

Ю. В. Малогулко, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський

ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ

ЧАСТИНА IV



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Ю. В. Малогулко, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський

ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ ЧАСТИНА ІV

Електронний навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2025

УДК 621.311(075.8)

M18

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 9 від 27.02.2025 р.)

Рецензенти:

В. В. Черкашина, доктор технічних наук, доцент

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

С. В. Матвієнко, кандидат технічних наук

Малогулко, Ю. В.

M18 Електричні системи і мережі. Частина 4 : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Малогулко Ю. В., Кацадзе Т. Л., Нетребський В. В.; за ред. П. Д. Лежнюка. – Вінниця : ВНТУ, 2025. – (PDF, 159 с.)

ISBN 978-617-8163-56-3 (PDF)

У навчальному посібнику розглянуто загальні відомості про загальну характеристику задач регулювання режимів електроенергетичних систем; про аналітичні методи розрахунків робочих режимів дальніх електропередач; наведено механічний розрахунок проводів повітряних ліній електропередавання; розглянуті питання в рукописі сприяють вивченню спеціальних дисциплін здобувачами. Навчальний посібник розроблено для здобувачів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання, які вивчають курс «Електричні системи і мережі».

УДК 621.311(075.8)

ISBN 978-617-8163-56-3 (PDF)

© ВНТУ, 2025

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| Передмова | 5 |
| 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАДАЧ РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ | 6 |
| 1.1 Регулювальні можливості силових трансформаторів та автотрансформаторів | 10 |
| 2 ДАЛЬНІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ НАДВИСОКОЇ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ | 18 |
| 2.1 Упровадження та розвиток технологій надвисокої напруги в галузі передавання електричної енергії на великі відстані..... | 18 |
| 2.2 Поняття про натуральну потужність дальньої електропередачі | 23 |
| 2.3 Режими роботи дальньої електропередачі у разі навантаження активною потужністю, яка відрізняється від натуральної..... | 26 |
| 2.4 Використання рівнянь чотирьохполюсників для моделювання електропередачі | 28 |
| 2.5 Визначення узагальнених сталих еквівалентного чотирьохполюсника дальньої електропередачі на основі теореми Блонделя | 31 |
| 2.6 Основні співвідношення математичної моделі для електропередачі у формі рівнянь Штейнметца | 31 |
| 2.7 Ланцюгові схеми заміщення дальніх електропередач | 34 |
| 3 АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ДАЛЬНІХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ | 41 |
| 3.1 Дослідження режимів неробочого ходу дальньої електропередачі..... | 43 |
| 3.2 Розрахунок коефіцієнтів втрат активної і реактивної потужностей в дальній електропередачі | 46 |
| 3.3 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами початку..... | 49 |
| 3.4 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами кінця..... | 50 |
| 3.5 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами кінця і фіксації напруги на її початку | 52 |
| 3.6 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами початку і фіксації напруги в її кінці | 54 |
| 3.7 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами початку і фіксації напруги на її кінцях | 56 |
| 3.8 Аналітичний розрахунок робочого режиму електропередачі за умовами кінця і фіксації напруги на її кінцях..... | 65 |
| 3.9 Дослідження розподілу напруг і струмів уздовж довжини дальньої електропередачі | 68 |
| 3.10 Універсальні діаграми дальньої електропередачі..... | 70 |
| 3.11 Аналіз режиму роботи дальньої електропередачі за умовами початку і кінця за допомогою кругових діаграм потужності..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| 3.12 Робочі характеристики дальніх електропередач..... | 81 |
| 4 МЕХАНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОВODІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ | 86 |
| 4.1 Характеристика кліматичних умов роботи повітряних ліній електропередавання | 86 |
| 4.2 Коливання проводів | 92 |
| 4.3 Принципи механічних розрахунків конструкцій повітряних ліній електропередавання | 97 |
| 4.4 Фізико-механічні властивості проводів повітряних ліній електропередавання | 99 |
| 4.5 Механічні навантаження на провoda та троси повітряних ліній..... | 105 |
| 4.6 Крива провисання проводу у прогоні | 117 |
| 4.7 Стріла провисання проводу у прогоні..... | 120 |
| 4.8 Тяжіння в матеріалі проводу..... | 122 |
| 4.9 Довжина проводу у прогоні | 124 |
| 4.10 Висота розташування центру ваги проводу у прогоні | 126 |
| 4.11 Основне рівняння стану проводу у прогоні | 128 |
| 4.12 Критичні прогони..... | 131 |
| 4.13 Систематичний розрахунок проводів повітряної лінії..... | 142 |
| 4.14 Розрахунок грозозахисних тросів..... | 144 |
| 4.15 Критична температура | 145 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 150 |
| ДОДАТОК А..... | 152 |

Передмова

Зміст навчального посібника відповідає частині програми курсу «Електричні системи і мережі», затвердженої для спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Цей посібник призначений для здобувачів вищої освіти, аспірантів та викладачів, які вивчають дисципліну «Електричні системи і мережі» і прагнуть отримати ґрунтовні знання щодо регулювання режимів електроенергетичних систем, технологій надвисокої напруги, аналітичних методів розрахунку режимів електропередач та механічного розрахунку повітряних ліній електропередавання.

Дисципліна «Електричні системи і мережі» є однією з базових в інженерній підготовці фахівців у сфері електроенергетики. Вона забезпечує студентів знаннями про методи аналізу та моделювання режимів електроенергетичних систем, що необхідно для проектування, експлуатації та удосконалення електричних мереж. Основною метою вивчення курсу є формування теоретичних та практичних навичок у розрахунку і регулюванні електроенергетичних систем та їх компонентів.

У навчальному посібнику розглянуто загальні питання регулювання режимів електроенергетичних систем, зокрема можливості силових трансформаторів та автотрансформаторів у регулюванні напруги. Висвітлено питання дальніх електропередач надвисокої номінальної напруги, їх розвиток та вплив на ефективність передачі електроенергії на великі відстані. Особлива увага приділяється аналітичним методам розрахунку робочих режимів електропередач, включно аналіз режимів неробочого ходу, визначення втрат активної та реактивної потужності, використання рівнянь чотиріполюсників та математичних моделей для аналізу поведінки систем.

Також значний акцент зроблено на механічний розрахунок проводів повітряних ліній електропередавання, включно аналіз кліматичних умов експлуатації, фізико-механічні властивості матеріалів, навантаження та прогини проводів. Описано методи оцінення критичних параметрів, таких як стріла провисання, довжина проводу, висота розташування центра ваги тощо.

У навчальному посібнику узагальнено та систематизовано теоретико-методологічні результати досліджень у сфері електроенергетики, що базуються на вітчизняних і зарубіжних публікаціях, статтях, наукових дослідженнях та стандартах.

Електронне навчальне видання

Юлія Володимирівна Малогулко
Теймураз Луарсабович Кацадзе
Володимир Васильович Нетребський

ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І МЕРЕЖІ

Частина IV

Навчальний посібник

Рукопис оформлено *Ю. Малогулко*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовлено *Т. Старічек*

Підписано до видання 10.07.2025 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2025-104.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: irvc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.