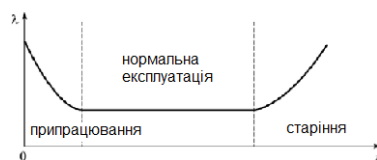




[RE-272] НАДІЙНІСТЬ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ



Період елементів на платах						Гарантія	
PCB	Тип	Група	λ_6	λ_p	Kr	P(t)	
1	Резистори	Метало-діелектричні (окрім прецизійних)	5.3E-08	1.3939E-07	2.63	0.988	99 міс. від виробника
2	Напівпровідникові прилади	Транзистори біполярні кремнієві (малої пот.	5.1E-08	8.874E-08	1.74	0.992	
3	Інтегральні мікросхеми	Цифрові СІП (операційні запам'ятовувальні)	3.4E-08	2.3868E-07	7.02	0.983	

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 - Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність	172 - Електронні комунікації та радіотехніка
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 2-го курсу, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 18 год, Практ. год, Лаб. 36 год, СРС. 66 год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Підвищення надійності зразків радіоелектронної техніки стає актуальною задачею. Актуальність зумовлена протиріччям між вимогами нормативно-технічної документації щодо підтримки значень показників надійності та природним фактором збільшення з часом кількості відмов зазначених об'єктів, експлуатація яких продовжується протягом трьох-чотирьох, а деяких об'єктів великої вартості і п'яти десятиріч. Питання загострюється економічними причинами, які суттєво уповільнюють проведення заміни новими зразками.

Сучасні чисельні наукові роботи містять рішення, впровадження яких дозволяє покращити показники надійності, а саме, збільшити середній наробіток на відмову, зменшити середній час відновлення. Основна увага в них приділяється розробці методів, які дозволяють отримати та визначити для кожного з них відповідний діагностичний параметр, на основі якого приймається рішення про технічний стан на рівні типових елементів заміни. При цьому прогнозування показників надійності в більшій мірі базується на статистичних даних значень середнього часу наробітку та відновлення, а не на значеннях діагностичних параметрів. Ситуація ускладнюється природною відсутністю можливості визначення достовірного значення діагностичного параметру на рівнях складових вище типових елементів заміни, що негативно впливає на вирішенні першої та третьої функцій технічної діагностики – визначенні технічного стану та надлишкового ресурсу відповідно.

Зазначені вище фактори призвели до виникнення протиріччя між вимогами нормативно-технічної документації з підтримки показників надійності та можливістю реалізації цих вимог в сучасних умовах. Розв'язання протиріччя можливе за умови розробки нових рішень, впровадження яких дозволить з заданою достовірністю упереджувати поступові відмови та підтримувати коефіцієнт готовності об'єктів як комплексний показник надійності на заданому рівні, а також спрогнозувати його значення на заздалегідь заданий час. Це, в свою чергу, зумовлює використання фізичного діагностування для об'єктів радіотехнічних систем і розробки математичного апарату для розрахунку коефіцієнтів готовності рівнів побудови зазначених об'єктів на основі інформаційних технологій.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна «Надійність радіоелектронної техніки» базується на дисциплінах: «Вища математика», «Інформатика», «Програмні засоби в інтелектуальній радіоелектронній техніці», «Схемотехніка», «Практичний курс іноземної мови. Частина 1, 2, 3».

В результаті вивчення дисципліни «Надійність радіоелектронної техніки» студенти здобувають навички кваліфікованих спеціалістів з розробки стійких радіотехнічних систем та зможуть використати їх в наступних дисциплінах: «Дизайн елементів інтелектуальних радіоелектронних систем», «Проектування друкованих плат», «Конструювання та технології виробництва інтелектуальної радіоелектронної техніки», «Переддипломна практика» «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тематика лекційних занять

Тема 1. Проблема надійності та її значення для сучасної електроніки. Аспекти технічні, економічні, соціальні.

Тема 2. Математичні основи науки «надійність» - математична статистика та теорія ймовірностей.

Тема 3. Основні положення теорії надійності, визначення та поняття.

Тема 4. Відмова – основне поняття теорії надійності. Класифікація відмов. Приклади відмов радіоелектронної апаратури.

Тема 5. Кількісні характеристики надійності невідновлюваних виробів радіоелектроніки. Поняття ймовірності безвідмовної роботи, ймовірності відмови. Алгоритми їх визначення та розрахунків.

Тема 6. Поняття частоти відмов і функції частоти відмов; середній час безвідмовної роботи; інтенсивність відмов. Залежність інтенсивності відмов радіо виробу від умов експлуатації РЕА. Інтенсивність відмов -паспортна характеристика радіoeлемента,радіопристрою,

радіосистеми.

Тема 7. Кількісні характеристики надійності відновлюваних виробів радіоелектроніки – середнє число відмов, потік відмов та ін.

Тема 8. Закони розподілу часу нормальної роботи радіоапаратури (характеристики, їх зміни в часі).

Тема 9. Закони розподілу часу роботи в кінцевий період експлуатації.

Тема 10. Надійність системи елементів (структурна надійність приладу, системи).

Тема 11. Резервування радіоелементів, радіо компонентів, приладів, як ефективний спосіб підвищення надійності.

Тематика практичних занять

Тема 1. Шляхи та методи забезпечення надійності РЕА на етапі конструювання. Вибір необхідних режимів експлуатації; робота РЕА в широких допусках номіналів елементів.

Тема 2. Резервування РЕА та її елементів: види та типи резервування; показники резервування. Порівняльні характеристики різних видів і типів резервування.

Тема 3. Забезпечення надійності на етапі виробництва радіоапаратури.

Тема 4. Міри досягнення необхідного рівня надійності апаратури на етапі її експлуатації.

Тема 5. Порівняльна ефективність методів забезпечення необхідного рівня надійності радіотехніки на різних етапах її життєвого циклу.

Тема 6. Приклади досягнутих рівнів строків служби сучасної радіоелектронної апаратури різного призначення різних фірм.

Тема 7. Надійність окремих елементів РЕА: реле, трансформаторів, дроселів, котушок індуктивності, електричних роз'ємів; механічних вузлів – редукторів, підшипників тощо.

Тема 8. Методи виявлення відмови та елемента апаратури, що відмовив

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Коренівська О.Л. «Надійність, експлуатація та ремонт радіоелектронної та телекомунікаційної техніки" Навчальний посібник [Електронне видання] / О.Л. Коренівська, В.Б. Бенедицький. – Житомир: «Житомирська політехніка», 2020. – 185 с.
2. Васілевський О. М. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 160 с.

Додаткова література

3. Залужний А.М. Надійність та діагностика технічних систем: Навч. посібник. - Ж.: ЖІТІ, 2022. - 356с. 250 екз.
4. Фізичні основи надійності медичних приладів та систем: конспект лекцій для студентів усіх форм навчання приладобудівних спеціальностей / Укл.:Т.Ю.Кісіль, Р.В.Трембовецька, В.В. Тичков – Черкаси: ЧДТУ, 2021 – 55 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Основи теорії надійності радіоелектронної апаратури

Тема 1. Надійність радіоелектронної апаратури. Основні поняття та визначення.

Тема 2. Показники надійності. Показники надійності невідновлювальної апаратури. Показники надійності відновлювальної апаратури. Комплексні показники надійності.

Тема № 3. Основні закони розподілу теорії надійності. Показники надійності при різних законах розподілу. Розподіл Вейбулла. Розподіл Релея. Нормальний розподіл. Гамма-розподіл. Розподіл Пуассона.

Тема № 4. Фактори, що визначають надійність РЕА та методи підвищення надійності РЕА. Схемно-конструктивні фактори. Виробничо-технологічні фактори. Експлуатаційні фактори. Методи підвищення надійності в процесі проектування та виробництва. Забезпечення надійності в процесі експлуатації та ремонту. Прогнозування відмов.

Методи розрахунку надійності

Тема №5. Методи розрахунку надійності. Класифікація методів розрахунку надійності РЕА. Аналітичні методи розрахунку надійності. Загальні поняття про логічні схеми приладів. Розрахунок надійності за допомогою методів графу. Перехід від логічної моделі до методу графів. Розрахунок надійності при раптових та параметричних відмовах.

Тема № 6. Розрахунок надійності систем, що не ремонтуються. Види розрахунків надійності систем з послідовним та паралельним з'єднанням. Методи розрахунку систем з неосновними видами з'єднання. Схеми „m із n”. Методи розрахунку систем з неосновними видами з'єднання. Мостові схеми.” Розрахунок надійності складних систем.

Основні відомості про резервування

Тема № 7. Резервування систем як метод підвищення надійності. Основні поняття та види резервів. Способи включення резервів. Розрахунок схем при загальному та роздільному резервуванні. Розрахунок надійності та резервування при відмовах типу обрив та коротке замикання. Визначення надійності резервованих схем при двох видах відмов.

Тема № 8. Оптимальне резервування. Градієнтний метод. Метод невизначених множників Лагранжа. Методи прямого перебору та динамічного програмування.

Тема № 9. Розрахунок надійності систем, що ремонтуються. Розрахунок ремонтуємих систем. Розрахунок коефіцієнтів готовності та простою. Особливості розрахунку резервованих систем.

. Основи експлуатації та ремонту РЕА

Тема № 10. Задачі експлуатації, її складові частини та характеристики. Загальні положення та визначення.

Тема №11. Оцінка експлуатаційних властивостей РЕА по результатам експлуатації. Особливості оцінки показників експлуатації РЕА. Оцінка показників безвідмовності, довговічності, збережуваності та ремонтпридатності.

Тема № 12. Основи ремонтпридатності РЕА. Ремонт РЕА. Основні поняття, види, параметри та розрахунки. Трудоемність ремонтів. Ремонтпридатність РЕА. Поняття, види, параметри. Фактори, що впливають на ремонтпридатність. Розрахунок ремонтпридатності РЕА. Технічне обслуговування, методи поточних ремонтів. Трудоемність технічного обслуговування. Коефіцієнт технічного використання. Ефективність технічного

обслуговування. Розподіл часу поточних ремонтів. Періодичність та об'єм профілактичних робіт на безперервно працюючій апаратурі, на апаратурі разового використання та на черговій апаратурі.

Тема № 13. Пошук несправних елементів в апаратурі. Методи та способи пошуку несправних елементів в апаратурі.

6. Самостійна робота студента

Лекційне навчання — зокрема мультимедійні лекції з детальним викладенням навчального матеріалу, що поєднують пасивні методи навчання з елементами активних та інтерактивних підходів, — є основою формування навичок самостійного навчання здобувачів вищої освіти.

Лекційні заняття доповнюються практикоорієнтованими формами роботи, зокрема лабораторними завданнями, що виконуються на персональних комп'ютерах. Такий підхід дає змогу студентам застосовувати набуті теоретичні знання для розв'язання конкретних практичних ситуацій.

Важливу роль у розвитку самостійності відіграє підготовка до лекцій і лабораторних робіт, а також урахування коментарів викладача під час аналізу виконаних завдань чи робіт інших студентів. Це сприяє формуванню навичок самонавчання, покращує здатність ефективно планувати час, визначати пріоритети, виділяти головне й другорядне.

Крім того, студенти мають навчитися використовувати результати власного пошуку, аналізу та синтезу інформації з різних джерел, що формує критичне мислення та забезпечує підґрунтя для подальшого професійного зростання.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

Академічна доброчесність. Дотримання академічної доброчесності студентами передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- академічний плагіат - оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
- самоплагіат - оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- - повторне проходження оцінювання (контрольна робота, іспит, залік тощо);
- - повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми.

Політика запізнення. За несвоєчасно виконані завдання буде накладено штраф 10 баллів від загальної кількості балів за це завдання.

Примітка. Виключення можуть бути зроблені до невчасно зданих завдань з поважних причин.

Політика щодо відвідування. Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, пандемія, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватися в онлайн-формі за погодженням із керівником курсу.

Лекційні та практичні заняття проводяться згідно до діючого положення КПІ ім. Ігоря Сікорського. Відвідування занять є обов'язковим. Для одержання іспиту «автоматом» потрібно набрати більше 60 балів, які можна одержати за виконання обов'язкових завдань (виконання ДКР, практичних робіт та написання модульної контрольної роботи) та систематично відвідавши лекційні заняття (пройшовши експрес-тест за матеріалами лекцій).

Бали за роботу під час лекції нараховуються на основі експрес-опитування. Кожний тест містить 2 запитання до матеріалу лекційного заняття, правильна відповідь на які дасть змогу отримати 2 бали.

Модульна контрольна робота проводиться письмово. Кожне завдання на контрольній роботі містить 2 теоретичних питання та 1 задачу, правильні відповіді на які дають змогу одержати до 100 балів за кожне теоретичне та 100 бали за практичне. Остаточна оцінка – середній бал від отриманих балів.

Індивідуальне завдання (ДКР) – це розв'язання 5 домашніх контрольних задач протягом семестру (по одній задачі на кожне наступне заняття), правильне розв'язання яких дасть змогу одержати до 100 бали за кожну задачу. Виконується у години самостійної роботи письмово.

Залік є письмовим. Питання складається з 3-х завдань (2 теоретичних питання та 1 задача) по тематиці змістовних тем, що виносяться на аудиторні заняття, та окремих питань, які виносяться на самостійне опрацювання.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається із балів які він отримує вході навчання за семестр:

1. середня сума балів за відвідування та відповіді на лекційних заняттях;
2. середня сума балів за виконання модульних, самостійних та домашніх контрольних робіт;
3. середня сума балів за виконання та захист лабораторних та практичних робіт;
4. сума заохочувальні та штрафні балів.

Виконання та захист всіх практичних та лабораторних робіт, а також наявність позитивної оцінки з контрольних робіт із частин є умовою допуску до заліку.

Практична, лабораторна, модульна контрольна, домашня та самостійна контрольна робота:

«відмінно», вичерпна відповідь (не менш ніж 95% вірної інформації) від 95 до 100 балів;

«дуже добре», повна відповідь, можливі незначні неточності (не менш ніж 85% вірної інформації) від 85 до 94 балів;

«добре», повна відповідь, можливі незначні неточності (не менш ніж 75% вірної інформації) від 75 до 84 балів;

«задовільно», неповна відповідь (але не менш ніж 60% вірної інформації) та незначні помилки від 60 до 74 балів;

«незадовільно», незадовільна відповідь (неправильний розв'язок задачі), потребує обов'язкового повторного написання в кінці семестру від 0 до 59 балів;.

За всі роботи за весь семестр зводиться середня сума балів, із 100 можливих.

Заохочувальні бали

Загалом, в сумі не більше за 10:

- за виконання творчих робіт з кредитного модуля (наприклад, участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо); успішне проходження рекомендованого дистанційного навчального курсу (що відповідає темам дисципліни) з отриманням відповідного сертифіката; за активну роботу на лекції (важливі запитання, доповнення, зауваження за темою лекції) від 1 до 5 балів;

- презентація за темою CPC – від 1 до 5 балів.

Залік:

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних та практичних робіт, та семестровий стартовий рейтинг $54 \leq R_{\text{середня}} \leq 80$.

Студенти, які виконали умови допуску можуть складати залік, як що загальна (середня) оцінка отримана ними в семестрі їх не задовольняє.

Система оцінювання заліку:

Залік оцінюється за шкалою $R_{\text{залік}}$ до 40 балів. Залікове завдання складається з чотирьох завдань. Кожне завдання оцінюється за такими критеріями:

«*відмінно*» – вичерпна відповідь (не менше 95% вірної інформації), надані відповідні обґрунтування – 10 балів;

«*Аобре*» – повна відповідь (не менше 80% вірної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «*умінь*», або присутні незначні неточності – 8 балів;

«*заАовіПвно*» – неповна відповідь (не менше 60% вірної інформації та є деякі помилки) – 6 балів;

«*незаАовіПвно*» – відсутність правильної відповіді – 0 балів.

Рейтинг сума ($R_{\text{загальний}} = R_{\text{середня}} + R_{\text{залік}} + R_{\text{заохочення}} - R_{\text{штрафні}}$) переводиться до оцінки згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно

64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік навчальних питань

1. Основі терміни та визначення теорії надійності. Види відмов.
2. Класифікація показників надійності.
3. Показники надійності не відновлювальної апаратури.
4. Показники надійності відновлювальної апаратури.
5. Комплексні показники надійності.
6. Вплив різних факторів на показники надійності.
7. Забезпечення надійності. Шляхи підвищення надійності (на різних етапах роботи РЕА).
8. Основні закони розподілу теорії надійності.
9. Закони розподілу випадкових величин. Розподіл Пуассона.
10. Закони розподілу випадкових величин. Нормальний розподіл.
11. Закони розподілу випадкових величин. Розподіл Вейбулла.
12. Закони розподілу випадкових величин. Розподіл Релея.
13. Класифікація методів розрахунку надійності. Аналітичні методи розрахунку та повний розрахунок систем.
14. Складання логічних схем розрахунку надійності. Розрахунок надійності за допомогою методу графів. Перехід від логічної моделі до методу графів.
15. Розрахунок надійності при раптових та параметричних відмовах.
16. Розрахунок надійності та резервування при відмовах типу обрив та коротке замикання.
17. Визначення надійності резервованих схем при двох видах відмов.
18. Види розрахунків надійності.
19. Надійність компонентів РЕА (реле, діоди тощо).
20. Резервування. Основні поняття та види. Способи включення резервів. Розрахунок схем при загальному та роздільному резервуванні.
21. Розрахунок надійності системи з резервуванням. Системи з незмінним навантаженням та системи з напруженим активним резервуванням з абсолютно надійними перемикачами.
22. Розрахунок надійності системи с резервуванням. Системи з активним ненапруженим резервом та полегшеним резервом.
23. Розрахунок надійності системи с резервуванням. Змінне резервування.
24. Оптимальне резервування. Поняття та види.

25. Методи розрахунку систем з послідовним та паралельним з'єднанням.
26. Методи розрахунку систем з неосновними видами з'єднання. Схеми „m із n”.
27. Методи розрахунку систем з неосновними видами з'єднання. Мостові схеми.”
28. Розрахунок надійності складних систем.
29. Задачі експлуатації. Її фази та характеристики.
30. Ремонт РЕА. Основні поняття, види, параметри та їх розрахунок.
31. Технічне обслуговування РЕА. Основні поняття, види, параметри та їх розрахунок.
32. Ефективність ТО та вартість обслуговування та експлуатації РЕА. Коефіцієнт технічного використання.
33. Розрахунок ремонтуємих систем. Розрахунок коефіцієнтів готовності та простою.
34. Особливості розрахунку резервованих систем.
35. Пошук несправних елементів в апаратурі.
36. Основні поняття про комплектацію ЗІПом РЕА. Критерії достатності комплекту ЗІП.
37. Основне рівняння процесів забезпечення ЗІПом. Математична модель забезпечення апаратури ЗІПом одного типоміналу.

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Навчальна дисципліна передбачає використання інструментів, обладнання та програмного забезпечення, розміщеного у лекційних та навчальних аудиторіях, а також спеціалізований комп'ютерний клас.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено [Степанов М. М.](#);

Ухвалено кафедрою ПРЕ (протокол № 06/2024 від 24.06.2025)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № 06/2024 від 25.06.2025)