

*О.І. Шегедин, В.С. Маляр*

# **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів дистанційної форми навчання  
електротехнічних та електромеханічних спеціальностей  
вищих навчальних закладів*

Видавництво «Новий Світ – 2000»  
Львів – 2020

**УДК 621.3(075.8)**  
**ББК 31.2**  
**Ш-38**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України, як навчальний посібник*

*Рецензенти:*

*Сенько В.І.* – доктор технічних наук, професор (Національний технічний університет "Київський політехнічний інститут")

*Костін М.О.* – доктор технічних наук, професор, (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

**Ш-38 Шегедин О.І., Маляр В.С.** Теоретичні основи електротехніки.

Частина 1: Навчальний посібник для студентів дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів.–Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 168 с.

Викладені основи теорії та методи аналізу ustalених режимів лінійних електричних кіл постійного, однофазного синусоїдного і несинусоїдного та трифазного струму, а також чотирьополісників. Основні теоретичні положення проілюстровано прикладами розв'язування типових задач. Описано лабораторні роботи та викладено методичні настанови до їх виконання. Наведено контрольні та екзаменаційні питання.

Метою навчального посібника є надання допомоги студентам дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів в їх самостійній роботі по вивченню дисциплін “Теоретичні основи електротехніки” та “Теорія електричних і магнітних кіл”. Навчальний посібник буде корисним для студентів заочної форми навчання під час виконання контрольних завдань, підготовки до екзаменів та виконання лабораторних робіт.

ISBN 996-7827-48-8

© Шегедин О.І., Маляр В.С. , 2020

© Новий Світ-2000, ФОП Піча С.В., 2020

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	6
<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ФІЗИЧНІ ВЕЛИЧИНИ, СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ ТА ОСНОВНІ ЗАКони ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ</b> .....	10
1.1. Основні поняття і закони електромагнітного поля .....	10
1.2. Електричний струм. Напруга. Електрорушійна сила. Потужність .....	13
1.3. Електричне коло та його елементи. Заступна схема .....	16
1.4. Джерела електричної енергії .....	18
1.5. Пасивні елементи електричних кіл та їх рівняння .....	19
1.6. Закони Кірхгофа .....	21
1.7. Електрична енергія та потужність .....	23
1.8. Поняття про дуальність електричних кіл .....	24
1.9. Контрольні запитання .....	25
<b>РОЗДІЛ 2. ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ</b> .....	27
2.1. Аналіз електричних кіл постійного струму на основі законів Кірхгофа .....	27
2.2. Метод контурних струмів .....	28
2.3. Метод вузлових напруг .....	30
2.4. Метод еквівалентного генератора .....	34
2.5. Розрахунок лінійних електричних кіл методом накладання (суперпозиції) .....	35
2.6. Еквівалентні перетворення (трансфігурація) схем електричних кіл .....	36
2.7. Енергетичні співвідношення в електричних колах постійного струму .....	38
2.8. Контрольні запитання .....	39
<b>РОЗДІЛ 3. ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ОДНОФАЗНОГО СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ</b> .....	41
3.1. Основні поняття та визначення .....	41
3.2. Діюче та середнє значення синусоїдного струму, ЕРС, напруги .....	42
3.3. Зображення синусоїдної величини на комплексній площині .....	44
3.4. Пасивні елементи в електричному колі синусоїдного струму .....	47

3.5. Комплексний опір і комплексна провідність. Закон Ома в комплексній формі .....	52
3.6. Потужності в електричному колі синусоїдного струму ...	54
3.7. Символічний метод розрахунку електричних кіл синусоїдного струму .....	58
3.8. Резонансні явища в електричному колі змінного струму .	58
3.9. Електричні кола зі взаємоіндуктивними зв'язками .....	64
3.10. Приклади розв'язування задач .....	67
3.11. Контрольні запитання .....	77
<b>РОЗДІЛ 4. ТРИФАЗНІ КОЛА</b> .....	80
4.1. Основні поняття та визначення .....	80
4.2. Способи з'єднання фаз у трифазних колах .....	83
4.3. Розрахунок трифазних кіл .....	85
4.4. Потужності трифазного кола .....	91
4.5. Вимірювання потужності у трифазних колах .....	92
4.6. Метод симетричних складових .....	95
4.7. Приклади розв'язування задач .....	99
4.8. Контрольні запитання .....	105
<b>РОЗДІЛ 5. ПЕРІОДИЧНІ НЕСИНУСОЇДНІ СТРУМИ</b> .....	107
5.1. Основні поняття та визначення .....	107
5.2. Діюче та середнє значення періодичних несинусоїдних струмів. Коефіцієнти, що характеризують форму несинусоїдних струмів .....	112
5.3. Потужності в колі періодичного несинусоїдного струму .	114
5.4. Аналіз лінійних електричних кіл несинусоїдного струму	116
5.5. Резонансні явища в електричних колах несинусоїдного струму .....	118
5.6. Приклади розв'язування задач .....	118
5.7. Контрольні запитання .....	121
<b>РОЗДІЛ 6. ТЕОРІЯ ПРОХІДНИХ ЧОТИРИПОЛЮСНИКІВ</b> .....	123
6.1. Загальна характеристика чотиріполюсників .....	123
6.2. Рівняння прохідних пасивних чотиріполюсників .....	125
6.3. Заступні схеми взаємних чотиріполюсників .....	129
6.4. Способи визначення параметрів чотиріполюсників .....	132
6.5. Характеристичні (вторинні) параметри чотиріполюсників .....	133
6.6. Рівняння симетричних чотиріполюсників у гіперболічній формі .....	137
6.7. Способи сполучення чотиріполюсників .....	138
6.8. Рівняння активних автономних чотиріполюсників .....	142

6.9. Приклади розв'язування задач .....	144
6.10. Контрольні запитання .....	149
<b>РОЗДІЛ 7. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ ТА</b>	
<b>ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ .....</b>	<b>151</b>
7.1. Дослідження електричного кола змінного струму при послідовному з'єднанні елементів .....	151
7.2. Дослідження резонансу напруг у лінійному електричному колі змінного струму .....	153
7.3. Дослідження усталеного режиму трифазного електричного кола змінного струму при з'єднанні споживачів зіркою .....	156
7.4. Дослідження усталеного режиму трифазного електричного кола змінного струму при з'єднанні споживачів трикутником .....	159
7.5. Дослідження пасивного прохідного чотириполюсника ...	162
7.6. Екзаменаційні питання .....	164
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>167</b>

## ПЕРЕДМОВА

Дисципліна "Теоретичні основи електротехніки" (ТОЕ) є базовою для багатьох спеціальностей електротехнічного профілю, оскільки забезпечує фундаментальну підготовку для вивчення спеціальних дисциплін, вона є визначальною у формуванні фахового рівня інженерів-електриків. Як правило, дисципліна ТОЕ вивчається протягом трьох семестрів і відповідно складається з трьох частин. Перші дві частини присвячені теорії та методам розрахунку лінійних електричних кіл, а третя – теорії нелінійних електричних і магнітних кіл та теорії електромагнітного поля.

Навчальний посібник за обсягом та змістом відповідає програмі підготовки фахівців електротехнічних та електромеханічних спеціальностей з дисципліни "Теоретичні основи електротехніки" і охоплює її першу частину. До посібника увійшли розділи: Фізичні величини, структурні елементи та основні закони електричних кіл; Лінійні електричні кола постійного струму; Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму; Трифазні кола; Періодичні несинусоїдні струми; Теорія прохідних чотириполюсників; Лабораторні роботи та екзаменаційні питання. Теоретичний матеріал посібника викладений в короткій, але доступній для розуміння формі і проілюстрований прикладами розв'язування задач.

Особливістю посібника є достатньо широка ілюстрація теоретичного матеріалу прикладами розв'язування типових задач, наявність контрольних і екзаменаційних питань, а також методичних настанов до виконання необхідного мінімуму лабораторних робіт. З цього погляду посібник є самодостатнім, що важливо для студентів, які вивчають дисципліну ТОЕ самостійно і нерідко не мають змоги відвідувати бібліотеки з технічною літературою.

В посібнику висвітлено лише основні, мінімально необхідні аспекти теорії та методів аналізу лінійних електричних кіл постійного і змінного струму, що дає змогу зосередитись на основному матеріалі, після засвоєння якого студент може розширити й доповнити свої знання, звернувшись до наведеної в кінці посібника навчальної літератури. До списку літератури увійшли підручники та навчальні посібники, які видані за останні десятиліття. Більшість з них написана російською мовою, що зайвий раз підтверджує необхідність видання цього посібника. Однак слід зауважити, що студенти можуть використовувати навчальну літературу будь-яких років видання, оскільки дисципліна ТОЕ є класичною і в своїй основі залишається незмінною.

Позначення фізичних величин відповідними літерами прийнято у відповідності до вимог Держстандарту України та Міжнародної електротехнічної комісії. Комплексні значення величин, які є відображеннями

синусоїдних функцій часу, позначені великими літерами з крапками над ними, а всі інші – рисками під ними. Миттєві значення електричних величин, які є функціями часу, позначені малими літерами, а діючі, середні та амплітудні значення – великими літерами.

Метою навчального посібника є надання допомоги студентам дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів в їх самостійній роботі під час вивчення дисципліни ТОЕ.

Автори глибоко вдячні рецензентам: проф. В.І. Сеньку та проф. М.О. Костіну за зроблені під час рецензування зауваження та рекомендації. За технічне оформлення посібника автори висловлюють подяку Л.А. Акуловій, Д.І. Бойко, С.Г. Самойловій, які здійснили комп'ютерний набір посібника.

Виявлені недоліки, а також зауваження та побажання щодо викладення матеріалу та форми його подання просимо надсилати за адресою:

*79013, м. Львів, вул. С.Бандери 12, Національний університет "Львівська політехніка", кафедра теоретичної та загальної електротехніки.*

## ВСТУП

Сучасне суспільство неможливо уявити без використання електричної енергії. Практично всі матеріальні та духовні потреби людини задовольняються з використанням електричної енергії. Електротехніка, як галузь техніки, виконує енергетичну, технологічну та інформаційну функції. Вона базується на використанні електричних та магнітних явищ, які мають місце в різноманітних електротехнічних пристроях. На вивчення якісної та кількісної сторін цих явищ спрямована дисципліна “*Теоретичні основи електротехніки*” (ТОЕ). Вона є теоретичною базою для вивчення всіх електротехнічних дисциплін, а тому має визначальне значення у фаховій підготовці спеціалістів електротехнічного профілю. Основне завдання дисципліни ТОЕ – навчити студентів користуватись основними законами електротехніки під час розв'язування практичних задач.

У дисципліні ТОЕ електромагнітні явища розглядаються з двох позицій: на основі теорії кіл та на основі теорії електромагнітного поля. Однак таке розмежування є дещо умовним, оскільки деякі процеси доцільно досліджувати на основі поєднання теорії кіл та теорії поля. Вибір того чи іншого підходу до аналізу електромагнітних процесів залежить від умов конкретної задачі.

Теорія кіл базується на наближеній заміні електротехнічного пристрою заступною схемою, в якій реальні елементи замінені ідеалізованими. Під час аналізу кіл використовуються інтегральні величини, як-то струм, напруга, опір тощо. Електричні кола в основному розглядаються як такі, що мають зосереджені параметри. Проте існує низка практично важливих задач, де необхідно враховувати розподіл параметрів (індуктивностей, ємностей, провідностей). Теорія електричних кіл зі зосередженими параметрами дає змогу розв'язати широкий клас задач аналізу процесів у електротехнічних пристроях. Сюди відносяться електричні кола промислової частоти, за виключенням довгих ліній пересилання електроенергії та ліній зв'язку. Необхідно мати на увазі, що одне і те ж електричне коло може по-різному себе поводити при різних частотах джерел живлення. Наприклад, при низькій частоті можна знехтувати ємністю між витками котушки, однак при високих частотах таке припущення може призвести до значних помилок, оскільки струми зміщення в діелектрику навколо витків котушки можуть бути сумірні зі струмами у витках. Під час пересилання електроенергії на далекі відстані, а також інформації має місце залежність струмів і напруг як від часу, так і від відстані. Це означає, що у цьому випадку лінія пересилання не може бути представлена зосередженими параметрами. Такі кола характеризуються погонними значеннями параметрів, тобто такими, що припадають на одиницю довжини лінії. Крім

того, ці параметри можуть мати нерівномірний розподіл. Виходячи зі сказаного, розрізняють електричні кола зі зосередженими та розподіленими параметрами.

Теорія електромагнітного поля базується на використанні диференціальних величин (напруженості, індукції тощо) і дає змогу визначати електричні та магнітні величини в кожній точці простору в будь-який момент часу. Вона служить теоретичною основою для визначення основних понять та меж застосування теорії кіл.

Дисципліна ТОЕ базується на відповідних розділах фізики та вищої математики. Вона, як правило, складається з трьох частин. Розподіл навчального матеріалу по частинах відображений в робочій програмі.