

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення



О. М. Васілевський
Васілевський О. М.

« 25 » 06 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ Якість електропостачання в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах

рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
галузь знань	14 – Електрична інженерія
спеціальність	141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
освітня кваліфікація	Доктор філософії з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни

«Якість електропостачання в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах»

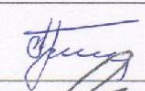

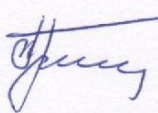


рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 14 – Електрична інженерія

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітня кваліфікація Доктор філософії з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

2020. — 13 с.

	Посада Протокол засідання	ПІБ	Підпис
Розроблено	Професор кафедри ЕСЕЕМ	д.т.н., професор Бурбело М. Й.	
Схвалено	Гарант освітньо-наукової програми	д.т.н., доцент Кулик В. В.	
	Зав. кафедри ЕСЕЕМ засідання кафедри ЕСЕЕМ (протокол № 13 від 21.05.2020 р.)	д.т.н., професор Бурбело М. Й.	
	Директор ІнМАД засідання секції Науково- технічної ради ВНТУ (протокол № 2 від 25.05.2020 р.)	д.т.н., професор Грушко О. В.	
Затверджено	Голова методичної ради Методична рада ВНТУ (протокол № 12 від 18.06.2020 р.)	д.т.н., професор Васілевський О. М.	

© М.Й. Бурбело, 2020.

© ВНТУ, 2020 рік

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Обов'язкова (професійна)	
Модулів – 3	спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3		2	2
Індивідуальне науково-дослідне завдання		Семестр	
Загальна кількість годин – 90		1	1
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 2,625	Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Лекції	
		32 год.	6 год.
		Практичні, семінарські	
		16 год.	6 год.
		Лабораторні	
		Курсовий проект	
		Самостійна робота	
		42 год.	78 год.
		Вид контролю: диф. залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53 % - 47 %,

для заочної форми навчання – 22 % - 78 %

Мова навчання – українська.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Якість електропостачання в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах» базується на знаннях, отриманих з дисципліни «Оптимізація функціонування та автоматизація електроенергетичних систем та електротехнічних комплексів» і створює передумови для викладання такої обов'язкової дисципліни, як «Планування експериментальних досліджень в електротехнічних комплексах та системах». Вивчення дисципліни передбачає проведення власного наукового дослідження, публікацію та апробацію результатів дослідження, підготовлення рукопису дисертації.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Робочу навчальну програму вивчення навчальної дисципліни «Якість електропостачання в електроенергетичних системах та електротехнічних комплексах» складено з урахуванням вимог освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Мета викладання дисципліни полягає у формуванні компетентностей, необхідних для використання та розробки рішень в сфері підвищення якості електропостачання.

Основне завдання вивчення дисципліни полягає в тому, щоб оволодіти методами забезпечення якості електропостачання та основними принципами побудови, функціонування та практичного застосування технічних засобів підвищення якості електропостачання

Програмні результати вивчення дисципліни

Згідно з **вимогами освітньо-наукової програми здобувачі повинні:**

ПР07. Уміти аналізувати інженерні продукти, процеси та системи за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень.

ПР08. Уміти виконувати постановку, формулювання і розв'язання завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням важливості соціальних обмежень (суспільство, здоров'я і безпека, охорона довкілля, економіка, промисловість тощо)

ПР12. Володіти сучасними методами та розробленими методиками проектування і дослідження, а також аналізу отриманих результатів.

ПР13. Уміти організовувати і проводити технічні випробування інженерних продуктів.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач в результаті вивчення дисципліни.

К01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, формування системного наукового світогляду.

К06. Здатність застосувати сучасні інформаційні технології у науковій діяльності, знаходити та критично аналізувати інформацію з реферативних та повнотекстових, зокрема наукометричних баз даних.

ФК1. Здатність демонструвати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами та комплексами.

ФК2. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК3. Здатність демонструвати розуміння специфіки електроенергетики, електротехніки та електромеханіки як науки та вміти її застосовувати під час роботи з технічною літературою та іншими джерелами інформації.

ФК5. Здатність застосовувати відповідні математичні методи, комп'ютерні технології, а також засади стандартизації та сертифікації для розв'язання завдань в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК6. Здатність застосовувати комплексний підхід до розв'язання експериментальних завдань з застосуванням засобів інформаційно-виміральної техніки та прикладного програмного забезпечення.

ФК7. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки з використанням комп'ютерного моделювання.

ФК9. Здатність впроваджувати новітні досягнення для проектування автоматизованого виробництва і автоматизованого розроблення або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК10. Здатність демонструвати практичні навички в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК14. Здатність демонструвати обізнаність з питань надійності та ефективності функціонування електроенергетичних та електротехнічних систем з відновлюваними джерелами енергії, що зумовлені необхідністю забезпечення сталого розвитку.

Контрольні заходи

Поточний та підсумковий контроль знань здобувачів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування під час практичного заняття, контрольних робіт, колоквіумів, тестування, диференційованого заліку.

На позааудиторну роботу виноситься вивчення окремих проблем курсу, підготовка до практичних занять, колоквіумів, тестування, диференційованого заліку, виконання індивідуальних науково-дослідних завдань (підготовка доповідей на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та інші науково-технічні конференції та семінари, підготовка наукових публікацій).

4. Програма навчальної дисципліни

Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Якість електроенергії.

Тема 1. Показники якості електроенергії. Нормування якості електроенергії. Технічні засоби контролю показників якості електроенергії. Організація та методи експериментальних досліджень.

Тема 2. Методи розрахунку та оптимізації якості електроенергії. Розрахунок відхилень та коливань напруги, несиметричних та несинусоїдних режимів.

Тема 3. Технічні засоби покращення якості електроенергії. Статичні тиристорні компенсатори (СТК). Статичні синхронні компенсатори (СТАТКОМ). Системи керування СТАТКОМ.

Тема 4. Технічні засоби зменшення несинусоїдності напруг. Пасивні фільтри. Активні фільтри (АФ). Активні гібридні фільтри. Активні випрямлячі. Інвертори напруги ФЕС.

Змістовий модуль 2. Надійність електропостачання

Тема 5. Показники надійності електропостачання споживачів.

Тема 6. Аналіз структурної та функціональної надійності систем електропостачання.

Тема 7. Організаційні та технічні заходи підвищення надійності електропостачання. Оптимізація мереж за надійністю електропостачання.

Тема 8. Оцінювання економічності заходів щодо підвищення надійності електропостачання.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		го	л	п	лаб	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
<i>Змістовий модуль 1. Якість електроенергії</i>												
Тема 1. Показники якості електроенергії.	15	4	2			9	15	1	1			13
Тема 2. Методи розрахунку та оптимізації якості електроенергії.	10	4	2			4	10	1	1			8
Тема 3. Технічні засоби зменшення відхилень, коливань та несиметрії напруги.	10	4	2			4	10	1	-			9
Тема 4. Технічні засоби зменшення несинусоїдності напруг.	10	4	2			4	10	-	1			9
<i>Разом за модулем 1</i>	45	16	8			21	45	3	3			39
Модуль 2												
<i>Змістовий модуль 2. Надійність електропостачання</i>												
Тема 5. Показники надійності електропостачання споживачів.	15	4	2			9	15	1	1			13
Тема 6. Аналіз структурної та функціональної надійності систем електропостачання.	10	4	2			4	10	1	1			8
Тема 7. Організаційні та технічні заходи підвищення надійності електропостачання.	10	4	2			4	10	1	-			9
Тема 8. Оцінювання економічності заходів щодо підвищення надійності електропостачання.	10	4	2			4	10	-	1			9
<i>Разом за модулем 2</i>	45	16	8			21	45	3	3			39
<i>Усього годин</i>	90	32	16			42	90	6	6			78

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Визначення показників якості електроенергії.	2	1
2	Розрахунок відхилень напруги.	2	1
3	Дослідження статичного тиристорного компенсатора.	2	-
4	Дослідження статичного синхронного компенсатора.	2	1
5	Визначення показників и надійності електропостачання споживачів.	2	1
6	Розрахунок структурної та функціональної надійності.	2	1
7	Оцінювання технічної ефективності заходів щодо підвищення надійності електропостачання.	2	-
8	Оцінювання економічності заходів щодо підвищення надійності електропостачання.	2	1
	Усього годин	16	6

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Показники якості електроенергії.	9	13
2	Методи розрахунку та оптимізації якості електроенергії.	4	8
3	Технічні засоби зменшення відхилень, коливань та несиметрії напруги.	4	9
4	Технічні засоби зменшення несинусоїдності напруг.	4	9
5	Показники надійності електропостачання споживачів.	9	13
6	Аналіз структурної та функціональної надійності систем електропостачання.	4	8
7	Організаційні та технічні заходи підвищення надійності електропостачання.	4	9
8	Оцінювання економічності заходів щодо підвищення надійності електропостачання.	4	9
	Усього годин	42	78

8. Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом передбачені контрольна робота (для здобувачів заочної форми навчання). Крім того, за рішенням кафедри здобувачі готують реферати з окремих тем курсу та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

9. Методи навчання

Лекція, проблемна лекція, демонстрація, зокрема, з використанням мультимедійних засобів навчання, практичні роботи, підготовка рефератів, доповідей науково-дослідного характеру, зокрема, на щорічну науково-технічну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

10. Методи контролю

Поточний контроль, який здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів під час лекційних і практичних занять, тестування, колоквіумів, захисту контрольної роботи (для здобувачів заочної форми навчання), залік.

11. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Таблиця 1 – Вид контролю – диф. залік

Поточне тестування та самостійна робота					Сума
Модуль 1			Модуль 2		100
Тема 1	...	Тема 4	Тема 5	Тема 8	
50			50		

Таблиця 2 - Кількість і зміст модулів

Модуль	Кредити	Лекції (год.)	Практичні заняття (семінари) (год.)	Контрольна робота	Колоквіуми
I	1,5	16	8	1	1
II	1,5	16	8	1	1

Таблиця 3 – Оцінювання знань, умінь та навичок здобувачів з окремих видів роботи та в цілому по модулях (в балах)

Вид роботи	Модуль	Модуль
	1	2
1. Індивідуальні завдання	10	10
2. Контрольні роботи	10	10
3. Активність під час занять	10	10
4. Колоквіум	20	20
Всього	50	50

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно добре задовільно	зараховано
82-89	B		
75-81	C		
64-74	D		
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Рівень компетентності	За нац. шкалою	За шкалою ЕКТС	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	відмінно	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на рівні творчого використання.
III Достатній (конструктивний) «4»	добре	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
		C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні різних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при вирішенні поставлених завдань.
II Середній (репродуктивний) «3»	задовільно	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, може аналізувати матеріал, робити висновки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при вирішенні поставлених завдань застосовуються не найраціональніші рішення.
		E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, завдання вирішуються нераціонально.
I Низький «2»	незадовільно з можливістю повторного складання	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання дає неправильні відповіді (40-60%). Самостійно не може сформулювати алгоритм рішення поставлених завдань. Рішення не раціональні та неефективні.
	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%). Самостійно, не може сформулювати алгоритм вирішення завдання.

13. Рекомендована література

Основна

1. Электромагнитная совместимость потребителей / И. В. Жежеленко, А. К. Шидловский, Г. Г. Пивняк, Ю. Л. Саенко, Н. А. Нойбергер. – М.: Машиностроение, 2012. – 351 с.

2. Журахівський, А. В. Надійність електричних систем і мереж: навч. посібник / А. В. Журахівський, Б. М. Кінаш, О. Р. Пастух. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с.

Допоміжна

3. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий [Текст] / Жежеленко И. В. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.

4. Кузнецов, В. Г. Электромагнитная совместимость. Несимметрия и несинусоидальность напряжения / В. Г. Кузнецов, Э. Г. Куренный, А. П. Лютый. – Донецк: Донбасс, 2005. – 250 с.

5. Шидловский А. К. Повышение качества энергии в электрических сетях [Текст] / А. К. Шидловский, В. Г. Кузнецов. – К. : Наукова думка, 1985. – 268 с.

6. ДСТУ EN-50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN-50160:2010, IDT).

7. Избранные вопросы несинусоидальных режимов в электрических сетях предприятий / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко, Т. К. Бараненко, А. В. Горпинич, В. В. Нестеренко; под ред. И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат. – 296 с.

8. Кузнецов, В. Г. Снижение несимметрии и несинусоидальности напряжений в электрических сетях [Текст] / В. Г. Кузнецов, А. С. Григорьев, В. Б. Данилюк – К.: Наукова думка, 1992. – 240 с.

9. Баланс энергий в электрических цепях / В. Е. Тонкаль, А. В. Новосельцев, С. П. Денисюк, В. Я. Жуйков, М. Т. Стрелков, Ю. А. Яценко. – К.: Наукова думка, 1992. – 312 с.

10. Мощность переменного тока / А. Ф. Крогерис, К. К. Рашевиц, Э. П. Трейманис, Я. К. Шинка. – Рига: Физ.-энерг. инст. Латв.АН, 1993. – 294 с.

11. Akagi, H. Instantaneous power theory and applications to power conditioning / H. Akagi, E. H. Watanabe, M. Aredes. – IEEE Press / Willy-Interscience, 2007. – 379 p.

12. Kundur, R. Power System Stability and Control / R. Kundur. – New York etc., McGraw-Hill, 1994. – 1176 p.

13. Mathur, R. M. Thyristor-based facts controllers for electrical transmission systems / R. M. Mathur and R. K. Varma. IEEE Press, Piscataway, 2002.

14. Кочкин, В. И. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий / В. И. Кочкин О. П. Нечаев. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 248 с.

15. Суд, В. К. HVDC and FACTS Controllers: Применение статических преобразователей в энергетических системах / В. К. Суд. – М.: НП «НИИА», 2009. 344 с.

16. Hingorani, N. G. Understanding FACTS. Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems / Hingorani N. G., Gyugyi L. – IEEE Press book, 2000. – 432 p.

17. Бурбело, М. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в перехідних режимах електроприводів / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2010. – 104 с.

18. Бурлака, В. В. Сучасні силові активні фільтри та імпульсні джерела живлення з корекцією коефіцієнта потужності : монографія / В. В. Бурлака, С. К. Поднебенна, С. В. Гулаков. – Маріуполь : ПДТУ, 2015. – 196 с
19. Надежность систем электроснабжения / В. В. Зорин, В. В. Тисленко, Ф. Клеппель, Г. Адлер. – К. : Вища школа, 1984. – 192 с.
20. Фокин, Ю. А. Вероятностно-статистические методы в расчетах систем электроснабжения [Текст] / Ю. А. Фокин. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 240 с.
21. Биллinton, Р. Оценка надежности электроэнергетических систем / Р. Биллinton, Р. Аллан. – М.: Мир, 1988. – 288 с.
22. Гук, Ю. Б. Расчет надежности схем электроснабжения / Ю. Б. Гук, М. М. Синенко, В. А. Тремясов. – Л. : Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
23. Папков, Б. В. Надежность электроснабжения: комплекс учебно-методических материалов / Б. В. Папков. – Н. Новгород, Нижегород. гос. техн. ун-т, 2007. – 210 с.
24. Методы и модели исследования надежности электроэнергетических систем / Н. А. Манов, М. В. Хохлов, Ю. Я. Чукреев и др. – Сыктывкар, 2010. – 292 с.
25. Аполлонский, С. М. Надежность и эффективность электрических аппаратов: Учебное пособие / С. М. Аполлонский, Ю. В. Куклев – СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 448 с.
26. Обоскалов, В. П. Структурная надежность электроэнергетических систем: Учеб. пособие/ В. П. Обоскалов. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 194 с.
27. Бурбело М. Й. Підвищення ефективності компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах: монографія // М. Й. Бурбело, Ю. П. Войтюк, Л. М. Мельничук. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 88 с.
28. Бурбело М. Й. Оцінювання впливу нелінійних несиметричних навантажень на низьковольтні електричні мережі / М. Й. Бурбело, О. В. Степура // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2019. – № 1. – С. 24-30.
29. М. Й. Бурбело, Ю. В. Лобода, О. В. Степура, «Аналіз динамічних помилок розподільних СТАТКОМ, що зумовлені неточністю формування задавальних струмів,» *Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки.* № 3(271), С. 220-225. 2019.
30. М. Й. Бурбело, О. В. Степура, «Застосування узагальнених симетричних складових для виявлення споживачів, які спотворюють якість електроенергії,» *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».* Серія: *Енергетика: надійність та енергоефективність.* № 14 (1339). С. 78-82. 2019.

14. Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського: [сайт].
Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>
2. Енергетика: [сайт]. Режим доступу: <http://LEONARDO.ENERGY.ORG/>

