



"НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН" Ч. 2 "ВІБРАЦІЇ ТА ШУМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН"

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

| | |
|---|--|
| Рівень вищої освіти | <i>Другий (магістерський)</i> |
| Галузь знань | 14 «Електрична інженерія» |
| Спеціальність | 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» |
| Освітня програма | "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин" (Reliability of Electric Machines: p.2 Vibrations and Noises of Electric Machines) |
| Статус дисципліни | Вибіркова |
| Форма навчання | Очна(денна)/заочна/дистанційна/змішана |
| Рік підготовки, семестр | I курс, осінній семестр |
| Обсяг дисципліни | 90 години / 3 кредити ECTS |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | Екзамен/МКР |
| Розклад занять | http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=5704220f-c820-4b25-8a19-b8144821e270 |
| Мова викладання | Українська |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович, Fegasusr@gmail.com Комп'ютерні практикуми: к.т.н., доц. Гераскін Олександр Анатолійович Практичні: - Лабораторні: - |
| Розміщення курсу | https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3143 |

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин" складена відповідно до програми магістерської підготовки «освітньо-наукова», «освітньо-професійна» за галуззю знань 14 «Електрична інженерія», зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

а) використання сучасних методів проектування електричних машин:

- визначення видів ушкоджень електричних машин за результатами аналізу їх вібрації та шуму;
- розуміння сучасних підходів в обробці сигналів датчиків вібрації;
- користуватися поняттями з області віброакустики.

- використовувати сучасні методи розрахунків вібрації і шумів, а також зменшувати віброакустичну активність електричних машин різних типів на стадії їх проектування.
- користуватися сучасними методами експериментального дослідження вібрації і шуму електричних машин різних типів.
- оволодіння навичками використання ефективного віброзахисту різних типів електричних машин.

Предметом навчальної дисципліни Предметом навчальної дисципліни "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин" є система властивостей фізичних процесів збудження шуму і вібрації в електричних машинах різних типів, а також сучасні засоби вимірювання вібрацій і діагностування ушкоджень в електричних машинах.

Програмні результати навчання:

Компетенції:

Загальні компетентності (ЗК 1-4, 9,10)

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу електромеханічних комплексів та електричних машин.

ЗК 2 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 3 Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій

ЗК 4 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях з електромеханічними комплексами та електричними машинами.

ЗК 9 Здатність працювати автономно та в команді.

ЗК 10 Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Фахові компетентності спеціальності (ФК 1-3, 5, 8-10, 12,13, 16-19)

ФК 1 Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 2 Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 3 Здатність планувати, організовувати та проводити наукові дослідження в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 5 Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ФК 8 Здатність досліджувати та визначити проблему і ідентифікувати обмеження, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК 9 Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК 10 Здатність керувати проектами і оцінювати їх результати

ФК 12 Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів

ФК 13 Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці

ФК 16 Здатність ідентифікувати, одержувати й розміщати необхідні дані, планувати й проводити аналітичні і експериментальні дослідження та моделювання електричних машин і апаратів, критично оцінювати дані й робити висновки

ФК 17 Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів електромагнітні поля електричних машин і апаратів

ФК 18 Здатність ефективно використовувати нові технології в процесі модернізації та реконструкції електричного обладнання, електричних машин та апаратів, електричного транспорту, електричних пристроїв, систем та комплексів

ФК 19 Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Студенти після засвоєння кредитного модуля отримують:

Знання

ЗН 3 Переліку основних відкритих міжнародних банків електронних ресурсів для забезпечення підтримки освітнянської, науково-інноваційної діяльності

ЗН 5 Іноземної мови на рівні, що забезпечує вільне ведення дискусій з зарубіжними науковцями за тематикою актуальних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та можливість виступу з науковими доповідями на зарубіжних конференціях та симпозіумах

ЗН 6 Чинних стандартів, нормативно-правові актів та правил, згідно з якими в Україні провадиться діяльність в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ЗН 7 Правил безпечної експлуатації електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання

ЗН 8 Положень Енергетичної стратегії України та принципів енергетичної безпеки

ЗН 9 Ефективних способів та підходів, спрямованих на підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем

ЗН 10 Положень новітніх підходів та сучасних методик проведення наукових досліджень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

ЗН 12 Сучасних програмних комплексів, призначених для створення комп'ютерних моделей об'єктів та глибокого дослідження процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах⁷

Уміння

УМ 1 Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем

УМ 2 Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні

УМ 3 Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах

УМ 4 Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і відповідних комплексів і систем

УМ 5 Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та

електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах
УМ 14 Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати
впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними,
електротехнічними та електромеханічними системами
УМ 16 Розв'язувати класичні, комплексні і непередбачувані завдання в галузях
електроенергетики, електротехніки та електромеханіки із застосуванням
сучасних та інноваційних підходів до їх вирішення
УМ 18 Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та
електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини
виходу з ладу в процесі їх експлуатації
УМ 19 Досліджувати фізичні явища та процеси в електричних машинах і апаратах,
електромеханічних перетворювачах енергії, електромеханічних комплексах

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

Міждисциплінарні зв'язки. Дисциплінами, що передують вивченню дисципліни «Вібрації та шуми електричних машин» та складають її теоретичну базу є: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини». Дисципліна «Вібрації та шуми електричних машин» забезпечує у подальшому вивчення наступних спеціальних дисциплін: «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Випробування, діагностика дефектів та сервісне обслуговування електричних машин».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **9 розділів**, а саме:

- 1. Основні параметри звуку, шуму і вібрації. Звук.** Основні поняття. Фізичні параметри звуку. Шум. Вібрація. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації.
- 2. Джерела шуму та вібрації електричних машин.** Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами. Методи розділення джерел шуму та вібрації.
- 3. Розрахунок вібрації і випромінюваного шуму.** Динамічна модель електричної машини. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами. Випромінювання магнітного шуму корпусом машини.
- 4. Магнітний шум асинхронних двигунів.** Магнітне поле в повітряному проміжку АД. Магнітострикція. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум. Вібрація круппних багатополюсних асинхронних двигунів.
- 5. Магнітний шум синхронних машин.** Вібрація статора дво полюсного турбогенератора. Вібрація статора гідрогенератора. Вібрація статорних обмоток.
- 6. Магнітний шум машин постійного струму.** Основні причини магнітного шуму машин постійного струму. Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.
- 7. Аеродинамічний шум електричних машин.** Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах. Застосування глушителей шуму.
- 8. Вібрація електричних машин, що збуджується джерелами механічного походження.** Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками. Джерела вібрації підшипників кочення. Шум щіткового апарата. Віброакустична активність джерел механічного походження.

9. **Вимірювання шуму і аналіз сигналів датчиків вібрації електричних машин.** Умови і методи вимірювання шуму електричних машин. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації. Датчики вібрації. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Шубов В.Г. Шум и вибрация электрических машин. – 2-е изд., пере раб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 208 с: ил.
2. Петрухин В.В., Петрухин С.В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации Учеб. пособие. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2010. — 168 с. — ISBN 978-5-9729-0026-8.
3. Зусман, Г. В. Вибродиагностика: учебное пособие / Г. В. Зусман, А. В. Барков. - М.: Издательский дом «Спектр», 2011. - 215 с.
4. Воронкин В.А. и др. Методы проектирования малозумных электрических машин. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт электромеханики с заводом им. А.Г.Иосифьяна. (ФГУП НПП ВНИИЭМ). Труды НПП ВНИИЭМ. Т.103, 2006. – 178 с. — ISSN 0205-9428.
5. Баркова Н. А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Расчет основных частей вибрации узлов машин, параметров измерительной аппаратуры и практическая экспертиза: учеб. пособие / Н. А. Баркова, А. А. Борисов. - СПб.: СПбГМТУ, 2009. - 111 с.
6. Розенберг, Г. Ш. Вибродиагностика / Г. Ш. Розенберг. - СПб.: ПЭИПК, 2003. - 284 с.
7. Колобов А. Б. Вибродиагностика: теория и практика: учебное пособие / А. Б. Колобов. - М.: Инфра-Инженерия, 2019. - 252 с. [Електронний ресурс] / Режим доступу до книги: <https://books.google.com.ua/books?id=I3SxDwAAQBAJ&pg=PA5&lpq=PA5&dq=Зусман,+Г.+В.+Вибродиагностика:+учебное+пособи&source=bl&ots=-WWHqxbK8u&sig=ACfU3U0PWpaqBw2Y1dWUmyul0Kwwjgq2dw&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwi4oqr9zrrvAhWvy4UKHY3VAis4ChDoATAFeqQIBxAD#v=onepage&q=Зусман%2C%20Г.%20В.%20Вибродиагностика%3A%20учебное%20пособи&f=false>
8. Ширман А., Соловьев А. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. [Електронний ресурс] / Режим доступу до книги: <http://www.amac.md/Biblioteca/data/24/17/86.pdf>
9. Губаревич О.В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник / О.В. Губаревич. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.

Додаткові:

10. Дідковський В.С., Маркелов П.О. Шум і вібрація. Підручник - К.: "Вища школа", 1995
11. ГОСТ Р МЭК 60034-14-2008
12. Шумілов Ю. А. Шум і вібрація електричних машин. Конспект лекцій – електронний варіант. – 2006. – 76 с: ил.
13. Лазарону Д.Ф. и Бикир Н. Шум электрических машин и трансформаторов. Пер. с рум. М., «Энергия», 1973. С. 271 с. ил.
14. Вибрации энергетических машин. Справочное пособие. Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. В. Григорьева. Л., „Машиностроение“, (Ленингр. отд. ние), 1974. 464 с.
15. Вибрация и шум электрических машин малой мощности/ Л. В. Волков,

16. Г. Н. Никифорова, Е. Е. Чаадаева, К. Н. Явленский, А. К. Явленский. – Л.: Энергия, Ленингр. отделение, 1979. – 206 с., ил.
17. Волков Л.К. и др. Вибрация и шум электрических машин малой мощности / Л.К. Волков и др. – Л.: Энергия, 1979. – 206 с.
18. Геллер Б. Высшие гармоники в асинхронных машинах / Б. Геллер, В. Гамата. – М.: Энергия, 1981. – 352 с.
19. Гемке Р.Г. Неисправности электрических машин / Р.Г. Гемке [под ред. Р. Б. Уманцева]. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.
20. Русов В.А. "Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам" 2012 г, гл.3. [Электронный ресурс] / Режим доступа до статті: <https://vibrocenter.ru/book8.htm>.
21. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам [Электронный ресурс] / В.А. Русов // Режим доступа до статті: https://vibrocenter.ru/demo/vibro2012_3.pdf.
22. Барков А.В. Современное состояние технических средств анализа вибрации [Электронный ресурс] / А.В. Барков, Н.А. Баркова, П.П. Якобсон // Режим доступа до статті: <http://www.vibrotek.com/russian/articles/ts/index.htm>.
23. Надійність електричних машин: Вібрації та шуми електричних машин: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ., які навчаються за освітньою програмою "Електричні машини і апарати" / КПІ ім. І. Сікорського; уклад.: О.А. Гераскін. – Електронні текстові дані (1 файл: 10 Мбайт). – Київ: КПІ ім. І. Сікорського, 2019. – 108 с.
24. Брюль и Кьер. Шум окружающей среды [Электронный ресурс] / Режим доступа до книги: bruel.ru/UserFiles/File/ENV.pdf.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела) |
|-------|--|
| 1 | <p><u>Лекція 1</u></p> <p style="text-align: center;">ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.</p> <p style="text-align: center;">ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ЗВУКУ, ШУМУ І ВІБРАЦІЇ</p> <p>Тема 1. Звук. Основні поняття. Визначення поняття "Звук". Характеристики звуку.</p> <p>Тема 2. Фізичні параметри звуку. Гучність звуку. Рівень гучності. Оддиниці вимірювання звуку. Закон Вебера-Фехнера. Основні акустичні одиниці вимірювання звуку. Довжина звукової хвилі. Література: [1], с.11, [2].</p> <p>дистанційний курс "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин", лекція 4, https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3143</p> |
| 2 | <p><u>Лекція 2</u></p> <p>Тема 3. Шум.</p> |

| | |
|---|--|
| | <p>Класифікація шуму. Тема 4. Вібрація. Параметри вібрації. Тема 5. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації. Повний акустичний опір. Питомий акустичний опір. Коливальний тиск. Взаємозв'язок між гармонічними зміщенням, швидкістю і прискоренням. Випромінювання шуму. (Шубов стр. 8) Література: [1], с.4-8. Завдання на СРС: Вплив шуму і вібрації на організм людини. Література: [1], с.11, [2].</p> |
| 3 | <p>Лекція 3 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ДЖЕРЕЛА ШУМУ ТА ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН Тема 1. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами. Характеристика джерел шуму та вібрації електричних машин. (Шубов стр. 12) Тема 2. Методи розділення джерел шуму та вібрації. Характеристика методів розділення джерел шуму та вібрації. Література: [1], с.12-16.</p> |
| 4 | <p>Лекція 4 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. РОЗРАХУНОК ВІБРАЦІЇ І ВИПРОМІНЮВАНОВОГО ШУМУ Тема 1. Динамічна модель електричної машини. (Шубов стр. 16) Метод електромеханічної аналогії. (Шубов стр. 18) Поняття “избирательный резонанс”. Методи “отстройки” від резонансів. Завдання на СРС: Одномасова, двомасова і трьохмасова коливальні системи. Література: [1], с.20-27. Тема 2. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами. Література: [1], с.29-36.</p> |
| 5 | <p>Лекція 5 Тема 3. Випромінювання магнітного шуму корпусом машини. Література: [1], с.29-36.</p> |
| 6 | <p>Лекція 6 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 4. МАГНІТНИЙ ШУМ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ Тема 1. Магнітне поле в повітряному проміжку АД (Шубов стр. 39) Радіальні і тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Література: [1], с.39-43. Тангенціальні сили, що створюються магнітними полями. Література: [1], с.45-46. Завдання на СРС: Вибір кількості пазів короткозамкненого ротора. Література: [1], с.50-55.</p> |
| 7 | <p>Лекція 7 Тема 2. Магніострикція. Особливості магніострикційних процесів в АД. Тема 3. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум. Тема 4. Вібрація крупних багатополосних асинхронних двигунів. Література: [1], с.72-77.</p> |

| | |
|----|---|
| | Модульна контрольна робота (частина 1). |
| 8 | <p><u>Лекція 8</u></p> <p style="text-align: center;">ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. МАГНІТНИЙ ШУМ СИНХРОННИХ МАШИН</p> <p>Тема 1. Вібрація статора двополюсного турбогенератора.</p> <p>Тема 2. Вібрація статора гідрогенератора</p> <p>Література: [1], с.77-82.</p> <p>Завдання на СРС: Результати вимірювання шуму і вібрації синхронних машин.</p> <p>Література: [1], с. 88-90.</p> <p>Тема 3. Вібрація статорних обмоток</p> <p>Література: [1], с. 90-92.</p> |
| 9 | <p><u>Лекція 9</u></p> <p style="text-align: center;">ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6. МАГНІТНИЙ ШУМ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ</p> <p>Тема 1. Основні причини магнітного шуму машин постійного струму.</p> <p>Власні коливання ярма.</p> <p>Прямий паз по довжині якоря, ексцентричний повітряний проміжок під полюсом.</p> <p>Тема 2. Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.</p> <p>Скошений паз по довжині якоря, рівномірний повітряний проміжок під полюсом.</p> <p>Вплив навантаження на магнітний шум машин постійного струму.</p> <p>Вплив деяких технологічних відхилень на магнітний шум машин постійного струму.</p> <p>Література: [1], с.93-105.</p> |
| 10 | <p><u>Лекція 10</u></p> <p style="text-align: center;">ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 7. АЕРОДИНАМІЧНИЙ ШУМ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН</p> <p>Тема 1. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах.</p> <p>Шум вентилятора.</p> <p>Шум, що виникає від обертання ротора.</p> <p>Література: [1], с.105-113.</p> <p>Тема 2. Застосування глушителів шуму.</p> <p>Література: [1], с.113-116.</p> <p>Завдання на СРС:</p> <p>Аеродинамічний шум машин різного виконання.</p> <p>Література: [1], с.116-118.</p> |
| 11 | <p><u>Лекція 11</u></p> <p style="text-align: center;">ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 8. ВІБРАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН, ЩО ЗБУДЖУЄТЬСЯ ДЖЕРЕЛАМИ МЕХАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ</p> <p>Тема 1. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками.</p> <p>Вимоги до конструкції і виробництва підшипників.</p> <p>Загальні відомості про підшипники кочення.</p> <p>Вимоги до конструкції і виробництва підшипників.</p> <p>Література: [1], с.152-159.</p> <p>Тема 2. Джерела вібрації підшипників кочення.</p> <p>Вплив струмів і магнітних полів на вібрацію підшипників кочення. Вібрація підшипників ковзання.</p> <p>Основні види ушкодження підшипників. (презентація 3.1, 3.2 и 3.5)</p> <p>Література: [1], с.159-163, [2,3].</p> <p>Тема 3. Шум щіткового апарата.</p> |

| | |
|----|---|
| | <p>Причини шуму щіткового апарата Шум ковзного контакту. Література: [1], с.164-166.</p> <p>Тема 4. Віброакустична активність джерел механічного походження. Зниження віброакустичної активності джерел механічного походження [3]. Удари в кінематичних парах. Незрівноваженість обертових мас. (Дидьковський, Матеух) Література: [3], с.102-105, с.102-105.</p> <p>Модульна контрольна робота (частина 2).</p> |
| 12 | <p>Лекція 12 ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 9. ВИМІРЮВАННЯ ШУМУ І АНАЛІЗ СИГНАЛІВ ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН</p> <p>Тема 1. Умови і методи вимірювання шуму електричних машин. Вимірювальна апаратура. Література: [1], с.174-178. Встановлення і режим роботи досліджуваної машини. Нормування вібрації машин. Література: [1], с.178-182.</p> |
| 13 | <p>Лекція 13</p> <p>Тема 2. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації. Вібрація, її вимір і аналіз</p> <p>Тема 3. Датчики вібрації. (Презентація) Види датчиків вібрації. (Література) Основні елементи конструкції і принцип дії датчиків віброприскорення і віброшвидкості. (презентація 1.1 і 1.2)</p> <p>Тема 4. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин. (Презентація) Сучасні прилади для вимірювання вібрації електричних машин. Їх основні характеристики. (Література)</p> <p>Література: [4], [6].</p> |
| 14 | <p>Лекція 14 Тема 5. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу</p> <p>Література:</p> |

Комп'ютерні практикуми

| № з/п | Назва комп'ютерного практикуму |
|-------|---|
| 1 | Обробка і дослідження сигналів датчиків вібрації асинхронного двигуна в програмі Aut (2 години) |

| | |
|---|--|
| | дистанційний курс "Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин", навчальний посібник до к.п., https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3143 |
| 2 | Обробка і дослідження сигналів датчиків вібрації асинхронного двигуна в програмі DeerpSea (2 години) |
| 3 | Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням основних елементів в програмі National Instruments LabView. (2 години) |
| 4 | Моделювання і обробка сигналу датчика вібрації АД із використанням елементів Simulate Signal і Spectral Measurements в програмі National Instruments LabView. (2 години) |
| 5 | Спектральна обробка сигналів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності ушкоджень стержнів ротора в програмах Comsol Multiphysics і MatLab. (4 години) |
| 6 | Дослідження методами математичного моделювання спектрів електромагнітних вібробуджуючих сил асинхронного двигуна: неушкодженого і при наявності статичного ексцентриситета ротора в програмах Comsol Multiphysics і MatLab. (4 години) |
| 7 | Колоквіум по захисту лабораторних робіт (2 години) |

6. Самостійна робота студента

| №з/п | Вид самостійної роботи | Кількість годин СРС |
|------|--|---------------------|
| 1 | Завдання для СРС 1. Вплив шуму і вібрації на організм людини. | 1 |
| 2 | Завдання для СРС 2. Одномасова, двомасова і трьохмасова коливальні системи. | 1 |
| 3 | Завдання для СРС 3. Вибір кількості пазів короткозамкненого ротора. | 1 |
| 4 | Підготовка до модульної контрольної роботи (частина 1) | 2 |
| 5 | Завдання для СРС 4. Результати вимірювання шуму і вібрації синхронних машин. | 1 |
| 6 | Завдання для СРС 5. Аеродинамічний шум машин різного виконання. | 1 |
| 7 | Підготовка до модульної контрольної роботи (частина 2) | 2 |
| 8 | Підготовка до екзамену | 36 |

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання комп'ютерних практикумів з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до заліку;

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни **"Надійність електричних машин" ч. 2 "Вібрації та шуми електричних машин"**;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

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

Поточний контроль: написання МКР, виконання комп'ютерних практикумів

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: мінімальна оцінка за кожну МКР 6 балів, виконання і захист усіх комп'ютерних практикумів, семестровий рейтинг більше 40 балів.

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 |

Оскільки дисципліна складається з 2-х частин, то є певні особливості в оцінюванні студентів. Зокрема, бали набрані в частині 1, діляться на 2 і сумуються до балів, набраних в частині 2. Таким чином в кожній частині студент може набрати 30 балів з 60 балів стартового рейтингу до екзамена.

Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів. Екзаменаційна складова шкали R_e всього курсу дорівнює 40% від загальної рейтингової шкали - 40 балів:

Стартовий рейтинг в 60 балів складається з балів, що студент протягом семестру отримує за:

1. Написання модульних контрольних робіт: $2 \cdot 10 = 20$ балів
2. Виконання та захист 6 комп'ютерних практикумів: 40 балів;
5. Відповідь на екзамені – 40 балів.

| Критерії нарахування балів: | |
|--|--|
| 1. Результати написання модульних контрольних робіт: 2*10б=20 балів. | <p><i>Інформація про структуру МКР:</i> <i>За повністю правильно написано МКР =10 балів</i> <i>В білеті 5 питань:</i> <i>1 питання - складне питання 4 бали.</i> <i>2 питання - питання середньої складності 3 бали.</i> <i>3 питання – 3 простих питання по 1 балу = 3 бали</i> <i>В одному простому питанні може бути декілька простих запитань.</i> <i>Для зарахування МКР необхідно її написати на 6 балів і більше!</i></p> <p><i>Оцінювання питання на 4 бали:</i> <i>4 бали - повна обґрунтована відповідь;</i> <i>2 ...3 бали – недостатньо обґрунтована відповідь.</i> <i>Студент має можливість переписувати МКР достатню кількість разів, доки не напише МКР на достатню кількість балів.</i></p> |
| 2. Виконання та захист 6 комп'ютерних практикумів: 40 балів; | <ul style="list-style-type: none"> • по 5 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерного практикумів 1, 2, 3, 4. • по 10 балів — повне виконання і вчасний захист кожного комп'ютерного практикумів 5, 6. <p><i>Оцінювання к.п. на 10 балів:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 балів — повне виконання і вчасний захист комп'ютерного практикуму • 0...5 балів — неповне або часткове виконання комп'ютерного практикуму. |
| Умови отримання першої атестації: | <p>набрано 50% (10 б) з того, що можна набрати (20 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> • написано МКР 1 на оцінку не менше 6 б: 10 б • зроблено і захищено к.п. 1 і 2: 10 б |
| Умови отримання другої атестації: | <p>набрано 50% (20 б) з того, що можна набрати (40 б):</p> <ul style="list-style-type: none"> • написано кожну МКР 1 і МКР 2 на оцінку не менше 6 б: 20 б • зроблено і захищено к.п. 1...4: 20 б |

| | |
|---|---|
| <p>Штрафні та заохочувальні бали:</p> <ul style="list-style-type: none"> • участь у модернізації комп'ютерних практикумів: + 1...6 балів; <p>Сумарна кількість як штрафних, так і заохочувальних балів не повинна перевищувати $0,1R_C = 6$ балів (для PCO-2, екзамен) або $0,1R = 10$ балів (для PCO-1, залік).</p> | |
| <p>Критерії допуску студентів до екзамену з дисципліни частина 1:</p> | <ul style="list-style-type: none"> • набрати стартовий рейтинг R_C не менше 40 балів з 60 балів; • виконати і захистити всі комп'ютерні практикуми з даної дисципліни; • написати кожну з МКР 1 і МКР 2 на оцінку, не менше 6 балів (60%) з 10 балів. |
| <p>Проведення екзамену з дисципліни частина 1 і 2:</p> <p>На екзамені студент може набрати 10 балів з ч.1 дисципліни і 30 балів з ч.2 дисципліни. Питань на екзамені з курсу частини 2 «Надійність електричних машин» більше тому що в частині 2 відсутні модульні контрольні роботи.</p> <p>Рейтингова шкала з дисципліни складає:</p> $R = R_C + R_e = 30 + 10 = 40 \text{ балів.}$ <p>На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. На екзамені в білеті 4 питання по 10 балів кожне:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. питання з дисципліни частина 1 (теоретичне питання) 2. питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання) 3. питання з дисципліни частина 2 (теоретичне питання) 4. питання з дисципліни частина 2 (задача) <p>Критерії оцінювання екзаменаційної контрольної роботи:</p> <p>Кожне запитання (завдання) оцінюється у 10 балів за такими критеріями:</p> <ul style="list-style-type: none"> • «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 10-9 балів; • «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 8-7 балів; • «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 7-6 балів; • «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів. <p>Оцінка "автоматом" не виставляється бо з дисципліни екзамен (PCO-2). Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:</p> | |

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

Тема 1. Звук. Основні поняття.

Тема 2. Фізичні параметри звуку.

Тема 3. Шум.

Тема 4. Вібрація.

Тема 5. Загальні відомості про генерування шуму і вібрації.

Тема 6. Загальна характеристика випромінювання шуму електричними машинами.

Тема 7. Методи розділення джерел шуму та вібрації.

- Тема 8. Динамічна модель електричної машини.
- Тема 9. Вібрація статорів, що збуджується електромагнітними силами.
- Тема 10. Випромінювання магнітного шуму корпусом машини.
- Тема 11. Магнітне поле в повітряному проміжку АД
- Тема 12. Магнітострикція.
- Тема 13. Вплив технологічних і конструктивних факторів на магнітний шум.
- Тема 14. Вібрація крупних багатополюсних асинхронних двигунів.
- Тема 15. Вібрація статора двополюсного турбогенератора.
- Тема 16. Вібрація статора гідрогенератора
- Тема 17. Вібрація статорних обмоток
- Тема 18. Основні причини магнітного шуму машин постійного струму.
- Тема 19. Додаткові причини магнітного шуму машин постійного струму.
- Тема 20. Утворення аеродинамічного шуму в електричних машинах.
- Тема 21. Застосування глушителей шуму.
- Тема 22. Вібрація електричних машин, що збуджується підшипниками.
- Тема 23. Джерела вібрації підшипників кочення.
- Тема 24. Шум щіткового апарата.
- Тема 25. Віброакустична активність джерел механічного походження
- Тема 26. Умови і методи вимірювання шуму електричних машин.
- Тема 27. Інтелектуальні системи моніторингу та діагностики машин по вібрації.
- Тема 28. Датчики вібрації.
- Тема 29. Прилади для вимірювання вібрації електричних машин.
- Тема 30. Спектральна обробка сигналів датчиків вібрації в машинах роторного типу.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н. Гераскіним О. А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 12 від 30.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)