



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ



Якість електричної енергії і керування якістю

Шифр та назва спеціальності	141 –«Електроенергетика, електротехніка, та електромеханіка»	Факультет / Інститут	ННІ енергетики, електроніки та електромеханіки
Назва програми	Електроенергетика	Кафедра	Електричні станції
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова навчання	Українська

ВИКЛАДАЧ



Мельников Георгій Ігорович, Heorhii.Melnykov@khpi.edu.ua

Доцент кафедри, кандидат технічних наук за спеціальністю «Елементи та пристрої систем автоматичного керування», доцент кафедри «Електричні станції». Автор понад 50 наукових публікацій та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Моделювання електроенергетичних та електромеханічних пристроїв та систем», «Якість електроенергії та керування якістю», «Проектування електроенергетичних систем та пристроїв», «Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем».

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Мета: Сформувати у студентів знання про основні вимоги державного стандарту на якість електричної енергії; види навантажень, що спотворюють якість електричної енергії, методи розрахунку їхнього впливу на показники якості електроенергії й інше електроенергетичне устаткування; методи побудови, засоби застосування, принципи дії і методи розрахунку параметрів пристроїв нормалізації показників якості електричної енергії.

Цілі:

Знати:

- основні вимоги державного стандарту на якість електричної енергії;
- види навантажень, що спотворюють якість електричної енергії, методи розрахунку їхнього впливу на показники якості електроенергії й інше електроенергетичне устаткування;
- методи побудови, засоби застосування, принципи дії і методи розрахунку параметрів пристроїв нормалізації показників якості електричної енергії.

Вміти:

- провести аналіз впливу навантажень, що спотворюють якість електричної енергії, на показники якості електроенергії в системах електропостачання;
- визначити можливість підключення навантажень, що спотворюють електроенергію, до мережі електропостачання;

Мета та цілі

	<ul style="list-style-type: none"> - розробити заходи по зниженню впливу спотворюючі навантажень на якість електроенергії, та зробити їх техніко-економічне порівняння; - зробити вибір засобів і розрахувати параметри пристроїв, що нормалізують необхідні по-казники якості електроенергії.
Компетентності	<p>ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу</p> <p>ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел</p> <p>ЗК 6 Здатність приймати обґрунтовані рішення</p> <p>ФК 1 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.</p> <p>ФК 3 Здатність застосовувати аналітичні методи, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.</p> <p>ФК 5 Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці</p> <p>ФК 8 Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання</p> <p>ФКс 14Здатність вибрати методи і провести відповідні розрахунки для аналізу режимів роботи електричних систем і мереж та режимів в елементах схем і процесів в системах та мережах.</p>
Результати навчання	<p>ПРН 1 Відтворити процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх моделюванні на персональному комп'ютері.</p> <p>ПРН 2 Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.</p> <p>ПРН 3 Знайти варіанти підвищення енергоефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем</p> <p>ПРН 6 Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних та електромеханічних системах.</p> <p>ПРН 11 Обирати напрям наукового дослідження та приймати в ньому участь з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки</p> <p>ПРНс 17 Знати методи організації, технологію та процеси виробництва електроенергії на основі традиційних та відновлюваних джерел енергії, та акумулювання енергії для маневрування і підтримання балансу в енергетичних системах</p>
Формат	<p>Обсяг дисципліни: 6 кредитів ECTS 180 годин.</p> <p>Лекції: 4 години.</p> <p>Лабораторні заняття: 16 години.</p> <p>Практичні заняття: 16 години.</p> <p>Підсумковий контроль: Іспит.</p> <p>Індивідуальне завдання: розрахунково-графічна робота.</p>
Семестр	10
Пререквізити	<p>Теоретичні основи електротехніки</p> <p>Промислова електроніка</p> <p>Електричні станції та підстанції</p> <p>Електромагнітні перехідні процеси в електроенергетичних системах</p> <p>Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах</p> <p>Моделювання електроенергетичних і електромеханічних систем та пристроїв</p>

Постреквізити

Технології акумулювання і маневрування в енергосистемах
Сучасне та перспективне обладнання електроенергетичних систем

**Вимоги
викладача**

Студент зобов'язаний відвідувати всі заняття, згідно розкладу, не спізнюватися. Дотримуватися етики поведінки. Працювати з навчальною та додатковою літературою, з літературою на електронних носіях та в Інтернеті. При пропуску лекції проводиться усна співбесіда за темою. Відпрацьовувати практичні заняття з дозволу викладача. Для оволодіння необхідною якістю освіти з дисципліни необхідна регулярна підготовка до занять.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			Змістовий модуль 1. Проблема якості електроенергії та вивчення основних положень діючих в Україні та світі стандартів якості електроенергії	
	Л 1	2	Тема 1. Вступ. Цілі навчальної дисципліни. Значення даної навчальної дисципліни для забезпечення інших професійних навчальних дисциплін. Обсяг навчального матеріалу, види занять та організація роботи для його засвоєння.	1
	Л 2	2	Тема 2. Проблема якості електроенергії. Проблема якості електроенергії і її актуальність у сучасних умовах. Вплив якості електроенергії на втрати. Електромагнітна і технологічна складові втрат електроенергії. Головні причини зниження якості електричної енергії. Поняття електромагнітної сумісності в системах електропостачання..	1-2
	ЛЗ- Л5	6	Тема 3. Державні стандарти 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014. Якість електричної енергії. Вимоги до якості електричної енергії в електричних мережах загального призначення. Показники якості електричної енергії, визначення і їхнє нормування відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014. Причини погіршення показників якості електроенергії. Основні джерела несиметрії, вищих гармонік, коливань напруги, відхилення частоти і напруги в електричних мережах електропостачання. Вплив властивостей електроенергії, що характеризуються показниками якості електроенергії, на електроенергетичне устаткування.	3,4
	П1- П2	4	Тема 3. Державні стандарти 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014. Показники якості електричної енергії, визначення і їхнє нормування відповідно до ДЕРЖСТАНДАРТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014. Розрахунок показників якості електроенергії	3,4
	ЛР1- ЛР2	4	Регулювання перетоків реактивної потужності та їх вплив на зміну напруги в електричних мережах. Дослідження пристрою поперечної компенсації реактивної потужності.	1,2
	Л6	2	Тема 4. Енергетичні процеси в електричних ланцюгах змінного струму. Енергетичні процеси в однофазних ланцюгах змінного струму із синусоїдальною формою сигналів напруги і струму. Активна та реактивна потужність. Коефіцієнт потужності та втрати енергії в електричних мережах.	6
	Л7- Л8	4	Тема 5. Енергетичні процеси в однофазних електричних ланцюгах в умовах несинусоїдальності. Реактивна потужність в	1

			умовах несинусоїдальності. Потужність, що спотворює, по Будеану. Пасивна потужність по Фрізе. Компенсація пасивної потужності.	
ЛР3-ЛР4	4		Вплив спотворюючих навантажень на показники якості електроенергії в системах електропостачання	1,2
ПЗ-П4			Тема 5. Енергетичні процеси в однофазних електричних ланцюгах в умовах несинусоїдальності. Розрахунки складових потужності в електричних колах в умовах несинусоїдальності. Потужність, що спотворюється, по Будеану. Пасивна потужність по Фрізе. Компенсація пасивної потужності.	6
Л9-Л10	2		Тема 6. Нестационарні навантаження. Енергетичні процеси в однофазних електричних ланцюгах із нестационарним навантаженням. Коливання напруги. Вплив на втрати енергії в електричних мережах. Коефіцієнт потужності середній. Компенсація пасивної потужності в умовах підключення різко змінних навантажень.	6
Л11-Л12	4		Тема 7. Несиметричні навантаження. Енергетичні процеси в багатофазних електричних ланцюгах. Компенсація пасивної потужності в умовах несиметрії. Втрати потужності та енергії в багатофазних електричних мережах. Компенсація пасивної потужності в багатофазних мережах.	6
			Змістовий модуль 2. Сучасні технології та пристрої нормалізації якості електроенергії при транспортуванні, розподіленні та використанні електричної енергії	
Л13	2		Тема 8. Регулювання частоти та напруги в електричних мережах. Вплив електричних навантажень на значення напруги та частоти в системах електропостачання промислових підприємств. Методи та засоби регулювання напруги в електричних мережах. Трансформатори з РПН та ПБЗ. Вольтодобавочні трансформатори та їх застосування.. Регулювання напруги за допомогою регулювання реактивної потужності Методи та засоби регулювання частоти в електричних мережах. АЧР та частотна автоматика енергосистем.	1,2,5
П5			Регулювання напруги в системах електропостачання	1,2,5
Л14-Л15	4		Тема 9. Зменшення коливань напруги. Вплив різко змінних навантажень на напругу. Методи та засоби для зменшення коливань напруги. Продольні та поперечні компенсуючі пристрої. Статичні та синхронні компенсатори реактивної потужності. Розрахунок параметрів статичних компенсаторів прямої та непрямої дії.	1,2,5
П6			Вибір та розрахунок параметрів статичних компенсаторів	5
Л16	2		Тема 10. Основні джерела вищих гармонік в електричних мережах. ”. Установки, що генерують вищі гармоніки, та їх вплив на якість електричної енергії. Силові вентиляльні перетворювачі. Дугові сталеплавильні печі. Електрозварювальні пристрої.	1,5
П7	2		Вибір та розрахунок фільтрокомпенсуючих пристроїв	1,2,5
Л17	2		Тема 11. Резонансні явища в системах електропостачання. Причини появи резонансних явищ та їх види. Засоби боротьби з резонансними явищами. Засоби захисту від резонансних явищ.	1,2,5
ЛР5-ЛР6	4		Резонансні явища в електричних мережах при підключенні компенсуючих пристроїв та їхній захист.	1,2,5

Л18-Л19	4	Тема 12. Засоби та пристрої для корекції несинусоїдальних режимів. Засоби та пристрої для зниження несинусоїдальності в електричних мережах. Силові резонансні фільтри та їх розрахунок та застосування для поліпшення якості електричної енергії. Активні силові фільтри. Кондиціонери гармонік.	1,2,5
СР1	4	Моделювання пасивних фільтрів в Matlab	
Л20	2	Тема 13. Режими електропостачання в умовах несиметрії. Розрахунок впливу несиметричного навантаження на електричну мережу. Засоби та пристрої для корекції несиметричних режимів”. Основні види несиметричних навантажень в системах електропостачання та їх вплив на показники якості електроенергії.	1,2,5
Л21-Л22	4	Тема 14. Засоби та пристрої для зниження несиметрії в електричних мережах. Симетрування однофазних навантажень. Схема Штейнметца. Несиметричні компенсуючі пристрої реактивної потужності. Статичні перетворювачі прямої та непрямої дії. Застосування активних фільтрів. Вибір та розрахунок параметрів симетруючих пристроїв.	1,2,5
П8	2	Вибір та розрахунок симетруючих пристроїв	1,2,5
ЛР7-ЛР8	4	Дослідження впливу несиметричних навантажень на показники якості електроенергії та застосування симетруючих пристроїв	1,2,5
СР2	6	Моделювання симетруючих пристроїв в Matlab	
Л23	2	Тема 15. Пристрої комплексної нормалізації показників якості електричної енергії. Статичні компенсатори реактивної потужності прямої та непрямої дії. Силові резонансні фільтри. Активні силові фільтри. Кондиціонери гармонік. Симетруючі пристрої. Компенсуючі пристрої реактивної потужності, що регулюються.	1,2,5
СР3	6	Моделювання мостових перетворювачів в Matlab	
Л24	2	Тема 16. Засоби вимірювання показників якості електроенергії. Прилади оперативного контролю показників якості електроенергії. Стаціонарні прилади контролю якості електроенергії. Сучасні вимірювальні засоби з контролем якості електроенергії.	1,2,5
СР4	4	Вивчення засобів вимірювання показників якості електроенергії	1,2,5
Разом (годин)	100		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

САМОСТІЙНА РОБОТА

N з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	24
2	Підготовка до практичних занять	16
3	Підготовка до лабораторних занять	16
4	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	20
5	Підготовка індивідуального завдання – розрахунково-графічна робота	24
	Разом	100

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Використовуються репродуктивні методи навчання з опорою на поетапне формування розумових дій з елементами активних методів навчання.

Основна рекомендація зводиться до забезпечення рівномірної активної роботи студентів над курсом протягом навчального року. Вони повинні проробляти матеріал прослуханих лекцій, активно використовувати програмні пакети.

Під час вивчення курсу студентам передбачено виконання наступних видів робіт:

- аналіз теоретичного матеріалу;
- проробка лекційного матеріалу;
- підготовка до семестрового контролю.

Самостійна робота студента включає вивчення лекційного матеріалу, підготовку до семестрового контролю, вивчення додаткового матеріалу. Для підготовки слід використовувати методичні посібники та вказівки до лабораторних робіт, а також матеріали лекцій.

Під час виконання завдань, які винесено до самостійного навчання, необхідно поряд із бібліотечним фондом університету користуватися різноманітними базами знань, що розташовані в мережі Інтернет.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Підсумковий контроль – іспит.

Поточний контроль.

Усі лекції дисципліни завершуються питаннями для повторення, на які слід відповісти. Контроль здійснюється під час опитування на лекціях, поточного контролю змістовних модулів. При оцінці враховується знання теоретичного матеріалу, глибина вивчення рекомендованої літератури, повнота відповідей на контрольні запитання.

Перелік запитань для підготовки до заліку:

- Якість електроенергії. Основні положення. Проблема якості електроенергії.
- Основні джерела вищих гармонік у системах електропостачання промислових підприємств. Коротка характеристика та вплив на показники якості електроенергії.
- Електромагнітна сумісність у системах електропостачання. Навантаження, що погіршують якість електроенергії.
- Способи та засоби для регулювання напруги в системах електропостачання. Зустрічне регулювання напруги.
- ГОСТ - 13109-97. Якість електроенергії. Показники якості електроенергії.
- Часткове та повне симетрування навантажень. Способи побудови симетруючих пристроїв.
- Коливання напруги. Показники якості електричної енергії, що характеризують коливання напруги. Флікер – ефект.
- Компенсація неактивних складових потужності електричних ланцюгів. Однофазні та трифазні пристрої поперечної компенсації.
- Відхилення напруги. Основні причини появи відхилення напруги. Показник якості електроенергії, що характеризує відхилення напруги.
- Способи та пристрої, призначені для зменшення впливу вищих гармонік на системи електропостачання. Їхня порівняльна характеристика .
- Несиметрія напруги. Причини появи. Показники якості електроенергії, що характеризують несиметрію напруги.
- Резонансні явища в електричних мережах змінного струму. Причини появи. Способи боротьби із нею.
- Спотворення форми кривої напруги. Показники якості електроенергії, що характеризують спотворення форми кривої напруги.
- Симетруючі пристрої, що застосовуються у системах електропостачання. Основні вимоги до них. Порівняльна характеристика.
- Відхилення частоти. Причини появи відхилення частоти. Нормування за ДСТУ.

- Захист конденсаторних батарей у мережах із нелінійними навантаженнями. Розрахунок параметрів захисного реактора.
- Імпульси напруги. Причини появи імпульсів напруги. Нормування за ДСТУ. Вплив на електроенергетичне встаткування.
- Додаткові втрати потужності під час передачі в умовах несиметрії . Способи зменшення втрат.
- Провали напруги. Причини появи провалів напруги. Нормування за ДСТУ.
- Основні джерела найвищих гармонік у системах електропостачання промислових підприємств. Коротка характеристика та вплив на показники якості електроенергії.
- Перенапруження. Причини появи. Нормування за ДСТУ.
- Додаткові втрати потужності під час передачі енергії до нестационарного навантаження. Способи зменшення втрат.
- Основні показники якості електричної енергії та їхнє нормування за ГОСТ.
- Статичні компенсатори непрямої дії. Призначення. Принцип роботи. Основні технічні показники.
- Баланс потужностей в однофазних лінійних електричних мережах змінного струму. Характеристика процесу передачі.
- Способи та засоби, які застосовуються в електричних мережах для зменшення коливань напруги. Порівняльна характеристика.
- Енергетичні процеси в електричних мережах за наявності несиметрії . Баланс потужностей у несиметричних лінійних мережах змінного струму.
- Причини появи коливань напруги. Вплив нестационарних навантажень на показники якості електроенергії.
- Системи електропостачання з однофазним нестационарним навантаженням. Баланс потужності за умов нестационарного навантаження.
- Силові резонансні фільтри. Призначення. Принципи побудови. Особливості включення та експлуатації.
- Баланс потужностей в однофазних електричних мережах за наявності нелінійних навантажень – джерел найвищих гармонік. Додаткові втрати під час передачі енергії.
- Регулює реактивну потужність у системах електропостачання. Вплив на показники якості електроенергії.
- Складові повної потужності при синусоїдальних енергетичних процесах. Причини появи неактивних складових потужності. Втрати напруги та потужності при передачі електроенергії.
- Статичні компенсатори прямої дії. Призначення. Принцип роботи. Основні технічні характеристики.
- Активна та реактивна потужності в умовах несинусоїдності . Причини виникнення потужності спотворення. Її властивості.
- Технічні засоби для вимірювання та контролю показників якості електричної енергії. Способи їх побудови. Принципи функціонування. Вимоги до точності вимірів.
- Потужність несиметрії , її види, причини появи. Вплив потужності несиметрії на втрати електричних мережах при передачі електроенергії.
- Вентильні перетворювачі як джерело вищих гармонік у системах електропостачання. Розрахунок коефіцієнта несинусоїдності та вищих гармонік напруги та струму.
- Вплив спотворюючих навантажень на роботу електричних мереж та електроенергетичного обладнання. Види спотворюючих навантажень.
- Способи та засоби, які застосовуються в електричних мережах для зменшення коливань напруги. Порівняльна характеристика.
- Баланс потужностей в однофазних електричних мережах за наявності нелінійних навантажень – джерел найвищих гармонік. Додаткові втрати під час передачі енергії.
- Способи та засоби нормалізації показників якості електричної енергії. Класифікація за способом побудови.
- Дугові сталеплавильні печі. Їх вплив на показники якості електричної енергії.

Критерії оцінки якості знань студентів:

Відмінно оцінюють студена, який глибоко та надійно засвоїв програмний матеріал, вичерпне, послідовно, грамотне та логічне злагоджено його виклав, у відповіді пов'язав теорію з практикою, показав знайомство з монографічною літературою, програмним забезпеченням (кількість отриманих балів 90-100).

Добре оцінюють студена, який твердо знає програмний матеріал, грамотне та по суті його викладає, не припускає суттєві неточності у відповіді на запитання, правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних питань і задач: В (кількість отриманих балів 82-89), С (кількість отриманих балів 75-81).

Задовільно оцінюють студена, який знає тільки основний матеріал, но не засвоїв його деталей, у відповіді припускає неточності, недостатньо правильно формулює основні закони і правила: D (кількість отриманих балів 64-74), E (кількість отриманих балів 60-63).

Незадовільно оцінюють студента, який не знає значної частини програмного матеріалу, припускає суттєві помилки FX (кількість отриманих балів 35-59), незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни F (кількість отриманих балів 0-34).

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (екзамен)	Сума	
Змістовий модуль 1						Змістовий модуль 2						25	100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T8	T9	T10	T11	T12	T13		
2	2	4	2	2	2	4	4	4	4	4	4		
T7						T14	T15	T16					
2						4	4	2					

Індивідуальне завдання

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
8	4	13	25

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	зараховано
82 – 89	B	добре	
75 – 81	C	задовільно	
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

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Мельников Г.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дослідження пристрою поперечної компенсації реактивної потужності в системі електропостачання, Харків: НТУ «ХП», 2019.- 75с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

№ з/п	Найменування навчальної літератури	№ змістового модуля	Рік видання	Автори
Базова				
1	Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; за заг. ред. О. І. Солов'я ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2015. – 283 с.	1,2	2015	Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.
2	Климова Г. Н., Литвак В. В., Маркман Г. З., Харлов Н. Н. Энергосбережение и качество электрической энергии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 157 с.	1,2	2005	Климова Г. Н., Литвак В. В., Маркман Г. З., Харлов Н. Н.
3	Міждержавний стандарт 13109-2002 «Якість електричної енергії».	1	2002	
4	ДСТУ EN 50160:2014	1	2014	
5	Карташев И.И., Тульский В.Н. и др. Управление качеством электроэнергии. М.: Изд.дом МЭИ, 2006, 320 с.	1,2	2006	Карташев И.И., Тульский В.Н. и др.
6	Тонкаль В.Е. і ін. Баланс енергій в електричних ланцюгах Київ: Наукова думка, 1992 р. 312 с.	1	1992	Тонкаль В.Е. і ін.
Допоміжна				
1	Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий. 2-е изд. перераб. і доп. М.: Энергоатомиздат, 1984.-160 с.	1,2	1984	Жежеленко И.В.
2	Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии. М.: Энергоатомиздат, 1985. 224 с.	1,2	1985	Железко Ю.С.
3	Иванов В.С., Соколов В.И. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1987. 336 с.	1,2	1987	Иванов В.С., Соколов В.И.
4	Handbook of Power Quality John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England 2008, 618p.	1,2	2008	Edited by Angelo Bagгинi University of Bergamo, Italy

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Веб-сайт : <http://energo.kiev.ua/>
2. Веб-сайт : <http://alt-energy.org.ua/>