

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І  
СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ УСІХ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

КРЕМЕНЧУК 2019

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Загальні питання надійності електрообладнання» для студентів усіх форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Укладач: к. т. н., старш. викл. Д. В. Рєзнік

Рецензент к. т. н., доц. Ю. В. Зачепа

Кафедра систем автоматичного управління і електроприводу

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2019 р.

Голова методичної ради \_\_\_\_\_ проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Теми та погодинний розклад лекцій і самостійної роботи з навчальної дисципліни.....	5
2 Перелік тем і питань для самостійного опрацювання.....	6
3 Питання до модульного контролю.....	10
Список літератури.....	13

## ВСТУП

Дисципліна «Загальні питання надійності електрообладнання» має важливе значення у підготовці фахівців зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». У процесі вивчення навчальної дисципліни увага студентів акцентується на питаннях важливої складової електромеханіки – розрахунку надійності та діагностиці електрообладнання, на шляхи вибору методів випробування та діагностики електромеханічних систем.

Мета вивчення дисципліни: поглиблення спеціальної підготовки інженера з електромеханіки; вивчення загальних підходів до випробування, розрахунку надійності та діагностики електрообладнання, принципів побудови станцій для випробування та діагностики, методів діагностики машин постійного і змінного струму; розуміння способів вибору ефективного методу випробування і діагностики електромеханічних систем.

Завданням вивчення дисципліни є:

- придбання знань, які дозволяють майбутньому інженеру грамотно підійти до розрахунку надійності обладнання електромеханічних систем та методів його діагностування;
- уміння обґрунтовувати методи та способи реалізації діагностування електрообладнання.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен мати уявлення про сучасні методи діагностування та розрахунку надійності електрообладнання, про наявне обладнання для випробування та діагностування обладнання електромеханічних систем.

Самостійна робота студентів передбачає додаткове вивчення лекційного матеріалу, підготовку до лабораторних та практичних занять, виконання розрахунково-графічного завдання (контрольної роботи), підготовку до контрольних робіт з основних тем курсу.

# 1 ТЕМИ ТА ПОГОДИННИЙ РОЗКЛАД ЛЕКЦІЙ І САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ теми	Тема	Денна форма навч.		Заочна форма навч.	
		Кільк. год. (лекції)	Кільк. год. (срс)	Кільк. год. (лекції)	Кільк. год. (срс)
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Загальні питання надійності</b>					
1	Проблеми надійності та їх значення для сучасної техніки	1	8	0,5	10
2	Закони розподілу часу напрацювання до відмови	1	9	0,5	10
3	Розрахунок надійності нерезервованих систем	2	9	0,5	10
4	Іспити електричних машин на надійність	1	8	0,5	10
5	Розрахунок надійності резервованих систем	1	8	0,5	10
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>		6	42	2,5	50
<b>Модуль 2</b>					
<b>Загальні питання діагностики</b>					
6	Задачі технічної діагностики	1	6	0,5	10
7	Роль моделей у діагностичному процесі	1	6	0,5	10
8	Діагностичні тести	2	6	0,5	10
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>		4	18	1,5	30
<b>Усього годин</b>		10	50	4	80

## 2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

### Тема 1 Проблеми надійності та їх значення для сучасної техніки

Класифікація відмов. Емпіричні залежності для оцінювання надійності та ймовірнісні характеристики надійності.

#### Питання для самоперевірки

1. Надайте основні поняття та визначення теорії надійності.
2. Наведіть основні емпіричні та ймовірнісні залежності.
3. Як визначається густина відмов елементів, що вона характеризує?
4. Поясніть залежності функції працездатності й відмов.
5. Які існують форми відображення залежності працездатних елементів у часі?

**Література:** [2, с. 7–30; 3, с. 111–116; 4, с. 11–19; 5, с. 12–20].

### Тема 2 Закони розподілу часу напрацювання до відмови

Розподіл Вейбула. Гама-розподіл. Розподіл Ерланга. Експоненціальний розподіл. Розподіл Гауса. Нормальний закон розподілу. Логарифмічний нормальний розподіл. Трикутний розподіл. Біноміальний розподіл. Лямбда-характеристика.

#### Питання для самоперевірки

1. Пояснить графіки розподілу Вейбула.
2. Пояснить графіки розподілу Ерланга.
3. Пояснить, чому експоненціальний розподіл використовується частіше під час розрахунку надійності.
4. Пояснить графік зміни інтенсивності відмов від часу.

**Література:** [2, с.31–54; 3, с. 122–128; 4, с. 20–27; 5, с.24–47].

### **Тема 3 Розрахунок надійності нерезервованих систем**

Логічне послідовне з'єднання нерезервованих систем без відновлення.  
Логічне паралельне з'єднання нерезервованих систем без відновлення. Логічне з'єднання зіркою та трикутником нерезервованих систем без відновлення.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Логічне послідовне з'єднання.
2. Логічне паралельне з'єднання.
3. Як розраховується надійність системи під час послідовного з'єднання елементів?
4. Як розраховується надійність системи з паралельним з'єднанням елементів?
5. Як розраховується надійність системи зі змішаним (послідовно-паралельним) з'єднанням елементів?
6. Розрахунок надійності у разі еквівалентної заміни «зірки» на «трикутник».

**Література:** [2, с. 56–75; 3, с. 111–121].

### **Тема 4 Испити електричних машин на надійність**

Статистика відмов та пошкодження асинхронних і синхронних двигунів, машин постійного струму. Закономірності старіння ізоляції обмоток електричних машин, надійність і довговічність підшипників. Підвищення надійності асинхронних двигунів. Підвищення надійності синхронних машин. Підвищення надійності машин постійного струму.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Наведіть статистику відмов та пошкодження асинхронних і синхронних двигунів, машин постійного струму.
2. Моделі надійності колекторно-щіткового механізму та розрахунок надійності щіткового механізму.

4. Наведіть розрахунок надійності підшипників.

5. Які існують методи підвищення надійності асинхронних та синхронних двигунів?

**Література:** [3, с. 129–167; 5, с. 50–75; 8, с. 231–396].

### **Тема 5 Розрахунок надійності резервованих систем**

Загальна характеристика резервованих систем. Розрахунок надійності під час пасивного резервування. Пасивне резервування з постійним навантаженням. Пасивне резервування з перерозподілом навантаження. Пасивне резервування за навантаженням. Резервування елементів з двома типами відмов. Розрахунок надійності у разі активного резервування. Активне резервування з ненавантаженим резервом. Активне резервування з полегшеним резервом. Активне резервування з навантаженим резервом. Ковзальне резервування.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке резервування системи?
2. Основні види резервування.
3. Основні схеми резервування.
4. Розрахунок надійності системи під час пасивного резервування.
5. Розрахунок надійності системи під час активного резервування.
6. Пояснить принцип ковзального резервування?

**Література:** [2, с. 76–128; 4, с 59–86; 5, с 76–112].

### **Тема 6 Завдання технічної діагностики**

Основні поняття діагностики. Методи пошуку несправностей об'єктів.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Завдання технічної діагностики.
2. Основні завдання контролю.



3. Найвні методи пошуку несправностей.

**Література:** [4, с.108–113; 6, с.10–22].

## **Тема 7 Значення моделей у діагностичному процесі**

Вимоги до моделей. Класифікація моделей. Основні властивості моделей.

Функціональні моделі. Логічні моделі.

### **Питання для самоперевірки**

1. Вимоги до моделей.
2. Значення моделей у діагностичному процесі.
3. Класифікація моделей.
4. Основні властивості моделей.
5. Функціональні моделі.
6. Логічні моделі.
7. Сутність методу планування експерименту.

**Література:** [3, с. 195–208; 4, с.108–139; 6, с. 22–66].

## **Тема 8 Діагностичні тести**

Формування завдань діагностичних тестів. Побудова тестів способом скорочення булевої матриці. Інформаційний алгоритм побудови діагностичного тесту. Методи діагностики, побудовані на використанні граф-моделі об'єкта.

### **Питання для самоперевірки**

1. Визначення та формування завдань діагностичних тестів.
2. Визначення перевіркового, локалізуючого та повного діагностичних тестів.
3. Основні методи побудови тестів для локалізації несправностей об'єкта.
4. Алгоритм побудови діагностичного тесту.
5. Які відмови називають нерозрізненими?

**Література:** [6, с. 39–66].

### 3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Дисципліну «Загальні питання надійності електрообладнання» студенти денної форми навчання вивчають протягом одного семестру. Семестр поділяється на два модульні контролі, питання до яких наведено нижче. Студенти заочної та заочної скороченої форм навчання дисципліну вивчають протягом одного семестру.

#### Модуль 1

1. Проблеми надійності та їх значення для сучасної техніки.
2. Класифікація відмов.
3. Емпіричні залежності для оцінювання надійності та ймовірнісні характеристики надійності.
4. Закони розподілу.
5. Лямбда-характеристика.
6. Логічне послідовне та паралельне з'єднання нерезервованих систем без відновлення.
7. Логічне з'єднання «зіркою» та «трикутником» нерезервованих систем без відновлення.
8. Загальна характеристика резервованих систем.
9. Розрахунок надійності під час пасивного резервування.
10. Пасивне резервування з постійним навантаженням.
11. Пасивне резервування з перерозподілом навантаження.
12. Пасивне резервування за навантаженням.
13. Пасивне резервування з дробовою кратністю.
14. Резервування елементів з двома типами відмов.
15. Активне резервування з ненавантаженим резервом.
16. Активне резервування з полегшеним резервом.
17. Активне резервування з навантаженим резервом.
18. Ковзальне резервування.
19. Загальний алгоритм дій під час проектування надійних систем.

20. Приведення розрахунків надійності до реальних умов експлуатації.
21. Види та плани іспитів на надійність.
22. Розрахунок надійності елементів систем (резисторів, конденсаторів, напівпровідникових елементів, електричних двигунів).
23. Закономірності старіння ізоляції обмоток електричних машин, надійність та довговічність підшипників.
24. Испити електричних машин на надійність.
25. Статистика відмов та пошкодження асинхронних двигунів.
26. Підвищення надійності асинхронних двигунів.
27. Статистика відмов та пошкодження синхронних машин.
28. Підвищення надійності синхронних машин.
29. Статистика відмов та пошкодження машин постійного струму.
30. Підвищення надійності машин постійного струму.

## **Модуль 2**

1. Завдання технічної діагностики.
2. Основні поняття діагностики.
3. Наявні методи пошуку несправностей.
4. Вимоги до моделей.
5. Значення моделей у діагностичному процесі.
6. Класифікація моделей.
7. Основні властивості моделей.
8. Функціональні моделі.
9. Логічні моделі.
10. Визначення діагностичних тестів.
11. Формування завдань діагностичних тестів.
12. Побудова тестів способом скорочення булевої матриці.
13. Інформаційний алгоритм побудови діагностичного тесту.
14. Методи діагностики, побудовані на використанні граф-моделі об'єкта.

15. Визначення перевіркового, локалізувального та повного діагностичних тестів.
16. Алгоритм побудови діагностичного тесту.
17. Методи організації пошуку елементів, що відмовили, під час основного з'єднання елементів.
18. Принципи побудови вимірювально-діагностичних комплексів як обладнання для діагностування електромеханічного обладнання.
19. Принципи детермінованості в організації пошуку дефекту.
20. Основи системи діагностування показників надійності систем автоматичного керування.
21. Завдання випробувань на надійність.
22. Порівняльна характеристика методів діагностики машин постійного струму.
23. Порівняльна характеристика методів діагностики машин змінного струму.
24. Метод планування експерименту першого порядку. Побудова матриці експерименту та перевірка однорідності дисперсій.
25. Метод планування експерименту першого порядку. Визначення коефіцієнтів у рівнянні регресії та перевірка їх значущості.
26. Метод планування експерименту першого порядку. Перевірка адекватності математичної моделі та необхідності планування другого порядку.
27. Методи діагностування тиристорного електроприводу. Метод простору станів.
28. Методи діагностування тиристорного електроприводу. Параметричний метод.
29. Методи діагностування тиристорного електроприводу. Модифікований метод Ейлера.
30. Діагностування електромеханічних систем енергетичним методом із використанням еквівалентних схем заміщення та вирази для миттєвої потужності на лінійних та нелінійних елементах, що входять до їх складу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Родькин Д. И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. М. : Недра, 1992. 236 с.
2. Лозинський О. Ю., Марущак Я. Ю., Костробій П. П. Розрахунок надійності електроприводів. Львів: вид-во ДУ «Львівська політехніка», 1996. 234 с.
3. Котеленец Н. Ф., Кузнецов Н. Л. Испытания и надежность электрических машин: учеб. пособие для вузов по спец. «Электромеханика». М. : Высш. шк., 1988. 232 с.
4. Глазунов Л. П. Основы теории надежности автоматических систем управления: учебное пособие для вузов. Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1984. 208 с.
5. Рипс Я. А., Савельев Б. А. Анализ и расчет надежности систем управления электроприводами. М. : Энергия, 1974. 248 с.
6. Дмитриев А. К. Основы контроля и технической диагностики: учебное пособие. Министерство обороны СССР, 1978. 206 с.
7. Ермолин Н. П. Надежность электрических машин. Л. : Энергия, Ленингр. отделение, 1976. 248 с.
8. Жерве Г. К. Промышленные испытания электрических машин. Л. : Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1984. 408 с.
9. Астахов Н. В. Испытания электрических микромашин: учеб. пособие для электротехн. спец. вузов. М. : Высш. шк., 1984. 272 с.

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Загальні питання надійності електрообладнання» для студентів усіх форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Укладач: к. т. н., старш. викл. Д. В. Рєзнік

Відповідальний за випуск завідувач кафедри САУЕ Д. Й. Родькін

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк  
ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_.  
Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету

імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600