

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра фізики і електротехніки



ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан ФІТАО О.О. Олєг ПОЛІЩУК

25 09 2024 р.

## СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Теоретичні основи електротехніки**  
Освітньо-професійна програма **Енергетичний менеджмент**  
Рівень вищої освіти **перший (бакалаврський)**

### Загальна інформація

| Позиція                   | Зміст інформації  |
|---------------------------|---|
| Викладач                  | Горошко Андрій Володимирович  |
| Профайл викладача         | <a href="http://lib.khnu.km.ua/inf_res/avtory_khm/Goroshko.htm">http://lib.khnu.km.ua/inf_res/avtory_khm/Goroshko.htm</a> |
| E-mail викладача          | iftomm@ukr.net  |
| Сторінка дисципліни в ІСУ | <a href="https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=713">https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=713</a>                 |
| Консультації              | Очні: вівторок, 3-я пара, 3-100; четвер, 3-я пара, 3-100;<br>онлайн: за необхідністю та попередньою домовленістю          |

### Характеристика дисципліни

| Статус дисципліни | Форма здобуття освіти | Курс | Семестр | Загальний обсяг |        | Кількість годин         |        |                      |                   |                               |                               | Форма семестрового контролю |                |       |       |
|-------------------|-----------------------|------|---------|-----------------|--------|-------------------------|--------|----------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|-------|-------|
|                   |                       |      |         | Кредит ЄКТС     | Години | Аудиторні заняття, год. |        |                      |                   | Індивідуальна робота студента | Самостійна робота, в т.ч. ІРС | Курсовий проєкт             | Курсова робота | Залік | Іспит |
|                   |                       |      |         |                 |        | Всього                  | Лекції | Лабораторні і роботи | Практичні заняття |                               |                               |                             |                |       |       |
| О                 | Д                     | 2    | 3       | 4               | 120    | 51                      | 17     | 34                   |                   | 69                            | -                             | -                           | +              |       |       |
|                   | Д                     | 2    | 4       | 4               | 120    | 54                      | 36     |                      | 18                | 66                            | -                             | -                           | +              |       |       |

### Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки» є однією зі спеціальних дисциплін і займає провідне місце у підготовці бакалаврів і магістрів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». На основі загальних понять по електричний струм, законів Кірхгофа, Ома, компонентних рівнянь, дисципліна формує у студентів базові знання та навички, які необхідні для розуміння роботи електричних та електронних систем, застосування електричних і магнітних явищ для отримання, розподілу, перетворення і споживання електричної енергії, зокрема із застосуванням трансформаторів, машини постійного і змінного струму, ліній з розподіленими параметрами при усталених і перехідних режимах.

**Пререквізити:** вища математика, фізика; **кореквізити:** Електричні машини, Електричні апарати, Електричні системи та мережі, Електроніка та мікросхемотехніка.

### **Мета і завдання дисципліни**

**Мета дисципліни** - ознайомлення студентів з існуючими методами аналізу електричних та магнітних кіл в усталених та перехідних процесах, при постійних та змінних струмах та напругах, а також з роботою машин постійного і змінного струму в засобах автоматики.

**Предмет дисципліни.** Фундаментальні знання та навички, необхідні для розуміння принципів роботи електричних і електронних систем: основні закони електричних і магнітних кіл, методи їх аналізу, розрахунку параметрів, основи проектування електричних схем, вміння працювати з реальними електротехнічними пристроями та системами та електровимірювальними пристроями.

**Завдання дисципліни.** Формування загальних та спеціальних компетентностей щодо застосування основних методів аналізу електричних та магнітних кіл при постійних та синусоїдальних напругах, в усталених та перехідних режимах.

### **Очікувані результати навчання**

Студент, який успішно закінчив вивчення дисципліни, повинен: *вміло використовувати* понятійний апарат, *знати* параметри та закони кіл, особливості аналізу кіл з розподіленими параметрами; *перехід до аналізу* простих нелінійних електричних та магнітних кіл, *пояснювати* принцип дії сучасних електричних та електромеханічних систем, *уміти* розраховувати електричні кола постійного струму за законами Ома, Кірхгофа, за методами контурних струмів, вузлових потенціалів; розраховувати кола синусоїдального струму символічним методом; розрахувати характеристики коливальних контурів; *знати* характеристики резонансних контурів; явище взаємодукції; *уміти аналізувати* електричні кола несинусоїдального струму, кола з розподіленими параметрами; *розраховувати* перехідні процеси класичним та операторним методами; бути здатним застосовувати наближені методи для аналізу простих нелінійних кіл.

### **Тематичний і календарний план вивчення дисципліни**

| Семестр 3 |  |   |   |      |  |
|-----------|--|---|---|------|--|
| № тижня   | Тема лекції  | Тема лабораторного / практичного заняття                                  | Самостійна робота студентів   |      |  |
|           |  |   | Зміст   | Год. | Література   |
| 1         | 2  | 3   | 4   | 5    | 6  |
| 1         | Параметри та закони електричних кіл.<br>Предмет ТОЕ                                    | Техніка безпеки.<br>Вивчення стенда УИЛС.                                 | Опрацювання лекційного матеріалу (ЛМ), підготовка до виконання лабораторної роботи (л.р.) № 1 | 5    | [4], [5]   |
| 2         |  |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. № 1  | 5    |  |
| 3         | Електричні кола при постійному струмі та методи їх аналізу.<br>Метод рівнянь Кірхгофа. | Вимірювання струму, напруги, потужності                                   | Опрацювання лекційного матеріалу, виконання РГР 1   | 5    | [1] с. 18-39,<br>[2] с. 11-20,<br>29-38, [4],<br>[5] |
| 4         |  |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 2 та захисту л.р. 1, виконання РГР 1             | 6    |  |
| 5         | Метод контурних струмів і вузлових потенціалів   | Дослідження кіл постійного струму.  | Опрацювання ЛМ, підготовка захисту л.р. 2, захисту РГР 1                                      | 6    | [1] с. 18-39,<br>[2] с. 11-20,<br>29-38, [4],<br>[5] |
| 6         |  |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 3 та захисту л.р. 2.                             | 6    |  |
| 7         | Символічний метод аналізу електричних при синусоїдальних струмах та напругах           | Дослідження кола синусоїдного струму при послідовному з'єднанні елементів | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 3, розв'язування задач                             | 6    | [1] с.40-47,<br>[2] с.58-67,<br>[4], [5]             |
| 8         |  |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 4 та захисту л.р. 3                              | 6    |  |

| 1         | 2   | 3   | 4  | 5 | 6  |
|-----------|---|---|--|---|--|
| 9         | Резонанс в електричних колах  | Дослідження кола синусоїдного струму при паралельному з'єднанні елементів | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 4   | 6 | [1] с.62-72,[2] с.84-91, [1] с.73-81, [2] с.95-104 |
| 10        |   |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 4, виконання РГР2.                                      | 6 |  |
| 11        | Трифазні кола   | Дослідження трифазного кола при з'єднанні зіркою і трикутником            | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 5 та захисту РГР1.                                    | 6 | [2]с.141-158                                       |
| 12        |   |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 6 та захисту л.р. 5, виконання РГР2.                  | 6 | [4], [5]   |
| 13        | Кола з взаємодукцією  | Дослідження індуктивно зв'язаних котушок                                  | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 6, виконання РГР2.                                      | 6 | [4], [5]   |
| 14        |   |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 7 виконання РГР2.                                     | 6 |  |
| 15        | Чотириполюсники.  | Дослідження чотириполюсника   | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 7, виконання РГР2.                                      | 6 | [1] с. 176-187, [2] с. 108-128                     |
| 16        |   |   | Опрацювання ЛМ, підготовка до виконання ЛР № 8 та захисту л.р. 7, виконання РГР2.                  | 6 |  |
| 17        | Рівняння чотириполюсників.  | Залікове заняття  | Опрацювання ЛМ, підготовка до захисту л.р. 8 та захисту РГР2. Підготовка до підсумкового контролю. | 6 | [4], [5]   |
| Семестр 4 |   |   |  |   |  |
| 1         | Несинусоїдні періодичні струми в електричних колах<br>Несинусоїдальні струми та напруги           | Несинусоїдні періодичні струми в електричних колах                        | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1]с.82-91, [2]с. 159-176                          |
| 2         | Несинусоїдні періодичні струми в електричних колах  |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1]с.82-91, [2]с.159-176                           |
| 3         | Класичний метод аналізу перехідних процесів   | Класичний метод аналізу перехідних процесів                               | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1] с. 92-109, [2] с. 180-208.                     |
| 4         | Перехідні процеси у колі R-C та у колі R-L-C.   |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1] с. 92-109, [2] с. 180-208                      |
| 5         | Можливість знаходження коренів характеристичного рівняння без отримання диференціального рівняння | Операторний метод розрахунку перехідних процесів                          | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [4], [5]   |
| 6         | Операторний метод   |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1]с.110-119, [2]                                  |
| 7         | Кола з розподіленими параметрами  | Кола з розподіленими параметрами.<br>Розрахунок довгих ліній              | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1]с.120-138. [2] с.289-307                        |
| 8         | Розрахунок електромагніту (пряма задача)  |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття                              | 2 | [1]с.120-138. [2] с.289-307                        |

| 1  | 2   | 3   | 4   | 5 | 6  |
|----|---|---|---|---|--|
| 9  | Розрахунок електромагніту (зворотна задача)   | Нелінійні електричні кола при постійному струмі | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1]с.120-138, [2] с.289-307                                      |
| 10 | Нелінійні електричні кола при постійному струмі                                       |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1]с.143-152, [2]с. 330-343                                      |
| 11 | Магнітні кола при постійних струмах. Основні поняття та закони магнітних кіл.         |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1] с.152-159, [2] с.345-361                                     |
| 12 | Нелінійні кола при змінних струмах. Нелінійні R, L, C та їх характеристики            |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1] с.160-175, [2] с.368-372, 417-419, 423-424, 427-437, 445-447 |
| 13 | Нелінійні кола при змінних струмах. Котушка з феромагнітним осердям та її особливості | Нелінійні кола при змінних струмах              | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1] с.160-175, [2] с.368-372, 417-419, 423-424, 427-437, 445-447 |
| 14 | Нелінійні кола при змінних струмах. Однофазний трансформатор                          |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [1] с.160-175, [2] с.368-372, 417-419, 423-424, 427-437, 445-447 |
| 15 | Основні поняття теорії ЕМП  | Основні поняття теорії ЕМП                      | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [3] с.178-197  |
| 16 | Теорема Гаусса. Принцип неперервності магнітного потоку та електричного струму.       |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [3] с.178-197  |
| 17 | Основні поняття теорії ЕМП Теорема Остроградського                                    | Захист ІДЗ. Залікове заняття                    | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [3] с.178-197  |
| 18 | Повна система рівнянь ЕМ поля   |   | Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до практичного заняття | 2 | [3] с.178-197  |

Примітка: \* Лекції проводяться раз у два тижні по дві години (чисельник чи знаменник відповідно до розкладу занять), практичні заняття і лабораторні роботи - щотижнево.

### **Політика дисципліни**

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції і практичні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, домашні завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене практичне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До практичних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набуті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перерахування результатів навчання у ХНУ (<http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf>).



### Критерії оцінювання результатів навчання

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за **чотирибальною** шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих **позитивно** з урахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих видів її робіт.

Оцінка, яка виставляється за лабораторне заняття, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу і графічної частини; вільне володіння студентом спеціальною термінологією і уміння професійно обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням. Виконання індивідуального розрахунково-графічного завдання завершується його захистом у терміни, встановлені графіком самостійної роботи.

### Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі за ваговими коефіцієнтами

| Аудиторна робота     |   |   |   |   |   |   |   | Самостійна, індивідуальна робота |  |     | Підсумковий контроль |  |
|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------------|--|-----|----------------------|--|
| 3-й семестр          |   |   |   |   |   |   |   |                                  |  |     |                      |  |
| Лабораторні роботи № |   |   |   |   |   |   |   | Контрольні роботи                |  | РГР | іспит                |  |
| 1                    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |                                  |  |     |                      |  |
| 0,2                  |   |   |   |   |   |   |   | 0,2                              |  | 0,2 | 0,4                  |  |
| 4-й семестр          |   |   |   |   |   |   |   |                                  |  |     |                      |  |
| Практичні заняття    |   |   |   |   |   |   |   | Контрольні роботи                |  | РГР | іспит                |  |
| 0,2                  |   |   |   |   |   |   |   | 0,2                              |  | 0,2 | 0,4                  |  |

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

### Оцінювання тестових завдань

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти (*кількість тестових завдань у тесті може бути різною*) тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом (*може бути інший варіант*). Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 20. Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою.

Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

|                                |     |      |       |       |
|--------------------------------|-----|------|-------|-------|
| Сума балів за тестові завдання | 1–5 | 6–11 | 12–16 | 17–20 |
| Оцінка за 4-бальною шкалою     | 2   | 3    | 4     | 5     |

На тестування відводиться 20 хвилин (для закритої форми тестів – по одній хвилині на кожне завдання (або інший варіант)). Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. При цьому усі графи для відповідей мають бути заповнені цифрами, що відповідають правильним, на погляд

студента, відповідям. Викладач на наступному занятті оголошує результати тестування. Тестування студент може також пройти і в он-лайн режимі у модульному середовищі для навчання MOODLE.

Якщо студент отримав негативну оцінку, то він має перездати її в установленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю.

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

#### Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

| Оцінка ЄКТС | Інституційна інтервальна шкала балів | Вітчизняна оцінка, критерії   |
|-------------|--------------------------------------|---|
| A           | 4,75–5,00                            | 5 <b>Відмінно</b> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків               |
| B           | 4,25–4,74                            | 4 <b>Добре</b> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками   |
| C           | 3,75–4,24                            | 4 <b>Добре</b> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками  |
| D           | 3,25–3,74                            | 3 <b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією         |
| E           | 3,00–3,24                            | 3 <b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання               |
| FX          | 2,00–2,99                            | 2 <b>Незадовільно</b> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни |
| F           | 0,00–1,99                            | 2 <b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни                                   |

**Примітка.** Якщо студент бажає отримати оцінку за дисципліну за підсумками поточного контролю в семестрі без здачі іспиту, то його рейтингова оцінка за семестр збільшується в 1,25 разів.

#### Питання для підсумкового контролю з дисципліни

- Послідовне і паралельне з'єднання приймачів в колах постійного струму.
- Методика розрахунку електричного кола методом еквівалентних перетворень опорів.
- Перший та другий закони Кірхгофа.
- Методика розрахунку електричного кола методом законів Кірхгофа.
- Методика розрахунку електричного кола методом контурних струмів.
- Методика розрахунку електричного кола методом вузлових потенціалів.
- Аналогові (стрілочні) вимірювальні прилади. Визначення межі, ціни поділки та показів амперметра, вольтметра, ватметра.
- Цифрові вимірювальні прилади. Визначення межі та показів приладу.
- Вимірювання напруги, струму, потужності. Увімкнення приладів в електричне коло.
- Діюче значення синусоїдних величин.
- Метод векторних діаграм.
- Активний опір, індуктивність, та ємність в колі синусоїдного струму.
- Нерозгалужені кола змінного струму.
- Розгалужені кола змінного струму.
- Активна, реактивна та повна потужність кола змінного струму. Коефіцієнт потужності.
- Явища резонансу в нерозгалужених та в розгалужених колах змінного струму.
- Розрахувати послідовне коло з взаємоіндукцією, вміти визначити взаємоіндуктивність за даними досліду, скласти рівняння для складного кола з взаємоіндукцією.
- Особливості з'єднання зіркою, розрахувати трифазне коло при з'єднанні зіркою споживачів, побудувати векторну діаграму.
- Особливості з'єднання трикутником, розрахувати фазні струми та лінійні струми (опір дротів не враховувати), побудувати векторну діаграму.

20. Фізичний зміст коефіцієнтів чотириполюсника, визначення коефіцієнтів А, В, С, D за даними досліджу, наступні схеми чотириполюсників.
21. Перший та другий закони комутації.
22. Незалежні початкові умови.
23. Перехідні процеси при вмиканні послідовного RL – кола на джерело постійної напруги.
24. Закон зміни струму перехідного процесу послідовного RL – кола. Стала часу.
25. Перехідні процеси при вмиканні послідовного RC – кола на джерело постійної напруги.
26. Закон зміни струму перехідного процесу послідовного RC – кола. Стала часу.
27. Примусова та вільна складові струму перехідного процесу.
28. Призначення та області застосування трансформатора.
29. Будова та принцип дії однофазного трансформатора.
30. ЕРС обмоток трансформатора. Коефіцієнт трансформації.
31. Режими роботи трансформатора. Зовнішня характеристика.
32. Втрати в трансформаторах. Коефіцієнт корисної дії.
33. Будова трифазного асинхронного двигуна. Зобразіть конструкцію трифазного асинхронного двигуна (ТАД) і поясніть призначення його елементів.
34. Принцип дії трифазного асинхронного двигуна. Які основні два типи виконання обмотки ротора притаманні ТАД ?
35. Вміти розрахувати нерозгалужене магнітне коло постійного струму (пряма та зворотна задачі) та симетричне розгалужене магнітне коло.
36. Розрахувати дросель з кільцевим осердям з зазором та без зазору, вміти графічно аналізувати нелінійне резистивне коло синусоїдального струму, коло з послідовним та паралельним з'єднанням ємності та дроселя, знати рівняння та принцип роботи трансформатора.
37. Знати рівняння електромагнітного поля в інтегральній та диференціальній формах, знати методи вимірювання магнітних величин, вміти побудувати графічну картину поля для заданої конфігурації полюсів.

#### ***Рекомендована література***

##### *Основна*

1. Навчальний посібник «Теорія електричних кіл». Косенков В. Д., Горошко А. В., Каштальян А. С., Бідюк В. Д. Теорія електричних кіл: Навчальний посібник.– 2023. Хмельницький – 360 с.
2. Гасанов М.А., Гусак В.В., Турченко Д.В. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1: Основи теорії кіл постійного та змінного струму. Харків: НТУ «ХПІ», 2016.
3. Бондаренко А.М., Павленко О.В. Теорія електричних кіл та сигналів. Підручник для студентів електротехнічних спеціальностей. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.
4. Тимченко І.І., Соколовська О.Ю. Теоретичні основи електротехніки. Частина 2: Перехідні процеси та нелінійні електричні кола. Львів: ЛНТУ, 2017.

##### *Додаткова література*

5. Білогуров В. М., Гусейнова В. М. Основи теорії електричних та магнітних кіл. Одеса: ОНАХТ, 2019.
6. Мельник В. П., Яценко Ю. І. Теоретичні основи електротехніки. Частина 3: Теорія електромагнітного поля та хвильові процеси в електротехнічних системах. Київ: Національний технічний університет України «КПІ», 2020.