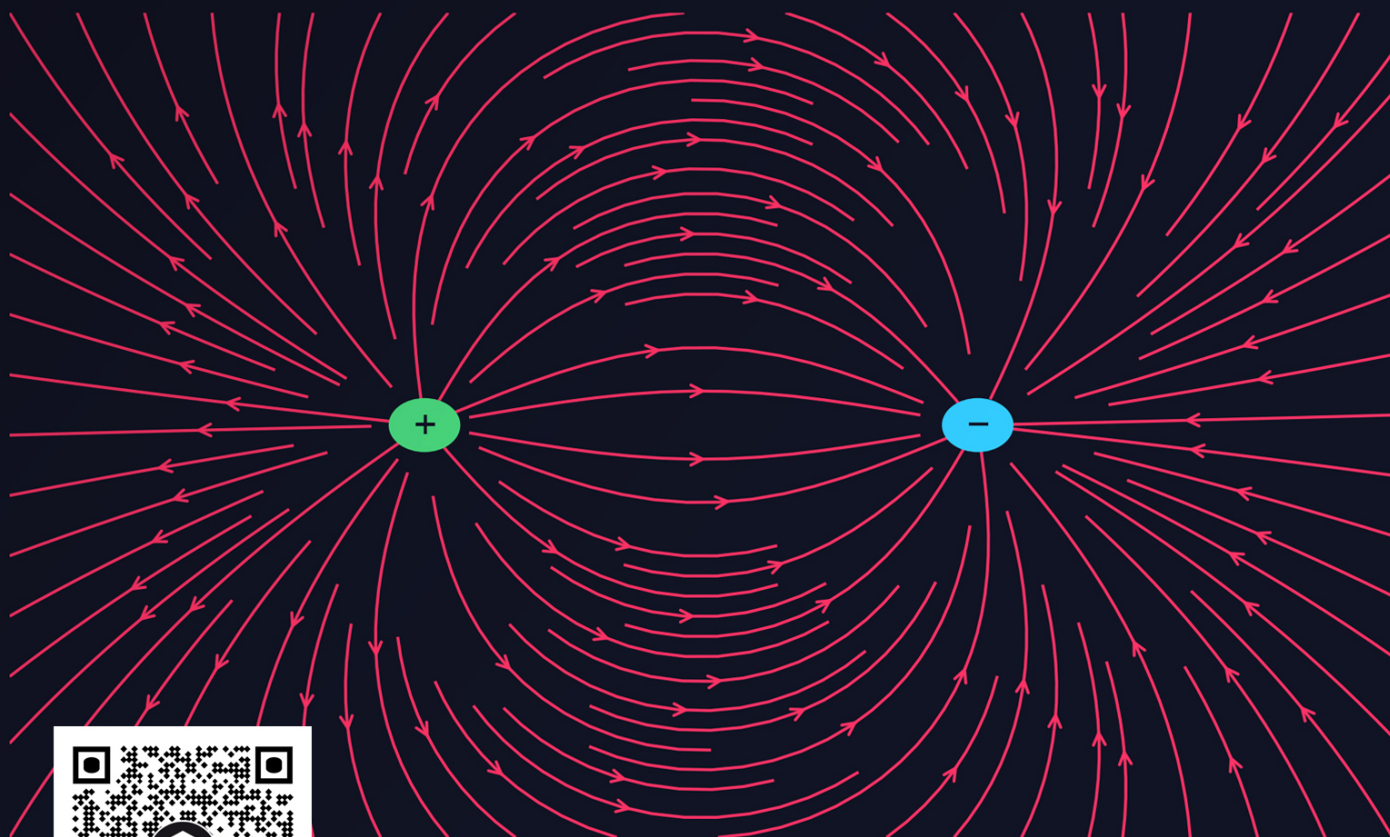


Неведров О. В., Гулак С. О., Горобченко О. М.

ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК



2026
УКРЛОГОС ГРУП

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Неведров О. В., Гулак С. О., Горобченко О. М.

ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Вінниця
УКРЛОГОС Груп
2026

Розробники:

Неведров Олександр Вікторович

старший викладач кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць
Національного транспортного університету, доктор філософії

Гулак Сергій Олександрович

доцент кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць
Національного транспортного університету, кандидат технічних наук, доцент

Горобченко Олександр Миколайович

професор кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць
Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор

Рецензенти:

Ткаченко В. П., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електромеханіки та рухомого складу залізниць Національного транспортного університету.

Любарський Б. Г., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електричного транспорту та тепловозобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Петренко О. М., доктор технічних наук, професор кафедри електричного транспорту Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова.

**Рекомендовано до опублікування Вченою радою
Національного транспортного університету
від «25» червня 2026 року, протокол № 6**

Н 40

Неведров О. В., Гулак С. О., Горобченко О. М. Технічна електродинаміка :
навчальний посібник / Національний транспортний університет. Вінниця :
ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2026. 274 с.

ISBN 978-617-8440-94-7

DOI 10.36074/Technical-Electrodynamics.2026

У навчальному посібнику викладено теорію електромагнітного поля та розповсюдження електромагнітних хвиль. Розглянуто приклади теоретичного та практичного спрямування, які зустрічаються в електротехніці, електроенергетиці, електромеханіці, засобах автоматики та вимірювальній техніці. Теоретичні питання, викладені у навчальному посібнику, допоможуть здобувачам вищої освіти зрозуміти процеси, що відбуваються в електромеханічних перетворювачах рухомого складу та у лініях передач системи тягового електропостачання залізниць.

Навчальний посібник містить приклади розв'язання задач, задачі для самостійного розв'язування, питання для самоконтролю, основні вимоги до знань і умінь, які мають бути сформовані у здобувача в результаті вивчення його розділів.

Призначений для здобувачів вищої освіти, що навчаються за спеціальністю G3 Електрична інженерія всіх форм навчання, а також за іншими спеціальностями, які передбачають вивчення курсу технічної електродинаміки.

УДК 621.3.01

© Неведров О.В., Гулак С. О., Горобченко О.М., 2026
Національний транспортний університет, 2026
© Видавець. ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2026

ISBN 978-617-8440-94-7

NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY



Nevedrov O., Hulak S., Horobchenko O.

TECHNICAL ELECTRODYNAMICS

TUTORIAL

Vinnytsia
UKRLOGOS Group
2026

Developers:

Oleksandr Nevedrov

Senior Lecturer of the Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock of the National Transport University, Doctor of Philosophy

Serhii Hulak

Associate Professor of the Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock of the National Transport University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Oleksandr Horobchenko

Professor of the Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock of the National Transport University, Doctor of Technical Sciences, Professor

Reviewers:

Tkachenko V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of the Department of Electromechanical and Railway Rolling Stock of the State University of Infrastructure and Technologies.

Liubarskyi B. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of the Department of Department of Electrical Transport and Diesel Locomotive National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute».

Petrenko O. – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electric Transport of the O.M. Beketov KhNUMG.

**Recommended for publication by the Academic Council
of the National Transport University
dated June 25, 2026, Protocol No. 6**

N 51 **Nevedrov O., Hulak S., Horobchenko O.** Technical Electrodynamics : tutorial / National Transport University. Vinnytsia: LLC «UKRLOGOS Group», 2026. 274 p.

ISBN 978-617-8440-94-7

DOI 10.36074/Technical-Electrodynamics.2026

The tutorial contains the theory of the electromagnetic field and the propagation of electromagnetic waves. Examples of theoretical and practical directions found in electrical engineering, power engineering, electromechanics, automation and measurement technology are considered.

The theoretical questions presented in the tutorial will help higher education students understand the processes occurring in electromechanical converters of rolling stock and in the transmission lines of the railway traction power supply system.

The tutorial contains examples of solving problems, problems for independent solution, questions for self-control, and basic requirements for knowledge and skills that must be formed in the applicant as a result of studying its sections.

Intended for higher education students studying in the specialty G3 Electrical Engineering of all forms of study, as well as in other specialties that involve studying the course of technical electrodynamics.

UDC 621.3.01

© Nevedrov O., Hulak S., Horobchenko O., 2026
National Transport University, 2026

ISBN 978-617-8440-94-7

© Publisher. LLC «UKRLOGOS Group», 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	12
РОЗДІЛ 1. ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ	15
1.1. Вектор електромагнітного поля	15
1.1.1. Заряди та струми - джерела електромагнітного поля	15
1.1.2. Вектори поля $\vec{D}$ і $\vec{H}$ як функції джерел	17
1.1.3. Силкові вектори поля $\vec{E}$ і $\vec{B}$	18
1.2. Макроскопічна електродинаміка	21
1.3. Властивості електромагнітного поля	22
1.4. Матеріальні рівняння	23
1.4.1. Електромагнітні властивості середовищ	23
1.4.2. Провідність і закон Ома	24
1.4.3. Діелектрична проникність	25
1.4.4. Магнітна проникність	26
Приклади розв'язання задач	27
Задачі для самостійного розв'язування	29
Контрольні питання	30
РОЗДІЛ 2. РІВНЯННЯ МАКСВЕЛЛА	32
2.1. Аксиоми електродинаміки	32
2.2. Потік електричного зміщення. Узагальнена теорема Гауса	32
2.2.1. Інтегральна форма	32
2.2.2. Диференціальна форма	34
2.3. Циркуляція магнітного поля. Узагальнений закон Ампера	35
2.3.1. Інтегральна форма	35
2.3.2. Диференціальна форма	36
2.3.3. Закон збереження заряду	37
2.4. Електромагнітна індукція. Закон Фарадея	39
2.4.1. Інтегральна форма	39
2.4.2. Диференціальна форма	39
2.5. Соленоїдальність поля магнітної індукції	40
2.6. Сторонні сили	41
2.7. Основні рівняння електромагнітного поля	42
2.8. Граничні умови	43
2.8.1. Постановка задачі	43
2.8.2. Нормальні складові поля	44

2.8.3. Дотичні складові поля	45
2.8.4. Граничні умови для змінних полів у поверхні ідеального провідника.....	46
<i>Приклади розв'язання задач</i>	49
<i>Задачі для самостійного розв'язування</i>	52
<i>Контрольні питання</i>	53
РОЗДІЛ 3. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ МОНОХРОМАТИЧНОГО ПОЛЯ	55
3.1. Векторні величини у комплексній формі	55
3.2. Комплексні проникності.....	56
3.2.1. Електричні втрати.....	56
3.2.2. Комплексна діелектрична проникність	57
3.2.3. Провідники та діелектрики	57
3.2.4. Магнітні втрати	58
3.3. Система рівнянь монохроматичного поля.....	59
3.4. Однорідні хвильові рівняння для векторів $\vec{E}$ та $\vec{H}$	60
3.5. Плоскі хвилі в необмежених середовищах.....	61
3.5.1. Основні визначення	61
3.5.2. Розв'язок хвильового рівняння	62
3.5.3. Пряма і зворотна хвилі.....	62
3.5.4. Довжина хвилі і хвильовий вектор	64
3.5.5. Напрямки і відносні величини векторів $\vec{E}$ і $\vec{H}$	64
3.6. Хвилі в діелектрику	66
3.7. Хвилі у провіднику	67
3.8. Види поляризації хвиль.....	70
<i>Приклади розв'язання задач</i>	73
<i>Задачі для самостійного розв'язування</i>	79
<i>Контрольні питання</i>	80
РОЗДІЛ 4. ЕНЕРГІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ. ТЕОРЕМА ЄДИНОСТІ....	81
4.1. Закон збереження електромагнітної енергії.....	81
4.1.1. Кількісна міра руху.....	81
4.1.2. Основні гіпотези	81
4.1.3. Баланс енергії	82
4.1.4. Локалізація енергії.....	82
4.2. Потужності втрат та сторонніх сил	83
4.3. Теорема Пойнтінга. Швидкість хвилі	85
4.4. Баланс енергії монохроматичного поля.....	86

4.4.1. Середні за період значення	86
4.4.2. Теорема Пойнтінга для комплексних значень	89
4.4.3. Швидкість гармонічної електромагнітної хвилі	91
4.5. Енергетичні характеристики плоскої однорідної хвилі	91
4.6. Теорема єдиності	92
<i>Приклади розв'язання задач</i>	95
<i>Задачі для самостійного розв'язування</i>	98
<i>Контрольні питання</i>	98
РОЗДІЛ 5. СТАЦІОНАРНІ ПОЛЯ	100
5.1. Система рівнянь стаціонарного поля	100
5.2. Електростатичне поле	100
5.2.1. Скалярний електростатичний потенціал	100
5.2.2. Потенціальне поле точкового заряду	102
5.2.3. Рівняння Пуассона і Лапласа	102
5.2.4. Граничні умови	104
5.2.5. Електрична ємність	104
5.2.6. Енергія електростатичного поля	105
5.3. Задачі електростатики	106
5.3.1. Методи розв'язання	106
5.3.2. Однозначність вирішення електростатичних завдань	106
5.3.3. Метод зображень	106
5.3.4. Поле нескінченної прямої зарядженої нитки	107
5.3.5. Ємність коаксіальної лінії	108
5.3.6. Поле двох заряджених ниток	109
5.3.7. Поле двопровідної лінії	110
5.4. Поле постійних струмів	111
5.5. Постійне електромагнітне поле	113
5.5.1. Електричне поле	113
5.5.2. Магнітне поле постійних струмів	114
5.5.3. Індуктивність та взаємна індуктивність	115
5.5.4. Енергія магнітного поля	116
5.5.5. Магнітостатика	116
<i>Приклади розв'язання задач</i>	117
<i>Задачі для самостійного розв'язування</i>	123
<i>Контрольні питання</i>	123
РОЗДІЛ 6. ХВИЛІ НА МЕЖІ РОЗДІЛУ СЕРЕДОВИЩ	125

6.1. Відбиття та заломлення плоских хвиль на плоскій межі розділу	125
6.1.1. Постановка задачі	125
6.1.2. Векторний запис множника бігучої хвилі	125
6.1.3. Кутові характеристики	126
6.2. Формули Френеля	127
6.2.1. Коефіцієнти відбиття та проходження	127
6.2.2. Перпендикулярна поляризація	128
6.2.3. Паралельна поляризація	130
6.3. Відбиття та заломлення хвиль на межі ідеальних діелектриків	131
6.3.1. Повне проходження	131
6.3.2. Повне відбиття	132
6.4. Гранична умова Леонтовича	134
6.5. Скін-ефект біля плоскої межі провідника	135
6.5.1. Напруженості поля	135
6.5.2. Товщина скін-шару	136
6.5.3. Поверхневий імпеданс	136
6.5.4. Поглинання енергії	136
6.5.5. Еквівалентний поверхневий струм	137
6.6. Скін-ефект у круглому циліндричному провіднику	138
6.6.1. Слабий скін-ефект	138
6.6.2. Сильний скін-ефект	138
6.6.3. Загальний випадок	139
6.7. Метод орієнтованих графів. Проходження хвилі через пластину	141
6.7.1. Основні співвідношення	141
6.7.2. Проходження хвилі через плоско-паралельну пластину	142
6.7.3. Діелектрична пластина	145
6.8. Електромагнітний екран	146
6.8.1. Загальний випадок	146
6.8.2. Тонкий екран ($d < 0,5 \cdot \Delta$; $\delta < 0,5$)	147
6.8.3. Товстий екран ($d < 2 \cdot \Delta$; $\delta < 2$)	148
6.8.4. Розрахунок прозорості і поверхневого імпедансу плоского екрану	148
6.8.5. Розрахунок опору проводів коаксіальної лінії та її екранування	149
Приклади розв'язання задач	150
Задачі для самостійного розв'язування	154
Контрольні питання	155
РОЗДІЛ 7. ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ДИФРАКЦІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ	

ХВИЛЬ	157
7.1. Електродинамічні потенціали	157
7.1.1. Хвильові процеси	157
7.1.2. Векторний і скалярний потенціали	157
7.1.3. Розв'язок неоднорідного хвильового рівняння	158
7.2. Елементарний електричний випромінювач	160
7.2.1. Визначення векторного потенціалу $\vec{A}$	160
7.2.2. Визначення напруг поля випромінювання	162
7.2.3. Загальні властивості поля випромінювання	163
7.2.4. Поле у ближній зоні	163
7.2.5. Поле у проміжній зоні	164
7.2.6. Поле в дальній зоні	164
7.2.7. Потужність випромінювання елементарного електричного випромінювача	167
7.3. Принцип переставної подвійності	168
7.3.1. Рівняння Максвелла в симетричному записі	168
7.3.2. Інваріантність рівнянь до заміни електричних і магнітних величин	168
7.4. Елементарний магнітний випромінювач	169
7.5. Принцип еквівалентності джерел	171
7.5.1. Співвідношення еквівалентності сторонніх сил	171
7.5.2. Еквівалентність магнітного випромінювача котушці зі струмом	172
7.5.3. Еквівалентність полів і поверхневих струмів	174
7.6. Дифракція електромагнітних хвиль	175
7.6.1. Задачі дифракції	175
7.6.2. Метод геометричної оптики	176
7.6.3. Метод фізичної оптики	180
7.6.4. Поле випромінювання елементу хвильового фронту	183
7.7. Лема Лоренца. Теорема взаємності	187
Приклади розв'язання задач	189
Задачі для самостійного розв'язування	193
Контрольні питання	194
РОЗДІЛ 8. СПРЯМОВАНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ	196
8.1. Основні визначення	196
8.2. Хвильові рівняння для спрямованих хвиль	198
8.3. Зв'язок між поздовжніми та поперечними складовими поля	199
8.4. Класифікація спрямованих хвиль	201

8.4.1. Принципи класифікації	201
8.4.2. Клас ТЕМ (поперечні електромагнітні хвилі)	201
8.4.3. Класи E та H	203
8.4.4. Класи EH та HE	204
8.5. Парціальні хвилі у хвильоводах	205
8.5.1. Концепція Бріллюена	205
8.5.2. Порожнистий металевий хвильовод прямокутного перетину	205
8.5.3. H -подібний метало-діелектричний хвильовод	209
8.6. Швидкість хвилі. Дисперсія. Потужність	211
8.6.1. Фазова швидкість.....	211
8.6.2. Потужність напрямної хвилі.....	212
8.6.3. Енергетична швидкість	213
8.6.4. Дисперсія хвиль	213
8.6.5. Групова швидкість.....	213
8.6.6. Умови передачі сигналів без спотворень	215
8.6.7. Групова швидкість і швидкість руху поля	216
8.7. Закон парціальних потужностей	216
8.8. Коефіцієнт загасання.....	218
8.8.1. Енергетичний метод	218
8.8.2. Діелектричні втрати.....	220
8.8.3. Втрати у провідниках, що обмежують поле хвилі	221
8.9. Нормовані хвилі. Лінія із навантаженням. Шумова температура лінії.....	222
8.9.1. Узагальнені характеристики лінії передачі.....	222
8.9.2. Лінія з навантаженням	223
8.9.3. Хвильові режими лінії.....	225
8.9.4. Шумова температура лінії	227
Приклади розв'язання задач.....	228
Задачі для самостійного розв'язування	231
Контрольні питання.....	232
РОЗДІЛ 9. ЛІНІЇ З ТЕМ-ХВИЛЯМИ	233
9.1. Теорія ідеальної лінії	233
9.1.1. Види ліній.....	233
9.1.2. Напруга і струм в лінії.....	233
9.1.3. Телеграфні рівняння як наслідок рівнянь Максвелла.....	234
9.1.4. Основні параметри хвилі в лінії	235
9.1.5. Зв'язок між розподілом поверхневих зарядів і струмів	236

9.2. Лінії із втратами.....	236
9.2.1. Співвідношення теорії кола.....	236
9.2.2. Втрати в діелектрику.....	238
9.2.3. Втрати у провідниках.....	238
9.3. Коаксіальні лінії.....	240
9.3.1. Структура ТЕМ-хвилі в лінії.....	240
9.3.2. Умови одномодової передачі.....	241
9.3.3. Основні параметри коаксіальної лінії.....	242
9.3.4. Конструкція коаксіальних ліній.....	243
9.3.5. Розрахунок кабелів з комбінованою ізоляцією.....	244
9.3.6. Потужність хвилі в кабелі.....	246
9.3.7. Вибір характеристичного опору.....	248
9.3.8. Застосування коаксіальних кабелів.....	248
9.4. Симетричні лінії.....	249
9.4.1. Параметри двопровідних ліній.....	249
9.4.2. Застосування двопровідних симетричних ліній.....	251
9.4.3. Багатопровідні лінії.....	252
9.5. Лінії над землею.....	254
9.5.1. Метод зображень в електродинаміці.....	254
9.5.2. Однопровідна лінія.....	255
9.5.3. Двопровідна лінія.....	256
Приклади розв'язання задач.....	256
Задачі для самостійного розв'язування.....	262
Контрольні питання.....	263
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК.....	264
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	269

Основою принципу дії таких електротехнічних пристроїв як трансформатори, електричні машини та апарати є взаємодія електричних і магнітних полів. Робота цих пристроїв супроводжується складними електромагнітними явищами і процесами. Суть і роль цих полів і процесів, уміння їх розраховувати і аналізувати є ключем до розуміння принципу дії, розрахунку і проєктування електротехнічних пристроїв. Перелічені електротехнічні пристрої в більшості випадків входять до складу електроприводів, призначених для реалізації різноманітних технологічних процесів. Зокрема, тягові приводи призначені для реалізації тягових та гальмівних зусиль електрорухомого складу. Такі приводи отримують живлення від тягових систем електропостачання, основою роботи є явища і процеси, пов'язані з розповсюдженням електромагнітних хвиль. Розуміння принципів та особливостей розповсюдження електромагнітних хвиль в лініях електропередачі дозволять проаналізувати вплив роботи тягових приводів на роботу систем електропостачання.

Метою написання і подальшого використання цього навчального посібника є формування у майбутнього фахівця спеціальності G3 Електрична інженерія здатності та уміння використовувати знання про суть і роль електромагнітних полів і процесів їхньої взаємодії для розуміння принципу дії, розрахунку і проєктування електротехнічних пристроїв та аналізу впливу роботи тягових приводів на роботу систем електропостачання.

Посібник призначений для здобувачів спеціальності G3 Електрична інженерія першого (бакалаврського) рівня освіти усіх форм навчання. Обсяг матеріалу посібника є основою освітніх компонент «Технічна електродинаміка», «Електротехнічні матеріали», «Тягові електричні машини», «Теорія автоматизованого електроприводу», «Системи тягового приводу», «Електропостачання залізниць», які викладаються здобувачам спеціальності G3 Електрична інженерія.

Основою вивчення матеріалу посібника є попереднє засвоєння таких навчальних дисциплін, як «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки».

Метою використання посібника є формування теоретичних знань і практичних умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для розуміння процесів і розв'язання комплексних проблем у галузі електричної інженерії за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Серед **компетентностей**, які набувають майбутні фахівці, що вивчають названі вище освітні компоненти, можна виділити:

- здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки;
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг;
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу;
- здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми,

пов'язані з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії;
- здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання;

- усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

У результаті вивчення зазначених освітніх компонент здобувач освіти буде:

знати:

- призначення фізичних величин, які використовують для характеристики поля, електродинамічних структур та електромагнітних процесів;

- основні фізичні властивості електромагнітних процесів, методи аналізу електромагнітних явищ, закономірностей випромінювання електромагнітних хвиль, поширення електромагнітних хвиль в різноманітних середовищах та напрямних структурах;

уміти:

- проводити якісний аналіз електромагнітних процесів у будь-яких електродинамічних структурах;

- розраховувати поля випромінювання, поля у вільному просторі та різних середовищах;

- розраховувати поля в основних електродинамічних структурах та геометричні розміри цих структур;

- володіти технікою експериментального дослідження полів у вільному просторі та замкнутих електродинамічних структурах;

- розробляти рекомендації щодо призначення та експлуатації електричних машин та пристроїв.

Структура посібника включає 9 розділів.

У **першому розділі** надані загальні поняття про електромагнітні поля та їхні розрахунки на рівні знань з курсу фізики.

У **другому розділі** розглянуті основні закони електродинаміки, такі як: Гауса, закон Кулона, узагальнений закон Ампера, закон збереження заряду, закон Фарадея, крім того аналізуються рівняння Максвелла. В цьому розділі також визначені параметри складових електромагнітного поля на межі двох середовищ.

Третій розділ присвячений вивченню основних властивостей монохроматичного поля. В ньому подані визначення комплексним діелектричним та магнітним проникностям, проаналізована система рівнянь Максвелла для монохроматичного поля, проаналізовані однорідні хвильові рівняння для векторів електричної та магнітної напруженостей, розглянуті питання поширення плоских електромагнітних хвиль в необмежених середовищах, діелектриках та провідниках. Також розглянуті види поляризації електромагнітних хвиль.

У **четвертому розділі** наведені методи аналізу енергії електромагнітного поля. Розглянуті закон збереження електромагнітної енергії, теорема Пойнтінга, теорема єдиності. Наведені методи визначення балансу енергії монохроматичного поля та енергетичних характеристик плоскої однорідної хвилі.

У **п'ятому розділі** проаналізовані стаціонарні електромагнітні поля, зокрема електростатичне поле, поле постійних струмів та постійне електромагнітне поле.

Шостий розділ присвячений вивченню питань поширення хвилі на межі поділу середовищ, зокрема: відбиття та заломлення плоских електромагнітних

хвиль на плоскій межі поділу, відбиття та заломлення електромагнітних хвиль на межі ідеальних діелектриків, скін-ефект біля плоскої межі провідника, скін-ефект у круглому циліндричному провіднику, проходження електромагнітної хвилі через пластину, процес взаємодії електромагнітної хвилі і електромагнітного екрану.

У **сьомому розділі** визначені питання випромінювання та дифракція електромагнітних хвиль. Зокрема наведене визначення електродинамічного потенціалу, вивчені електромагнітні поля в елементарному електричному випромінювачі та елементарному магнітному випромінювачі, роз'яснені методи аналізу електромагнітних полів при дифракції електромагнітних хвиль.

У **восьмому розділі** розглянуті спрямовані електромагнітні хвилі та лінії з ТЕМ-хвилями. У цьому розділі наведена класифікація спрямованих хвиль, розглянуті процеси, що відбуваються при поширенні парціальних електромагнітних хвиль та методи розрахунку їхніх параметрів.

Дев'ятий розділ присвячений вивченню процесів поширення нормованих хвиль у лініях із навантаженням, лініях із втратами, коаксіальних лініях, симетричних лініях та лініях над землею.

Поданий у розділах навчальний матеріал продемонстрований на прикладах розв'язання конкретних науково-практичних задач.

Навчальне видання

Неведров О. В.,
Гулак С. О.,
Горобченко О. М.

ТЕХНІЧНА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

Навчальний посібник

За авторською редакцією
Відповідальний за випуск О. В. Неведров

Підготовлено до видання
на кафедрі електромеханіки та рухомого складу залізниць
Національного транспортного університету
03049, м. Київ-49, вул. Івана Огієнка, 19

Підписано до друку 10.07.2026. Формат 70×100/16.
Умовно-друк. арк. 22,26. Тираж: 21 примірник.
Замовлення № 26/007. Цифровий друк.
Папір офсетний. Шрифт Times New Roman.
Віддруковано з готового оригінал-макету.

Видавець: ТОВ «УКРЛОГОС Груп».
21005, Україна, м. Вінниця, вул. Зодчих, 18, офіс 81. E-mail: info@ukrlogos.in.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 7860 від 22.06.2023.