

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**В. М. Охріменко, Т. Б. Воронкова**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи  
з дисципліни

***„ЕЛЕКТРОТЕХНІКА У БУДІВНИЦТВІ”***

*(для студентів 2-го курсу і слухачів другої вищої освіти ФПО та ЗН  
напряму підготовки 0921 (6.060101) - Будівництво, спеціальностей "ПЦБ",  
"МБГ" і "ТГПіВ")*

Харків  
ХНАМГ  
2010

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни „Електротехніка у будівництві” (для студентів 2-го курсу і слухачів ФПО та ЗН напряму підготовки 0921 (6.060101) - Будівництво, спеціальностей ПЦБ, МБГ, ТГПіВ) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. М. Охріменко, Т. Б. Воронкова. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 38 с.

Укладачі: В. М. Охріменко, доц., канд. техн. наук,  
Т. Б. Воронкова, ст. викл.

Рецензент: І. Т. Карпалюк, доц., канд. техн. наук.

Рекомендовано кафедрою "Інформаційні системи і технології у міському господарстві", протокол № 61 від 17.11.2009 р.

© Охріменко В. М., Воронкова Т. Б., 2010

© ХНАМГ, 2010

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	5
2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА .....	9
2.1. Розділ 1. Електричні кола постійного струму .....	10
2.2. Розділ 2. Електричні кола змінного струму .....	13
2.3. Розділ 3. Електричні вимірювання .....	19
3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ТРАНСФОРМАТОРИ І ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ .....	21
3.1. Розділ 4. Трансформатори .....	21
3.2. Розділ 5. Електричні машини .....	22
4. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ, ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА .....	27
4.1. Розділ 6. Промислова електроніка .....	27
4.2. Розділ 7. Електропривод .....	28
4.3. Розділ 8. Електрообладнання будівельних майданчиків, підприємств і будівель .....	32
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	38
РЕСУРСИ ІНТЕРНЕТ .....	38

## ВСТУП

Курс "Електротехніка у будівництві" є дисципліною фундаментальної підготовки бакалаврів будівництва й перепідготовки інженерів будівельників. Наука електротехніка вивчає електричні й магнітні явища, виробництво, передачу й розподіл електричної енергії між споживачами. Прикладні розділи курсу "Електротехніка у будівництві" дають практичні знання з використання електричної енергії на будівельних майданчиках, підприємствах будівельної індустрії, інженерних системах будівель і споруд.

Мета вивчення дисципліни - формування в студентів системи теоретичних і практичних знань з теорії електричних кіл, трансформаторів і електричних машин, основ промислової електроніки й електропривода.

Головні завдання дисципліни "Електротехніка у будівництві":

- вивчення теоретичних і практичних засад розрахунків електричних кіл постійного й змінного струму;
- освоєння принципів роботи електричного обладнання будівельних майданчиків і підприємств будівельної індустрії;
- набуття практичних навичок виконання електричних розрахунків в обсязі питань програми курсу.

Предмет вивчення дисципліни - елементи систем електроспоживання будівельних майданчиків, будівель і споруд.

У результаті вивчення курсу "Електротехніка у будівництві" студент му- сить знати фізику роботи основного електроустаткування будівельних майдан- чиків, підприємств будівельної індустрії, інженерних систем будівель і споруд, об'єктивно оцінювати стан і режим роботи електроустаткування, уміти викону- вати розрахунки за вибором основного електроустаткування.

У процесі вивчення курсу студент заочної форми навчання виконує конт- рольну роботу і здає залік.

# 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Відповідно до програми дисципліни "Електротехніка у будівництві", матеріал курсу розділений на три змістові модулі, в рамках яких він згрупований за розділами. Розділи об'єднують логічно взаємозалежні тема.

У першому змістовому модулі розглянуті основні елементи теорії електричних кіл. Модуль поділений на три логічно пов'язані розділи, взаємозв'язок яких зображений на рис. 1.1. Основна увага сконцентрована на вивченню кіл змінного струму, тому що процеси в них більш складні, ніж у колах постійного струму. У третьому розділі розглянуті питання електричних вимірювань, які логічно пов'язані з електричними колами як постійного, так і змінного струму.

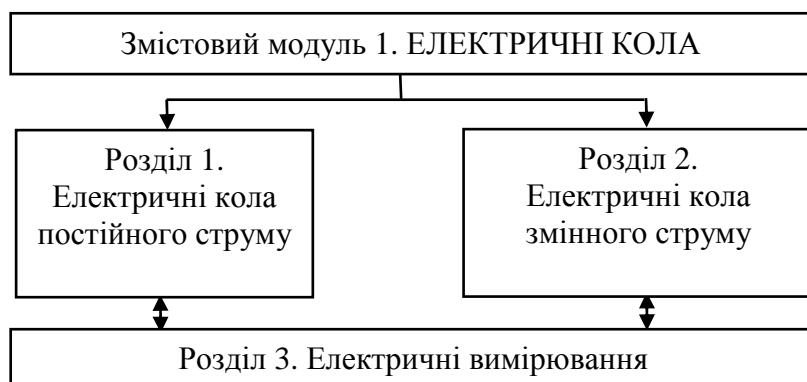


Рис. 1.1 - Взаємозв'язок розділів змістового модуля "Електричні кола"

Другий змістовий модуль поділений на два розділи – трансформатори і електричні машини.

Трансформатори і електричні машини належать до пристроїв, в яких здійснюється перетворення енергії: у трансформаторах - електричної енергії одного класу напруги або струму на інший клас напруги або струму; в електричних машинах - механічної енергії на електричну або електричної на механічну.

**Електрична машина** - це електромеханічний пристрій, що здійснює взаємне перетворення механічної й електричної енергії. Пристрої, які перетворюють механічну енергію на електричну, називають **генераторами**, а пристрої, які перетворюють електричну енергію на механічну, – **електродвигунами**. Під **трансформатором** розуміють пристрій для перетворення електричної енергії змінного струму.

У наш час трансформатори й електричні машини застосовують практично в усіх галузях економіки, зокрема - на підприємствах будівельної індустрії й будівельних майданчиках.

Взаємозв'язок розділів другого змістового модуля зображений на рис. 1.2.

Для розуміння принципу дії електричних машин необхідне знання закону електромагнітної індукції (закон Фарадея) і закону електромагнітної взаємодії (закон Біо-Савара-Лапласа).

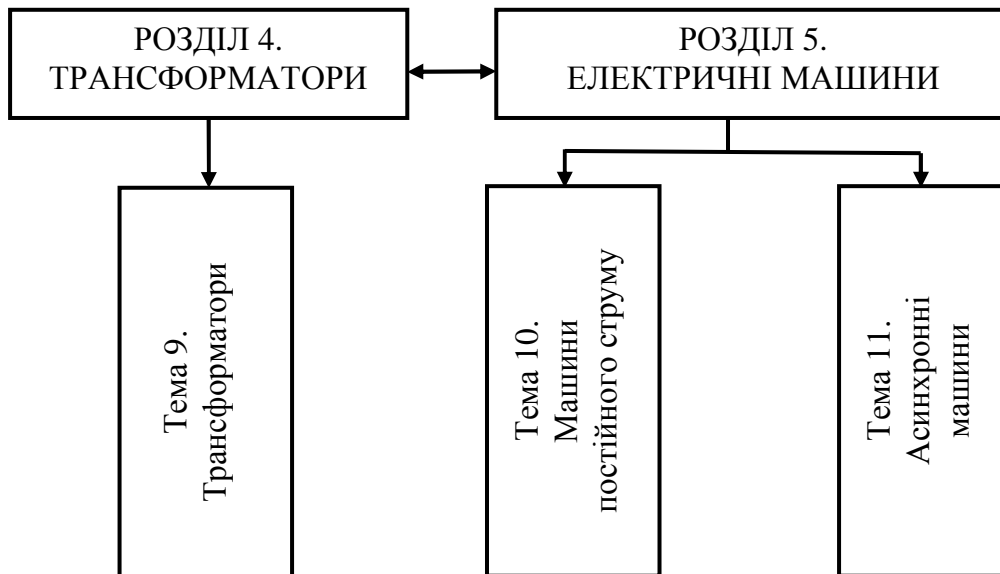


Рис. 1.2 - Взаємозв'язок розділів змістового модуля  
"Трансформатори і електричні машини"

Відповідно до закону електромагнітної індукції наведення ЕРС у контурі можливе:

- при обертанні контуру в нерухомому магнітному полі (машини постійного струму);
- при нерухомому контурі й обертовому магнітному полі (синхронні машини);
- коли обертаються і магнітне поле, і контур (асинхронні машини);
- при нерухомих у просторі магнітному полі й контурі, але магнітному полі, що змінюється за величиною в часі (трансформатори).

Принцип дії генератора полягає в тому, що при пересуванні з швидкістю  $V$  м/с провідника, що має довжину  $l$  м, перпендикулярно до магнітних ліній у магнітному полі з індукцією  $B$ , у ньому за законом електромагнітної індукції виникає ЕРС:

$$e = B \cdot l \cdot V, \text{ В.}$$

Якщо замкнути кінці провідника через опір або накоротко, то під впливом ЕРС по ньому потече струм  $I$ , А. Напрямки ЕРС і струму збігаються. Струм  $I$ , взаємодіючи з магнітним потоком, в якому він перебуває, створює силу, що виштовхує провідники з магнітного поля, яка відповідно до закону електромагнітної взаємодії (закон Біо-Саварра-Лапласа) дорівнює

$$F = B \cdot I \cdot l, \text{ Н.}$$

Сила взаємодії проявляється як реакція на зовнішню силу, прикладену до провідника. Вона дорівнює і протилежна останній.

Принцип дії електричного двигуна полягає в тому, що при проходженні струму по провіднику, який перебуває в магнітному полі, на провідник впливає сила  $F$ , під дією якої він буде рухатися.

Третій змістовий модуль поділений на три розділи – промислова електроніка, електропривод, електрообладнання будівельних майданчиків, підприємств і будівель.

Промислова електроніка являє собою галузь науки і техніки, яка займається вивченням будови й роботи різних електронних приладів і їхнього застосування в промисловості. Сьогодні електроніка стала невід'ємною частиною обладнання сучасної науки, техніки, промисловості. Електронні прилади використовують в автоматичній, телемеханічній, зв'язку, медицині, фізиці, машинобудуванні, будівельній галузі, тощо.

Однією з основних сфер ефективного застосування промислової електроніки є електропривод, який вирішує завдання керування електродвигунами різних типів і призначення. Широке промислове використання тиристорів обумовило значний прогрес у сфері регульованого електропривода постійного й змінного струмів. Створені високоефективні пристрої, що перетворюють струм промислової частоти на змінний струм регульованої частоти для керування швидкістю електродвигунів.

Електронні підсилювачі, випрямлячі, вимірювальні прилади та інші пристрої стали потужним засобом для автоматизації й контролю виробничих процесів. Використання керованих швидкодіючих напівпровідникових приладів у традиційних схемах істотно розширює їхні можливості в забезпеченні нових режимів роботи й, отже, нових функціональних властивостей обладнання, розробленого на їхній базі.

На рис.1.3 зображений взаємозв'язок розділів змістового модуля "Основи електроніки, електропривод і електрообладнання". Вивчення починають з теми 12 "Основи промислової електроніки", в якій розглянуті властивості напівпровідникових діодів, тиристорів і транзисторів і їхнє застосування у випрямлячах і підсилювачах. Розділ 7 "Електропривод" розділений на дві теми "Загальні відомості про електропривод" і "Регулювання швидкості електроприводів". До розділу 8 включені теми 15 - 19, що дають уявлення про електрообладнання будівельних майданчиків і підприємств будівельної індустрії. У темі 20 описані силові електроприймачі сучасних будівель і споруд, а в темі 21 наведені відомості з електробезпеки у будівництві.

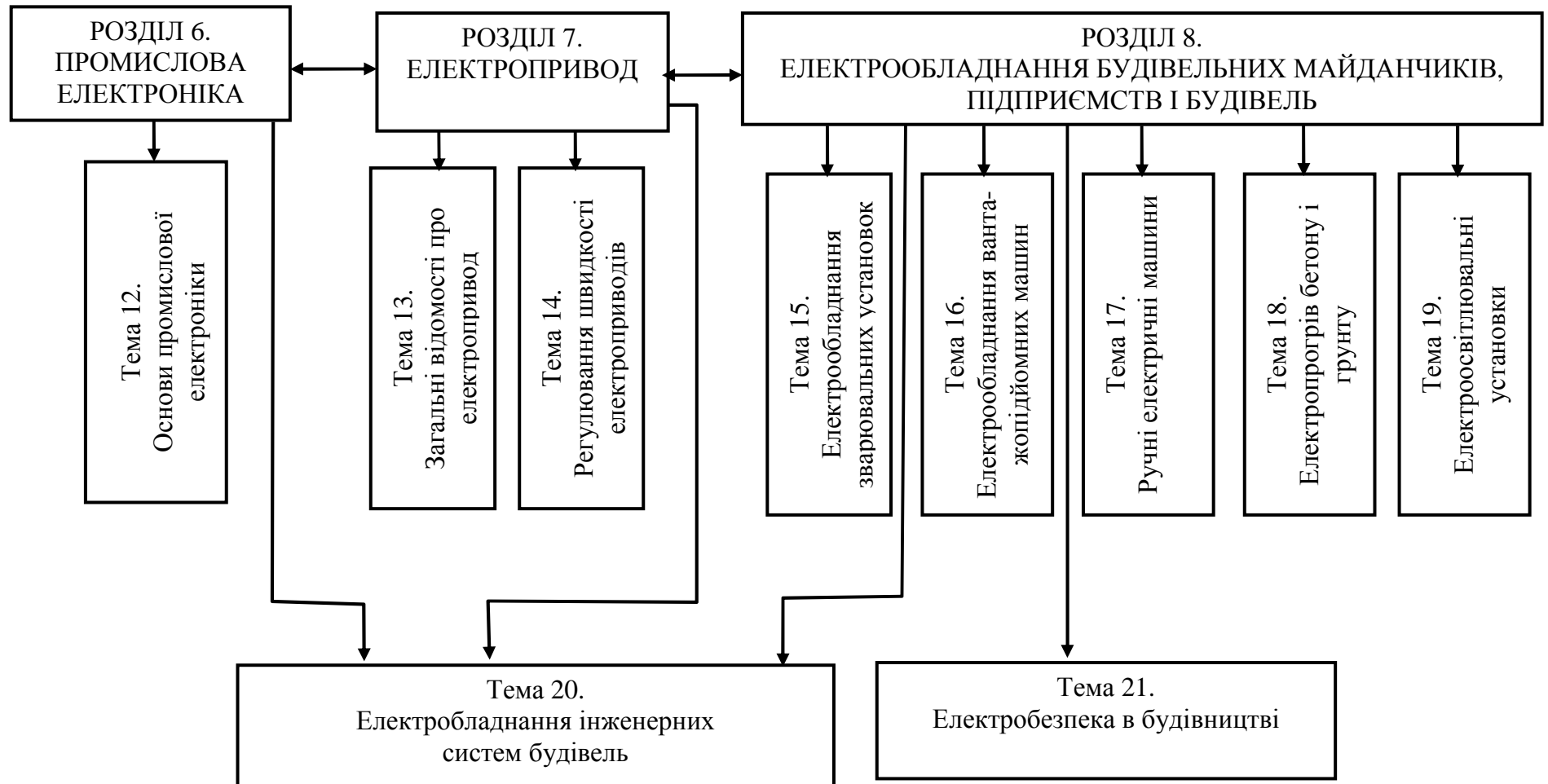


Рис.1.3 - Взаємозв'язок розділів змістового модуля "Основи електроніки, електропривод та електрообладнання для будівництва"



## 2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

### ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА

#### Тема 1. Основні терміни й поняття

##### *Програмна анотація теми:*

- 1.1. Електричне коло і його елементи.
- 1.2. Класифікація електричних струмів, електрорушійних сил (ЕРС) і напруг.
- 1.3. Елементи електричних кіл і їх графічні зображення.
- 1.4. Загальні правила виконання електричних схем.

**Ключові поняття:** електричне коло, ділянка кола, джерела, споживачі, електричний струм, ЕРС, напруга, постійний струм, змінний струм, лінійний елемент, нелінійний елемент, нерозгалужене коло, розгалужене коло, опір, індуктивність, ємність, взаємодуктивність, пасивний елемент, активний елемент, схема з'єднання кола, схема заміщення кола, активний і пасивний двополосники, послідовне й паралельне з'єднання, контур, вузол, гілка.

**Література:** [1, стор. 9 – 15; 4, стор. 9 - 13; 6, стор. 4 - 6; 7, стор. 7 - 12].

##### *Основні положення теми:*

1. Основними елементами електричного кола є джерело електричної енергії, споживач (приймач) електричної енергії і передавальні елементи.
2. Найчастіше використовують електричні кола із змінними (синусоїдальними) струмами й ЕРС.
3. Елементи електричних кіл підрозділяють на активні й пасивні.
4. Основними параметрами пасивних елементів є опір, індуктивність і ємність.
5. На постійному струмі відсутні такі параметри пасивних елементів, як ємність і індуктивність.
6. Схема заміщення електричного кола - модель реального кола, що дозволяє виконувати розрахунки параметрів елементів і процесів у колі.

##### *Контрольні запитання до теми 1:*

1. Що розуміють під електричним колом? Під ділянкою кола?
2. Назвіть основні елементи електричного кола і їхнє призначення.
3. Що розуміють під електричним струмом?
4. Які існують види електричного струму? В яких одиницях його вимірюють?
5. Що розуміють під ЕРС? В яких одиницях її вимірюють?

6. Чим відрізняється амплітудне значення змінного струму від максимального значення змінного струму? Чим відрізняються самі струми в цьому випадку?
7. Наведіть приклад нерозгалуженого (розгалуженого) електричного кола.
8. У чому відмінність нелінійного електричного кола від лінійного?
9. Дайте визначення такого параметра електричного кола як опір. В яких одиницях вимірюють опір?
10. Дайте визначення такого параметра електричного кола як індуктивність. В яких одиницях вимірюють індуктивність?
11. Дайте визначення такого параметра електричного кола як взаємодуктивність.
12. Дайте визначення такого параметра електричного кола як ємність. В яких одиницях вимірюють ємність?
13. Поясніть розходження між активними й пасивними елементами електричного кола.
14. Що розуміють під ідеальним елементом електричного кола? Приведіть приклади?
15. Що розуміють під контуром електричного кола?
16. Що розуміють під вузлом електричного кола?
17. Які напрямки струмів і ЕРС прийняті за позитивні?

## **2.1. Розділ 1. Електричні кола постійного струму**

### **Тема 2. Фізичні процеси в колах постійного струму**

#### **Програмна анотація теми:**

- 2.1. Закон Ома.
- 2.2. Режим роботи джерела постійного струму.
- 2.3. Узагальнений закон Ома для ділянки кола.
- 2.4. Робота і потужність постійного струму.
- 2.5. Умови віддачі джерелом максимальної потужності.
- 2.6. Схеми з'єднання елементів кола.
- 2.7. Закони Кірхгофа.

**Ключові поняття:** закон Ома, режими джерела постійного струму (номінальний, холостого ходу, короткого замикання, погоджений), струм короткого замикання, робота електричного струму, потужність електричного струму (повна, корисна, втрат), коефіцієнт корисної дії, послідовне (паралельне) з'єднання елементів, перший закон Кірхгофа, другий закон Кірхгофа, незалежний контур.

**Література:** [1, стор. 18 – 34; 4, стор. 13 - 19; 6, стор. 6 - 24; 7, стор. 18 - 26].

### ***Основні положення теми:***

1. Чим більша різниця потенціалів на межах ділянки кола, тим більша сила струму при заданій величині опору кола.
2. Для підвищення стабільності напруги на споживачі потрібно знижувати внутрішній опір джерела.
3. Для одержання високого ККД споживача його внутрішній опір мусить багаторазово перевищувати внутрішній опір джерела.
4. Потужність зовнішнього кола буде максимальна, якщо його опір дорівнює внутрішньому опору джерела.
5. Послідовно з'єднані приймачі з однаковою номінальною напругою мають найкращі умови роботи при однакових номінальних потужностях.
6. Потужність кола, яке складене з паралельних гілок, дорівнює сумі потужностей його окремих гілок.
7. Опір будь-якого променя еквівалентної «зірки» дорівнює добутку опорів сторін «трикутника», які прилягають до плеча, поділеному на суму опорів всіх сторін «трикутника».
8. Опір резистора будь-якої сторони еквівалентного «трикутника» дорівнює сумі опорів променів «зірки», що примикають до цієї сторони «трикутника», і дробу, чисельник якого дорівнює добутку опорів резисторів цих променів, а знаменник - опору резистора третього променя «зірки».
9. Сума струмів, що течуть до вузла, дорівнює сумі струмів, що витікають із нього (перший закон Кірхгофа).
10. Алгебраїчна сума напруг ділянок замкнутого контуру дорівнює нулю (другий закон Кірхгофа).
11. Число незалежних рівнянь, складених за першим законом Кірхгофа для довільного кола, дорівнює числу вузлів кола мінус 1.
12. Число незалежних рівнянь, складених за другим законом Кірхгофа для довільного кола, дорівнює числу незалежних контурів кола.

### **Контрольні запитання до теми 2:**

1. Дайте визначення закону Ома для всього кола.
2. В яких режимах може працювати джерело енергії?
3. Що розуміють під номінальними даними електроприймача?
4. Як розраховують потужність (роботу) електричного струму?
5. Дайте визначення повної й корисної потужності й потужності втрат.
6. Запишіть основні співвідношення для визначення ККД електричного кола.
7. Поясніть закон Джоуля-Ленца.
8. За яких умов джерело віддає до зовнішнього кола максимальну потужність?
9. Поясніть загальні властивості послідовного з'єднання елементів кола.
10. Поясніть загальні властивості паралельного з'єднання елементів кола.
11. У чому полягає метод еквівалентного перетворення?

12. Запишіть формули еквівалентного перетворення «зірки» до «трикутника», «трикутника» до «зірки».
13. Поясніть фізичний зміст першого (другого) закону Кірхгофа.
14. Скільки незалежних рівнянь можна скласти за першим законом Кірхгофа для схеми довільної конфігурації?
15. Скільки незалежних рівнянь можна скласти за другим законом Кірхгофа для схеми довільної конфігурації?
16. Поясніть алгоритм знаходження невідомих струмів для схеми довільної конфігурації за першим і другим законами Кірхгофа.

### **Тема 3. Методи розрахунку складних кіл постійного струму**

#### ***Програмна анотація теми:***

- 3.1. Застосування законів Кірхгофа для аналізу складних кіл.
- 3.2. Метод вузлових потенціалів.
- 3.4. Метод контурних струмів.
- 3.5. Принцип суперпозиції, метод накладання.
- 3.6. Принцип взаємності.
- 3.7. Метод еквівалентного генератора.

**Ключові поняття:** контурний струм, метод контурних струмів, власний опір контуру, принцип суперпозиції, метод накладання, принцип взаємності, метод еквівалентного генератора (активного двополюсника), метод вузлових напруг.

**Література:** [1, стор. 35 – 46; 4, стор. 20 - 26; 6, стор. 21 - 32; 7, стор. 28 - 40].

#### ***Основні положення теми:***

1. Існує кілька методів розрахунку складних кіл. Вибір методу залежить від конфігурації схеми, наявних вихідних даних і завдань дослідження кіл.
2. За допомогою законів Ома й Кірхгофа можна розрахувати будь-яку схему. Але для схем складної структури отримаємо систему з великим числом рівнянь.
3. Метод вузлових потенціалів дозволяє звести порядок розв'язуваної системи до  $n - 1$  рівнянь, складених за першим законом Кірхгофа.
4. Метод контурних струмів дозволяє звести порядок системи до  $m - n + 1$  рівнянь, складених за другим законом Кірхгофа. В основу методу покладені розрахункові (умовні) контурні струми, що замикаються по суміжних контурах розгалужених електричних кіл. Істинні значення струмів у гілках кола визначають за значеннями контурних струмів.
5. Метод вузлових потенціалів ефективніше методу контурних струмів, якщо число вузлів у схемі менше або дорівнює числу незалежних контурів.

6. Вплив декількох джерел живлення (ЕРС і напруг) на будь-який елемент кола можна розглядати як сумарний результат впливу на цей елемент кожного джерела окремо незалежно від інших джерел (метод накладення).

7. Метод еквівалентного генератора дозволяє в ряді випадків досить просто визначити струм у будь-якій одній гілці складного електричного кола й досліджувати поведінку цієї гілки при зміні її опору. При цьому стосовно досліджуваної гілки складне коло з декількома джерелами живлення замінюють еквівалентним активним двополюсником з одним джерелом живлення (еквівалентним генератором) з ЕРС  $E_{\text{екв}}$  і внутрішнім опором  $R_{\text{екв}}$ .

8. Активним вважають двополюсник, усередині якого є хоча б одне джерело ЕРС або струму. При відсутності джерел усередині двополюсника він вважається пасивним.

### ***Контрольні запитання до теми 3:***

1. Чому дорівнює число незалежних вузлів (контурів) схеми довільної конфігурації?
2. Як вибирають базисний вузол у методі вузлових потенціалів?
3. Скільки рівнянь складають за методом вузлових потенціалів?
4. Поясніть порядок розрахунку схеми методом вузлових потенціалів.
5. Поясніть матричну форму запису рівнянь за методом вузлових потенціалів.
6. Поясніть переваги методу вузлових потенціалів.
7. Що розуміють під контурним струмом?
8. Як вибирають напрямки обходу контурів у методі контурних струмів?
9. Поясніть матричну форму запису рівнянь за методом контурних струмів.
10. Поясніть суть принципу суперпозиції.
11. Поясніть суть принципу взаємності.
12. Поясніть суть методу еквівалентного генератора.
13. В яких випадках краще застосовувати метод еквівалентного генератора?

## ***2.2. Розділ 2. Електричні кола змінного струму***

### **Тема 4. Фізичні процеси в колах змінного струму**

#### ***Програмна анотація теми:***

- 4.1. Основні відомості щодо змінного струму.
- 4.2. Елементи схем заміщенні із змінними струмами.
- 4.3. Діючі і середні значення періодичних струмів і напруг.
- 4.4. Синусоїдальні напруги і струми на площині декартових координат.
- 4.5. Комплексна форма подання синусоїдальних напруг і струмів.
- 4.6. Діючі і середні значення синусоїдальних напруг і струмів.
- 4.7. Комплексна форма запису законів Кірхгофа.

**Ключові поняття:** змінний струм, періодичний змінний струм, діюче значення напруги (ЕРС, струму), середнє значення напруги (ЕРС, струму), фаза, початкова фаза, кутова частота, кут зрушення фаз, векторна діаграма, комплексне значення, вектор комплексного значення.

**Література:** [1, стор. 54 – 62; 4, стор. 30 - 39; 6, стор. 50 - 72; 7, стор. 40 - 59].

**Основні положення теми:**

1. Через перевагу за техніко-економічними показниками змінний (синусоїдальний) струм у порівнянні з постійним має більш поширене застосування.
2. В електричних колах змінного струму, на відміну від кіл постійного струму, індуктивні та ємнісні елементи впливають на режим роботи кола.
3. Для оцінки діючого значення змінного струму роблять порівняння ефекту від його проходження через елемент схеми з аналогічним ефектом при проходженні через цей елемент постійного струму.
4. Середнє значення змінного (синусоїдального) струму визначають за половину його періоду.
5. Синусоїдальні струми й напруги можуть бути подані у вигляді: тригонометричних функцій; графіків зміни в часі; обертових векторів; комплексних чисел.
6. Комплексні значення синусоїдальних струмів і напруг можуть бути подані в показовій, тригонометричній і алгебраїчній формі.
7. Застосування комплексних чисел для аналізу електричних кіл змінного струму дозволяє спростити розрахунки й зробити їх більш наочними.

**Контрольні запитання до теми 4:**

1. Що розуміють під змінним струмом? Періодичним струмом?
2. Дайте характеристику резистивного (індуктивного, ємнісного) елемента електричного кола.
3. Що розуміють під індуктивністю?
4. У чому різниця фізичних процесів в індуктивному елементі при проходженні через нього постійного і змінного струму?
5. Що розуміють під ємністю?
6. У чому відмінність фізичних процесів у ємнісному елементі при його роботі в колах постійного й змінного струму?
7. Що розуміють під діючим значенням періодичного струму? Напруги?
8. Що розуміють під середнім значенням періодичного синусоїдального струму?
9. Поясніть параметри синусоїдального струму. Напруги.
10. Що розуміють під векторною діаграмою? У чому її перевага при аналізі електричного кола?
11. Які форми запису комплексних значень синусоїдальних струмів застосовують на практиці?
12. Наведіть закони Кірхгофа в комплексній формі запису та дайте їм пояснення.

## Тема 5. Електричні кола однофазного змінного струму

### *Програмна анотація теми:*

- 5.1. Електричне коло з резистивним елементом.
- 5.2. Електричне коло з ідеальною котушкою індуктивності.
- 5.3. Електричне коло з ідеальним конденсатором.
- 5.4. Електричне коло з реальною котушкою індуктивності.
- 5.5. Потужність індуктивної котушки.
- 5.6. Послідовне з'єднання резистора й ідеального конденсатора.
- 5.7. Послідовне з'єднання індуктивної котушки і ідеального конденсатора.
- 5.8. Загальний випадок послідовного кола змінного струму.
- 5.9. Коло змінного струму з паралельно з'єднаними приймачами.
- 5.10. Активні й реактивні складові провідності й струму.
- 5.11. Підвищення коефіцієнта потужності в колах змінного струму.

**Ключові поняття:** опір (активний, індуктивний, ємнісний), комплексний опір (повний, активний, реактивний, індуктивний, ємнісний), потужність активна (реактивна, повна), «трикутник» опорів, резонанс напруг, провідність активна (реактивна, повна), активна і реактивна складові струму, резонанс струмів, коефіцієнт потужності.

**Література:** [1, стор. 63 – 87; 4, стор. 34 - 48; 6, стор. 70 - 98; 7, стор. 59 - 104].

### *Основні положення теми:*

1. Середнє значення потужності в гілці дорівнює її активній потужності.
2. При будь-якому напрямку струму в резистивному елементі енергія надходить від джерела до кола і перетворюється на теплову енергію.
3. Вектор напруги на ідеальній котушці випереджає за фазою вектор струму на кут зрушення фаз, який дорівнює  $\pi/2$ .
4. У гілці з ідеальною котушкою відбувається безперервне коливання енергії між джерелом і магнітним полем котушки без витрат енергії джерела.
5. Вектор напруги на ідеальному конденсаторі відстає за фазою від вектора струму на кут зрушення фаз, який дорівнює  $\pi/2$ .
6. У колі з ідеальним конденсатором відбувається безперервне коливання енергії між джерелом і електричним полем конденсатора без витрат енергії джерела.
7. Активна потужність у колі дорівнює добутку діючих значень напруги й струму на косинус кута зрушення фаз між ними.
8. Повна потужність характеризує амплітуду коливання потужності біля середнього значення потужності.
9. Реактивна потужність характеризує амплітуду коливання потужності обміну енергією між джерелом і магнітним полем котушки (електричним полем конденсатора).

10. Коли індуктивний опір кола дорівнює послідовно включеному з ним ємнісному опору, в колі виникає резонанс напруг, при якому струм і потужність максимальні й від джерела до кола надходить тільки активна енергія.

11. Коли індуктивний опір кола дорівнює включеному з ним паралельно ємнісному опору, в колі виникає резонанс струмів, при якому загальний струм у колі й напруга на його вході збігаються за фазою й коло не споживає від джерела реактивну енергію.

12.  $\cos\varphi$  характеризує ступінь використання повної потужності.

### **Контрольні запитання до теми 5:**

1. В яких елементах електричного кола відбувається необоротне перетворення електричної енергії?

2. Поясніть, чому при постійному струмі включення до кола конденсатора рівносильне розриву кола, а при змінному струмі коло залишається замкнутим (струм проходить через ємність)?

3. Напишіть вираз для миттєвого значення струму в колі, що складається з послідовно з'єднаних елементів  $R$  і  $L$ , чи якщо до затискачів кола прикладена напруга  $u = U_m \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$ .

4. Напишіть вираз для миттєвого значення струму в колі, що складається з послідовно з'єднаних елементів  $R$  і  $C$ , якщо до затискачів кола прикладено напругу  $u = U_m \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$ .

5. Напишіть вираз для миттєвого значення напруги на затискачах кола, що складається з котушки з активним опором  $R$  й індуктивністю  $L$ , якщо миттєве значення струму  $i = I_m \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$ . Накресліть векторну діаграму для цього кола.

6. Котушка з параметрами  $R$  і  $L$  включена паралельно з конденсатором з ємністю  $C$ . Напруга на затискачах кола  $u = U_m \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$ . Напишіть вираз для миттєвого значення струму в нерозгалуженій частині кола.

7. Які кути зрушення фаз між напругами  $R$ ,  $L$  і  $C$ -елементів, включених послідовно?

8. Які кути зрушення фаз між струмами  $R$ ,  $L$  і  $C$ -елементів, включених паралельно?

9. Визначте умови для настання в колі резонансу напруг, накресліть для цього режиму векторну діаграму.

10. Напишіть закон Ома й закони Кірхгофа в комплексній формі.

11. Доведіть, що в колі змінного струму з послідовним включенням декількох елементів можливі умови, при яких напруга на будь-якому з елементів буде перевищувати напругу на вході кола.

12. Доведіть, що в колі змінного струму з паралельним включенням декількох елементів можливі умови, за яких струм у будь-якій гілці буде перевищувати струм нерозгалуженої ділянки.

13. Запишіть вираз для еквівалентного комплексного опору для змішаного з'єднання опорів.



14. Накресліть «трикутники» опорів і провідностей, виведіть формули переходу від опорів до провідностей і назад.

15. Напишіть умову настання резонансу струмів, виражену через опори паралельних гілок.

16. Побудуйте вектор напруги  $\dot{U}$  і вектор струму  $\dot{I}$ , які зрушені між собою на фазовий кут  $\varphi > 0$ . Розкладіть ці вектори на активну й реактивну складові.

17. Накресліть «трикутник» потужностей; напишіть формули для сторін цього «трикутника».

18. Накресліть графік миттєвої потужності в колі при різних приймачах (активному, індуктивному, ємнісному, змішаному).

19. Що характеризує миттєва потужність кола? Доведіть, що миттєва потужність може приймати як додатні так і від'ємні значення.

20. Чому і як прагнуть підвищити коефіцієнт потужності в електричних колах?

## Тема 6. Трифазні кола електричного струму

### *Програмна анотація теми:*

- 6.1. Основні поняття і визначення.
- 6.2. Схема з'єднання обмоток трифазного генератора.
- 6.3. З'єднання трифазних споживачів "зіркою".
- 6.4. З'єднання трифазних споживачів "трикутником".
- 6.5. Трифазні чотири провідні електричні кола.
- 6.6. Активна, реактивна та повна потужність трифазної електричної мережі.
- 6.7. Порівняння умов роботи приймача при з'єднанні його фаз "трикутником" і "зіркою".

**Ключові поняття:** фаза трифазної мережі, трифазна система ЕРС, симетрична трифазна система ЕРС, пряма (зворотна) послідовність фаз, нейтраль, фазні ЕРС, лінійні ЕРС, з'єднання "зіркою" ("трикутником"), симетричне навантаження, трифазне чотирипровідне коло, активна (реактивна, повна, комплексна) потужність трифазної системи.

**Література:** [1, стор. 95 – 106; 4, стор. 52 - 61; 6, стор. 125 - 138; 7, стор. 104 - 120].

### *Основні положення теми:*

1. У трифазних електричних системах застосовують дві схеми з'єднання споживачів – "зірка" і "трикутник". Джерела електричної енергії, як правило, з'єднують за схемою "зірка".

2. У симетричній трифазній системі:
- лінійні (фазні) напруги зрушені одна відносно одної за фазою на кут  $2\pi/3$ ;
  - векторна сума фазних (лінійних) напруг дорівнює нулю.
3. У симетричній трифазній системі при з'єднанні фаз споживача "зіркою":
- лінійні струми дорівнюють фазним струмам;
  - лінійні напруги в  $\sqrt{3}$  більші за фазні.
4. У симетричній трифазній системі при з'єднанні фаз споживача "трикутником":
- фазні напруги дорівнюють лінійним напругам;
  - лінійні струми в  $\sqrt{3}$  більше за фазні.
5. У трифазних чотирипровідних електричних колах:
- фази джерела й фази споживача завжди з'єднують "зіркою";
  - нульовий провід забезпечує симетрію фазних напруг джерела й споживача.
6. При переключенні фаз приймача з "трикутника" на "зірку" його активна потужність зменшується в 3 рази.

**Контрольні запитання до теми 6:**

1. В яких значеннях в електротехніці вживають термін "фаза"?
2. Що розуміють під трифазною системою?
3. В якому випадку трифазну систему вважають симетричною?
4. Що називають прямою (зворотною) послідовністю чергування фаз?
5. Що розуміють під нейтраллю трифазної мережі?
6. Які схеми з'єднання фаз застосовують у трифазних мережах?
7. Запишіть у комплексній формі фазні напруги трифазного симетричного споживача, з'єданого за схемою «зірка».
8. Накресліть векторну діаграму фазних і лінійних напруг споживача включеного за схемою «зірка».
9. Накресліть векторну діаграму напруг і струмів споживача, включеного за схемою «трикутник».
10. Поясніть особливості трифазних чотирипровідних кіл.
11. Запишіть співвідношення для активної, реактивної й повної потужностей трифазного симетричного кола.

## **2.3. Розділ 3. Електричні вимірювання**

### **Тема 7. Електровимірювальні прилади**

#### **Програмна анотація теми:**

- 7.1. Основні поняття. Класифікація електровимірювальних приладів (ЕВП).
- 7.2. Загальні технічні характеристики ЕВП.
- 7.3. Прилади магнітоелектричної системи.
- 7.4. Прилади електромагнітної системи.
- 7.5. Електродинамічні і феродинамічні прилади.
- 7.6. Вимірювальні перетворювачі.
- 7.7. Електронні аналогові електровимірювальні прилади. Цифрові ЕВП.

**Ключові поняття:** вимірювання, засоби електричних вимірювань, міра, еталон, зразкова міра, робоча міра, електровимірювальний прилад (ЕВП), вимірювальний перетворювач, електровимірювальна установка, електровимірювальна інформаційна система, нормуюче значення ЕВП, ціна поділки ЕВП, чутливість ЕВП, поріг чутливості, похибка, амперметр, вольтметр.

**Література:** [1, стор. 111 – 123; 4, стор. 218 - 237; 6, стор. 183 - 192; 7, стор. 263 - 299].

#### **Основні положення теми:**

1. Електровимірювальні прилади підрозділяють на прилади безпосередньої оцінки й прилади, які працюють за методом порівняння. До першої групи належать найпоширеніші прилади: амперметри, вольтметри, ватметри.

2. Прилади безпосередньої оцінки підрозділяють на системи залежно від того, на якому принципі створюється обертаючий момент в електровимірювальному механізмі. Найбільш уживані системи: магнітоелектрична, електромагнітна, електродинамічна, індукційна.

3. Електровимірювальні прилади класифікують за родом вимірюваного струму, видом вимірюваного параметра (струм, напруга, потужність, тощо), за способом подання вимірюваної величини.

4. Для розширення меж вимірювання амперметрів і вольтметрів, використовують додаткові опори. В амперметрі такий опір (шунт) підключають паралельно до опору приладу; у вольтметрі - послідовно з опором приладу.

5. Цифрові вимірювальні прилади в порівнянні з аналоговими мають більші можливості з автоматизації технологічних процесів, програмування й обліку енергетичних ресурсів шляхом виводу результатів вимірювань на ЕОМ.

### ***Контрольні запитання до теми 7:***

1. Яку класифікацію мають ЕВП?
2. Що розуміють під точністю ЕВП?
3. Що розуміють під похибкою ЕВП? Які види похибок існують?
4. Як включають до електричного кола амперметри й вольтметри?
5. Поясніть конструкцію і принцип роботи магнітоелектричного ЕВП.
6. Поясніть конструкцію і принцип роботи електромагнітного ЕВП.
7. Поясніть конструкцію і принцип роботи електродинамічного ЕВП.
8. Чим відрізняються феродинамічні ЕВП?
9. Поясніть принцип дії шунта.
10. Поясніть схеми включення вимірювальних трансформаторів струму й напруги.
11. Які переваги мають цифрові ЕВП?

## **Тема 8. Методи електричних вимірювань**

### ***Програмна анотація теми:***

- 8.1. Похибки і помилки вимірювань.
- 8.2. Класифікація методів електричних вимірювань.
- 8.3. Вимірювальні схеми.
- 8.4. Вимірювання струму й напруги.
- 8.5. Вимірювання потужності і електричної енергії.
- 8.6. Вимірювання неелектричних величин.

***Ключові поняття:*** похибка (систематична, випадкова, груба, абсолютна, відносна, приведена), чутливість, клас точності ЕВП, прямі й непрямі вимірювання, метод безпосередньої оцінки, методи порівняння (нульовий, диференціальний, заміщення).

***Література:*** [1, стор. 124 – 137; 4, стор. 218 - 237; 6, стор. 183 - 192; 7, стор. 299 - 329].

### ***Основні положення теми:***

1. Усі вимірювання електричних і неелектричних величин виконують з деякою похибкою, що обумовлена методом вимірювань, чутливістю і класом точності вимірювального приладу.
2. Для оцінки точності вимірювань використовують поняття абсолютної, відносної й приведеної похибки.
3. Для оцінки погрішності ЕВП встановлені класи точності. ЕВП, що показують, мають 8 класів точності. Цифра, що характеризує клас точності, визначає виражену у відсотках максимальну приведену похибку приладу.
4. Для підвищення чутливості застосовують вимірювальні схеми (мостова, компенсаційна, тощо).

5. Для підвищення меж вимірюваних значень струму й напруги застосовують шунти, додаткові опори, вимірювальні трансформатори.

6. Для вимірювання неелектричних величин, використовують різні датчики (первинні перетворювачі), які перетворюють зміну контрольованої фізичної величини на зміну електричного сигналу (напруги або струму).

### ***Контрольні запитання до теми 8:***

1. У чому різниця між точністю й чутливістю приладу?
2. Як розширюють межі вимірювання вимірювальників струму й напруги в колах постійного й змінного струмів?
3. Як включають електродинамічний ватметр у коло при вимірюванні активної потужності в однофазному (трифазному) колі?
4. Як ватметром виміряти реактивну потужність трифазної мережі?
5. Чим обумовлена висока точність вимірювання компенсаційним методом?
6. Як підібрати амперметр (вольтметр) для зменшення методичної похибки вимірювання струму (напруги)?
7. Як за допомогою двох ватметрів виміряти в трифазному трипровідному колі активну й реактивну потужності приймача?
8. З якими первинними перетворювачами використовують автоматичні мости й потенціометри?
9. У чому переваги електричних методів вимірювання неелектричних величин?

## **3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 ТРАНСФОРМАТОРИ І ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ**

### ***3.1. Розділ 4. Трансформатори***

#### **Тема 9. Трансформатори**

##### ***Програмна анотація теми:***

- 9.1. Загальні відомості про трансформатори. Однофазний трансформатор.
- 9.2. Паспортні дані і зовнішня характеристика трансформатора.
- 9.3. Трифазні трансформатори.
- 9.4. Автотрансформатори.
- 9.5. Вимірювальні трансформатори.

**Ключові поняття:** трансформатор, первинна і вторинна обмотки, магнітопровід, режим холостого ходу, режим короткого замикання, підвищувальний і понижувальний трансформатор, коефіцієнт трансформації, зовнішня характеристика, автотрансформатор, вимірювальний трансформатор.

**Література:** [1, стор. 142 – 152; 4, стор. 94 - 120; 6, стор. 149 - 158; 7, стор. 237 - 262].

**Основні положення теми:**

1. Змінний струм однієї напруги перетворюється в змінний струм іншої напруги тієї ж частоти трансформаторами.
2. Існує три режими роботи трансформатора: холостий хід, навантаження й коротке замикання.
3. Аналізують і розраховують режими трансформатора за допомогою еквівалентних схем заміщення.
4. Трифазні трансформатори еквівалентною схемою заміщення зображують так само, як і однофазні.
5. Автотрансформатор у конструктивному відношенні подібний до звичайного трансформатора, але його обмотки електрично з'єднані.

**Контрольні запитання до теми 9:**

1. Поясніть призначення й принцип дії трансформатора.
2. Чому магнітопровід трансформатора виконують з електротехнічної а не із звичайної сталі, і збирають з окремих тонких, ізольованих один від одного листів?
3. Як розташовують обмотки трансформатора на осерді магнітопроводу?
4. Що називають коефіцієнтом трансформації трансформатора? Як його визначити?
5. З якою метою наводять електричну схему заміщення трансформатора?
6. З якою метою проводять дослід холостого ходу й короткого замикання трансформатора?
7. Які параметри трансформатора називають паспортними?
8. Порівняйте векторні діаграми Т- і Г-подібної схеми заміщення трансформатора; складіть за ними рівняння електричного стану.
9. Як з'єднують обмотки трифазних трансформаторів?
10. Які переваги й недоліки автотрансформаторів у порівнянні з трансформаторами?

## **3.2. Розділ 5. Електричні машини**

### **Тема 10. Електричні машини постійного струму**

**Програмна анотація теми:**

- 10.1. Будова машини постійного струму (МПС).
- 10.2. Принцип дії генератора постійного струму.
- 10.3. Втрати енергії та ККД.

- 10.4. Схеми включення обмоток збудження.
- 10.5. Номінальні параметри й характеристики МПС.
- 10.6. Електродвигуни постійного струму.

**Ключові поняття:** геометрична нейтраль, фізична магнітна нейтраль, реакція якоря, процес комутації, коловий вогонь на колекторі, додаткові полюси, компенсаційна обмотка, номінальні параметри, зовнішня характеристика, характеристика холостого ходу, швидкісна характеристика, механічна характеристика.

**Література:** [1, стор. 156 – 166; 4, стор. 166 - 188; 6, стор. 161 - 166; 7, стор. 358 - 385].

**Основні положення теми:**

1. Електрична машина постійного струму може працювати як у режимі генератора, так і в режимі електродвигуна. У генераторі постійного струму відбувається перетворення механічної енергії, яку підводять від первинного двигуна, в електричну енергію. В електродвигуні постійного струму здійснюється перетворення електричної енергії на обертовий рух якоря електродвигуна.
2. Для боротьби з іскрінням у процесі комутації секцій обмотки якоря застосовують додаткові полюси, які створюють у зоні комутації магнітне поле, спрямоване назустріч полю якоря.
3. Основні характеристики машин постійного струму: для генераторів – зовнішня характеристика  $U = f(I_A)$ ; для електродвигунів – швидкісна  $\omega = f(I_A)$  і механічна  $\omega = f(M)$  характеристики.
4. Для включення машин постійного струму до електричного кола використовують схеми незалежного, паралельного, послідовного й змішаного збудження.

**Контрольні запитання до теми 10:**

1. Назвіть основні частини машини постійного струму; поясніть їхню конструкцію.
2. Поясніть принцип дії генератора постійного струму і призначення колектора в генераторі й двигуні.
3. Як можна змінити ЕРС генератора?
4. Поясніть сутність комутації машини постійного струму.
5. Класифікація генераторів постійного струму за способом збудження.
6. Назвіть особливості генератора з незалежним збудженням.
7. Поясніть вигляд зовнішньої характеристики і можливість регулювання напруги генераторів з незалежним збудженням.
8. Поясніть принцип і умови самозбудження генераторів постійного струму.
9. Назвіть особливості електричної схеми генератора з паралельним збудженням.

10. Чим визначається кінцева напруга, до якої самозбуджується генератор з паралельним збудженням?
11. Назвіть особливості зовнішньої характеристики генератора з паралельним збудженням.
12. У чому полягають переваги й недоліки генератора з послідовним збудженням?
13. Який вигляд має зовнішня характеристика генератора із змішаним збудженням при погодженому й зустрічному включенні обмоток збудження?
14. Недоліки звичайного генератора з незалежним збудженням як підсилювача потужності.
15. Поясніть принцип дії двигуна постійного струму.
16. Запишіть рівняння противо-ЕРС і струму якоря двигуна.
17. Виведіть рівняння обертаючого моменту двигуна. Як змінити напрямок обертання якоря двигуна?
18. Виведіть рівняння швидкості двигуна й поясніть можливість її регулювання.
19. Поясніть призначення пускового реостата й вибір величини його опору.
20. Які особливості схеми двигуна з паралельним збудженням?
21. Поясніть регулювання швидкості двигуна зміною струму збудження. Чому розрив кола збудження небезпечний для двигуна?
22. Як регулюють швидкість цього двигуна зміною напруги?
23. Як змінюється швидкість двигуна з послідовним збудженням при зміні навантаження на його валу? Чому робота з малим навантаженням для двигуна є неприпустимою?
24. Поясніть регулювання швидкості двигуна з послідовним збудженням.
25. Як змінюються обертаючий момент і швидкість двигуна із змішаним збудженням із зростанням навантаження?
26. Які з втрат у машині постійного струму залежать від навантаження? Які втрати є постійними?

## **Тема 11. Асинхронні електричні машини**

### ***Програмна анотація теми:***

- 11.1. Будова й принцип дії трифазної АМ.
- 11.2. Електрорушійна сила статора й ротора.
- 11.3. Рівняння електричної рівноваги статора і ротора.
- 11.4. Схема заміщення асинхронного двигуна (АД).
- 11.5. Втрати і ККД асинхронного двигуна.
- 11.6. Обертовий момент АД.
- 11.6. Робочі характеристики АД.
- 11.8. Пуск АД.
- 11.9. Механічні характеристики АД в гальмових режимах.
- 11.10. Однофазний АД.



**Ключові поняття:** статор, ротор, обертове магнітне поле, ковзання, режим роботи АМ (двигуна, генераторний, противключення), коефіцієнт трансформації ЕРС АД, електрична рівновага кола статора (ротора), схема заміщення АД, повна векторна діаграма АД, характеристика холостого ходу, швидкісна характеристика, механічна характеристика.

**Література:** [1, стор. 169 – 189; 4, стор. 120 - 149; 6, стор. 167 - 173; 7, стор. 387 - 414].

**Основні положення теми:**

1. Асинхронна машина може працювати в режимах двигуна і генератора. Залежно від величини ковзання розрізняють режим двигуна, генераторний і режим противключення АМ.

2. АД мають високу чутливість до відхилень напруги мережі. При порівняно невеликих зниженнях напруги різко зменшується перевантажувальна здатність, що може призвести до зупинки двигуна.

3. У момент включення пусковий струм АД в  $5 \div 7$  разів перевищує своє номінальне значення. Для зниження пускових струмів застосовують спеціальні схеми пуску АД.

4. Відмінною рисою однофазних АД є наявність пускової обмотки, що включається на час пуску до роботи двигуна.

**Контрольні запитання до теми 11:**

1. Як виконують магнітопровід АД?
2. Поясніть принцип виконання обмотки статора АД.
3. Поясніть поняття про електричний кут. Співвідношення між електричним і геометричним кутами.
4. Як виконують обмотку ротора короткозамкненого двигуна?
5. Поясніть будову обмотки ротора двигуна з контактними кільцями.
6. Як вибирають схему з'єднань обмоток статора і як встановити од-  
ноименні виводи фазних обмоток статора?
7. Від чого залежить швидкість обертання магнітного поля? Чим ви-  
значається число пар полюсів двигуна?
8. Як створюється обертовий момент АД? Чому ротор не може само-  
стійно досягти синхронної швидкості обертання?
9. Як визначають ковзання й швидкість обертання ротора і як впливає  
на АД зміна навантаження на валу?
10. Що розуміють під механічною характеристикою двигуна? Який ви-  
гляд механічної характеристики АД?
11. Як визначають діючі значення фазних ЕРС статора й ротора?
12. Як залежать ЕРС ротора й частота струму ротора від ковзання?
13. Як враховують ЕРС розсіювання статора й ротора?
14. Поясніть роль ЕРС статора. Як записують рівняння напруг статора?
15. Запишіть рівняння напруг ротора. Як залежить від ковзання струм  
ротора і його фаза?

16. Які види втрат потужності мають місце в АД? Що розуміють під електромагнітною й механічною потужністю двигуна?
17. Визначте поняття «номінальна потужність двигуна».
18. Як залежать електричні втрати в роторі від ковзання?
19. Від чого залежить обертаючий момент двигуна?
20. Проаналізуйте залежність обертаючого моменту від ковзання.
21. Що розуміють під коефіцієнтом перевантажувальної здатності і яка його величина для звичайних АД?
22. Поясніть умову усталеної роботи двигуна.
23. Від чого і як залежить критичний момент і критичне ковзання?
24. Які є можливості впливу на механічну характеристику АД?
25. За якими показниками оцінюють пускові властивості двигуна?
26. Позитивні якості й недоліки прямого пуску асинхронних короткозамкнених двигунів.
27. Позитивні якості й недоліки запуску двигунів на зниженій напрузі.
28. Як пускають в хід двигуни з контактними кільцями? Дайте загальну оцінку їхніх пускових властивостей.
29. Що розуміють під робочими характеристиками двигуна? Поясніть характер цих залежностей для АД.
30. Умова переходу асинхронного двигуна до генераторного режиму. Поясніть практичне значення такого режиму.
31. Які можливі способи гальмування асинхронного двигуна? Дайте їхню оцінку й поясніть практичне значення.
32. Поясніть будову і принцип дії однофазного АД.
33. Як пускають в хід однофазні двигуни?

## **4. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3**

# **ОСНОВИ ЕЛЕКТРОНІКИ, ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА**

### **4.1. Розділ 6. Промислова електроніка**

#### **Тема 12. Основи промислової електроніки**

##### ***Програмна анотація теми:***

- 12.1. Елементи напівпровідникової техніки.
- 12.2. Напівпровідникові випрямлячі.
- 12.3. Інвертори.
- 12.4. Згладжуючі фільтри.
- 12.5. Підсилювачі.

**Ключові поняття:** діод (вентиль), тиристор, транзистор, емітер, база, колектор, випрямляч, згладжуючий фільтр, підсилювач, смуга пропускання, коефіцієнт підсилення.

**Література:** [1, стор. 211 – 241; 4, стор. 242 - 259].

##### ***Основні положення теми:***

1. Застосовувані в напівпровідниковій техніці р-п і n-р переходи мають одnobічну провідність, що забезпечує випрямні властивості діодів.
2. Керований діод (тиристор) дозволяє регулювати величину струму, що проходить через нього, і, як наслідок, регулювати величину випрямленої напруги
3. Перехід тиристора із закритого у відкритий стан може бути здійснений:
  - подачею на анод тиристора прямої напруги, яка перевищує напругу перемикавання;
  - подачею на керуючий електрод позитивного імпульсу при прямій напрузі на аноді тиристора.
4. Одним з основних завдань транзисторів є посилення електричних сигналів.
5. Пульсації випрямленої напруги залежать від схеми випрямляча та якості згладжуючого фільтра.

##### ***Контрольні запитання до теми 12:***

1. Поясніть явище одnobічної провідності напівпровідників.
2. Поясніть вольт-амперну характеристику р-п переходу.
3. Поясніть будову кремнієвого діода.
4. Охарактеризуйте відмінні риси германієвих діодів.

5. Охарактеризуйте відмінні риси селенових діодів.
6. Поясніть будову тиристора.
7. Поясніть вольт-амперну характеристику тиристора.
8. Як можна здійснити відмикання тиристора?
9. Поясніть будову біполярного транзистора.
10. Які схеми включення транзисторів застосовують на практиці?
11. У чому особливості роботи схеми з загальним емітером?
12. У чому особливості роботи схеми з загальною базою?
13. У чому особливості роботи схеми з загальним колектором?
14. Поясніть принцип роботи однонапівперіодного однофазного випрямляча.
15. Поясніть принцип роботи двонапівперіодної однофазної схеми.
16. Поясніть принцип роботи однофазної мостової схеми випрямляча.
17. Поясніть принцип роботи трифазної схеми випрямляча з нульовою точкою.
18. Поясніть принцип роботи трифазної мостової схеми.
19. Поясніть принцип роботи однофазного керованого двонапівперіодного випрямляча.
20. Поясніть принцип роботи трифазного керованого випрямляча з нульовою точкою.
21. Поясніть принцип роботи мостової схеми трифазного керованого випрямляча.
22. Принцип роботи ємнісного фільтра.
23. Принцип роботи індуктивного фільтра.
24. Принцип роботи підсилювача на біполярному транзисторі.

## **4.2. Розділ 7. Електропривод**

### **Тема 13. Загальні відомості про електропривод**

#### ***Програмна анотація теми:***

- 13.1. Загальні поняття.
- 13.2. Механіка електропривода.
- 13.3. Рівняння руху електропривода.
- 13.4. Механічні характеристики виробничих механізмів і електродвигунів.
- 13.5. Вибір електродвигуна.

**Ключові поняття:** електропривод (ЕП), зворотний зв'язок, автоматизований ЕП, ЕП нерегульований (стежачий регульований, програмно-керований, адаптивний), ЕП груповий (одиначний, багатодвигуновий), статичний момент, результуючий момент інерції, реактивний (активний) момент опору, усталений (перехідний) режим ЕП, механічна характеристика двигуна (виробничого меха-

нізму), жорсткість механічної характеристики, статична стійкість, методи еквівалентних величин, тривалий (короткочасний, повторно-короткочасний) режим роботи двигуна.

**Література:** [1, стор. 242 – 256; 4, стор. 206 - 213].

**Основні положення теми:**

1. Основними вузлами ЕП є: електричний двигун, передатний пристрій, пристрій керування, перетворювач і робочий орган.
2. Керування ЕП здійснюють шляхом впливу на перетворювач і електродвигун керуючих сигналів, вироблених пристроєм керування.
3. За видом регулювання ЕП ділять на нерегульовані, регульовані, стежачі, програмно-керовані і адаптивні.
4. Основним завданням ЕП є виконання заданих технологічними вимогами законів руху робочого органа.
5. Основним режимом роботи ЕП є сталий режим.
6. При виборі електродвигуна для ЕП необхідна відповідність його механічної характеристики механічній характеристиці виробничого механізму.
7. Розрізняють чотири категорії механічної характеристики електродвигунів: абсолютно жорстка, жорстка, м'яка та абсолютно м'яка.
8. Електропривод вважають статично стійким, коли при збільшенні або зменшенні кутової швидкості момент двигуна має значення, що приводить до відновлення попередньої величини кутової швидкості. Робота ЕП у сталому режимі стійка, якщо жорсткість механічної характеристики двигуна від'ємна.
9. Вибір електродвигуна для ЕП здійснюють за його потужністю і умовою нагрівостійкості.
10. Залежно від характеру зміни нагрівання електродвигуна в процесі роботи розрізняють короткочасний, повторно-короткочасний і тривалий режим роботи.

**Контрольні запитання до теми 13:**

1. Дайте визначення електричного привода. Назвіть його основні елементи.
2. Як класифікують системи електроприводів?
3. Як визначають передатне відношення передавального механізму?
4. Що таке статичний момент? Від чого він залежить?
5. Охарактеризуйте поняття «приведений момент інерції» і «динамічний момент».
6. Для чого виконують приведення моментів до однієї осі двигуна?
7. Як записують рівняння руху ЕП?
8. Від чого залежить режим роботи ЕП?
9. Від чого залежить час перехідного режиму ЕП?
10. Охарактеризуйте поняття жорсткості механічної характеристики. Як класифікують механічну характеристику за жорсткістю?
11. Дайте визначення статичної стійкості електропривода.

12. Від чого залежить нагрівання електричного двигуна?
13. Перелічить можливі режими роботи електродвигунів і за яких умов вибирають їхню потужність?
14. Як вибирають потужність двигуна для режиму тривалого постійного навантаження?
15. Як вибирають двигун за методом середніх втрат?
16. У чому сутність методу еквівалентного струму і сфера його застосування?
17. У чому сутність і сфера застосування методу еквівалентного моменту?
18. Як вибирають двигун за методом еквівалентної потужності?
19. В якому разі режим роботи двигуна вважають тривалим?
20. Який режим називають повторно-короткочасним, як при цьому визначають відносну тривалість включення?
21. Як вибирають потужність двигуна для повторно-короткочасного режиму?
22. Який режим називають короткочасним?

#### **Тема 14. Регулювання швидкості електроприводів**

##### ***Програмна анотація теми:***

- 14.1. Основні показники регулювання кутової швидкості електроприводів.
- 14.2. Регулювання кутової швидкості електричного двигуна постійного струму незалежного збудження.
- 14.3. Регулювання кутової швидкості асинхронних двигунів.
- 14.4. Регульований привод змінного струму з вентильним двигуном.

***Ключові поняття:*** регулювання швидкості, діапазон регулювання кутової швидкості, плавність регулювання, економічність регулювання, стабільність кутової швидкості, напрямок регулювання, припустиме навантаження двигуна, скважність керуючих імпульсів.

***Література:*** [1, стор. 262 – 277; 4, стор. 213 - 214].

##### ***Основні положення теми:***

1. Регулюванням швидкості називають примусову зміну швидкості електропривода залежно від вимог технологічного процесу. Регулювання швидкості здійснюють керуючим впливом на приводний двигун.
2. Основними показниками, що характеризують регулювання швидкості електроприводів, є: діапазон регулювання; плавність; економічність; стабільність швидкості; напрямок регулювання швидкості; припустиме навантаження.

3. Швидкість двигуна постійного струму з незалежним збудженням можна регулювати зміною: струму збудження, опору кола якоря, напруги, що підводять до якоря двигуна.

4. Швидкість АД регулюють зміною додаткового опору в колі ротора, зміною напруги, що підводять до статора, спільною зміною частоти й напруги живлення, перемиканням числа полюсів обмотки статора двигуна. Найчастіше трифазні АД регулюють: зміною додаткового опору в колі ротора (реостатне регулювання); зміною напруги, що підводять до статора; спільною зміною частоти й напруги живлення (частотний спосіб); перемиканням числа полюсів обмотки статора двигуна.

#### ***Контрольні запитання до теми 14:***

1. Що розуміють під регулюванням швидкості електропривода?
2. Охарактеризуйте основні показники регулювання кутової швидкості електроприводів.
3. Які методи використовують для регулювання кутової швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням?
4. В якому напрямку здійснюють регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням шляхом зміни струму збудження? Поясніть, чому?
5. В якому діапазоні регулюють швидкість двигуна постійного струму з незалежним збудженням при зміні струму збудження? Чим він обмежується?
6. В якому напрямку здійснюють регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням шляхом реостатного регулювання? Поясніть, чому?
7. В яке коло включають додатковий опір при регулюванні швидкості потоком збудження й при реостатному регулюванні?
8. Як визначається скважність керуючих імпульсів  $\varepsilon$ ? На що вона впливає?
9. Як розташовані регульовальні характеристики двигуна постійного струму з незалежним збудженням при зміні напруги на якорі?
10. Чим обмежують діапазон регулювання швидкості двигуна постійного струму з незалежним збудженням при зміні напруги на якорі?
11. Які методи використовують для регулювання кутової швидкості асинхронного двигуна?
12. Чим обмежується діапазон регулювання швидкості асинхронного двигуна при реостатному регулюванні?
13. Чим обмежується плавність регулювання швидкості асинхронного двигуна при реостатному регулюванні?
14. Охарактеризуйте особливості регулювання швидкості асинхронного двигуна зміною напруги на статорі.
15. З якою метою при регулюванні швидкості асинхронного двигуна зміною напруги на статорі до кола ротора вводять постійний резистор?
16. Перелічіть переваги частотного регулювання швидкості асинхронного двигуна.

17. Як на практиці реалізують регулювання швидкості асинхронного двигуна шляхом перемикання числа пар полюсів?

### **4.3. Розділ 8. Електрообладнання будівельних майданчиків, підприємств і будівель**

#### **Тема 15. Електрообладнання зварювальних установок**

##### ***Програмна анотація теми:***

- 15.1. Види електричного зварювання.
- 15.2. Основні вимоги до джерел живлення зварювальної дуги.
- 15.3. Зварювальні перетворювачі постійного струму.
- 15.4. Зварювальні апарати змінного струму.
- 15.4. Установки контактного зварювання .

**Ключові поняття:** зварювання, електродугове зварювання, автоматичне зварювання, зварювальний генератор, зварювальний апарат, контактне зварювання.

***Література:*** [1, стор. 279 – 287].

##### ***Основні положення теми:***

- 1. У будівництві застосовують зварювальні установки постійного та змінного струму.
- 2. Перевагами зварювальних випрямлячів на постійному струмі є більш високий ККД, відсутність обертових частин, мала маса й габарити, дешевина.
- 3. Трифазні зварювальні апарати забезпечують економію електроенергії, рівномірне завантаження фаз мережі, високий коефіцієнт потужності  $\cos\varphi$ .

##### **Контрольні запитання до теми 15:**

- 1. Що розуміють під зварюванням?
- 2. Чим характеризуються автоматичне й напівавтоматичне зварювання?
- 3. Сформулюйте основні вимоги до джерел живлення зварювальної дуги.
- 4. Поясніть конструкцію зварювального генератора постійного струму.
- 5. Поясніть принцип дії зварювального трансформатора з окремим дроселем.
- 6. Як працює зварювальний трансформатор з вбудованим дроселем?
- 7. Чим характеризуються установки контактного зварювання?



## **Тема 16. Електрообладнання вантажопідйомних машин**

### ***Програмна анотація теми:***

- 16.1. Загальні відомості про вантажопідйомні машини (ВПМ).
- 16.2. Електродвигуни вантажопідйомних машин.
- 16.3. Елементи апаратури керування.
- 16.4. Електричний привод будівельних кранів.

**Ключові поняття:** вантажопідйомна машина, кранові електродвигуни, апаратура керування, контролер, командоконтролер, контактор, магнітний пускач, реле часу, проміжне реле, реле мінімального струму, реле максимального струму, теплове реле.

***Література:*** [1, стор. 288 – 308].

### ***Основні положення теми:***

1. Електрообладнання ВПМ за своїм призначенням підрозділяють на основне (обладнання електропривода) і допоміжне (обладнання робочого й ремонтного освітлення, опалення).
2. Для привода ВПМ використовують електродвигуни спеціального кранового типу.
3. Включення й вимикання електродвигунів ВПМ здійснюють спеціальними апаратами: пускачами й контакторами.
4. Для захисту електрообладнання від аварійних режимів застосовують запобіжники з плавкими вставками, теплові реле й реле максимального струму.

### ***Контрольні запитання до теми 16:***

1. Яке обладнання належить до вантажопідйомних машин і якими особливостями характерна його робота?
2. Дайте характеристику основного електрообладнання ВПМ.
3. Наведіть приклади допоміжного електрообладнання ВПМ.
4. Дайте характеристику крановим асинхронним електродвигунам.
5. Як здійснюється пуск асинхронних електродвигунів ВПМ?
6. Охарактеризуйте кранові електродвигуни постійного струму.
7. Які основні елементи апаратури керування?
8. Поясніть принцип роботи реле постійного струму.
9. Поясніть принцип роботи реле мінімального струму.
10. Поясніть принцип роботи реле максимального струму.
11. Поясніть принцип роботи теплового реле.
12. Поясніть призначення основних елементів силових кіл крана КБ-401А.
13. Поясніть призначення основних елементів кіл керування краном КБ-4001А.

## **Тема 17. Електричні ручні машини**

### ***Програмна анотація теми:***

- 17.1. Загальні відомості про електричні ручні машини (ЕРМ).
- 17.2. Ізоляція електричних ручних машин.
- 17.3. Приклади конструкції електричних ручних машин.
- 17.4. Експлуатація і ремонт електричних ручних машин.

**Ключові поняття:** електрична ручна машина, клас ізоляції, комбінований електромеханізм, вібратор.

**Література:** [1, стор. 309 – 315].

### ***Основні положення теми:***

- 1. ЕРМ приводять до руху спеціально виготовленим для неї електродвигуном або електромагнітом, що складає з машиною єдине ціле.
- 2. Промисловість випускає ЕРМ трьох класів виконання за напругою й ізоляцією.

### ***Контрольні запитання до теми 17:***

- 1. Які електродвигуни застосовують в ЕРМ?
- 2. Яку ізоляцію застосовують в ЕРМ?
- 3. Поясніть будову ручної електричної свердлильної машини.
- 4. Поясніть схему електромагнітного перфоратора.
- 5. Поясніть будову і принцип дії електромеханічного дебалансного вібратора ВЕРБ-70.
- 6. Які правила безпеки при роботі з ЕРМ?
- 7. Які правила безпеки при ремонті ЕРМ?

## **Тема 18. Електропрогрів бетону й ґрунту**

### ***Програмна анотація теми:***

- 18.1. Електропрогрів бетону.
- 18.2. Електропрогрів ґрунту.
- 18.3. Техніка безпеки при електропрогріві.

**Ключові поняття:** електропрогрів бетону (електродний, індукційний, інфрачервоний, непрямий, електропрогрів поза формою), електропропарювання, електропрогрів ґрунту.

**Література:** [1, стор. 316 – 322].

### ***Основні положення теми:***

1. Електричний прогрів бетону є ефективним методом, що забезпечує зниження часу виготовлення виробів з бетону й підвищення їхньої якості.
2. Для електропрогріву бетону зручним є застосування зварювальних трансформаторів.

### ***Контрольні запитання до теми 18:***

1. Якими методами здійснюють електротермообробку бетону?
2. Які електроди застосовують при прогріві бетону?
3. Які трансформатори застосовують для електропрогріву бетону?
4. Як здійснюють прогрів бетону електричними печами опору?
5. У чому особливості технології електропропарювання бетону?
6. У чому особливості електропрогріву інфрачервоними променями?
7. Як здійснюють електропрогрів ґрунту горизонтальними електродами?
8. Як здійснюють електропрогрів ґрунту вертикальними електродами?
9. Які основні правила техніки безпеки при електропрогріві?

## **Тема 19. Електроосвітлювальні установки**

### ***Програмна анотація теми:***

- 19.1. Загальні відомості.
- 19.2. Джерела світла і освітлювальна арматура.
- 19.3. Обладнання електричного освітлення на будівельних майданчиках.
- 19.3. Норми освітленості, спрощені способи розрахунку освітлювальних установок.

***Ключові поняття:*** сила світла, світловий потік, освітленість, джерела світла, лампа розжарювання, газорозрядна лампа, люмінесцентна лампа, ртутна лампа, освітлювальна арматура, світильник, метод питомої потужності.

***Література:*** [1, стор. 323 – 331].

### ***Основні положення теми:***

1. Електроосвітлювальні установки, що забезпечують необхідні норми освітленості робочих місць, є важливим елементом обладнання будівельних майданчиків і підприємств будівельної індустрії.
2. На практиці застосовують загальне, місцеве й комбіноване освітлення робочих місць.
3. Як джерела світла застосовують лампи розжарювання й газорозрядні лампи.
4. Газорозрядні лампи в порівнянні з лампами розжарювання відрізняються меншим споживанням електричної енергії.

### **Контрольні запитання до теми 19:**

1. В яких одиницях вимірюють силу світла, світловий потік і освітленість?
2. Які види освітлення робочих місць застосовують в умовах будівництва?
3. Які джерела світла застосовують на будівельних майданчиках і підприємствах будівельної індустрії?
4. У чому полягають особливості люмінесцентних ламп?
5. Які види світильників застосовують на практиці?
6. В яких випадках застосовують прожектори?

### **Тема 20. Електрообладнання інженерних систем будівель**

#### **Програмна анотація теми:**

- 20.1. Загальні відомості.
- 20.2. Системи вентиляції і кондиціювання.
- 20.3. Ліфти і ескалатори.
- 20.4. Електрообладнання системи водопостачання.
- 20.4. Електричне опалення.

**Ключові поняття:** система кондиціювання повітря, спліт-система, ліфт, електроконвектор.

**Література:** [1, стор. 332 – 339].

#### **Основні положення теми:**

1. Сучасні висотні житлові будинки й торгово-розважальні комплекси оснащені складними системами життєзабезпечення, основними елементами яких є електрообладнання різного призначення.
2. У приводі систем водопостачання, вентиляції, кондиціювання, ліфтів і підйомників, електродвигуни.

### **Контрольні запитання до теми 20:**

1. Назвіть основні компоненти інженерних систем будівель?
2. Які елементи утворюють силове електрообладнання інженерних систем будівель?
3. Які елементи входять до складу системи кондиціювання повітря?
4. Назвіть основні елементи електрообладнання ліфтів?
5. Поясніть роботу схеми керування насосами водопідкачки.
6. У чому переваги сучасних систем електроопалювання будівель?

### **Тема 21. Електробезпека в будівництві**

#### **Програмна анотація теми:**

- 21.1. Загальні відомості.
- 21.2. Дія електричного струму на організм людини.
- 21.3. Класифікація умов праці за ступенем електробезпеки.

- 21.4. Заходи щодо дотримання безпечного ведення робіт з електроустановками.  
21.5. Захисне заземлення і занулення.

**Ключові поняття:** електричний удар, електричний опір, електричний знак, металізація шкіри, електроофтальмія, наряд, розпорядження, захисні засоби, захисне заземлення, захисне занулення.

**Література:** [1, стор. 340 – 347; 6, стор. 199 - 207].

**Основні положення теми:**

1. Ступінь ураження людини електричним струмом залежить від частоти струму, величини струму, шляху проходження струму через тіло людини, і від фізичного стану організму людини.
2. Величину припустимого значення напруги дотику визначають ступенем електробезпеки умов праці персоналу?
3. Для створення безпечних умов ведення робіт з електроустановками, проводять організаційні й технічні заходи та застосовують захисні засоби.

**Контрольні запитання до теми 21:**

1. Яку силу струму вважають безумовно небезпечною для життя людини?
2. Що розуміють під електричним ударом? Які ступені важкості електро травм від електричного удару?
3. Що розуміють під електричним опіком? Ступені ураження при електричному опіку?
4. Що розуміють під металізацією шкіри? Ступені ураження при металізації шкіри?
5. Електроофтальмія та її вплив на людину.
6. Що розуміють під напругою дотику? Які величини напруги дотику вважаються небезпечними для життя людини?
7. Які бувають умови робіт за ступенем електробезпеки?
8. Які організаційні заходи щодо забезпечення електробезпеки робіт?
9. Які технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки робіт на установках до 1000 В?
10. Які захисні засоби застосовують в електроустановках до 1000 В?
11. Що розуміють під захисним заземленням? Принцип дії.
12. Що розуміють під захисним зануленням? Принцип дії.
13. Основні причини ураження людей електричним струмом на будівельних майданчиках.
14. Як виконують заземлення корпусів будівельних машин?
15. У чому особливості заземлення будівельних кранів?
16. Як діє заземлення в електроустановках з ізольованою нейтраллю?

## **РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА**

1. Ачкасов А.Є., Лушкін В.А., Охріменко В.М. та ін. Електротехніка у будівництві: Навч. посібник. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 363 с.
2. Охріменко В.М., Воронкова Т.Б. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Електротехніка у будівництві" (для студентів 2-го курсу і слухачів другої вищої освіти ФПО та ЗН напряму підготовки 0921 (6.060101) "Будівництво", спеціальностей "ПЦБ", "МБГ", "ТГПіВ"). – Х.: ХНАМГ, 2010. – 40 с.
3. Охріменко В.М., Воронкова Т.Б. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни "Електротехніка у будівництві" (для студентів 2-го курсу і слухачів другої вищої освіти ФПО та ЗН напряму підготовки 0921 (6.060101) "Будівництво", спеціальностей "ПЦБ", "МБГ", "ТГПіВ"). – Х.: ХНАМГ, 2010. – 18 с.
4. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф.. Загальна електротехніка: теорія і практикум. - К.: Каравела, 2004. – 440 с.
5. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники.- М.: Высш. шк., 2001. – 416 с.
6. Титаренко М.В. Електротехніка: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2004. – 240 с.
7. Электротехника: Учебник/ Под ред проф. В.Г. Герасимова.- М.: Высш. школа, 1985. – 480 с.

## **РЕСУРСИ ІНТЕРНЕТ**

1. <http://www.eprints.ksame.kharkov.ua> - Цифровий репозиторій ХНАМГ.
2. <http://www.electrolibrary.narod.ru/> - Електронна електротехнічна бібліотека.
3. <http://www.ielectro.ru/Finder.html> - Інформаційна система "IELECTRO" – Усе про електротехніку.
4. <http://www.ost-gost.ru/podrazdel-14.html> - Сайт нормативно-технічної документації. Розділ "Електротехніка".
5. <http://www.tspu.tula.ru/res/fizika/Elektrotehnika/> - Воропаев Е.Г. Электротехника: Учеб. пособие.- Тула, 1999. - Электронный підручник
6. [http://www.ssga.ru/AllMetodMaterial/metod\\_mat\\_for\\_ioot/metodichki/matusko/index\\_m.html](http://www.ssga.ru/AllMetodMaterial/metod_mat_for_ioot/metodichki/matusko/index_m.html) - Матуско В.Н. Общая электротехника: Учеб. пособие.- Новосибирск, 2003.
7. [http://toe.stf.mrsu.ru/Demo\\_versia/book/](http://toe.stf.mrsu.ru/Demo_versia/book/) - Некрасова Н.Р., Коваленко О.Ю. Общая электротехника и электроника/Под общ. редакц. С.А. Панфилова. - Саранск, Мордовский ГУ, 2003. - Электронный підручник.
8. <http://www.ing-sistem.ru/> - Сайт «Інженерні системи».
9. <http://www.stn.com.ua> - Сайт компанії «Сучасні технології нагрівання».

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**ОХРІМЕНКО В'ячеслав Миколайович**

**ВОРОНКОВА Тетяна Борисівна**

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни **„Електротехніка у будівництві”** (для студентів 2-го курсу та слухачів другої вищої освіти ФПО та ЗН напряму підготовки 0921 (6.060101) Будівництво, спеціальностей "ПЦБ", "МБГ" і "ТГПіВ").

Редактор: *Д. Ф. Курильченко*

Комп'ютерне верстання: *І. В. Волосожарова*

План 2010, поз. 502М

---

Підп. до друку 16.04.10

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60×84 1/16

Ум.друк. арк. 2,5

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства.

вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК №731 від 19.12.2001