

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра «Електричні машини»
(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри «Електричні машини»
(назва кафедри)

Володимир МЛІХ
(підпис) (ініціали та прізвище)

22 вересня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ШУМИ І ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий (магістерський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань 14 Електрична інженерія
(шифр і назва)

спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

освітня програма Електромеханіка
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни професійна підготовка, вибіркова
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання денна
(денна / заочна/дистанційна)

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни
ШУМИ І ВІБРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Розробники:

доцент, PhD

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Лариса ШИЛКОВА

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

«Електричні машини»

(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

Протокол від «22» вересня 2021 року № 3

Завідувач кафедри

(підпис)

Володимир МІЛИХ

(ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Шифр та назва освітньої програми	ПІБ Гаранта ОП	Підпис, дата
141.2 Електромеханіка	Володимир МІЛИХ	
	Євген БАЙДА	

Голова групи забезпечення

спеціальності _____ Олександр ЛАЗУРЕНКО

(ПІБ, підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри-розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Гарант освітньої програми

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою робочої програми навчальної дисципліни є підготовка бакалаврів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», одержання майбутніми магістрами теоретичних і практичних знань в області використання методів аналізу шумів та вібрацій електричних машин та шляхів їх усунення

Компетентності

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Готовність та здатність високоякісно виконувати роботу як самостійно так і колективно та приймати рішення в межах своїх професійних знань та компетенцій, працюючи в команді. Здатність використовувати знання з метрології та електричних вимірювань, теорії автоматичного керування та електроніки для вирішення задач із вимірювання та аналізу шумів та вібрацій електричних машин. Оволодіти знаннями щодо основних відомостей з фізичної та фізіологічної акустики, джерел шумів і вібрацій електричних машин, основних методів розрахунку, вимірювання, діагностики та засобів усунення шумів і вібрацій електричних машин.

ПКс6-1, ПК-5, ПК-6, ПК-8, ЗК-6, ЗК-7, ЗК-8.

Результати навчання

Вміння визначати джерела шумів і вібрацій електричних машин, розраховувати, виміряти та усувати вібрації електричних машин. Обізнаність щодо нових досягнень теорії шумів і вібрацій електричних машин.

РНс6-1, РН-1, РН-4, РН-5, РН-11, РН-13.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
Освітня програма підготовки бакалаврів	Виконання дипломного проекту

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль			
	Всього (годин) / кредитів ECTS	З них		Лекції	Лабораторні заняття			Практичні заняття, семінари	Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік	Екзамен
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)								
1	90/3	48	42	32	–	16	Р	2	+		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 53,3 %.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
Змістовий модуль № 1. Основні відомості з фізичної, фізіологічної та вимірювальної акустики				
1	Л	2	Тема 1. Вступ. Основні поняття акустики. Актуальність проблеми дослідження шуму і вібрації електричних машин. Вплив шуму і вібрації на організм людини. Основні поняття акустики (звук, шум, звукове поле, вібрація). Класифікація шумів залежно від природи джерела.	1– 6
2	Л	2	Тема 2. Фізичні характеристики звуку. Звуковий тиск, звукова потужність, інтенсивність звуку, швидкість звуку, довжина звукової хвилі, частота звуку, віброшвидкість, віброприскорення, вібропереміщення. Зв'язок між звуковим тиском потужністю і інтенсивністю звуку. Звуковий тиск і інтенсивність звуку при одночасній дії кількох джерел звуку. Зв'язок звукового тиску і інтенсивності звуку з віброшвидкістю.	1– 6
3	Л	2	Тема 3. Фізіологічні характеристики звуку. Зона слухового сприйняття, гучність звуку, висота звуку, тембр звуку. Зв'язок фізіологічних характеристик з фізичними.	1– 6
4	Л	2	Тема 4. Коливання механічних систем із зосередженими параметрами. Вільні та вимушені коливання механічних систем із зосередженими параметрами. Рівняння вільних і вимушених коливань в системі із зосередженими параметрами з одним ступенем свободи та види їх вимірювання. Амплітуда коливальної швидкості системи із зосередженими параметрами з одним ступенем свободи при наявності в'язкого тертя. Механічний опір. Резонанс в системах із зосередженими та розподіленими параметрами.	1– 6

1	2	3	4	5
5	Л	2	Тема 5. Одиниці виміру шуму і вібрації. Децибел, фон, декада, октава. Рівні звукової потужності, інтенсивності звуку, звукового тиску, гучності, звуку, віброшвидкості та віброприскорення. Зв'язок між рівнями звукової потужності, інтенсивності звуку і звукового тиску. Рівні звукового тиску та інтенсивності звуку при одночасній дії кількох джерел звуку. Зв'язок рівней звукового тиску і інтенсивності звуку з рівнем віброшвидкості. Зв'язок рівнів віброшвидкості та віброприскорення.	1– 6
6	Л	2	Тема 6. Коливання кругового кільця. Власні форми і власні частоти вигибних коливань вільного кругового кільця. Розрахунок коливань вільного кругового кільця. Зміна власних форм і власних частот коливань вільного кругового кільця при його жорсткому закріпленні у двох точках.	1– 6
7	Л	2	Тема 7. Поперечні (вигібні) коливання валів, що обертаються. Моделювання валів змінного перерізу при дослідженні їх вигибних коливань. Рівняння руху невагомого валу з диском, що обертається в жорстких підшипниках (без тертя), і вид його вирішення. Залежність динамічного прогину невагомого валу з диском, що обертається в жорстких підшипниках, від частоти обертання. Резонанс вигибних коливань невагомого валу з диском. Критична частота обертання валу. Відміна власних форм коливань невагомих валів з диском, що обертаються в жорстких і пружних дисках.	1– 6
8	Л	2	Тема 7. Поперечні (вигібні) коливання валів, що обертаються. Власні форми і власні частоти вигибних коливань валів з розподіленою масою (постійного перерізу), що обертаються в жорстких та пружних підшипниках. Жорсткі і пружні вали. Критична частота обертання другого роду.	1– 6
Практичні заняття.				
9	ПЗ	2	Заняття 1. Розрахунок фізичних характеристик шуму. Розрахунок коливань механічних систем із зосередженими параметрами.	1– 6
10	ПЗ	2	Заняття 2. Розрахунок рівнів фізичних характеристик шуму і вібрації. Розрахунок власних частот коливань кругового кільця.	1– 6
11	ПЗ	2	Заняття 3. Розрахунок критичних частот обертання валів. Аналіз загальних стандартів щодо шуму і вібрації.	1– 6
12	ПЗ	2	Заняття 4. Аналіз стандартів щодо шуму електричних машин. Аналіз стандартів щодо вібрації електричних машин.	1– 6

1	2	3	4	5
Змістовий модуль № 2. Розрахункові методи аналізу шуму і вібрації електричних машин				
13	Л	2	Тема 8. Загальні відомості про джерела шуму і вібрації електричних машин. Джерела шуму і вібрації електричних машин. Фактори, що впливають на співвідношення джерел шуму і вібрації в електричних машинах. Розподілення джерел шуму і вібрації в електричних машинах. Розподілення джерел шуму і вібрації електричних машин методами послідовного вилучення (ослаблення) джерел і спектрального аналізу.	1– 6
14	Л	2	Тема 9. Магнітний шум і магнітна вібрація асинхронних двигунів. Розрахунок магнітних сил у повітряному проміжку методом гармонічних провідностей. Магніторушійні сили обмоток статора і ротора. Магнітна провідність повітряного проміжку. Магнітне поле у повітряному зазорі. Радіальні та тангенціальні сили, що створюються магнітними полями.	1– 6
15	Л	2	Тема 9. Магнітний шум і магнітна вібрація асинхронних двигунів. Розрахунок магнітної вібрації корпусу асинхронного двигуна. Фактори, що впливають на магнітний шум і магнітну вібрацію асинхронних двигунів (скіс пазів, ексцентриситет повітряного проміжку, насичення сталі, нерівномірність розподілення струмів у обмотці з кількома паралельними вітками, несинусоїдальність напруги і струму, несиметрія струмів у фазах обмотки статора, технологічні та конструктивні фактори).	1– 6
16	Л	2	Тема 10. Вібрація електричних машин, що збуджується механічною нерівновагою ротора. Інженерні методи розрахунку частот обертання жорсткого ротора (метод Фрідмана, приблизні методи).	1– 6
17	Л	2	Тема 10. Вібрація електричних машин, що збуджується механічною нерівновагою ротора. Види нерівноваги жорстких роторів. Розрахунок вібрації електричних машин, зумовленої нерівновагою ротора. Послаблення вібрації на критичній частоті обертання другого роду.	1– 6
18	Л	2	Тема 11. Балансування роторів електричних машин. Основні поняття. Статичне і динамічне балансування.	6– 7
19	Л	2	Тема 12. Вібрація і шум електричних машин, що збуджуються підшипниками кочення. Джерела і частоти вібрації підшипників кочення. Розрахунок вібрації, що збуджується підшипниками кочення. Розрахунок підшипникового шуму.	1– 6

1	2	3	4	5
20	Л	2	Тема 13. Вентиляційний шум електричних машин. Причини виникнення вентиляційного шуму. Розрахунок вентиляційного шуму. Фактори, що впливають на вентиляційний шум.	1– 6
Практичні заняття.				
21	ПЗ	2	Заняття 1. Розрахунок власних частот коливань корпусу електричної машини. Розрахунок частот збуджуючих магнітних сил.	1– 6
22	ПЗ	2	Заняття 2. Розрахунок магнітної вібрації корпусу електричної машини. Розрахунок магнітного шуму.	1– 6
23	ПЗ	2	Заняття 3. Розрахунок критичних частот обертання ротора електричної машини. Розрахунок вібрації електричної машини на частоті обертання ротора.	1– 6
24	ПЗ	2	Заняття 4. Вимірювання вібрації та шуму електричних машин. Балансування ротора електричної машини та центрівка машини в агрегаті.	1– 7
Самостійна робота.				
33	СР	42	Самостійне опрацювання студентами різних тем та індивідуальних завдань, виконання контрольних робіт.	1– 6
Разом (годин)		90		

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	8
2	Підготовка до практичних занять	4
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	8
4	Виконання індивідуального завдання:	20
5	Інші види самостійної роботи	2
	Разом	42

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання

Розрахунковий аналіз магнітного шуму і механічної вібрації асинхронного двигуна

(вид індивідуального завдання)

Етап виконання індивідуального завдання	Номер навчального тижня
1. Видача завдання	3
2. Розрахунок власних частот коливань статора	4
3. Розрахунок частот збуджуючих магнітних сил	5
4. Розрахунок магнітної вібрації статора	6
5. Розрахунок магнітного шуму	7
6. Розрахунок критичної частоти обертання ротора	9
7. Розрахунок вібрації, збудженої механічною нерівноваженістю ротора	10
8. Розрахунок вібрації, збудженої підшипниками кочення	11
9. Розрахунок магнітної вібрації двигуна на частоті обертання ротора	12
10. Розрахунок механічної вібрації на частоті обертання ротора	13
11. Оформлення звіту	14
12. Захист завдання	15

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Використовуються методи навчання (активні форми проведення занять, методи взаємодії між викладачем та студентами): лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, співбесіда, консультація.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі опитування на лекціях та практичних заняттях, у формі контролю виконання індивідуальних завдань, проведення контрольних модульних робіт.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента, проводиться шляхом перевірки конспектів.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену по контрольних питаннях відповідно до навчального плану в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, що встановлені навчальним планом з урахуванням результатів поточної успішності.

Результати поточного контролю (поточна успішність) безпосередньо враховуються для виставлення оцінки з даної дисципліни.

Семестровий контроль може проводитися як в письмовій так і усній формі

Студент вважається допущеним до складання екзамену з навчальної дисципліни за умови захисту індивідуального завдання, захисту звітів із практичних занять, передбаченого навчальною програмою із дисципліни.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Розподіл балів для оцінювання успішності студента

Контрольні роботи		Розрахункове завдання (Р)	Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2			
20	20	20	40	100

Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	відмінно
82-89	B	добре
75-81	C	
64-74	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розширений план лекцій, плани практичних занять, завдання для самостійної роботи, питання для поточного та семестрового контролю знань і вмінь студентів знаходяться за посиланням:

<http://web.kpi.kharkov.ua/elmash/metodichne-zabezpechennya/>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Шубов Г.И. Шум и вибрация электрических машин.-Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд., 1986. –208 с.
2. Кучер В.Я. Вибрация и шум электрических машин. Письменные лекции.-СПб.: СЗТУ, 2004. – 55 с.
3. Ключкин И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах.- Л.: Судостроение, 1971. – 416 с.
4. Колесников А.Е. Шум и вибрация: Учебник.- Л.: Судостроение, 1988. – 248 с.
5. Бойко Е.П. и др. Асинхронные двигатели общего назначения.-М.: Энергия, 1980. – 88 с.
6. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин.- М.: Машиностроение, 2000. – 344 с.
7. Гусаров А.А. Балансировка роторных машин.-М., Наука, 2004. Кн.1. – 267 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

(перелік інформаційних ресурсів)

1. Офіційний сайт НТУ «ХП» / Режим доступу: <http://web.kpi.kharkov.ua/elmash>
2. Електронний каталог і репозитарій НТУ «ХП». – Режим доступу: <http://repository.kpi.kharkov.ua/>