

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

Кафедра електроенергетики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

в.о. завідувача кафедри

Рогоза М.В. _____

«___» _____ 2019 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Перехідні процеси в системах електропостачання»

Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітній рівень	бакалавр
Статус	вибіркова
Загальний обсяг	6 кредитів ECTS (180 годин)
Форма підсумкового контролю	екзамен
Термін викладання	5, 6-й семестри
Мова викладання	українська
.....	

Викладач: _____ професор Півняк Г.Г. _____

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
НТУ «ДП»
2019

Робоча програма навчальної дисципліни «Перехідні процеси в системах електропостачання» для бакалаврів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. електроенергетики. – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 12с.

Розробник – Півняк Геннадій Григорович, професор, докт. техн. наук, академік НАН України

Робоча програма регламентує:

- мету дисципліни;
- дисциплінарні результати навчання, сформовані на основі трансформації очікуваних результатів навчання освітньої програми;
- базові дисципліни;
- обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
- програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
- алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
- інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
- рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки студентів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол № 19/20-1 від 11.09.2019).

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ.....	4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ	4
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ	5
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ.....	5
6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	6
6.1 Шкали	7
6.2 Засоби та процедури.....	7
6.3 Критерії.....	8
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	Ошибка! Закладка не определена.
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ.....	12

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

В освітньо-професійній програмі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" здійснено розподіл програмних результатів навчання (ПРН) за організаційними формами освітнього процесу. Зокрема, до дисципліни С1.7, С2.7, С3.2 «Перехідні процеси в системах електропостачання» віднесено такі результати навчання:

ВК1.9 ВК2.6	застосовувати результати аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах
ВК1.10 ВК2.7	розраховувати статичну та динамічну стійкість електроенергетичної системи, а також умов забезпечення самозапуску електричних двигунів напругою вище 1000 В
ВК3.20	оцінювати параметри роботи електротехнічного, електромеханічного обладнання в перехідних режимах для розробки заходів підвищення енергоефективності та надійності

Мета вивчення дисципліни – формування знань про електромагнітні і електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах, впливу цих процесів на режими роботи електротехнічного устаткування; вміння формування моделей, що відображають електромагнітні перехідні процеси в СЕП, для розрахунку струмів та напруг при симетричних і несиметричних режимах в нормальних і аварійних станах; про статичну та динамічну стійкість найпростішої системи; вміння формування моделей, що відображають електромеханічні перехідні процеси в СЕП з метою оцінки статичної та динамічної стійкості системи; вміння аналізувати результати і робити висновки.

Реалізація мети вимагає трансформації програмних результатів навчання в дисциплінарні та адекватний відбір змісту навчальної дисципліни за цим критерієм.

2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Шифр ПРН	Дисциплінарні результати навчання (ДРН)	
	шифр ДРН	зміст
ВК1.9 ВК2.6	ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7	застосовувати результати аналізу та розрахунку сталих та перехідних процесів для попередження та ліквідації аварій в електроенергетичних системах та об'єктах
ВК1.10 ВК2.7	ВК1.10-1.7 ВК2.7-2.7	розраховувати статичну та динамічну стійкість електроенергетичної системи, а також умов забезпечення самозапуску електричних двигунів напругою вище 1000 В
ВК3.20	ВК3.20-3.2	оцінювати параметри роботи електротехнічного, електромеханічного обладнання в перехідних режимах для розробки заходів підвищення енергоефективності та надійності

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Назва дисципліни	Здобуті результати навчання
Б1 Вища математика	використовувати базові знання з фізики, математики та електротехніки для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Назва дисципліни	Здобуті результати навчання
Б3 Загальна фізика	використовувати базові знання з фізики, математики та електротехніки для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Б5 Теоретичні основи електротехніки	використовувати базові знання з фізики, математики та електротехніки для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Ф2 Електричні машини	використовувати знання з теорії електричних машин, апаратів та електроприводу для вирішення практичних завдань в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Ф3 Основи метрології та електричних вимірювань	використовувати знання з метрології та електричних вимірювань, теорії автоматичного керування, релейного захисту та автоматизації для вирішення задач оптимізації та керування в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці
Ф4 Основи електроприводу	використовувати знання з теорії електричних машин, апаратів та електроприводу для вирішення практичних завдань в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Обсяг, години	Розподіл за формами навчання, години					
		денна		вечірня		заочна	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	120	63	57	-	-	10	110
практичні	60	26	34	-	-	8	52
лабораторні	-	-	-	-	-	-	-
індивідуальні	-	-	-	-	-	-	-
РАЗОМ	180	89	91	-	-	18	162

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ЛЕКЦІЇ	120
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7	1 Основні принципи аналізу перехідних процесів. Загальні відомості про перехідні процеси	2
ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	2 Розрахунок параметрів короткого замикання	4
	3 Характеристики параметрів синхронних машин	4
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7	4 Коротке замикання в мережі	6
ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	5 Перехідні процеси при трифазних коротких замиканнях. Розрахунок струмів короткого замикання	8
	6 Розрахунки перехідних процесів при трифазних коротких замиканнях (генератори). Розрахунки перехідних процесів при трифазних коротких замиканнях (вузол навантаження)	6
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7	7 Коротке замикання в електроустановках напругою до 1 кВ	6
	8 Перехідні процеси при порушенні симетрії у трифазній мережі	6
	9 Розрахунок струмів поперечної несиметрії	10

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	10 Рівні струмів та потужності короткого замикання	6
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7 ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	11 Перехідні процеси з урахуванням електромагнітної сумісності	6
	12 Завдання аналізу та характеристика електромеханических процесів.	4
	13 Статична стійкість режиму енергосистеми	8
	14 Динамічна стійкість режиму енергосистеми.	8
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7 ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	15 Результуюча стійкість режиму енергосистеми	6
	16 Методи аналізу і розрахунку статичної стійкості	4
	17 Статична стійкість регульованою електричної системи	4
	18 Стійкість режиму вузлів навантаження при слабких збуреннях	6
	19 Розрахунок параметрів динамічної стійкості режиму	8
	20 Розрахунок параметрів результуючої стійкості режиму	4
	21 Стійкість вузлів навантаження при сильних збуреннях	4
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	60
ВК1.9-1.7 ВК2.6-2.7 ВК1.10-1.7 ВК2.7-2.7 ВК3.20-3.2	1 Способи приведення параметрів елементів в схемах заміщення СЕП: точне та наближене приведення; іменовані та відносні одиниці виміру.	2
	2 Розрахунок початкового, ударного та сталого струмів КЗ: метод еквівалентних е.р.с., складові струму КЗ, векторна діаграма напруг та струмів КЗ.	4
	3 Розрахунок періодичної складової струму КЗ при $t > 0$ із застосуванням типових кривих для генераторів, двигунів.	6
	4 Врахування місцевих джерел підживлення місця КЗ. Умова виникнення місцевих джерел: живлення від двигунів; живлення від джерел реактивної потужності; живлення від узагальненого навантаження.	4
	5 Розрахунок несиметричних струмів КЗ.	6
	6 Розрахунок КЗ в електроустановках напругою до 1 кВ	4
	7 Розрахунок обмеження струмів та потужності короткого замикання.	4
	8 Розрахунок ідеальної дійсної межі переданої потужності	3
	9 Розрахунок статичної стійкості режиму живлення в СЕП	12
	10 Розрахунок динамічної стійкості режимів живлення в СЕП:	12
	11 Розрахунки заходів до підвищення стійкості режиму в СЕП підприємств.	3
	РАЗОМ	180

6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Оцінювання досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об'єктивних критеріях відповідно до «Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання студента за дисципліною.

6.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та інституційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок мобільних студентів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Інституційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності студента за вимогами НРК до 7-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Студент на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються студентам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ	
навчальне заняття	засоби діагностики	процедури	засоби діагностики	Процедури
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	комплексна	визначення середньозваженого результату поточних

практичні	індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи	контрольна робота (ККР)	контролів; виконання ККР під час екзамену за бажанням студента
-----------	------------------------	--	-------------------------	---

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком дескрипторам, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі студента шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен студент під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожного дескриптора НРК.

6.3 Критерії

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для бакалаврського рівня вищої освіти (подано нижче).

**Загальні критерії досягнення результатів навчання
для 7-го кваліфікаційного рівня за НРК**

Інтегральна компетентність – здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідної науки і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
Знання		
<ul style="list-style-type: none"> ◆ концептуальні знання, набуті у процесі навчання та професійної діяльності включаючи певні знання сучасних досягнень; ◆ критичне осмислення основних теорій, принципів, методів і понять у навчанні та професійній діяльності 	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: <ul style="list-style-type: none"> - концептуальних знань; - високого ступеню володіння станом питання; - критичного осмислення основних теорій, принципів, методів і понять у навчанні та професійній діяльності 	95-100
	Відповідь містить негрубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об’єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
Уміння		
<ul style="list-style-type: none"> ◆ розв’язання складних непередбачуваних задач і проблем у спеціалізованих сферах професійної діяльності та/або навчання, що передбачає збирання та інтерпретацію інформації (даних), вибір методів та інструментальних засобів, застосування 	Відповідь характеризує уміння: <ul style="list-style-type: none"> - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв’язувати проблеми; - обирати адекватні методи та інструментальні засоби; - збирати та логічно й зрозуміло інтерпретувати інформацію; - використовувати інноваційні підходи до розв’язання завдання 	95-100
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
інноваційних підходів	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь незадовільний	<60
Комунікація		
<ul style="list-style-type: none"> ♦ зрозуміле і недвозначне донесення власних висновків, а також знань та пояснень, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються; ♦ використання іноземних мов у професійній діяльності 	<p>Вільне володіння проблематикою галузі. Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова:</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильна; - чиста; - ясна; - точна; - логічна; - виразна; - лаконічна. <p>Комунікаційна стратегія:</p> <ul style="list-style-type: none"> - послідовний і несуперечливий розвиток думки; - наявність логічних власних суджень; - доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням; - правильна структура відповіді (доповіді); - правильність відповідей на запитання; - доречна техніка відповідей на запитання; - здатність робити висновки та формулювати пропозиції 	95-100
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	74-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та	65-69

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
	комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
<i>Автономність та відповідальність</i>		
<ul style="list-style-type: none"> ◆ відповідальність за розвиток професійного знання і практик, оцінку стратегічного розвитку команди; ◆ здатність до подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним 	Відмінне володіння компетенціями: <ul style="list-style-type: none"> - використання принципів та методів організації діяльності команди; - ефективний розподіл повноважень в структурі команди; - підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); - стресовитривалість; - саморегуляція; - трудова активність в екстремальних ситуаціях; - високий рівень особистого ставлення до справи; - володіння всіма видами навчальної діяльності; - належний рівень фундаментальних знань; - належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок 	95-100
	Упевнене володіння компетенціями автономності та відповідальності з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень автономності та відповідальності незадовільний	<60

7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання.
Дистанційна платформа Moodle.

8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Базова

1. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен; за ред. Г.Г. Півняка; М-во освіти і науки України, Нац. Гірни. Ун-т. – 5-те вид., доопрац. і допов. – Дніпро: НГУ, 2016. – 600 с.
2. Transients in Electric Power Supply Systems. Textbook for institutions of higher education / G.G. Pivnyak, I.V. Zhezhelenko, Y.A. Papaika; under the editorship of G.G. Pivnyak; Trans Tech Publications LTD, Switzerland – 2016. – 392 pp.
3. Переходные процессы в системах электроснабжения: Учебник / Г.Г. Пивняк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалко, Л.И. Несен; Под ред. Г.Г. Пивняка. – М.: Энергоатомиздат, 2002. – 552 с.

Допоміжна

1. Шидловский А.К. и др. Оптимизация несимметричных режимов систем электроснабжения. - К.: Наукова думка, 1987.- 176 с.
2. Авербух А.М. Примеры расчетов неполнофазных режимов и коротких замыканий.- Л.: Энергия, 1979.- 184 с.
3. Неклепаев В. Н. Координация и оптимизация уровней и токов короткого замыкания в электрических системах. - М.: Энергия, 1978. -152 с.
4. Моделирование систем электроснабжения: Учебн. пособие/ Г.Г.Пивняк, В.Т.Заика, А.Я.Рыбалко. - К.: УМК ВО, 1988. - 68 с.
5. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник для вузов / И.П. Крючков, В.А. Старшинов, Ю.П. Гусев, М.В. Пираторов; под ред. И.П. Крючкова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
6. Веников В.А. Переходные процессы в электрических системах. Учебник для вузов. – М.:Высшая школа, 1985. – 536 с.
7. Моделирование систем электроснабжения: Учебн.пособие/Г.Г.Пивняк, В.Т.Заика, А.Я.Рыбалко. - К.: УМК ВО, 1988. - 68 с.
8. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 136 с.