

Міністерство освіти і науки України  
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки  
Кафедра загальної фізики та методики викладання фізики



**Затверджено**

Проректор з навчальної роботи,  
проф. Гаврилюк С. В.

11 2014 р.

## Електротехніка

**Робоча програма**  
нормативної навчальної дисципліни  
підготовки бакалавра  
напряму 6.040204 «Прикладна фізика»

Луцьк–2014

Робоча програма навчальної дисципліни «Електротехніка» для студентів за напрямом підготовки спеціальністю 6.040204 «Прикладна фізика». – 17 вересня 2014 року. – 11 с.

**Розробники:**

доцент кафедри загальної фізики  
та методики викладання фізики,  
канд. фіз.-мат. наук



Кевшин А. Г.

**Рецензент:**


завідувач кафедри фізики твердого тіла  
та інформаційно-вимірювальних технологій  
канд. фіз.-мат. наук



Божко В. В.

**Програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри загальної фізики та методики викладання фізики**

протокол № 3 від 29.10.2014 р.

Завідувач кафедри:  (Головіна Н. А.)

**Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією фізичного факультету**

протокол № 2 від 30.10.2014 р.

Голова науково-методичної комісії факультету  (Муляр В. П.)

**Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою університету**

протокол № 3 від 19.11. 2014 р.

## Вступ

Електротехнікою називають широку область практичного застосування електромагнітних явищ. Електротехніка – дисципліна, що займається питаннями розрахунку та вивчення явищ, що характеризуються поняттями електричних струмів, напружень, потужностей, магнітних потоків, а також поняттями напруженості електричного та індукцією магнітного полів.

Викладання курсу „Електротехніка” підпорядковане теоретичній та практичній підготовці студентів фізичного факультету в галузі електротехніки в таких межах, щоб вони були спроможними правильно вибирати необхідне електричне обладнання, електровимірювальні прилади, вміти їх технічно правильно експлуатувати, а також були б спроможними формувати технічні завдання на розробку електричних частин технологічного обладнання.

Дисципліна містить у собі теоретичну базу, яка необхідна при вивченні теорії електричних кіл, теорії електромагнітного поля та оволодіння навичками їх практичного застосування для дослідження і розрахунків сучасних електротехнічних пристроїв.

Курс має на меті:

а) забезпечити опанування студентами основ сучасної електротехніки і теорії електричних машин;

б) стати основою для глибокого розуміння студентами технічних застосувань законів електродинаміки, які вивчаються в курсі фізики;

в) забезпечити вироблення у студентів специфічних електротехнічних умінь та навичок, необхідних для організації лабораторії чи фізичного кабінету в школі, на виробництві, догляду за устаткуванням, для модернізації фізичного експерименту;

Лекційний матеріал має супроводжуватись розбором прикладів розв'язування задач, постановкою демонстрацій, показом таблиць, відеофільмів.

Лабораторний практикум необхідно організовувати таким чином, щоб при виконанні робіт студенти максимально використовували набуті ними теоретичні знання.

Програма навчальної дисципліни «Електротехніка» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки «бакалавр» напряму 6.040204 «Прикладна фізика».

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є електровимірювальна техніка.

**Міждисциплінарні зв'язки:** засвоєння матеріалу дисципліни передбачає знання студентами наступних дисциплін:

- лінійна алгебра та аналітична геометрія;
- математичний аналіз;
- диференціальні рівняння;
- фізика;
- теоретична механіка;
- основи метрології і електричних вимірювань;
- перетворення Фур'є і Лапласа;
- теорія функцій комплексної змінної.

Програма навчальної дисципліни складається з таких **змістових модулів:**

1. Електричні та магнітні кола.
2. Основи електроніки.
3. Електромагнітні пристрої та електричні машини.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Характеристика навчальної дисципліни подається згідно з навчальним планом напряму підготовки і представляється у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів: 4	0402 «Фізико-математичні науки»	нормативна
Модулів: 3	6.040204 «Прикладна фізика»	Рік підготовки: 2
Змістових модулів: 3		Семестр: 4
ІНДЗ: є		Лекції: 36 год
Загальна кількість годин: 144		Лабораторні: 18 год
Тижневих годин (для денної форми навчання):	бакалавр	Самостійна робота: 46 год
Аудиторних: 3		Індивідуальна робота: 44 год
самостійної роботи: 2,5 індивідуальної роботи: 2,5		Форма контролю: <u>залік</u>

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** вивчення дисципліни є систематизація знань в області теоретичної електротехніки та полегшення засвоєння електромагнітних явищ в електричних і магнітних колах.

**Завданням** вивчення дисципліни є засвоєння студентами принципів та методів розрахунку схем різних кіл та форм струмів, одержання навичок у випробуванні електромагнітних явищ, електротехнічного устаткування та приладів

Після вивчення курсу “Електротехніка” студенти:

**повинні знати:**

- *принципи генерації, передавання, розподілу й використання електричної енергії; первинні джерела електричної енергії;*
- *основні характеристики кіл змінного струму; трифазні кола;*
- *принципи дії електровимірювальних приладів*
- *принцип дії та будову трансформатора;*
- *основи роботи машин змінного струму (асинхронна машина, синхронний генератор, колекторна машина);*
- *принцип дії машин постійного струму.*

**Повинні вміти:**

- *користуватися символічним методом та законами Ома та Кірхгофа, здійснювати вимірювання струмів, напруг, потужностей у трифазних колах;*
- *користуватися електровимірювальними приладами, знаходити зведену, абсолютну та відносні похибки;*
- *проводити вимірювання для визначення характеристик трансформаторів;*
- *вмикати машини змінного струму(асинхронний двигун, синхронний генератор; машини постійного струму);*
- *використовувати машини постійного струму для сервісних цілей та у ШФЕ*

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Змістовий модуль 1. Електричні та магнітні кола.**

##### **Тема 1. Лінійні кола постійного струму.**

Електротехнічні пристрої постійного струму та області їх застосування. Умовні графічні позначення електротехнічних пристроїв постійного струму. Елементи електричних кіл. Джерела і споживачі електричної енергії. Схеми заміщення електротехнічних пристроїв постійного струму. Резистивні елементи, джерела ЕРС і струму, їх властивості і характеристики. Пасивні і активні двополюсники та схеми їх заміщення. Режими роботи активних двополюсників.

Топологічні поняття теорії електричних кіл. Нерозгалужені і розгалужені електричні кола. Умовні додатні напрями електричних величин на схемах електричних кіл. Енергетичні співвідношення в електричних колах. Визначення параметрів двоелементних схем заміщення пасивних та активних двополюсників.

Властивості лінійних електричних кіл. Принципи суперпозиції, компенсації і взаємності. Аналіз електричного стану нерозгалужених та розгалужених електричних кіл з декількома джерелами електричної енергії шляхом застосування законів Кірхгофа, методу контурних струмів, методу вузлових потенціалів, методу активного двополюсника, методом суперпозиції та методами перетворень.

##### **Тема 2. Лінійні електричні кола змінного струму.**

Електротехнічні пристрої та електричні кола змінного струму. Особливості електромагнітних процесів в електричних колах змінного струму. Причини широкого розповсюдження електротехнічних пристроїв синусоїдного струму промислової частоти.

Способи зображення електричних величин - синусоїдних функцій: часовими діаграмами, векторами, комплексними числами. Основні параметри, що характеризують синусоїдну функцію.

##### **Тема 3. Нелінійні електричні кола.**

Вольт-амперні характеристики нелінійних елементів. Керовані нелінійні елементи. Аналіз нелінійних кіл постійного струму. Нелінійні кола змінного струму. Інерційні і безінерційні нелінійні елементи. Нелінійні кола при одночасній дії джерел постійної та змінної напруг.

##### **Тема 4. Магнітні кола.**

Електромагнітні пристрої та їх застосування. Феромагнітні матеріали та їх характеристики.

Магнітні кола постійних магнітних потоків. Застосування закону повного струму для аналізу магнітного кола. Магнітні кола з повітряним зазором у магнітопроводі. Схеми заміщення магнітних кіл. Аналогія методів аналізу електричних і магнітних кіл.

Магнітні кола з постійними магнітами.

Магнітні кола змінних магнітних потоків. Особливості електромагнітних процесів у котушці з магнітопроводом. Магнітні втрати енергії. Графіки миттєвих значень магнітного потоку і струму при синусоїдній напрузі.

Еквівалентний синусоїдний струм. Аналіз електромагнітного стану котушки з магнітопроводом. Рівняння електричного стану, вольт-амперна характеристика, векторна діаграма, схема заміщення котушки. Залежність індуктивного опору котушки від значення повітряного зазору магнітопроводу.

Енергія і механічні сили в електромеханічних системах. Енергія магнітного поля котушки, сила тяги електромагніту.

#### **Змістовий модуль 2. Основи електроніки.**

## **Тема 1. Електронні прилади.**

Електроніка, її роль і значення у сучасному суспільстві, науці, техніці і виробництві. Класифікація основних пристроїв сучасної електроніки, історія і перспективи їх розвитку. Характеристики, параметри, призначення напівпровідникових діодів, тиристорів, біполярних та польових транзисторів. Інтегральні мікросхеми та мікромініатюризація приладів і пристроїв сучасної електроніки. Фотоелектричні напівпровідникові прилади. Поняття про оптоелектронні пристрої.

## **Тема 2. Електронні пристрої.**

Напівпровідниковий діод. Р-п перехід. Вольтамперна характеристика р-п переходу. Ємності напівпровідникового переходу. Температурні властивості напівпровідникових діодів. Одно- та двохполуперіодні випрямлячі на напівпровідникових діодів. Електричні схеми та принцип роботи випрямлячів. Фільтри. Стабілізатори напруги та струму.

Схеми включення напівпровідникових транзисторів. Транзисторні підсилювачі. Аналіз роботи підсилювачів. Коефіцієнти підсилення, амплітудно-частотні характеристики. Режими роботи і температурна стабілізація. Розрахунок транзисторного каскаду з загальним емітером.

## **Тема 3. Поняття про багатокаскадні підсилювачі напруги. Підсилювачі потужності.**

Зворотні зв'язки в підсилювачах, їх вплив на параметри та характеристики підсилювачів.

Підсилювач постійного струму. Дрейф нуля. Диференційний каскад та його використання в операційному підсилювачі.

Схеми, властивості і застосування операційних підсилювачів (ОП). Підсилювач-диференціатор, суматор та інтегратор на базі ОП.

Імпульсне зображення інформації. Ключовий режим роботи транзисторі.

Компаратори та тигери. Логічні елементи. Цифрові схеми. Побудова регістрів, суматорів, лічильників.

Мікропроцесори. Режими адресації. Команди пересилок, арифметичні, логічні, зсуву.

## **Змістовий модуль 3. Електромагнітні пристрої та електричні машини.**

### **Тема 1. Електромагнітні пристрої.**

Апаратура ручного керування. Контактори постійного і змінного струмів. Реле мінімальної напруги. Реле часу. Автоматичні вимикачі.

### **Тема 2. Трансформатори.**

Призначення та області застосування трансформаторів. Будова і принцип дії однофазного трансформатора. Рівняння електричного та магнітного стану, векторна діаграма трансформатора, схема заміщення. Втрати енергії в трансформаторі. Зовнішні характеристики. Паспортні данні трансформаторів. Розрахунок струмів короткого замикання і зміни вторинної напруги за паспортними даними. Будова, принцип дії та області застосування трифазних трансформаторів. Будова, принцип дії та області застосування автотрансформаторів.

### **Тема 3. Електричні машини.**

Будова та принцип дії трифазного асинхронного двигуна. Рівняння електричного стану обмоток статора і ротора. Властивості саморегулювання обертового моменту. Електромагнітний момент. Механічні та робочі характеристики. Енергетична діаграма. Паспортні данні. Пуск асинхронних двигунів з короткозамкненим та фазним ротором. Регулювання частоти обертання.

Поняття про роботу асинхронної машини в режимі генератора і гальма. Принцип дії та застосування однофазних та двофазних асинхронних машин. Асинхронні виконавчі двигуни і тахогенератори.

#### **Тема 4. Колекторні генератори постійного струму.**

Генератор незалежного збудження. Генератор паралельного збудження. Генератор змішаного збудження.

#### **Тема 5. Колекторні двигуни.**

Пуск двигуна. Двигун паралельного збудження. Регулювання частоти обертання двигунів паралельного збудження. Режими роботи МПС. Двигун послідовного збудження. Двигун змішаного збудження.

### **4. Структура навчальної дисципліни**

Навчальна дисципліна може складатись з одного або кількох змістових модулів. Кількість змістових модулів визначається метою та змістом програми і не повинна перевищувати кількості кредитів, передбачених навчальним планом на вивчення дисципліни протягом семестру. Структура навчальної дисципліни представляється у вигляді таблиці 2.

Таблиця 2.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин						
	Усього	у тому числі					
		Лек.	Практ. (Семін.)	Лаб.	Інд.	Сам. роб.	Контр. роб.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Змістовий модуль 1. Електричні та магнітні кола</b>							
Тема 1. Лінійні кола постійного струму.		2		2	4	4	
Тема 2. Лінійні електричні кола змінного струму.		4		1	4	4	
Тема 3. Нелінійні електричні кола.		2		2	4	4	1
Тема 4. Магнітні кола.		4		1	2	4	
Разом за змістовим модулем 1		12		6	14	16	1
<b>Змістовий модуль 2. Основи електроніки</b>							
Тема 5. Електронні прилади.		4		2	4	4	1
Тема 6. Електронні пристрої.		4		2	4	4	
Тема 7. Поняття про багатокаскадні підсилювачі напруги. Підсилювачі потужності.		4		2	4	4	
Разом за змістовим модулем 2		12		6	12	12	1
<b>Змістовий модуль 3. Електромагнітні пристрої та електричні машини</b>							
Тема 8. Електромагнітні пристрої.		4		1	2	4	1
Тема 9. Трансформатори.		2		2	4	4	
Тема 10. Електричні машини.		2		1	4	4	
Тема 11. Колекторні генератори постійного струму.		2		1	4	4	1
Тема 12. Колекторні двигуни.		2		1	4	2	
Разом за змістовим модулем 3		12		6	18	18	2
<b>Усього годин</b>		<b>36</b>		<b>18</b>	<b>44</b>	<b>46</b>	<b>4</b>

### **5. Теми лабораторних занять**

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Дослідження змішаного з'єднання приймачів у колі постійного струму.	2
2	Дослідження нерозгалуженого кола змінного струму.	2
3	Дослідження розгалуженого кола змінного струму.	2
4	Дослідження трифазного кола при вмиканні фаз споживача за схемою зірки й трикутника.	2
5	Дослідження трифазного електричного кола.	2
6	Дослідження асинхронного двигуна за методом безпосереднього навантаження.	4
7	Дослідження синхронного генератора.	4
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

## 6. Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Електронні підсилювачі. Класифікація підсилювачів. Підсилення струму, напруги, потужності. Параметри і характеристики. Каскади підсилювачів. Основи графоаналітичних розрахунків.	8
2	Фотоелектронні прилади. Загальні відомості про види фотоелектронних приладів. Фотоелектронні напівпровідникові прилади: фотодіоди, фото транзистори, фототиристри, фоторезистори. Оптичні напівпровідникові прилади: світловий діод, оптопари. Позначення фотоелектричних і оптичних приладів.	8
3	Основи електроприводу. Електричні і магнітні елементи автоматики. Класифікація по призначенню, принципу дії. Генераторні перетворювачі. Виконавчі елементи.	8
4	Передачі та розподіл електричної енергії. Сучасні схеми електропостачання промислових підприємств. Схеми цехових електричних мереж. Схеми освітлювальних електромереж. Графіки електричних навантажень. Елементи побудови електричних мереж.	8
5	Електричні вимірювання. Основні поняття. Похибки приладів і вимірювань. Вимірювання струму і напруги. Класифікація електровимірювальних приладів. Вимірювання потужності та енергії. Вимірювання опорів. Захисне заземлення.	6
6	Напівпровідникові прилади. Електрофізичні властивості напівпровідників. Електронно-дірковий перехід і його властивості. Напівпровідникові діоди. Транзистори: біполярні транзистори, будова, принцип дії, схеми вмикання, ВАХ, h-параметри. Польові транзистори: будова, принцип дії, схеми вмикання, ВАХ.	8
	<b>Разом</b>	<b>46</b>

## 7. Індивідуальні завдання



ІНДЗ з курсу „Електротехніка” передбачає перевірку засвоєння студентами вивченого матеріалу та умінь ними розв’язувати відповідні задачі. У таблицях подано вихідні дані для розв’язування задач. Кожен студент має обрати один з варіантів та розв’язати відповідну задачу.

**Задача 1.** Машина постійного струму в режимі двигуна має наступні номінальні дані:  $P_H$ ;  $U_H$ ;  $I_H$ ;  $R_{я}$ ;  $I_{зб}$ ;  $n_H$ . Визначити необхідну швидкість обертання якоря МПС, що працює в режимі генератора з напругою  $U_G$ . Обчислити номінальну потужність цього генератора, якщо насичення сталі і нагрівання прийняти такими ж, як у двигуна. Вихідні дані наведені в табл. 1.

**Таблиця 1**

Параметр	Варіант завдання														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_H$ , кВт	11	13	15	18	16	14	12	10	12	14	16	13	15	17	19
$U_H$ , В	220	230	240	220	230	240	230	220	240	230	220	230	240	220	240
$n_H$ , об/хв.	1000	960	900	840	800	1100	1180	960	900	860	800	850	1000	940	900
$I_H$ , А	62	64	66	68	66	64	62	60	62	64	66	62	60	64	68
$R_{я}$ , Ом	0,09	0,1	0,14	0,16	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,13	0,15	0,12	0,14	0,12	0,16
$I_{зб}$ , А	3	3,4	3,6	3,8	4	3,8	3,6	3	3,2	3,4	3,6	3,8	3	3,6	3,4
$U_G$ , В	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230

**Задача 2.** Визначити швидкість обертання якоря генератора при роботі двигуном, якщо насичення сталі й нагрівання двигуна прийняти такими ж, як у генератора. Обчислити електромагнітну потужність двигуна. Вихідні дані наведені в табл. 2.

**Таблиця 2**

Параметр	Варіант завдання														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_{H,G}$ , кВт	16,5	18	20	22	21	19	17	15	16	18	20	17	14	19	21
$U_{H,G}$ , В	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230	240	230
$n_{H,G} \cdot 10^3$ , об/хв	1,46	1,4	1,5	1,5	1,46	1,4	1,54	1,6	1,5	1,46	1,4	1,5	1,46	1,5	1,4
$R_{я}$ , Ом	0,18	0,2	0,22	0,21	0,2	0,19	0,18	0,17	0,16	0,18	0,2	0,16	0,17	0,15	0,16
$R_{зб}$ , Ом	82	84	86	85	83	81	80	82	84	85	83	80	82	81	83
$U_{дв}$ , В	220	220	220	230	210	220	210	220	220	230	210	220	210	230	210

**8. Методи навчання** – лекції, лабораторні заняття, виконання розрахунково-графічних робіт, самостійна та індивідуальна робота.

**9. Форма підсумкового контролю успішності навчання** – залік.

**10. Методи та засоби діагностики успішності навчання** – комплект тестових екзаменаційних білетів, комплекти питань, індивідуальних завдань та перелік питань з лабораторних робіт.

**11. Розподіл балів, які отримують студенти**

При оцінюванні знань і умінь студентів використовуються такі форми організації поточного та підсумкового контролю: виконання індивідуальних завдань та лабораторних робіт, написання модульних контрольних робіт.

Після завершення вивчення матеріалу кожного із змістових модулів проводиться модульна контрольна робота у вигляді комп’ютерного тестування (20 балів). Вона передбачає перевірку теоретичних знань студентів, які вони отримали під час лекцій та

самостійного опрацювання матеріалу.

### Розподіл балів за видами робіт

Поточний контроль (маx = 40 балів)				Модульний контроль (маx = 60 балів)			Загальна кількість балів
Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3			
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	ІНДЗ	МКР 1	МКР 2	МКР 3	
10	10	10	10	20	20	20	100

### Шкала оцінювання (національна та ECTS)

Академічні успіхи студента визначаються за допомогою системи оцінювання, що використовується у вищому навчальному закладі, з обов'язковим переведенням оцінок до національної шкали та шкали ECTS.

Шкала оцінювання академічних успіхів студента – 100-бальна. Переведення оцінки в шкалу ECTS та національну шкалу здійснюється за схемою:

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проєкту), практики	для заліку
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82 – 89	B	Добре	
75 - 81	C		
67 -74	D	Задовільно	
60 - 66	E		
1 – 59	Fx	Незадовільно	не зараховано (з можливістю повторного складання)

### 12. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з електротехнічних дисциплін. Розділи „Електричні кола”, „Електричні машини” (для студентів неелектротехнічних спеціальностей) / Укладачі: О.О. Шавьолкін, О.М. Рак, В.О. Сажин та ін. – Донецьк: ДонНТУ, 2001. – 63 с.

2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу „Електричні кола” (для студентів неелектротехнічних спеціальностей). / В. І. Костенко, О. О. Шавьолкін, О. М. Рак, В. О. Сажин, Н. Л. Тютюнник. – Донецьк: ДонНТУ, 2002. – 98 с.

### 13. Список джерел

1. Городжа А.Д. Загальна електротехніка / А.Д. Городжа. – К.: КНУБА, 2000. – 150 с
2. Загальна електротехніка: навчально-методичний посібник / під ред. Глухова Д.Я.) – К.: Вища шк., 1970. – 370 с.
3. Борисов Ю.М. Общая электротехника: учебное пособие для вузов / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов. – М.: Высш. шк., 1974. – 252 с.
4. Борисов Ю.М. Электротехника: учебник для студентов вузов / Ю.М. Борисов, Д.Н. Липатов, Ю.Н. Зорин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 180 с.
5. Вартабелян В.А. Загальна електротехніка / В.А. Вартабелян. – К.: Вища шк., 1979. – 160 с.
6. Иванов А.О. Лабораторні роботи з електротехніки / А.О. Иванов. – К.: Вища шк., 1970. – 76 с.
7. Касаткин А.С. Основы электротехники / А.С. Касаткин. – М.: Энергия, 1966. – 172 с.
8. Малинівський С.М. Загальна електротехніка / С.М. Малинівський. – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2001. – 596 с.
9. Пантюшин В.С. Электротехника / В.С. Пантюшин. – М.: Высш. шк., 1976. – 260 с.
10. Попов В.С. Общая электротехника с основами электроники / В.С. Попов, С.А. Николаев. – М.: Энергия, 1976. – 312 с.
11. Рибалко, М.П. Теоретичні основи електротехніки: Лінійні електричні кола: підручник / М.П. Рибалко, В.О. Есауленко, В.І. Костенко. Донецьк: Новий світ, 2003. – 513 с.
12. Титаренко М. В. Електротехніка: Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вузів / М.В. Титаренко. – К.: Кондор, 2004. – 240 с.
13. Шегедін, О.І. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1: Навчальний посібник для студентів дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О.І. Шегедін, В.С. Маляр. Львів: Новий Світ, 2004. – 168 с.
14. Яцун М.А. Електричні машини / М.А. Яцун. – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2011. – 464 с.