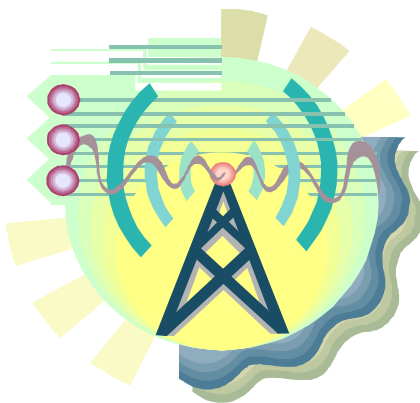


*Коруд В. І., Гамола О. Є., **Малинівський С. М.***

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ПІДРУЧНИК

3-тє видання, перероблене і доповнене



Видавництво ПП "Магнолія 2006"
Львів 2025

УДК 621.31

К28

Відтворення цієї книги або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав будуть переслідуватися у судовому порядку.

Рецензенти:

Сенько В. І. – доктор технічних наук, професор Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”;

Луцків М. М. – доктор технічних наук, професор Української академії друкарства (м. Львів).

Коруд В. І., Гамола О. Є., Малинівський С. М.

К28 Електротехніка: Підручник / За заг. ред. В. І. Коруда. – 3-тє вид., переробл. і доп. – Львів: “Магнолія 2006”, 2025. – 447 с.

ISBN 966-8340-40-x “Магнолія 2006”

У підручнику, написаному відповідно до програм підготовки спеціалістів, бакалаврів і магістрів, подано основні поняття електротехніки. Розглянуто основні теорії електричних і магнітних кіл, а також перехідні процеси та нелінійні кола. Описано будову та роботу електричних машин змінного та постійного струму, наведено поняття електроприводу, електропостачання та електробезпеки.

Підручник містить приклад розв’язку задач, запитання для самоперевірки, задачі для самоопрацювання.

Призначено для студентів та викладачів вищих навчальних закладів.

УДК 621.31

ISBN 966-8340-40-x

©Коруд В. І., Гамола О. Є.,
Малинівський С. М., 2025
© “Магнолія 2006”, 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	7
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ	9
1.1. Елементарні електричні заряди й електромагнітне поле	9
1.2. Електростатичне поле. Напруженість поля	11
1.3. Електрична напруга. Потенціал. Електрорушійна сила	12
1.4. Електричний струм	19
1.5. Характеристики провідного середовища	22
1.6. Енергія та потужність в електричному колі	26
РОЗДІЛ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	32
2.1. Компоненти та характеристики електричних кіл	32
2.2. Основні закони електричних кіл	39
2.3. З'єднання елементів електричного кола	44
2.4. Методи аналізу електричних кіл постійного струму....	51
2.4.1. <i>Метод рівнянь Кірхгофа</i>	52
2.4.2. <i>Метод перетворення (трансфігурації)</i>	55
2.4.3. <i>Метод двох вузлів</i>	58
2.4.4. <i>Метод еквівалентного генератора</i>	59
2.5. Пересилання електроенергії двопровідною лінією постійного струму.....	63
2.6. Баланс потужностей в електричному колі	66
2.7. Особливості аналізу нелінійних кіл постійного струму	68
РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ	80
3.1. Генерування синусоїдної ЕРС	81
3.2. Діючі та середні значення синусоїдних величин	84
3.3. Елементи електричного кола синусоїдного струму	86
3.4. Послідовне з'єднання елементів у колі синусоїдного струму	94
3.5. Паралельне з'єднання елементів у колі синусоїдного струму	97
3.6. Потужності в колі синусоїдного струму	101
3.7. Резонансні явища в електричних колах	105
3.7.1. <i>Резонанс напруг</i>	105
3.7.2. <i>Резонанс струмів</i>	108
3.8. Аналіз електричних кіл синусоїдного струму	109
3.9. Векторне відображення синусоїдних величин	114

РОЗДІЛ 4. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА НЕСИНУСОЇДНОГО СТРУМУ	125
4.1. Розкладання періодичних функцій в ряд Фур'є	125
4.2. Діючі значення періодичних несинусоїдних величин	130
4.3. Потужність кола періодичного несинусоїдного струму.....	132
4.4. Аналіз кіл несинусоїдного струму	134
РОЗДІЛ 5. ТРИФАЗНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА	146
5.1. Трифазна система ЕРС	147
5.2. З'єднання фаз джерела та споживача зіркою	150
5.3. Трифазне коло при з'єднанні фаз споживача трикутником	155
5.4. Потужності трифазного кола	159
5.5. Перемикання фаз споживача із зірки в трикутник і навпаки	161
РОЗДІЛ 6. ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ	171
6.1. Виникнення перехідних процесів	171
6.2. Закони комутації	173
6.3. Вимушені та вільні складові перехідних струмів і напруг. Алгоритм аналізу перехідних процесів	175
6.4. Перехідні процеси кіл з резистивно-індуктивними елементами	178
6.4.1. Коротке замикання в колі $R-L$	179
6.4.2. Вмикання кола $R-L$ до джерела постійної напруги.....	182
6.5. Перехідні процеси кіл з резистивно-ємнісними елементами	185
6.5.1. Вмикання зарядженого конденсатора на резистор (розряд конденсатора)	185
6.5.2. Вмикання кола $R-C$ до джерела постійної напруги (заряд конденсатора)	188
РОЗДІЛ 7. МАГНІТНІ КОЛА	198
7.1. Параметри та характеристики магнітного поля	198
7.2. Закон повного струму	204
7.3. Закони Кірхгофа для магнітних кіл	207

Зміст

7.4. Аналіз магнітних кіл постійного струму	211
7.5. Магнітні кола із змінною намагнічувальною силою	213
7.6. Взаємна індуктивність	215
7.7. Котушка з феромагнітним осердям	218
РОЗДІЛ 8. ТРАНСФОРМАТОРИ	227
8.1. Будова і принцип роботи трансформатора	227
8.2. Рівняння електромагнітної рівноваги трансформатора ...	230
8.3. Режими трансформатора	235
8.4. Робочі характеристики трансформатора	240
8.5. Трифазні трансформатори	244
8.6. Автотрансформатори	247
РОЗДІЛ 9. АСИНХРОННІ МАШИНИ	257
9.1. Будова і принцип роботи трифазних асинхронних машин	257
9.2. Електромагнітний момент асинхронного двигуна	266
9.3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії АД ...	270
9.4. Характеристики АД	272
9.5. Пуск асинхронних двигунів	275
9.6. Регулювання швидкості обертання ротора	279
9.7. Режими роботи асинхронних машин	280
9.8. Однофазні асинхронні двигуни	284
9.9. Асинхронні конденсаторні двигуни	286
РОЗДІЛ 10. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	295
10.1. Призначення і будова машин постійного струму	296
10.2. Способи збудження машин постійного струму	299
10.3. Режими генератора машини постійного струму	300
10.3.1. <i>ЕРС генератора постійного струму</i>	300
10.3.2. <i>Комутація та реакція якоря</i>	304
10.3.3. <i>Характеристики генератора</i>	307
10.4. Режим двигуна машин постійного струму	314
10.4.1. <i>Електромагнітний момент</i>	315
10.4.2. <i>Пуск, зупинка й реверс двигунів постійного струму.</i>	316
10.4.3. <i>Характеристики двигунів</i>	319
10.4.4. <i>Регулювання частоти обертання</i>	324
10.5. Коефіцієнт корисної дії машини постійного струму ...	328
10.6. Універсальні колекторні двигуни	330

Електротехніка

РОЗДІЛ 11. МІКРОМАШИНИ	339
11.1. Лінійні двигуни	339
11.2. Мікромашини постійного струму	341
11.3. Асинхронні мікромашини	345
11.4. Синхронні мікродвигуни	349
РОЗДІЛ 12. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	355
12.1. Режими роботи електроприводів	356
12.2. Вибір типу та потужності двигуна	360
12.3. Елементи захисту та керування	368
12.4. Системи керування електроприводами	372
12.5. Вибір перерізу проводів і кабелів	376
РОЗДІЛ 13. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ	384
13.1. Дія електричного струму на організм людини	384
13.2. Фактори, які визначають ураження електричним струмом	388
13.3. Захисне заземлення і занулення	395
13.4. Розтікання струму при замиканні на землю. Крокова напруга	401
13.5. Перша допомога потерпілому при ураженні електричним струмом	404
ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ	411
Д1. Символічний метод аналізу електричних кіл синусоїдного струму	411
Д1.1. Комплексні числа та операції з ними	411
Д1.2. Символічне (комплексне) відображення синусоїдних величин	415
Д1.3. Закони Ома та Кірхгофа в комплексній формі	417
Д2. Електровимірювальні прилади	423
Д2.1. Класифікація приладів	423
Д2.2. Характеристики систем електровимірювальних приладів	424
Д2.3. Вимірювання електричних величин	425
Д2.4. Вимірювання опору	428
Д2.5. Похибки вимірювання та похибки вимірювальних приладів	429
Коротка історична довідка	438
ЛІТЕРАТУРА	446

П Е Р Е Д М О В А

Електротехніка – наука про теоретичне вивчення та практичне застосування електричних і магнітних явищ для виробництва, пересилання, розподілу та перетворення електричної енергії в інші види енергії: * світлову, * теплову, * механічну, * хімічну тощо.

Початок розвитку електротехніки припадає на першу половину XIX ст., коли були відкриті основні закономірності в галузі електромагнітних і електричних явищ та почалися перші спроби практичного застосування електричної енергії. У наш час вже неможливо назвати якусь галузь техніки, де б не використовувалась електрична енергія. На використанні електроенергії базуються найновіші досягнення науки й техніки в галузі електроніки, радіотехніки, кібернетики, виробництва атомної енергії, космонавтики тощо.

Головна перевага електричної енергії перед іншими видами полягає в тому, що вона легко перетворюється в інші види енергії, легко передається на далекі відстані з високим ККД, легко розподіляється за різною потужністю приймачів, дозволяє проводити автоматизацію виробництва, забезпечує найкращі екологічні та санітарно-гігієнічні умови праці. Приймачі електричної енергії (* електричні двигуни, * трансформатори, * лампи освітлення, * нагрівальні елементи тощо) працюють без виділення будь-яких речовин (шкідливих газів), є екологічно чистими.

За останні роки різного роду електротехнічні пристрої знайшли теж широке застосування в медицині, акустиці, ігрових апаратах тощо. На використанні електричної енергії базуються найновіші досягнення науки й техніки в галузях електротехніки, радіотехніки, кібернетики, електроніки, робототехніки, виробництва атомної енергії, автоматизації, керуванням виробничими процесами тощо.

Завдяки дослідям в галузі електротехніки створені й широко використовуються швидкодіючі обчислювальні машини, електровимірювальні прилади, системи керування технічними, космічними та іншими об'єктами. Отже, без знання електротехніки сьогодні не можна бути добре підготовленим спеціалістом з будь-

Електротехніка

якого напрямку виробництва, науки і техніки.

Пропонований підручник з електротехніки як прикладної дисципліни підготовки інженерно-технічних працівників неелектротехнічних спеціальностей відповідає програмі базового напрямку “Інженерна механіка”. Тут вивчаються основи електротехніки стосовно відповідної галузі з максимальним наближенням до її специфіки. Ця наука дає не тільки необхідні знання про явища, що відбуваються в електротехнічних пристроях, які застосовуються в інженерній справі відповідного напрямку, але й, як наука високого рівня, формує асоціативне мислення у студентів.

Вимоги часу є такими, що дисципліна “Електротехніка” стає базовою при підготовці фахівців різних галузей. Тому авторами вибрана така структура підручника, яка забезпечує гнучку систему формування навчального матеріалу залежно від спеціалізації. Цим зумовлено внесення розділів фізичних основ і поглибленого вивчення електротехніки.

Запропонований підручник рекомендований студентам неелектротехнічних спеціальностей вищих навчальних закладів III-IV рівнів акредитації та студентам всіх спеціальностей закладів I-II рівнів акредитації. З метою кращого засвоєння матеріалу підручник містить приклади та задачі для самоопрацювання. Це, на нашу думку, має важливе значення для самостійної роботи студентів, обсяг якої буде збільшуватись.

Автори висловлюють подяку рецензентам за цінні зауваження та рекомендації стосовно змісту та структури підручника.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Коруд Василь Іванович

Гамола Орест Євгенович

Малинівський Степан Миколайович

Е Л Е К Т Р О Т Е Х Н І К А

ПІДРУЧНИК

3-тє видання, перероб і доповн.

Формат 60×84/16. Папір офсетний.

Гарнітура Тип Таймс.

Умовн. друк. арк. 25,98.

ПП “Магнолія 2006”

а/с 431, м. Львів-53, 79053, Україна.

Тел.+380503701957; E-mail: magnol06@ukr.net

Свідоцтво про внесення суб’єкта

видавничої справи до Державного реєстру

видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції:

серія ДК № 2534 від 21.06.2006 року,

видане Державним комітетом телебачення і радіомовлення України

Віддруковано у друкарні видавництва “Магнолія 2006”