування електроенергетичними системами. Переваги об'єднання електроенергетичних систем. Організація взаємовідносин між енергосистемами та споживачами. Режими нейтралі електричних мереж. Основні поняття про розрахунки електричних мереж. Схеми електричних мереж різного типу.

Тема 2. Повітряні та кабельні лінії електропередач.

Загальні відомості про виконання повітряних ліній. Проводи та троси повітряних ліній. Опори повітряних ліній. Ізолятори повітряних ліній. Кабельні лінії електропередач. Способи прокладання кабелів. Струмопроводи та шинопроводи.

Тема 3. Схеми заміщення та параметри елементів місцевих електричних мереж.

Особливості розрахунку еквівалентних схем заміщення. Активний опір ліній. Індуктивний опір ліній. Активна провідність ліній електропередач. Реактивна (ємнісна) провідність.

Тема 4. Схеми заміщення трансформаторів та ліній електропередач.

Типи трансформаторів і відповідні аббревіатури. Схеми заміщення трансформаторів. Двообмоткові трансформатори. Триобмоткові трансформатори. Трансформатори з розщепленими обмотками. Автотрансформатори. Особливості побудови схем заміщення ліній електропередач.

Тема 5. Розрахунок ustalених режимів електропередач.

Загальні засади. Розрахункові навантаження вузлів районної електричної мережі. Розрахунок режиму розімкненої мережі за напругою, заданою у кінці мережі. Розрахунок режиму розімкненої мережі за напругою, заданою на початку мережі. Визначення напруги на вторинній обмотці трансформатора. Особливості розрахунку місцевих електричних мереж. Розрахунок режиму замкненої мережі.

Тема 6. Режими роботи електроенергетичних систем.

Зображення навантажень у розрахункових схемах. Статичні характеристики навантаження споживачів. Баланс активної потужності. Регулювання частоти в ізольованій електроенергетичній системі. Регулювання частоти в електроенергетичній системі. Основи оптимального розподілу активної потужності в ЕЕС. Баланс реактивної потужності. Джерела реактивної потужності.

Тема 7. Якість електроенергетичної енергії та її забезпечення.

Якість електричної енергії та її вплив на роботу електроприймачів. Показники якості електричної енергії. Способи регулювання напруги в електричних мережах. Регулювання напруги на електростанціях системи. Регулювання напруги трансформаторами й автотрансформаторами. Регулювання напруги компенсацією реактивної потужності навантаження. Регулювання напруги зміною реактивного опору мережі.

Тема 8. Проектування електричних мереж та їх систем.

Основні етапи проектування електричних мереж. Техніко-економічні показники електричної мережі. Визначення втрат енергії та потужності у лініях електропередач. Вибір номінальної напруги мережі. Вибір перерізів проводів і кабелів за економічними критеріями. Урахування технічних обмежень при виборі перерізів проводів. Вибір перерізів проводів за допустимою втратою напруги у місцевій розподільчій мережі. Вибір трансформаторів на підстанціях.

Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин				
	141ЕЕ бд 2024				
	усього	у тому числі			
л.		п	лаб.	с.р.	
Тема 1. Характеристика електричних мереж та систем	8	2	-	2	8
Тема 2. Повітряні та кабельні лінії електропередач	22	2	2	2	12
Тема 3. Схеми заміщення та параметри елементів місцевих електричних мереж.	21	2	4	2	13
Тема 4. Схеми заміщення трансформаторів та ліній електропередач.	18	2	4	-	12
Тема 5. Розрахунок ustalених режимів електропередач.	14	2	-	2	10
Тема 6. Режими роботи електроенергетичних систем.	18	2	2	2	12
Тема 7. Якість електроенергетичної енергії та її забезпечення.	14	2	-	2	10

Тема 8. Проектування електричних мереж та їх систем.	20	4	2	2	12
Усього годин	135	18	14	14	89

8. Теми лабораторних занять

Назва теми	Кількість годин				
	141EE бд 2024				
Тема 1. Характеристика електричних мереж та систем	2				
Моделювання простої електричної схеми та аналіз її роботи					
Тема 2. Повітряні та кабельні лінії електропередач	2				
Дослідження електричних коливальних процесів у простих колах					
Тема 3. Схеми заміщення та параметри елементів місцевих електричних мереж.	2				
Визначення АЧХ та ФЧХ					
Тема 5. Розрахунок усталених режимів електропередач.	2				
Дослідження параметричного стабілізатора напруги					
Тема 6. Режими роботи електроенергетичних систем.	2				
Дослідження компенсаційного стабілізатора напруги					
Тема 7. Якість електроенергетичної енергії та її забезпечення.	2				
Дослідження операційного підсилювача					
Тема 8. Проектування електричних мереж та їх систем.	2				
Моделювання простих логічних схем					
Разом	14				

Теми практичних занять

Назва теми	Кількість годин				
	141EE бд 2024				
Тема 2. Повітряні та кабельні лінії електропередач	2				
Режими роботи нейтралі електричних мереж та електробезпека в електроустановках					
Тема 3. Схеми заміщення та параметри елементів місцевих електричних мереж.	2				
Розрахунок зосереджених параметрів схеми заміщення однофазної повітряної лінії електропередачі з неізолюваними проводами та нерозщепленою фазою					
Розрахунок зосереджених параметрів схеми заміщення однофазної повітряної лінії електропередачі з неізолюваними проводами та розщепленою фазою					
Тема 4. Схеми заміщення трансформаторів та ліній електропередач.	2				
Розрахунок параметрів схеми заміщення силових двообмоткових та триобмоткових трансформаторів					
Розрахунок параметрів схеми заміщення автотрансформаторів					
Тема 6. Режими роботи електроенергетичних систем.	2				
Розрахунок характеристик графіків електричного навантаження та обсягів спожитої електричної енергії					
Тема 8. Проектування електричних мереж та їх систем.					

Назва теми	Кількість годин
	141EE бд 2024
Розрахунок втрат потужності та енергії у повітряних та кабельних лініях електропередачі	2
Разом	14

9. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		141EE бд 2024
1.	Загальна характеристика систем передавання та розподілення електричної енергії	8
2.	Конструктивне виконання повітряних та кабельних ліній електропередавання	12
3.	Номінальні напруги елементів електричних мереж. Режими нейтралей	13
4.	Схеми заміщення електричних мереж та їх параметри	12
5.	Розрахунок усталених режимів розімкнутих та простих замкнених електричних мереж	10
6.	Методи розрахунку та аналізу втрат електричної енергії	12
7.	Показники та норми якості електричної енергії, методи її забезпечення. Основи керування режимами електроенергетичних систем	10
8.	Основи проектування електричних мереж	12
Разом		89

10. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачено.

11. Оцінювання результатів навчання

Програмні результати навчання	Форми контролю програмних результатів навчання
ПРН1. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності	Опитування, виконання лабораторних робіт; виконання вправ на практичних заняттях, виконання завдань самостійної роботи
ПРН17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж	Опитування, виконання лабораторних робіт; виконання вправ на практичних заняттях, виконання завдань самостійної роботи
ПРН19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні	Опитування, виконання лабораторних робіт; виконання вправ на практичних заняттях, виконання завдань самостійної роботи

Критерієм успішного навчання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання.

Одним із обов'язкових елементів освітнього процесу є систематичний поточний контроль оволодіння компетентностями та підсумкова оцінка рівня досягнення програмних результатів навчання.

Схема нарахування балів із навчальної дисципліни

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти					Разом
	опитування	виконання лабораторних робіт	виконання вправ на практичних заняттях	виконання завдань-самостійної роботи	екзамен	
Тема 1. Характеристика електричних мереж та систем.	-	3	-	3	-	6
Тема 2. Повітряні та кабельні лінії електропередач.	2	3	3	3	-	11
Тема 3. Схеми заміщення та параметри елементів місцевих електричних мереж.	2	3	6	3	-	14
Тема 4. Схеми заміщення трансформаторів та ліній електропередач.	2	-	6	3	-	11
Тема 5. Розрахунок усталених режимів електропередач.	2	3	-	3	-	8
Тема 6. Режими роботи електроенергетичних систем.	2	3	3	3	-	11
Тема 7. Якість електроенергетичної енергії та її забезпечення.	2	3	-	3	-	8
Тема 8. Проектування електричних мереж та їх систем.	2	3	3	3	-	11
Екзамен					20	20
Разом	14	21	21	24	20	100

Шкала та критерії оцінювання

Кількість балів	Критерії оцінювання
<i>Опитування</i>	
2 бали (максимальна)	Надані відповіді на всі запитання щодо принципів роботи, розв'язання спеціалізованих задач та обслуговування електричних мереж, вони є достатньо аргументованими
1 бал	Надані відповіді на більшість запитань щодо принципів роботи, розв'язання спеціалізованих задач та обслуговування електричних мереж, але є неточність у судженнях
0 балів (мінімальна)	У випадку відсутності наданих відповідей (не дає можливості оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів навчання)
<i>Самостійна робота</i>	

Кількість балів		Критерії оцінювання
3 бали (максимальна)		Опрацьована тема самостійної роботи в повному обсязі, надані відповіді на усі запитання щодо принципів роботи електричних мереж, вони є достатньо аргументованими
2 бали		Опрацьована тема самостійної роботи в повному обсязі, надані відповіді на усі запитання щодо принципів роботи електричних мереж, вони є недостатньо аргументованими
1 бал		Опрацьована тема самостійної роботи в повному обсязі, надані відповіді на більшість запитань щодо принципів роботи електричних мереж, але є неточність у судженнях
0 балів (мінімальна)		У випадку відсутності наданих відповідей (не дає можливості оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів навчання)
<i>Виконання лабораторних робіт</i>		
3 бали (максимальна)		Виконана лабораторна робота, проведено необхідні розрахунки роботи електричних мереж та систем, надані вичерпні відповіді на запитання
2 бали		Виконана лабораторна робота, проведено необхідні розрахунки роботи електричних мереж та систем, не надані відповіді на запитання
1 бал		Виконана лабораторна робота, розрахунки роботи електричних мереж та систем зроблені з грубими неточностями, не надані відповіді на запитання
0 балів (мінімальна)		Не виконана лабораторна робота (не дає можливості оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів навчання)
<i>Виконання вправ на практичних заняттях</i>		
3 бали (максимальна)		Виконане практичне завдання, проведено необхідні розрахунки роботи електричних мереж та систем, надані вичерпні відповіді на запитання
2 бали		Виконане практичне завдання, проведено необхідні розрахунки роботи електричних мереж та систем, не надані відповіді на запитання
1 бал		Виконане практичне завдання, розрахунки роботи електричних мереж та систем зроблені з грубими неточностями, не надані відповіді на запитання
0 балів (мінімальна)		Не виконано практичне завдання, висновки не зроблено, відповіді на питання не сформульовано, оформлення відсутнє (не дає можливості оцінити формування компетентностей і досягнення програмних результатів навчання)
<i>Екзамен (складається з 2 теоретичних питань)</i>		
для 1-го і 2-го теоретичного питання	10 (максимальна)	теоретичне питання розкрито повністю щодо знання та розуміння принципів роботи електричних систем та мереж, сформовано правильні висновки
	8	теоретичне питання розкрито щодо знання та розуміння принципів роботи електричних систем та мереж, сформовані часткові висновки
	6	теоретичне питання розкрито не в повному обсязі щодо знання та розуміння принципів роботи електричних систем та мереж, сформовані часткові висновки

Кількість балів		Критерії оцінювання
	4	теоретичне питання розкрито здебільшого правильно щодо знання та розуміння принципів роботи електричних систем та мереж, висновки відсутні
	2	теоретичне питання розкрито частково, наявні грубі неточності щодо знання та розуміння принципів роботи електричних систем та мереж, висновки відсутні
	0 (мінімальна)	відсутність відповіді на теоретичне питання (не дає можливість оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання у здобувача вищої освіти)

12. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачене під час вивчення навчальної дисципліни

Засоби навчання: інформаційний супровід із використанням платформи Moodle; комп'ютер (ноутбук) – 1 шт.; пристрій мультимедійний (проектор) – 1 шт.; проекційний екран – 1 шт.; презентації.

Перелік інструментів, обладнання, устаткування та програмного забезпечення, необхідного для вивчення навчальної дисципліни, забезпечує лабораторія 325 та комп'ютерна лабораторія 327: операційна система Windows 10 Pro x64, система схемотехнічного моделювання Electronics Workbench та Qucs-S Simulator.

13. Політика навчальної дисципліни

- щодо термінів виконання та перескладання:

практичні завдання, завдання із самостійної роботи, звіти лабораторних занять, що здаються з порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (-30%). Перескладання поточного оцінювання відбуваються за наявності поважних причин із дозволу деканату. Повторне складання підсумкового контролю становить не більше 2 разів із навчальної дисципліни: один раз викладачу, другий – комісії (формується деканом факультету за участі кафедри механічної та електричної інженерії). Оцінка повторного складання є остаточною. Перескладання екзамену (заліку) для підвищення позитивної оцінки можливе 1 раз на підставі заяви студента;

- щодо академічної доброчесності:

здобувач вищої освіти повинні дотримуватися Кодексу академічної доброчесності, Кодексу про етику викладача та здобувача вищої освіти ПДАУ, Положення про запобігання та виявлення академічного плагіату в ПДАУ, Порядку перевірки академічних текстів на наявність текстових запозичень у ПДАУ;

- щодо відвідування занять:

відвідування занять є обов'язковим. За наявності об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватись з використанням технологій дистанційного навчання за погодженням із деканом факультету;

- щодо зарахування результатів неформальної / інформальної освіти:

на здобувачів вищої освіти поширюється право про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті перед опануванням даної освітньої компоненти. Особливості неформального / інформального навчання регламентовані Положенням про порядок визнання результатів навчання, набутих у неформальній та інформальній освіті, здобувачами вищої освіти ПДАУ;

- щодо оскарження результатів оцінювання:

урегулювання порядку оскарження процедури та результатів проведення контрольних заходів в ПДАУ регулюється Положенням про організацію освітнього процесу в ПДАУ, Положенням про оцінювання результатів навчання з.в.о. в ПДАУ, Положення про порядок вирішення конфліктних ситуацій у ПДАУ.

14. Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Зайцев М.О., Кучанський В.О., Гунько І.О. Підвищення експлуатаційної надійності та ефективності роботи електричних мереж та електроустаткування. Монографія. Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2021. 156 с.
2. Електричні мережі та системи: метод. вказівки до виконання лабораторної роботи «Розрахунок режимів роботи електричної мережі з двостороннім живленням в середовищі EWB» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.-уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко. Харків: [б. в.], 2023. 31 с.
3. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 167 с.
4. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник / Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.
5. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навчальний посібник / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський ; за ред. П. Д. Лежнюка. Вінниця : ВНТУ, 2020. 200 с.

Допоміжні

1. Квітка С.О. Силові електронні пристрої в системах керування: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 180 с.
2. Електричні мережі та системи: метод. вказівки для самостійного вивчення дисципліни для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навч. зі спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Держ. біотехнол. ун-т; авт.- уклад.: О. А. Савченко, С. А. Попадченко. Харків, 2023. 12 с.
3. Електричні мережі та системи: Розрахункова роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітніх програм «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв» та «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. Електронні текстові данні (1 файл: 6,99 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 50 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни «Електричні мережі та системи» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укл.: к.т.н., доцент Ключев О.В. Кам'янське: ДДТУ, 2019. 196 с.

Інформаційні ресурси

1. Бібліотека Полтавського державного аграрного університету. URL: <https://www.pdau.edu.ua/content/biblioteka>.
2. Дистанційний курс для спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка з навчальної дисципліни «Електричні мережі». Полтавський державний аграрний університет. URL: <http://moodle.pdau.edu.ua>.
3. Національна бібліотека імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.