

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Електротехнічний факультет

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості і
транспорті

СИЛАБУС

вивчення дисципліни

**«Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання
промислових установок»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня освіти

Галузь знань: 14 – Електрична інженерія

Спеціальність: 141- Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна(наукова) програма: Електромеханічні та електротехнічні
комплекси і системи транспортних засобів

Мова викладання: українська

Викладач дисципліни: Сьомочкин Альберт Борисович - доцент кафедри
автоматизованих електромеханічних систем в промисловості і транспорті,
кандидат технічних наук.

Е-шайл: speet@ukr.net

Контактний телефон: (+38) (056) 409-17-30 (каф. АЕСПТ)

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та
транспорті знаходиться у головному корпусі КНУ (Кривий Ріг, вул. Віталія
Матусевича 11), ауд. 303;

Завідувач випускової кафедри: Сінчук Олег Миколайович - завідувач
кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та
транспорті, доктор технічних наук, професор.

Зміст погоджено з гарантом ОПП  / Федотов В.О. /
(підпис)

« 31 » 08 2020 р.

АНОТАЦІЯ

Метою вивчення дисципліни «Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок» є надання студенту знань з розрахунку енергетичного балансу складних електромеханічних систем, розробки системи контролю та прогнозування показників якості споживання електроенергії промисловими установками, моделювання електроенергетичних процесів режимів електроспоживання промислових установок.

До **завдань** вивчення дисципліни входить опанування комплексу вимог до систем обліку та прогнозування електроенергетичного балансу і показників якості споживання електроенергії промисловими установками.

У результаті вивчення дисципліни «САМРЕПУ» студент повинен:

Знати: топології систем живлення промислових установок та технологічних комплексів; методи розрахунку енергетичного балансу у вузлах живлення промислових установок; енергетичні показники систем живлення промислових установок; показники якості споживання електроенергії систем живлення промислових установок.

Вміти: розраховувати енергетичний баланс різноманітних систем живлення промислових установок; проводити аналіз електроенергетичного стану систем живлення промислових установок; розробляти системи обліку показників якості споживання електроенергії промисловими установками; прогнозувати електроенергетичний баланс у вузлах систем живлення промислових установок.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти:

- здатність до узагальнення, аналізу, сприйняття інформації, постановці мети і вибору шляхів її досягнення;
- здатність здійснювати пошук, аналізувати і критично оцінювати інформацію з різних джерел;
- здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач;
- здатність застосовувати аналітичні методи аналізу, математичне моделювання та виконувати фізичні та математичні експерименти для розв'язання інженерних завдань;
- здатність критично аналізувати основні показники функціонування системи та оцінювати використані технічні рішення та обладнання;

Зміст дисципліни: Енергетичні співвідношення в електродинаміці Математичний опис балансу потужностей в системах живлення енергоємних установок Вплив неякісної електроенергії на втрати в системах живлення енергоємних установок з регульованим електроприводом Енергетичні структури та моделі СЖЕУ. Класифікаційні ознаки і складові потужності Критерії оцінки, методики розрахунків та прогнозування показників якості електричної енергії СЖЕУ. Обґрунтування задач досліджень і розробок. Підвищення енергетичних показників в СГЖК з комбінованою комутацією вентилів первинної ланки перетворення енергії

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна	Заочна
1	2	3	4
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <u>14</u> <u>Електрична інженерія</u>	Вибіркова дисципліна	
Модулів – 1	Спеціальність : <u>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	
Загальна кількість годин – 90		Семестр	
		2-й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3	Ступінь вищої освіти <u>магістр</u>	Лекції	
		18 год.	
		Практичні, семінарські	
		18 год.	
		Лабораторні	
		–	
		Самостійна робота	
		54 год.	
Індивідуальне завдання			
-			
Вид контролю			
екзамен			

Примітка.

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

для денної форми навчання – 36/54 - 67%;

2. Місце дисципліни в структурі освітньо-професійної програми

Дисципліна «Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок» включена в вибірккову частину освітньо-професійної програми «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» спеціальності 141-«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка другого рівня (магістр) вищої освіти.

Основні положення дисципліни повинні бути використані в подальшому при проходженні науково-дослідної практики, при виконанні магістерської випускової роботи та при складанні державного іспиту по захисту магістрів.

3. Перелік планованих результатів навчання, співвіднесених з планованими результатами освоєння освітньої-наукової програми

Курс має за мету теоретичну підготовку магістрів по визначенню енергетичного балансу та поліпшенню якості електричної енергії засобами електроприводу.

Метою викладання навчальної дисципліни «Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок» є надання студенту знань з розрахунку енергетичного балансу складних електромеханічних систем, розробки системи контролю та прогнозування показників якості споживання електроенергії промисловими установками, моделювання електроенергетичних процесів режимів електроспоживання промислових установок.

Завдання вивчення дисципліни – опанування комплексу вимог до систем обліку та прогнозування електроенергетичного балансу і показників якості споживання електроенергії промисловими установками.

Необхідно навчити студента системному підходу до аналізу електроенергетичного стану системи живлення промислових установок, залучити до технічної творчості та розробки моделей для аналізу електроенергетичного стану системи живлення промислових установок.

Після вивчення курсу студент повинен

знати:

- топології систем живлення промислових установок та технологічних комплексів;
- методи розрахунку енергетичного балансу у вузлах живлення промислових установок;
- енергетичні показники систем живлення промислових установок;
- показники якості споживання електроенергії систем живлення промислових установок;

вміти:

- розраховувати енергетичний баланс різноманітних систем живлення промислових установок;
- проводити аналіз електроенергетичного стану систем живлення промислових установок;
- розробляти системи обліку показників якості споживання електроенергії промисловими установками;
- прогнозувати електроенергетичний баланс у вузлах систем живлення промислових установок.

Види занять з дисципліни: лекції, практичні роботи, самостійна робота.

Дисципліна спрямована на формування інтегральної компетентності

ІК. Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі професійної діяльності з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

загальних компетентностей:

К06. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.

К09. Здатність спілкуватися та публікувати результати наукових досліджень іноземною мовою.

К10. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології

спеціальних (фахових) компетентностей:

К11. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач.

К13. Здатність планувати, організовувати та проводити дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

К16. Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів.

К19. Здатність виконувати синтез та аналіз систем керування тяговими електроприводами постійного та змінного струму.

К24. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів систем.

та програмних результатів навчання:

РН02. Відтворювати процеси в системах при їх комп'ютерному моделюванні.

РН03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у системах.

PH05. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у системах.

PH19. Виконувати аналіз процесів у гібридних тягових електромеханічних системах

Пререквізити:

Матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих випускниками ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, ступінь вищої освіти бакалавр.

Постреквізити:

Знання з дисципліни «Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок» є базовими для проходження в подальшому науково-дослідної практики, виконання магістерської випускової роботи та складання державного іспиту.

4. Тематичний план дисципліни

Змістовий модуль 1 “ Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок - 1 “ (44 годин/1,5 кредита)

Тема 1. Енергетичні співвідношення в електродинаміці

Тема 2. Математичний опис балансу потужностей в системах живлення енергоємних установок

Тема 3. Вплив неякісної електроенергії на втрати в системах живлення енергоємних установок з регульованим електроприводом

Тема 4. Енергетичні структури та моделі СЖЕУ. Класифікаційні ознаки

Змістовий модуль 2 “ Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок - 2“ (46 годин/1,5 кредита)

Тема 5. Критерії оцінки, методики розрахунків та прогнозування показників якості електричної енергії СЖЕУ. Обґрунтування задач досліджень і розробок

Тема 6. Формування енергетичних режимів в СГЖК енергоємними установками-турбомеханізмами

Тема 7. Енергетичні характеристики СЖК турбомеханізмами з дволанковими перетворювачами енергії при неповній компенсації неактивних складових потужності

Тема 8. Підвищення енергетичних показників в СГЖК з комбінованою комутацією вентилів первинної ланки перетворення енергії

5. Структура курсу

Тиж-ні	Теми занять	Год.	Теми СРС, терміни виконання
1	Енергетичні співвідношення електродинаміці	2	Потужність при синусоїдальному та несинусоїдальному струмах. Розкладання несиметричної трьохфазної системи на симетричні складові
2	Математичний опис балансу потужностей в системах живлення енергоємних установок	2	Потужність в трьохфазній системі, симетрично завантаженої синусоїдальними струмами. Потужність в трьохфазній системі, несиметрично завантаженої синусоїдальними струмами
3	Вплив неякісної електроенергії на втрати в системах живлення енергоємних установок з регульованим електроприводом	2	Потужність пульсацій. Потужність спотворення
4	Енергетичні структури та моделі СЖЕУ. Класифікаційні ознаки	2	Визначення дійсної повної потужності в спотвореній трьохфазній системі за значення втрат в мережі. Можливі способи визначення дійсної повної потужності
5	Критерії оцінки, методики розрахунків та прогнозування показників якості електричної енергії СЖЕУ. Обґрунтування	4	Вплив несиметрії та неврівноваженості системи струмів. Вплив вищих гармонік струму
6	задач досліджень і розробок		Вплив нерівномірності споживання. Традиційний коефіцієнт потужності
7	Формування енергетичних режимів в СГЖК енергоємними установками-турбомеханізмами	2	Дійсний коефіцієнт потужності. Середнє значення дійсного коефіцієнту потужності
8	Енергетичні характеристики СЖК турбомеханізмами з дволанковими перетворювачами енергії при неповній компенсації неактивних складових потужності	2	Якість електричної потужності. Якість електроенергії
9	Підвищення енергетичних показників в СГЖК з комбінованою комутацією вентилів первинної ланки перетворення енергії	3	Приховані втрати потужності. Баланс втрат потужності. Втрати енергії.
	Разом	18	

6. Навчальна база (лабораторії, аудиторії)

Для проведення лекційних і практичних занять використовується приміщення аудиторії навчального корпусу університету, які придатні для розміщення всього складу групи. Практичні завдання виконуються на комп'ютерах.

7. Освітні технології

Реалізація компетентного підходу передбачає широке використання в навчальному процесі здобувачів вищої освіти другого рівня (магістр) традиційних освітніх технологій в поєднанні з активними та інтерактивними формами проведення занять. Питома вага занять, що проводяться в інтерактивних формах, складає не менше 80% аудиторних занять.

В рамках вивчення даної дисципліни використовуються:

- мультимедійні освітні технології: інтерактивні лекції (презентації) з використанням програми MS PowerPoint в поєднанні з анімацією і звуковим супроводом; перегляд відеороликів за окремими пунктами тем занять, використання електронних посібників;

- діалогові технології: організація групових дискусій, використання «мозкового штурму».

8. Політика і процедури академічної поведінки та етики, особливості проведення занять для осіб з обмеженими можливостями здоров'я й особи з дітьми

При вивченні дисципліни «Структурно-аналітичне моделювання режимів електроспоживання промислових установок» прошу дотримуватися таких правил:

1. Не спізнюватися на заняття.
2. Не пропускати заняття без поважної причини, у разі відсутності прошу попередити та опрацювати матеріал самостійно.
3. Згідно з календарним графіком навчального процесу здавати всі види контролю.
4. Брати активну участь в навчальному процесі.
5. Бути терпимими, відкритими, відвертими і доброзичливими до однокурсників та викладачів.
6. Притримуватися правил академічної етики

Особливості проведення занять для осіб з обмеженими можливостями здоров'я:

У викладанні дисципліни можуть бути використані наступні адаптивні технології:

- інтернет-технології та дистанційне навчання - для здобувачів з порушеннями опорно-рухового апарату;
- диференційоване навчання, використання допоміжних пристроїв та технології тьюторського супроводу - для людей з вадами зору та слуху.

Підбір та розробку навчальних матеріалів можна надавати в різних формах: для здобувачів з вадами слуху інформацію можна представляти візуально, з порушенням зору - аудіально. Для осіб з вадами зору зображення дрібних об'єктів можна представляти у формі презентацій. Спілкування викладачів зі здобувачами можна здійснювати за допомогою дистанційних технологій (мережі Інтернет, електронної пошти). Вибір місць виконання практичних завдань здійснюється з урахуванням обмежених можливостей здоров'я того, хто навчається.

9. Розподіл балів та політика нарахування оцінок

Розподіл балів між змістовими модулями та їх складовими зведені до таблиць.

Підсумковий (семестровий) контроль здійснюється за результатами роботи студента з дисципліни та оцінюються балами згідно таблиці розподілу балів.

Поточне оцінювання															Сума балів				
Лекції																			
Змістовий модуль 1							Змістовий модуль 2												
Відвідування лекцій, поточний контроль							МК1	Відвідування лекцій, поточний контроль								МК2			
T1	T2	T3	T4	T5				T6	T7	T8	T9								
2	2	2	2	2			32	2	2	2	2	2	2	2	32	82			
Відвідування практичних занять							КР1	Відвідування практичних занять							КР2				
П1		П2		П3		П4		П5		П6		П7		П8		П9			
2		2		2		2		0		2		2		2		2		0	18
Семестрове оцінювання																			
Залік															0				
Максимальна загальна сума балів:															100				

де T1,T2...T9 – номери тем змістових модулів; П1,П2...П9 – номери тем практичних занять; МК1,МК2 – модульні контрольні роботи; КР1,КР2 – контрольні роботи.

Більш детально розподіл балів за кожен складову навчального процесу йде наступним чином: за виконання кредитно-модульної роботи:

Складові оцінювання	Розподіл балів	
	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2
Якість оформлення модульної контрольної	до 6	до 6
Повнота розкриття питань КМР	до 7	до 7
Вірна послідовність викладання матеріалу	до 6	до 6
Повне відображення усіх схем та рисунків, та формул	до 7	до 7
Культура мови	до 6	до 6
Разом	до 32	до 32

При поточному контролі на лекціях максимальна кількість балів – 2 бали.
Розподіл балів на лекції:

Вид робіт	Бали
Присутність на лекційному занятті	1
Якість засвоєння матеріалу (визначається при опитуванні)	1
Разом	2

Розподіл максимальної кількості балів при захисті практичних робіт наведена у таблиці (на одну практичну роботу):

Вид робіт	Денна форма
Якість виконання звіту з практичної роботи	1
Якість підготовки та захисту звіту з практичної роботи	1
Всього:	2

У результаті освоєння дисципліни здобувач опановує такі компетентності:

Компетентності	Дескриптори - основні ознаки освоєння (показники досягнення результату)	Форми й методи навчання, що сприяють формуванню та розвитку компетенції
Здатність проводити дослідження на відповідному рівні	Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення	1. Словесні методи 2. Практичні методи 3. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 4. Самостійна робота 5. Усне опитування 6. Контрольні роботи 7. Тестування 8. Підсумковий контроль. 9. Залік

	досліджень	
Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач.	Здатність розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності	1. Словесні методи 2. Практичні методи 3. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 4. Самостійна робота 5. Усне опитування 6. Контрольні роботи 7. Тестування 8. Підсумковий контроль. 9. Залік
Здатність демонструвати знання і розуміння математичних принципів і методів	Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах	1. Словесні методи 2. Практичні методи 3. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 4. Самостійна робота 5. Усне опитування 6. Контрольні роботи. 7. Тестування 8. Підсумковий контроль. 9. Залік

10. Порядок оцінювання результатів навчання

Основними формами контролю якості навчання є поточний і підсумковий контроль. Семестровий курс дисципліни розбито на 2 змістових модулі. Кожен модуль має ряд поточних контрольних заходів і закінчується підсумковим модульним контролем, обов'язковим для студента.

За кожен вид поточного і модульного контролю студент отримує бали, які підсумуються в межах модуля і виступатимуть надалі складовою загальної бальної оцінки за всі модулі дисципліни. Одержання студентом необхідної прохідної бальної оцінки за кожний з двох змістових модулів є обов'язковою умовою зарахування йому вивчення дисципліни. Підвищення рейтингового балу (та оцінки за національною шкалою) в кінці семестру студентом за рахунок додаткового опитування за матеріалом дисципліни або якимсь іншим способом не припускається. Залік як форма семестрового контролю виступає як підведення підсумків виконаної студентом за семестр навчальної роботи.

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має за мету перевірку якості засвоєння матеріалу студентами та зарахування змістових модулів навчальної дисципліни.

Модульний контроль здійснюється в кінці змістових модулів. Його здійснює викладач лекційних занять. При оцінюванні модулів враховується поточний контроль якості засвоєння.

Підсумкова оцінка з модулів виставляється в кінці 18-го тижня навчання та складається з суми оцінок за кожний складовий змістовий модуль.

До складання заліку студенти допускаються за умов виконання та захисту усіх практичних робіт згідно з робочим планом курсу. Мінімальний поріг зарахування студентів заліку з дисципліни є отримання не менше 50% від максимально можливого значення кількості балів за всіма складовими

змістових модулів. Кінцева оцінка з кожного залікового модуля виставляється у відповідності зі шкалою оцінювання: національна (п'ятибальна оцінка)/оцінка за ECTS/сумарна кількість балів.

Семестровий контроль реалізується через визначення кількості набраних балів з дисципліни за семестр та визначення оцінки якості засвоєння дисципліни згідно шкали оцінок (наказ ректора від 26.04.2010 №125).

Шкала оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Національна шкала успішності	Оцінка ECTS	Визначення ECTS	100-бальна система оцінювання
відмінно	<i>A</i>	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100
добре	<i>B</i>	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	80-89
	<i>C</i>	ДОБРЕ – в цілому правильна робота з певною кількістю грубих помилок	71-79
задовільно	<i>D</i>	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	61-70
	<i>E</i>	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні потреби	50-60
незадовільно	<i>FX</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – із можливістю повторного складання	30-49
	<i>F</i>	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним вивченням модуля	0-29

Якщо студент на момент закінчення останнього проведення контрольного заходу з відповідної дисципліни не набрав необхідної кількості балів, він, за згодою деканату, може здійснити додаткові спроби з їх складання. Кількість додаткових спроб обмежується двома.

Викладач має можливість додати студентові до 10 балів до оцінки за модуль за:

- участь в конкурсі наукових робіт за напрямом «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»;
- підготовку та публікацію тез доповіді або статті за напрямом «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету).

11.Зразок екзаменаційного білету

Не передбачено навчальним планом

12. Типові контрольні завдання, що необхідні для оцінки знань, умінь, навичок в процесі освоєння ОПШ

Змістовий модуль №1

1. Поняття векторів поля.
2. Теорема Пойнтінга.
3. Енергія електромагнітного поля.
4. Використання комплексного методу.
5. Баланси активної та реактивної потужностей.
6. Баланс миттєвих потужностей.
7. Функція миттєвої потужності.
8. Особливості підведення енергетичного балансу в практиці.
9. Ортогональна система потужностей P, Q, S, T.
10. Рівняння повної потужності.
11. Нормовані показники якості електроенергії.
12. Складові збитків від неякісності електроенергії.
13. Втрати активної потужності в активних елементах мережі.
14. Складові реактивної потужності та втрати від неї.
15. Енергетичні моделі силової частини енергозберігаючих структур.
16. Ознаки класифікації СЖЕУ.
17. Вирази для розрахунку кількісних та якісних показників енергоспоживання

Змістовий модуль №2

1. Принцип поетапної компенсації неактивних складових потужності.
2. Роль силової перетворювальної техніки в електромагнітній сумісності джерела та навантаження.
3. Спектральний та інтегральний напрямки теорії потужності.
4. Баланс генерованої, споживаної та циркулюючої в ланці енергій.
5. Розрахунок потужностей та енергетичних показників для групових структур.
6. Критерії ефективності енергетичних процесів.
7. Особливості енергетичних показників установок з циклічними режимами роботи.
8. Енергетична характеристика електроприводу турбомеханізмів.
9. Ефект от впровадження регульованого електроприводу турбомеханізмів.
10. Вплив випрямлячів перетворювачів частоти на енергетичні показники мережі.
11. Вирази активної та реактивної потужності первинної ланки.
12. Несиметричний спосіб керування випрямлячем
13. Залежність $\bar{Q}_{(1)}$ від α_{\min} турбомеханізму при симетричному та несиметричному керуванні.

14. Поєднання основного діапазону зміни швидкості турбомеханізму та несиметричного керування на енергетичні показники.
15. Вплив на енергетичні показники мережі двох установок з одномостовими несиметричними випрямлячами і різнойменними керованими групами.
16. Вирази розрахунку першої гармоніки активної та реактивної потужності для групової системи.
17. Парно-груповий метод компенсації неактивних складових потужності.
18. Вирази для визначення відносних значень k-х гармонік струму групової системи.
19. Способи компенсації реактивної потужності в турбомеханізмах.
20. Можливість використання синхронних двигунів турбокомпресорів для компенсації реактивної потужності

13. Література для вивчення дисципліни

№ п/п	Назва підручника (посібника), автор, видавництво, рік видання	Кількість примірників в бібліотеці ЗВО/кафедри
Базова		
1.	Баланс энергий в силовых цепях / [В.Е. Тонкаль, А.В. Новосельцев, С.П. Денисюк и др.]. – К. : Наукова думка, 1992. – С. 312.	
2.	Дрехслер Р. Измерение и оценка качества электроэнергии при несимметричной и нелинейной нагрузке / Р. Дрехслер ; Пер. с чешск. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 112 с.	
3.	ДСТУ 13109-97. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального користування.	
4.	ДСТУ 2791-94 Системи електропостачальні номінальною напругою до 1000 В: джерела, мережі, перетворювачі та споживачі електричної енергії.	
5.	Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий / И.В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.	
6.	Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, Ю.Л. Саенко. – М. : Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.	
7.	Закладний О.М. Енергозбереження засобами	

	промислового електропривода: Навчальний посібник / О.М. Закладний, А.В. Праховник, О.І. Соловей / – К. : Кондор, 2005. – 408 с.	
8.	Зиновьев Г.С. Прямые методы расчета энергетических показателей вентильных преобразователей / Г.С. Зиновьев. – Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 1990. – 220 с.	
9.	Пенфилд П. Энергетическая теория электрических цепей / П. Пенфилд, Р. Спенс, С. Дюинкер ; Пер. с англ. – М. : Энергия, 1974. – 151 с.	
10.	Черемісін М.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням / М.М. Черемісін, В.М. Зубко – Х. : Факт, 2005. – 192 с.	
Допоміжна		
11.	Аррилага Д.Ж. Гармоники в электрических системах. / Аррилага Д.Ж., Брэдли Д., Боужер П. ; Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.	
12.	Гайдукевич В.И. Случайные нагрузки силовых электроприводов. / В.И. Гайдукевич, В.С. Титов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 160 с.	
13.	Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. / В.И. Гордеев. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 184 с.	
14.	Иванов В.С. Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий / В.С. Иванов, В.И. Соколов – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 336 с.	
15.	Маевский О.А. Энергетические показатели вентильных преобразователей / О.А. Маевский. – М. : Энергия, 1978. – 320 с.	