

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
Факультет електроенерготехніки і автоматики

“З А Т В Е Р Д Ж У Ю”

Декан факультету
електроенерготехніки і автоматики

.....О.С. Яндульський

“.....”2014 р.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки бакалаврів

напряму 6.050701 - „Електротехніка та електротехнології”

спеціальності: 7(8). 05070102 – “ Електричні системи і мережі”

**7(8). 05070106 – “Системи управління виробництвом і
розподілом електроенергії**

(шифри за ОПП 3.01, 3.02)

Ухвалено методичною комісією ФЕА

Протокол № від 2014 р.

Голова методичної комісії

..... В.А. Баженов

К И Ї В 2014

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

доц., к.т.н. Кудря Євген Антонович

доц., к.т.н. Намацалюк Ігор Нестерович

Програму затверджено на засіданні кафедри теоретичної електротехніки

Протокол від 23.04.2014 року №8

Завідувач кафедри

..... А.А. Щерба

« ».....2014 р.

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів напряму підготовки: 6.050701 “ Електротехніка та електротехнології ”.

Навчальна дисципліна “ Теоретичні основи електротехніки ” відноситься до циклу професійної та практичної підготовки студентів і складається з трьох кредитних модулів: 2/НП-01/1“ТОЕ, ч.1” , 3/НП-01/2“ТОЕ, ч.2” , 4/П-05/3“ТОЕ, ч.3” .

Предметом навчальної дисципліни “Теоретичні основи електротехніки” є фізичні особливості і закони, яким підпорядковані електромагнітні явища і процеси, що супроводжують генерування, передавання і розподіл електроенергії.

Міждисциплінарні зв'язки.

Вивчення дисципліни базується на знаннях, одержаних з курсів:

- Вища математика – розділи: матрична алгебра, диференціальні рівняння, теорія функцій комплексної змінної, перетворення Фур'є і Лапласа, чисельні методи розв'язання алгебраїчних і диференціальних рівнянь, диференціальні рівняння в частинних похідних, теорія поля.
- Фізика – розділи: електрика та магнетизм.

У свою чергу дисципліна “ТОЕ” в цілому та її окремі розділи використовуються при вивченні дисциплін із циклів професійно-практичної підготовки студентів та дисциплін за вибором ВНЗ.

До переліку забезпечуваних слід віднести наступні дисципліни: „Основи метрології та електричних вимірювань”, „Математичні задачі енергетики”, “Електричні мережі і системи”, „Промислова електроніка”, “Перехідні процеси в енергосистемах“, „Техніка високих напруг”, „Електричні машини”, “Релейний захист та автоматизація електричних систем”, “Охорона праці та безпека життєдіяльності” і ін.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета навчальної дисципліни

Метою дисципліни є вивчення електромагнітних процесів в електричних колах та окремих пристроях; вивчення основних законів теорії електричних і магнітних кіл, ознайомлення з математичними методами їх аналізу та моделювання. Крім інтегральних співвідношень, які характеризують електричні і магнітні кола, студент повинен володіти і диференціальними категоріями, що відносяться до окремих точок середовища чи пристрою і є категоріями електромагнітного поля.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання.

Знання:

- методів аналізу ustalених процесів у лінійних електричних колах постійного, синусоїдного та періодичного несинусоїдного струмів із зосередженими параметрами;
- енергетичних процесів у електричних колах;
- класичного та операторного методів аналізу перехідних процесів у лінійних електричних колах з одним чи двома накопичувачами енергії;
- особливостей перебігу електромагнітних процесів у нелінійних електричних та магнітних колах;
- будови та принципу дії поширених в інженерній практиці електро-технічних пристроїв (генераторів електричного струму, електродвигунів, трансформаторів, реакторів та інш.).

Вміння:

- формувати математичні моделі кола;
- розраховувати ustalений режим у лінійному електричному колі, в якому діють джерела постійної, синусоїдної або періодичної несинусоїдної електрорушійної сили;
- розраховувати ustalений режим у нелінійному електричному та магнітному колі графічним, графоаналітичним або числовим методом;
- аналізувати перехідні процеси у колі з одним та двома накопичувачами енергії;
- розраховувати ustalений та перехідний режим в однорідній довгій лінії;
- розраховувати електричне та магнітне поле нескладної конфігурації.

Досвід:

- практичного застосування методів моделювання і розрахунку процесів у технічних пристроях, принцип дії яких базується на використанні електромагнітних явищ;
- проведення експериментальних досліджень і узагальнення їх результатів;
- використання комутаційної та електровимірної апаратури;
- самостійної роботи з навчальною, навчально-методичною і довідковою літературою у галузі електротехніки і суміжних дисциплін.

2. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

На вивчення навчальної дисципліни відводиться **648 годин / 18 кредитів ECTS**.

Навчальна дисципліна містить семестрові (кредитні) модулі :

- 1 “Теоретичні основи електротехніки, частина 1”
- 2 “Теоретичні основи електротехніки, частина 2”
- 3 “Теоретичні основи електротехніки, частина 3”

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Семестрові (кредитні) модулі	Всього кредитів / годин	Розподіл навчального часу за видами занять				семестрова атестація
			лекції	практичні заняття	Лабораторні роботи	СРС	
Денна	Всього	18/648	126	90	54	378	
	1	6/216	36	36	18	126	Екзамен
	2	6/216	54	18	18	126	Екзамен
	3	6/216	36	36	18	126	Екзамен
Заочна	Всього	18/648	36	22	20	570	
	1	6/216	14	10	6	186	Екзамен
	2	6/216	10	4	6	196	Екзамен
	3	6/216	12	8	8	188	Екзамен

3. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Семестровий (кредитний) модуль 1.

Розділ 1 (змістовний модуль).

ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.

Тема 1.1. *Основні поняття та закони електричного кола.*

Предмет і мета дисципліни. Значення електрифікації, електротехніки, енергозбереження в умовах науково-технічної революції. Зв'язок дисципліни з іншими загальнотеоретичними і спеціальними дисциплінами. Організація навчальної роботи. Рекомендована література.

Електричне коло, його елементи. Вольтамперна характеристика (ВАХ) елементів. Лінійні і нелінійні елементи. Джерела енергії: джерело напруги, джерело струму. Схеми заміщення і ВАХ джерел енергії. Умови еквівалентності схем заміщення.

Топологічні елементи електричного кола. Граф кола. Закон Ома: для ділянки провідника, для гілки з ЕРС, для замкненого кола. Перший і другий закони Кірхгофа.

Тема 1.2 *Методи розрахунку електричного кола.*

Метод рівнянь Кірхгофа. Метод контурних струмів. Власні і міжконтурні опори. Баланс потужностей в електричному колі.

Метод вузлових потенціалів, метод вузлової напруги. Власні і міжвузлові провідності. Принцип і метод накладання дії джерел енергії.

Властивість взаємності і її використання. Вхідні і взаємні провідності гілок, їх розрахунки. Теорема компенсації.

Перетворення пасивних ділянок електричного кола: послідовне та паралельне з'єднання. Перетворення зірки і трикутника опорів. Перетворення частин схеми з джерелами енергії: послідовне з'єднання з джерелами ЕРС, паралельне з'єднання з джерелами струму і ЕРС. Перенесення ЕРС.

Визначення двополюсника. Теорема про активний двополюсник. Метод активного двополюсника і його використання для розрахунку струму гілки. Схеми Тевенена і Нортена.

Передача енергії від активного двополюсника пасивному. Залежності напруг і потужностей при зміні навантаження лінії передачі. ККД лінії передачі електроенергії, максимальна потужність у навантаженні.

Умова передачі енергії при заданій потужності з мінімальними втратами. Перші лінії електропередачі Ф. Піроцького і М. Депре.

Модульна контрольна робота з розділу 1.

Розділ 2 (змістовний модуль).

ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ОДНОФАЗНОГО СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ.

Тема 2.1. Основні властивості електричного кола синусоїдного струму і його розрахунок.

Миттєві значення струму, напруги, фаза коливань, початкова фаза, кут зсуву фаз. Часові діаграми. Діюче значення струму, напруги. Зображення синусоїдних струмів, напруг обертовими векторами та комплексними функціями. Векторні діаграми. Співвідношення між напругами і струмами на елементах кола змінного струму. Розрахункова схема кола змінного струму. Закони Кірхгофа для кола змінного струму.

Елемент R при синусоїдному струмі: миттєві функції струму, напруги, потужності. Активна потужність, активний опір. Елемент L при синусоїдному струмі: миттєві функції струму, напруги, потужності. Реактивний опір індуктивності. Елемент C при синусоїдному струмі: миттєві функції струму, напруги, потужності. Реактивний опір ємності.

Комплексні зображення струму і напруги на резисторі, індуктивності, ємності. Векторні діаграми струму і напруги на елементах R , L , C . Комплексні опори елементів.

Рівняння напруг для послідовного з'єднання. Активна і реактивна напруга, активний і реактивний опір. Векторна діаграма послідовного з'єднання. Трикутники напруг і опорів. Рівняння для струмів паралельного з'єднання. Активний і реактивний струми, активна і реактивна провідність. Комплексна провідність. Векторна діаграма струмів паралельного з'єднання. Трикутники струмів і провідностей.

Співвідношення між сторонами трикутників опорів і провідностей. Розміщення трикутників на комплексній площині при активно-індуктивних та активно-ємнісних параметрах кола.

Активна, реактивна і повна потужності кола. Співвідношення між потужностями і параметрами схеми. Комплексна потужність. Баланс потужностей.

Закони Ома і Кірхгофа в комплексній формі. Розрахунок простого кола: послідовне, паралельне, змішане з'єднання. Розрахунок складного кола: методи контурних струмів та вузлових потенціалів в комплексній формі.

Тема 2.2. Електричні кола з індуктивно-зв'язаними елементами та їх розрахунок.

Потоки і потокозчеплення самоіндукції і взаємоіндукції. Однофазні класи (затискачі). Узгоджені і неузгоджені струми. Рівняння для напруг. Розрахунок електричного кола з індуктивно-зв'язаними елементами.

Використання методів рівнянь Кірхгофа та контурних струмів для розрахунку кола із взаємоіндукцією.

Рівняння для напруг послідовного з'єднання при узгоджених і незгоджених струмах. Еквівалентні опори котушок. Ефект "хвиної" ємності. Рівняння для напруг паралельного з'єднання при узгоджених і неузгоджених струмах. Еквівалентні опори котушок при паралельному з'єднанні. Теплові втрати і активні потужності. Векторні діаграми паралельного з'єднання.

Рівняння для комплексних потужностей 2-х індуктивно-зв'язаних елементів. Активні і реактивні потужності взаємоіндукції. Умова передачі енергії від однієї котушки до іншої. Напрямок передачі. Магнітна розв'язка. Трансформатор без феромагнітного осердя.

Тема 2.3. Резонансні явища і частотні характеристики.

Основні визначення, векторні діаграми. Настроювальні і частотні характеристики послідовного контуру.

Резонанс у паралельному коливальному контурі з втратами. Умови виникнення резонансу. Можливості досягнення резонансу при зміні частоти. Співвідношення між струмами і параметрами кола при резонансі. Векторна діаграма резонансного стану. Енергетичні процеси при резонансі.

Частотні характеристики реактивних двополюсників: частотні характеристики двополюсника з одним, двома, трьома реактивними елементами. Нулі і полюси вхідного опору реактивного двополюсника. Загальні вимоги до частотної характеристики.

Вплив активних опорів на частотну характеристику кола.

Модульна контрольна робота з розділу 2.

Семестровий (кредитний) модуль 2.

Розділ 3 (змістовний модуль).

ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПЕРІОДИЧНОГО ЗМІННОГО СТРУМУ.

Тема 3.1. Трифазні електричні кола та їх розрахунки.

Основні визначення багатофазних систем. Часові і векторні діаграми ЕРС трифазного генератора. Види з'єднань 3-фазного електричного кола.

Співвідношення між фазними і лінійними напругами і струмами 3-фазного симетричного кола.

Розрахунок симетричного трифазного кола: розрахункова схема на фазу симетричного 3-фазного кола. Визначення струмів і напруг в розрахунковій схемі та у всіх фазах кола. Приклад розрахунку. Суміщена векторна діаграма напруг та струмів симетричного 3-фазного кола.

Баланс потужностей симетричного 3-фазного кола.

Розрахунок статичного несиметричного трифазного кола при відомій системі фазних ЕРС генератора, при відомій системі лінійних напруг генератора. Приклади розрахунків, векторні діаграми напруг і струмів.

Використання методу контурних струмів при розрахунку несиметричного 3-фазного кола.

Потужності трифазного кола. Комплексна потужність 3-фазного генератора при відомій системі фазних чи лінійних напруг. Вимірювання активної потужності 3-фазного кола одним, двома чи трьома ватметрами.

Вимірювання реактивної потужності симетричного 3-фазного кола.

Обертове магнітне поле.

Симетричні складові 3-фазної системи. Опори 3-фазного кола для прямої, зворотної і нульової послідовностей; розрахункові схеми. Розрахунок симетричного споживача при несиметричній системі вхідних напруг (динамічне навантаження).

Розрахунок 3-фазного кола з поперечною та повздожньою несиметрією.

Тема 3.2. Електричні кола несинусоїдного періодичного струму.

Розкладання періодичної несинусоїдної ЕРС в тригонометричний ряд Фур'є. Гармонічний склад симетричних несинусоїдних струмів.

Розрахунок миттєвих струмів. Визначення діючих значень струмів та напруг.

Активна, реактивна та повна потужності несинусоїдного струму. Потужність спотворення. Вплив параметрів кола на форму кривих струмів при несинусоїдних напругах. Резонанс в колі з несинусоїдною ЕРС. Коефіцієнти, що характеризують несинусоїдні струми (напруги). Вимірювання періодичних струмів і напруг.

Системи прямої, зворотної та нульової послідовностей фаз в несинусоїдних фазних та лінійних напругах і струмах симетричного трифазного кола при з'єднанні в зірку чи трикутник. Співвідношення між фазними і лінійними напругами і струмами. Вплив схеми з'єднання обмоток трифазного генератора чи трансформатора на гармонічний склад струмів споживача.

Тема 3.3. Основи теорії чотириполюсників.

Класифікація 4-полюсників. Рівняння 4-полюсника у формах $[Y]$, $[Z]$, $[A]$, $[B]$. Визначення Y і Z - параметрів. Співвідношення між коефіцієнтами рівнянь. Умова симетрії 4-полюсника. Матричні форми рівнянь 4-полюсника.

Еквівалентні T - і Π - схеми заміщення пасивного 4-полюсника. Співвідношення між Δ - параметрами і опорами елементів схем заміщення. Визначення Δ - параметрів 4-полюсника із режимів неробочого ходу і к.з. 4-полюсника.

Вхідні опори 4-полюсника при навантаженні.

Вторинні параметри чотириполюсника: характеристичні опори 4-полюсника, коефіцієнт поширення 4-полюсника; визначення коефіцієнта поширення через вхідні і вихідні напруги і струми та через Δ -параметри. Коефіцієнт поширення симетричного 4-полюсника. Вимірювання згасання 4-полюсника в Неперах і Беллах.

Рівняння чотириполюсника, виражені через вторинні параметри. Схеми з'єднань чотириполюсників та їх рівняння.

Активний 4-полюсник.

Модульна контрольна робота з розділу 3.

Розділ 4 (змістовний модуль).

РОЗРАХУНОК ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ.

Тема 4.1. *Класичний метод розрахунку перехідних процесів.*

Причини виникнення перехідних процесів. Закони комутації. Початкові умови. Перехідний, вимушений і вільний режими електричного кола. Послідовність розрахунку перехідного процесу класичним методом.

Перехідні процеси в колі R, L : характеристика вільного режиму, вмикання кола на постійну та синусоїдну ЕРС. Коротке замикання кола R, L .

Перехідні процеси в колі R, C : характеристика вільного режиму, вмикання кола з конденсатором на постійну та синусоїдну ЕРС. Коротке замикання кола R, C .

Аперіодичний розряд конденсатора: рівняння для струму та напруг на елементах кола, часові графіки струму та напруг. Граничний випадок аперіодичного розряду конденсатора на коло R, L .

Коливальний розряд конденсатора: умови виникнення коливального розряду, рівняння для струму та напруг на елементах кола, часові графіки струму та напруг. Декремент коливань та логарифмічний декремент.

Вмикання кола R, L, C на джерело постійної ЕРС: рівняння для струму та напруг на елементах кола при аперіодичному та коливальному заряді конденсатора. Часові графіки струму та напруг.

Особливості розрахунку перехідного процесу при миттєвій зміні індуктивності чи ємності кола.

Тема 4.2. *Операторний метод розрахунку перехідних процесів.*

Пряме перетворення Лапласа та його основні властивості. Операторне зображення основних функцій. Зображення похідної та інтеграла; зображення напруги на індуктивності та ємності при відомому зображенні струму. Закон Ома та закони Кірхгофа в операторній формі. Операторні схеми.

Перехід від зображень струмів до оригіналів. Формула розкладання. Порядок розрахунку перехідного процесу операторним методом.

Тема 4.3. *Розрахунок перехідних процесів при дії ЕРС довільної форми.*

Одинична та імпульсна одинична функція. Перехідна характеристика елемента кола, перехідна провідність, імпульсна характеристика кола з послідовним з'єднанням R , L та R , C .

Операторні зображення одиничної та імпульсної одиничної функції.

Ввімкнення пасивного двополюсника на неперервно змінну вхідну напругу. Використання інтеграла Дюамеля при дії на коло ЕРС, яка має розриви неперервності. Різні форми запису інтеграла Дюамеля та рекомендації по їх використанню.

Модульна контрольна робота з розділу 4.

Семестровий (кредитний) модуль 3.

Розділ 5 (змістовний модуль) **ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.**

Тема 5.1. *Усталені режими кола з розподіленими параметрами.*

Визначення кола з розподіленими параметрами. Диференціальні рівняння однорідної довгої лінії. Розв'язок рівнянь довгої лінії для синусоїдного режиму. Рівняння довгої лінії при відомих напрузі і струму на початку і в кінці лінії.

Довга лінія як 4-полюсник. Еквівалентні параметри та схеми заміщення довгої лінії.

Падаючі (прямі) та відбиті (зворотні) хвилі в лінії. Фазова швидкість та довжина хвилі. Хвильовий опір та коефіцієнт поширення, їх залежність від частоти. Коефіцієнт відбиття, його залежність від опору навантаження лінії. Неспотворювальна лінія.

Режим узгодженого навантаження лінії; залежність напруги, струму, потужності від довжини лінії. Натуральна потужність лінії електропередачі. Режими неробочого ходу та короткого замикання; рівняння комплексних напруг та струмів лінії. Графік розподілу напруг та струмів вздовж лінії. Вхідний опір лінії для вказаних режимів.

Характеристичний опір та коефіцієнт поширення лінії без втрат. Рівняння лінії без втрат. Режим неробочого ходу та короткого замикання ліній без втрат; рівняння лінії для комплексів діючих та миттєвих значень напруг та струмів. Стоячі хвилі в лінії без втрат. Розподіл діючих значень напруги і струму та вхідного опору вздовж лінії.

Використання чвертьхвильових відрізків лінії без втрат.

Режим реактивного навантаження лінії без втрат. Рівняння лінії для комплексних напруг та струмів. Миттєві струм і напруга в лінії при реактивному навантаженні, стоячі хвилі. Розподіл діючих значень напруги і струму та вхідного опору вздовж лінії.

Режим мішаних хвиль в лінії без втрат ($Z_n = R_n$). Рівняння лінії для комплексних напруг та струмів. Миттєві струми і напруги в лінії, біжучі та стоячі складові напруги і струму. Розподіл діючих значень напруги і струму в лінії в залежності від відношення хвильового опору лінії до опору навантаження. Вхідний опір лінії для різних значень активного навантаження.

Режим узгодженого навантаження лінії без втрат.

Тема 5.2. *Перехідні процеси в колах з розподіленими параметрами.*

Причини виникнення перехідних процесів в довгих лініях. Хвильове рівняння та його розв'язок. Падаючі та відбиті хвилі напруги і струму. Хвильовий опір, фронт хвилі.

Співвідношення між енергіями електричних і магнітних полів хвилі елемента довжини лінії.

Вмикання однорідної довгої лінії на джерело постійної ЕРС: рішення для падаючих хвиль струму та напруги, графіки розподілу хвиль вздовж лінії.

Відбиття хвиль з прямокутним фронтом від кінця лінії з активним навантаженням: рішення для струму і напруги в навантаженні та для відбитих хвиль від кінця розімкненої та короткозамкненої ліній. Графіки розподілу хвиль в лінії. Загальне правило визначення відбитих хвиль в лінії.

Відбиття хвиль від активно-реактивного навантаження.

Відбиття і заломлення хвиль в місці з'єднання двох ліній. Проходження хвиль при наявності реактивного опору в місці з'єднання однорідних ліній: рішення для струму і напруги заломлених та відбитих хвиль, графіки розподілу хвиль в лініях.

Модульна контрольна робота з розділу 5.

Розділ 6 (змістовний модуль)

НЕЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ І МАГНІТНІ КОЛА.

Тема 6.1. *Нелінійні кола постійного струму.*

Статичні і диференціальні параметри нелінійних елементів електричного кола. Методи розрахунку нелінійного кола: графічний, графоаналітичний, чисельний. Приклади розрахунку нелінійного електричного кола вказаними методами.

Основні магнітні характеристики: вектор магнітної індукції, напруженість магнітного поля, МРС, магнітна напруга, магнітний опір. Закони Кірхгофа для магнітного кола. Розрахунок нерозгалуженого магнітного кола: пряма і зворотна задачі. Розрахунок розгалуженого магнітного кола.

Тема 6.2. *Нелінійні кола змінного струму.*

Котушка з феромагнітним осердям: втрати в осерді; форми кривих ЕРС, магнітного потоку і струму, еквівалентні синусоїди, Рівняння, векторна діаграма і схема заміщення котушки. Визначення параметрів схеми заміщення котушки з осердям.

Трансформатор з феромагнітним осердям: рівняння трансформатора для миттєвих струмів і напруг та в комплексній формі. Приведення трансформатора до одного числа витків. Рівняння, схеми заміщення і векторні діаграми приве-

деного трансформатора. Визначення параметрів схеми заміщення трансформатора.

Явище ферорезонансу. Ферорезонанс в колі з послідовним з'єднанням котушки з осердям і конденсатора: визначення ферорезонансу, ВАХ елементів і всього кола, векторні діаграми кола. Ферорезонанс струмів: рівняння і векторні діаграми кола, ВАХ елементів і всього кола. Тригерні ефекти в досліджуваних колах.

Феромагнітний підсилювач потужності. Принципова схема підсилювача. Вплив струму обмотки керування на ВАХ підсилювача. Векторна діаграма кола робочої обмотки. Коефіцієнти підсилення струму і потужності пристрою і їх залежність від струму керування.

Тема 6.3. *Перехідні процеси в нелінійних колах.*

Загальна характеристика перехідних процесів в нелінійному колі. Методи умовної лінеаризації та кусково-лінійної апроксимації нелінійної характеристики котушки при аналізі вмикання котушки на джерело постійної ЕРС. Методи послідовних інтервалів часу та графічного інтегрування. Співставлення розглянутих методів.

Вмикання котушки з осердям на синусоїдну напругу.

Модульна контрольна робота з розділу 6.

Розділ 7 (змістовний модуль)

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ.

Тема 7.1. *Рівняння електромагнітного поля.*

Визначення електромагнітного поля. Основні характеристики електричного і магнітного полів. Закони повного струму і електромагнітної індукції, теорема Гауса і постулат Максвелла, принцип неперервності магнітного потоку та електричного струму в інтегральній та диференціальній формах. Повна система рівнянь електромагнітного поля.

Теорема Остроградського і Стокса.

Тема 7.2. *Електростатичне поле та його розрахунки.*

Безвихорний характер електростатичного поля. Градієнт електричного потенціалу. Визначення потенціалу за заданим розподілом зарядів. Рівняння Пуасона та Лапласа. Граничні умови на поверхні провідників, на поверхні поділу двох діелектриків. Основна задача електростатики.

Приклади розрахунку електростатичних полів: поле нескінченної зарядженої осі, поле двох паралельних осей.

Тема 7.3. *Електричне і магнітне поле постійних струмів.*

Електричне поле струмів. Рівняння електричного поля струмів. Електричне поле біля провідників з постійним струмом. Електричне поле струмів у провіднику. Граничні умови на поверхні поділу двох провідникових середовищ.

Аналогія електричного поля в провіднику з електростатичним полем. Приклади розрахунку електричного поля.

Магнітне поле постійних струмів. Скалярний і векторний магнітний потенціали. Визначення магнітного потоку через векторний магнітний потенціал. Загальна задача розрахунку магнітного поля. Граничні умови на поверхні поділу двох середовищ з різними магнітними проникностями.

Поле лінійного проводу, поле проводу кругового перерізу, поле двопровідної лінії передачі.

Тема 7.4. Змінне електромагнітне поле.

Теорема Умова-Пойнтінга, вектор Пойнтінга. Приклади використання теореми.

Змінне електромагнітне поле в діелектрику. Рівняння Даламбера, загальне рішення рівняння. Плоска електромагнітна хвиля в діелектрику, швидкість поширення хвилі.

Змінне електромагнітне поле в провіднику; рівняння поля в комплексній формі. Плоска електромагнітна хвиля. Довжина хвилі, згасання. Явище поверхневого ефекту.

Модульна контрольна робота з розділу 7.

4. РЕКОМЕНДОВАНА ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Засвоєння дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» неможливе без розв'язання різноманітних практичних задач. **Мета практичних занять** - надати можливість студентам закріпити теоретичні положення навчальної дисципліни шляхом виконання певних завдань і набути умінь та досвіду їх практичного застосування.

Успіх занять забезпечується постановкою різноманітних задач, які вимагають застосування як стандартних методів, так і відшукування нестандартних підходів до розв'язання, аналізом отриманих результатів. Задачі, які розв'язуються на практичних заняттях, ілюструють загальнофізичні і розрахунково-теоретичні положення курсу і підбираються з урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів. Головний акцент при проведенні практичних занять робиться на розвиток самостійного логічного мислення у студента і навичок використання розрахункових методів.

Приблизна тематика практичних занять.

Семестровий (кредитний) модуль 1.

Заняття 1. Закон Ома, закони Кірхгофа. Потенціальна діаграма електричного кола.

Використання закону Ома для розгалуженого кола з одним джерелом ЕРС. Розрахунок складного кола на основі рівнянь Кірхгофа. Визначення потенціалів різних точок кола, побудова потенціальної діаграми.

Заняття 2. Метод контурних струмів.

Послідовність розрахунку електричного кола методом контурних струмів. Визначення контурних опорів і контурних ЕРС. Визначення струмів віток через контурні струми. Складання балансу потужностей електричного кола.

Заняття 3. Метод вузлових потенціалів.

Послідовність розрахунку електричного кола методом вузлових потенціалів. Вибір опорного (базового вузла). Визначення вузлових провідностей і вузлових

струмів. Визначення струмів віток. Складання балансу потужностей електричного кола.

Заняття 4. Метод накладання дії джерел енергії.

Послідовність розрахунку електричного кола методом накладання. Видалення джерел енергії (джерела ЕРС, джерела струму) зі схеми. Розрахункові схеми часткових режимів кола. Визначення результуючих струмів гілок кола.

Заняття 5. Еквівалентні перетворення у лінійних електричних колах.

Перетворення пасивних ділянок електричного кола: послідовне та паралельне з'єднання, перетворення зірки і трикутника опорів. Перетворення частин схеми з джерелами енергії.

Заняття 6. Метод активного двополюсника.

Послідовність розрахунку електричного кола методом активного двополюсника. Визначення еквівалентних параметрів двополюсника.

Заняття 7. МК-1а: використання методів контурних струмів, вузлових потенціалів та еквівалентного генератора для розрахунку складного електричного кола.

Заняття 8. Передача максимальної потужності від активного двополюсника пасивному.

Заняття 9. Розрахунок кола синусоїдного струму при послідовному та паралельному з'єднанні елементів. Використання закону Ома та першого закону Кірхгофа в комплексній формі. Миттєві значення струмів і напруг, векторні діаграми.

Заняття 10. Розрахунок кола синусоїдного струму змішаного з'єднання.

Послідовно-паралельне з'єднання елементів і його розрахунок символічним методом. Визначення комплексних еквівалентних опорів мішаного з'єднання, розрахунок комплексних струмів і напруг гілок. Векторні діаграми струмів і напруг. Складання балансу потужностей кола.

Заняття 11. Розрахунок складного кола синусоїдного струму.

Використання методів контурних струмів та вузлових потенціалів для розрахунку складного кола синусоїдного струму. Складання балансу потужностей кола.

Заняття 12. Використання методу еквівалентного генератора у колі синусоїдного струму.

Заняття 13. МК-1б: розрахунок кола синусоїдного струму символічним методом.

Заняття 14. Розрахунок послідовного та паралельного з'єднання двох індуктивно-зв'язаних котушок. Побудова векторних діаграм.

Заняття 15. Розрахунок розгалуженого кола з індуктивними зв'язками.

Використання методу контурних струмів для розрахунку розгалуженого кола із взаємоіндукцією. Власні та міжконтурні комплексні опори при наявності індуктивно зв'язаних гілок у контурах. Потужність взаємоіндукції, баланс потужностей.

Заняття 16. Розрахунок резонансного стану нерозгалуженого кола.

Використання умови резонансу для визначення параметрів кола. Розрахунок струму та напруг на ділянках кола; побудова суміщених векторних діаграм струмів та напруг для резонансного стану кола.

Заняття 17. Резонансні явища у розгалуженому електричному колі.

Визначення параметрів кола при резонансі. Розрахунок струмів та напруг на ділянках кола; побудова суміщених векторних діаграм струмів та напруг для резонансного стану кола.

Заняття 18. Якісний аналіз частотної характеристики двополюсника. Складання рівняння для вхідного опору та визначення нулів і полюсів функції. Побудова частотної характеристики.

Семестровий (кредитний) модуль 2

Заняття 1. Розрахунок трифазного симетричного кола.

Розрахункова схема на фазу симетричного 3-фазного кола. Визначення струмів і напруг в розрахунковій схемі та у всіх фазах кола. Суміщена векторна діаграма напруг і струмів симетричного трифазного кола.

Заняття 2. Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів зіркою чи трикутником.

Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів зіркою: а) з нейтральним проводом; б) без нейтрального проводу.

Розрахунок несиметричного трифазного кола при з'єднанні споживачів трикутником. Побудова векторних діаграм напруг та струмів.

Використання методу еквівалентних перетворень для спрощення 3-фазного кола. Розрахунок спрощеного кола та знаходження струмів і напруг у вихідній схемі. Складання балансу потужностей 3-фазного кола, побудова суміщених векторних діаграм.

Заняття 3. Використання методу симетричних складових для розрахунку несиметричного трифазного кола з динамічним навантаженням.

Визначення симетричних складових несиметричної системи напруг. Побудова розрахункових схем для симетричних складових. Складання основних рівнянь по розрахунковим схемам та додаткових рівнянь за умовою несиметрії. Визначення струмів і напруг симетричних складових та розрахунок результуючих струмів і напруг.

Заняття 4. Розрахунок лінійного електричного кола з несинусоїдною ЕРС.

Розкладання періодичної несинусоїдної ЕРС в тригонометричний ряд Фур'є. Розрахунок миттєвих струмів та визначення діючих значень струмів і напруг. Визначення потужностей кола несинусоїдного струму та складання балансу потужностей.

Особливості протікання струмів прямої, зворотної та нульової послідовностей фаз в симетричному трифазному колі при з'єднанні в зірку чи трикутник. Розрахунок миттєвих значень струмів і напруг. Визначення діючих значень фазних і лінійних струмів і напруг симетричного трифазного кола.

Заняття 5а. МК-1: а) розрахунок трифазного кола синусоїдного струму; б) розрахунок кола з періодичною несинусоїдною ЕРС.

Заняття 5б. Визначення коефіцієнтів рівнянь 4-полюсника різних форм запису. Визначення \underline{Y} - та \underline{Z} - параметрів 4-полюсника; визначення \underline{A} - параметрів із режимів неробочого ходу та короткого замикання. Вторинні параметри чотиріполюсника.

Заняття 6. Розрахунок перехідного процесу у колі з одним накопичувачем енергії при дії постійних та синусоїдних джерел енергії.

Розрахунок усталених режимів до та після комутації. Складання характеристичного рівняння кола та визначення його коренів. Розрахунок початкових умов для струмів і напруг. Знаходження розв'язків для вільних складових струмів і напруг та загальних розв'язків. Побудова часових графіків перехідних струмів та напруг.

Заняття 7. Розрахунок перехідного процесу у колі з двома накопичувачами енергії при дії постійних синусоїдних джерел енергії.

Розрахунок усталених режимів до та після комутації. Складання характеристичного рівняння кола та визначення його коренів. Особливості розрахунку початкових умов для струмів і напруг при двох накопичувачах енергії. Знаходження розв'язків для вільних складових при дійсних та комплексно-спряжених коренях. Особливості визначення сталих інтегрування. Запис загальних розв'язків для перехідних струмів та напруг.

Заняття 8. Операторний метод розрахунку перехідного процесу в електричному колі з двома накопичувачами енергії.

Розрахунок усталеного режиму до комутації та визначення незалежних початкових умов. Побудова операторної розрахункової схеми. Складання рівнянь для зображень струмів (напруг) та знаходження зображень шуканих величин. Знаходження оригіналів струмів (напруг).

Заняття 9а. Використання інтеграла Дюамеля при розрахунку перехідного процесу.

Визначення перехідних провідностей, та перехідних характеристик елементів кола. Вибір необхідної форми інтегралу Дюамеля та її використання для розрахунку перехідного струму чи напруги при дії на коло ЕРС довільної форми.

Заняття 9б. МК-2: розрахунок перехідних процесів в лінійному електричному колі.

Семестровий (кредитний) модуль 3

Заняття 1. Визначення параметрів однорідної довгої лінії. Неспотворювальна лінія.

Визначення вторинних параметрів однорідної довгої лінії та дослідження їх залежності від частоти. Розрахунок неспотворювальної лінії: визначення миттєвих і діючих значень напруги і струму, побудова графіків напруги і струму вздовж лінії.

Заняття 2. Однорідна лінія з втратами при різних режимах роботи.

Режим узгодженого навантаження лінії: розрахунок залежностей напруги, струму та потужності від довжини лінії. Графіки миттєвих і діючих значень напруги і струму вздовж лінії. Режим неробочого ходу та короткого замикання лінії: розрахунки комплексних і миттєвих значень струму і напруги та вхідного опору.

Заняття 3. Лінія без втрат в режимах неробочого ходу та короткого замикання.

Розрахунок діючих та миттєвих значень напруг і струмів в лінії без втрат для режимів неробочого ходу та короткого замикання. Побудова графіків

миттєвих і діючих значень напруг і струмів вздовж лінії. Графік залежності вхідного опору від довжини лінії.

Заняття 4. Лінія без втрат в режимі реактивного навантаження.

Режим реактивного навантаження: розрахунок діючих та миттєвих значень напруг і струмів та побудова графіків їх розподілу вздовж лінії. Розрахунок вхідного опору лінії в режимі реактивного навантаження.

Заняття 5. Лінія без втрат в режимі активного навантаження.

Режим активного навантаження лінії: розрахунок діючих та миттєвих значень напруг і струмів та побудова графіків їх розподілу вздовж лінії. Дослідження вхідного опору лінії в режимі активного навантаження.

Заняття 6. Узгоджуючі пристрої в лінії без втрат.

Визначення параметрів узгоджуючих пристроїв. Розрахунок напруг і струмів та вхідних опорів при наявності узгоджуючих пристроїв.

Заняття 7. Падаючі і відбиті хвилі з прямокутними фронтами.

Розрахунок перехідного процесу при вмиканні довгої лінії на джерело постійної ЕРС. Відбиття хвиль з прямокутним фронтом від кінця лінії з активним навантаженням: розв'язок для струму і напруги в навантаженні та для відбитих хвиль в лінії. Графіки.

Заняття 8. Відбиття та заломлення хвиль при наявності реактивних неоднорідностей в лінії. Розрахунок і побудова графіків (діаграм) розподілу хвиль струмів та напруг в лінії.

Заняття 9. Відбиття та заломлення хвиль при наявності реактивних неоднорідностей в лінії.

Проходження хвиль при наявності реактивного опору в місці з'єднання ліній: розв'язок для струму і напруги заломлених та відбитих хвиль. Графіки розподілу хвиль струмів та напруг в лінії.

Заняття 10. МК-1: розрахунок усталених та перехідних режимів в колах з розподіленими параметрами.

Заняття 11. Графічний та графоаналітичний методи розрахунку нелінійного електричного кола. Розрахунок простого нелінійного електричного кола постійного струму графічним методом. Розрахунок складного електричного кола з одним нелінійним елементом графо-аналітичним методом.

Заняття 12. Розрахунок простого магнітного кола .

Графічний метод розрахунку магнітного кола при відомих МРС чи магнітному потоці.

Заняття 13. Котушка та трансформатор з феромагнітним осердям.

Визначення параметрів схеми заміщення котушки та трансформатора з феромагнітним осердям. Розрахунок режиму навантаження трансформатора. Векторні діаграми приведенного трансформатора.

Заняття 14. Розрахунок ферорезонансних явищ у нелінійному колі.

Аналітичний метод розрахунку ферорезонансних явищ при послідовному та паралельному з'єднанні нелінійної котушки з лінійним конденсатором.

Визначення миттєвих та діючих значень напруг і струмів.

Заняття 15. МК-2а: розрахунок усталених режимів в нелінійних електричних та магнітних колах.

Заняття 16. Визначення напруженостей та потенціалів електростатичного поля. Визначення напруженостей та потенціалів в електростатичному полі із інтегральних співвідношень між зарядом, напруженістю та потенціалом.

Використання диференційних співвідношень між густиною заряду, напруженістю і потенціалом. Граничні умови на поверхні поділу середовищ з різними характеристиками.

Заняття 17. Електричне поле струмів.

Визначення напруженостей, струмів витoku та опорів ізоляції в конденсаторах та кабелях з кінечною провідністю діелектрика. Розрахунок опорів заземлення та крокової напруги.

Заняття 18. МК-2б: розрахунок напруженостей і потенціалів в електростатичному полі; розрахунок характеристик електричного поля струмів.

5. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.

Виконання лабораторного практикуму дозволить студентам більш глибоко засвоїти теоретичний матеріал, навчитись досліджувати явища в електричних колах, провести експериментальну перевірку основних законів та теорем електричного кола, навчитись використовувати електровимірювальні прилади.

Студенти отримують навички методів моделювання і розрахунку процесів у технічних пристроях, принцип дії яких заснований на використанні електромагнітних явищ. Заняття в лабораторії поглиблюють інтерес студентів до дисципліни, яка вивчається, розвивають їхню спостережливість.

Перелік лабораторних робіт.

Семестровий (кредитний) модуль 1

1. Експериментальна перевірка законів Кірхгофа і Ома. Дослідження розподілу потенціалів в електричному колі.
2. Експериментальна перевірка методу накладання дії джерел енергії в лінійному електричному колі.
3. Дослідження еквівалентних перетворень сполучень опорів за схемами “зірка” та “трикутник”.
4. Дослідження активного двополюсника постійного струму.
5. Дослідження послідовного і паралельного сполучень споживачів електричного кола синусоїдного струму.
6. Дослідження мішаного з’єднання споживачів електричного кола синусоїдного струму.
7. Дослідження електричного кола з взаємною індуктивністю.
8. Дослідження електричного резонансу в послідовному коливальному контурі (резонанс напруг).
9. Дослідження електричного резонансу в паралельному коливальному контурі (резонанс струмів).

Семестровий (кредитний) модуль 2

10. Дослідження трифазного електричного кола при з’єднанні джерела і споживача “зіркою” з нейтральним проводом.
11. Дослідження трифазного електричного кола при з’єднанні джерела і споживача “зіркою” без нейтрального проводу.

12. Дослідження резистивного трифазного електричного кола при з'єднанні споживача "трикутником".
13. Дослідження резистивно-реактивного трифазного електричного кола при з'єднанні споживача "трикутником".
14. Дослідження пасивного чотириполюсника змінного струму.
15. Дослідження перехідного процесу у колі R, C .
16. Дослідження перехідного процесу у колі R, L .
17. Дослідження перехідного процесу у колі R, L, C .
18. Дослідження симетричних складових трифазної системи напруг

Семестровий (кредитний) модуль 3

19. Моделювання однорідної довгої лінії симетричною ланцюговою схемою.
20. Дослідження однорідної довгої лінії без втрат.
21. Дослідження котушки з феромагнітним осердям.
22. Дослідження однофазного трансформатора з феромагнітним осердям.
23. Дослідження явища ферорезонансу в послідовному контурі (ферорезонанс напруг).
24. Дослідження явища ферорезонансу в паралельному контурі (ферорезонанс струмів).
25. Дослідження феромагнітного підсилювача потужності.
26. Моделювання електричного поля двопровідної лінії полем струму у провідному листі.
27. Дослідження взаємної індуктивності плоских котушок.

6. РЕКОМЕНДОВАНІ ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.

Важливою складовою частиною процесу вивчення курсу є система розрахункових та розрахунково-графічних індивідуальних завдань. Завдання допоможуть в опануванні розрахунково-теоретичних положень курсу, орієнтовані на використання обчислювальної техніки і наближені до реальних інженерних проблем майбутнього фаху студентів. Виконання завдань вимагатиме від студента застосування як стандартних методів, так і пошуків нестандартних підходів до розв'язання, аналізу одержаних результатів і сприятиме розвитку у студента самостійного мислення.

Тематика розрахункових та розрахунково-графічних робіт.

РГР 1.

Частина 1. Розрахунок лінійного електричного кола постійного струму.

Частина 2. Розрахунок однофазного кола синусоїдного струму.

РГР 2.

Частина 1. Розрахунок трифазного кола синусоїдного струму.

Частина 2. Розрахунок лінійного кола з несинусоїдною ЕРС.

ДКР 1.

Розрахунок перехідних процесів у лінійному електричному колі.

РГР 3.

Розрахунок усталених електромагнітних процесів у лінійних електричних колах з розподіленими параметрами.

ДКР 2.

Розрахунок нелінійного кола постійного струму.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

БАЗОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. “Теоретичні основи електротехніки”, т.1. – Л.: Енерговидав, 1981. -536 с. – Рос.
2. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. “Теоретичні основи електротехніки”, т. 2. – Л.: Енерговидав, 1981. -416 с. – Рос.
3. Зевеке Г.В., Іонкін П.А. і ін. “Основи теорії кіл”. – М.: Енергія, 1989. – 528 с. –Рос.
4. Бойко В. С., Видолоб Ю. Ф., Курило І.А. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зо-середженими параметрами. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004. – 272 с.
5. Бойко В. С., Видолоб Ю. Ф., Курило І.А. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 2: Перехідні процеси у лінійних електричних колах із зо-середженими параметрами. Нелінійні та магнітні кола.– К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2008. – 224 с.
6. Бойко В. С., Видолоб Ю. Ф., Курило І.А. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 3: Електричні кола з розподіленими параметрами. Теорія електромагнітного поля. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2013. – 224 с.
7. А.А Щерба, І.А. Курило,Є.А. Кудря, І.Н.Намацалюк, В.І.Чибеліс,Ю.В. Перетятко. “Лінійні електричні кола синусоїдного та періодичного несинусоїдного струмів” Київ “Лазурит-Поліграф” 2012. -249
8. Перхач В.С. Теоретична електротехніка. Лінійні кола. – К.: ”Вища школа”,1992. – 439 с.

Посібники та методичні вказівки до лабораторного практикуму

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 1./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс, І.А. Курило.– К., НТУУ "КПІ", 2008. – 28 с.
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 2./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс та інші. – К., НТУУ "КПІ", 2008. – 36 с.
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 3./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс та інші. – К., НТУУ "КПІ", 2008. – 32 с.
4. Методичні вказівки до лабораторного практикуму по ТОЕ. Цикл 4. –К.: КПІ, 2005. –56 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з ТОЕ. Цикл 5. –К.: КПІ, 2005. – 48 с.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з ТОЕ. Цикл 6. –К.: КПІ, 2005. – 48 с.

Задачники, посібники та довідники до практичних занять

1. “Збірник задач і вправ по ТОЕ”. Під редакцією П.А. Іонкіна. - М.: Енерговидав , 1982. –768 с. –Рос.
2. Шебес М.Р., Каблукова М.В. “Збірник задач по теорії лінійних електричних кіл”. - М.: Вища школа , 1990. –544 с. –Рос.
3. “Збірник задач і вправ по ТОЕ”. Під редакцією Л.А. Бессонова. - М.: Вища школа , 1980. –472 с. –Рос.
4. Сборник программированных задач по теоретическим основам электротехники. / Под ред. Н.Г. Максимовича и И.Б. Куделько – Львов: Издательское объединение ”Вища школа”, 1976. – 504 с.
5. Антамонов В.Х., Курило І.А. Вибрані задачі з лінійних електричних кіл. Навч. посібник. – К. НМК ВО, 1993. – 96 с.

Методичні вказівки до розрахунково-графічних робіт

1. Розрахунок електричних кіл постійного струму. Навчальне видання. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, ФЕА, 2006. – 51 с.
2. Розрахунок електричних кіл синусоїдного однофазного струму. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, 2004. – 82 с.
3. “Симетричні складові та вищі гармоніки у трифазних колах”. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з курсу “ТОЕ”. / Уклад.: А.А. Щерба, І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, В.І. Чибеліс, Г.І. Сторожилова, Ю.В. Перетятко. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – 79 с.
4. Розрахунок перехідних процесів у складних електричних колах. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» для студ. усіх форм навч. / Уклад.: А.А. Щерба, В.І. Чибеліс, Л.Д. Третякова та ін. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2005. –
5. Курило І.А., Намацалюк І.Н., Шеховцов В.І. “Електричні кола з розподіленими параметрами. Усталені режими”. –К.: НМКВО, 1993.- 96 с.
6. Методичні вказівки та розрахунково-графічні завдання з ТОЕ “Розрахунок усталених та перехідних процесів у колах з розподіленими параметрами. ”. – К.: КПІ, 2007. –44 с.
7. Методичні вказівки та розрахунково-графічні завдання з ТОЕ “Нелінійні електричні і магнітні кола постійного струму ”. –К.: НТУУ “КПІ”, 2005. –44 с.

Державні стандарти

1. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
2. ДСТУ 2815-94 Електричні та магнітні кола та пристрої.
3. ДСТУ 3120-95 Електротехніка. Літерні позначення основних величин.

8. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Підсумковий контроль результатів навчання: екзамен, письмово, по кожному кредитному модулю.

Рекомендовані засоби діагностики: екзаменаційні білети з теоретичними та практичними завданнями.

9. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.

Робоча програма входить до комплексу навчально-методичної документації кафедри теоретичної електротехніки і має відповідати вимогам, що ухвалені Методичною радою НТУУ «КПІ» і наведені у виданні «Методичні рекомендації до складення програм навчальних дисциплін та робочих програм кредитних модулів».

Робоча програма повинна містити вимоги до результатів навчання у вигляді конкретно сформульованих мети та завдань кредитного модуля; викладення змісту навчального матеріалу з розподілом на окремі навчальні заняття. В ній мають бути визначені організаційні форми засвоєння матеріалу дисципліни (навчальні заняття, виконання індивідуальних семестрових завдань, самостійна робота), розподіл навчальних годин за видами занять, форми і засоби поточного та підсумкового контролю, інформаційно-методичне за безпечення тощо.

При розробленні робочої програми кредитного модуля рекомендується така послідовність етапів.

1. Аналіз програми навчальної дисципліни і визначення її вимог, які можуть бути забезпечені при вивченні цього кредитного модуля.

2. Формування мети та завдання вивчення кредитного модуля у вигляді системи здатностей виконувати певні робочі функції після опанування даного кредитного модуля. Формування завдання вивчення кредитного модуля, яке має бути подане у вигляді системи знань, умінь та досвіду, набутих відповідно до розділів програми навчальної дисципліни, які вивчаються у даному кредитному модулі.

3. Визначення складу і структури кредитного модуля, внаслідок чого виявляються внутрішні зв'язки між темами, відсутність якогось навчального матеріалу або навпаки, наявність зайвих повторів, а також забезпечується логічна послідовність викладення тем. Структура робочої програми кредитного модуля повинна віддзеркалювати програму навчальної дисципліни. У робочій програмі можуть бути змінені послідовність та рівень докладності вивчення окремих розділів, тем і питань залежно від особливостей спеціальності і форми навчання.

4. Планування практичних і лабораторних робіт. При визначенні цих занять потрібно враховувати рівень сформованості необхідних знань, умінь та досвіду, а також особливості кожного виду навчальних занять, які визначені у «Положенні про організацію навчального процесу НТУУ «КПІ»».

5. Окреслення обсягу і змісту самостійної роботи студентів, у тому числі і з визначенням семестрових індивідуальних завдань і витрат часу на їх виконання з урахуванням складності та трудомісткості.

З метою забезпечення ефективності самостійної роботи студентів необхідно перебачити її чітке планування, різноманітність видів, посилення професійної спрямованості завдань, формування умінь та досвіду самостійної роботи. При плануванні часу на самостійну роботу студентів необхідно за безпечити баланс часу СРС. Підґрунттям цього розрахунку є орієнтовні норми часу на виконання окремих робіт середнім студентом, які надані у таблиці.

Вид роботи	Підготовка до одного аудиторного академічного часу			Підготовка до		Виконання	
	Лекції	Практичні	Лабораторні	МКР	Екзамену	ДКР	РГР
Норма часу (год)	0.3-0.5	9.5-0.75	1.0-1.5	2-4	36	8-10	10-15

6. Розробка контрольних заходів та їх розподіл за темами. Необхідно сформулювати мету та завдання цих заходів, розробити контрольні завдання для перевірки рівня засвоєння студентами матеріалу кредитного модуля та оволодіння вмінням вирішувати типові задачі згідно з програмою навчальної дисципліни.

Робоча програма кредитного модуля щорічно обговорюються на засіданнях кафедри, оскільки її обсяг може змінюватись в залежності від потреб замовника – спеціалізованої кафедри.

Робочі програми кредитного модуля мають бути затвердженні (перезатвердженні) деканом факультету не пізніше, ніж за два місяці до початку навчального року.