

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

Кафедра «Електричні машини»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Електричні машини» _____ Володимир МІЛИХ
(підпис)

22 вересня 2021 року, протокол № 3

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАДІЙНІСТЬ ТА ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ
ПРИСТРОЇВ

рівень вищої освіти – другий (магістерський)

галузь знань – 14 Електрична інженерія

спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

освітня програма – «Електромеханіка»

вид дисципліни – професійна підготовка, вибіркова

форма навчання – денна

Харків – 2021 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

«НАДІЙНІСТЬ І ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ»

Розробник:

професор кафедри електричних машин,
докт. техн. наук, доцент

Валентина ШЕВЧЕНКО

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри «Електричні машини»

Протокол № 3 від «22» вересня 2021 року

Завідувач кафедри «Електричні машини» _____ Володимир МІЛИХ

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Шифр та назва освітньої програми	ПІБ Гаранта ОП	Підпис, дата
Освітньо-професійна програма «Електромеханіка» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Мілих Володимир Іванович	

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	Голови груп забезпечення спеціальностей

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

Метою робочої програми навчальної дисципліни є підготовка магістра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», що передбачає формування бази теоретичних і практичних знань в області діагностування технічного стану електрообладнання (ЕО) електричних станцій та промислових підприємств, в складанні програми його обстеження з метою забезпечення надійної експлуатації, надійного виконання монтажу та обслуговування; формування у студентів знань про окремі види ЕО та їх конструкції, про сучасні способи діагностики і випробувань ЕО, встановлення можливості подальшої експлуатації в межах встановленого строку експлуатації та після його закінчення.

Компетентності, які мають бути сформовані у студентів в процесі вивчення даної дисципліни:

– здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми, розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електромеханіки, що передбачає вміння застосовувати теорії та методи електротехніки, фізики й електромеханіки в умовах комплексності їх використання та невизначеності умов, використовувати базові знання з фізики, математики та електротехніки для вирішення практичних задач в галузі електромеханіки;

– здатність дотримуватись в проектах електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування міжнародних стандартів і норм; знати та вміти виконувати технічні умови, використовувати методи аналітичного представлення експериментальних даних; використовувати задачі та методи конструювання на практиці;

– вміти використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання та аналізу режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і проектування електроенергетичних та електромеханічних систем, використовувати комп'ютерні системи автоматизованого проектування, проектувальні підсистеми САПР;

– вміти виконувати діагностику і випробування ЕО на базі підприємства – виробника та на місці експлуатації, використовувати знання сучасного стану теорії надійності; знати показники та кількісні характеристики надійності; основні показники довговічності та ремонтпридатності; закони розподілу, що використовуються при розрахунках надійності; аналізувати режими роботи електрообладнання та прогнозувати можливі шляхи розвитку дефектів при різних режимах експлуатації;

– вміти виконувати діагностику і випробування ЕО, аналізувати показники діагностичних приладів, використовувати знання з методики визначення надійності відновлюваних та невідновлюваних систем із різними видами резервування; методи оцінки надійності за результатами випробувань; статистику відмов різних видів машин та основні види їх пошкоджень; способи підвищення надійності електричних машин;

– вміти оцінювати характеристики і обирати нові типи сучасного ЕО з урахуванням можливих режимів та особливостей експлуатації, аналізувати стан і перспективи розвитку електротехнологічних засобів створення та обслуговування електрообладнання.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування наступних компетенцій, ЗК-1-ЗК3, ЗК-7, ЗК-5, ПК-1, ПК-5, ПК-8, ПКс6-1, ПКс6-2, ПКс6-5; ПКс6-6

Результати навчання: Магістр повинен вміти:

– оцінювати стан електромеханічного обладнання на базі сучасних методів проведення його діагностики, обирати нові типи електрообладнання та електроприводів, оцінювати їхні характеристики, визначати принципи побудови та нормального

функціонування елементів електроенергетичних, електротехнічних електромеханічних комплексів та систем;

– розраховувати показники надійності, довговічності та ремонтпридатності; користуватись законами розподілу при розрахунках надійності; оцінювати надійність за експериментальними даними; визначати надійність електричних машин (ЕМ);

– знати правила виготовлення та експлуатації електромеханічного ЕО, технологію та організацію робіт по розрахункам, проектуванню, монтажу, обслуговуванню і налагоджуванню ЕО, наслідувати зразки дій, стратегії та тактики розв'язання професійних завдань досвідченими працівниками у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;

– будувати моделі експлуатаційної надійності ЕМ; користуватись методиками прискорених випробувань ЕМ, виконувати задачі з технічного обслуговування електроустаткування за допомогою відповідних інструкцій та практичних навичок;

– знати та вміти складати програми загальних та спеціальних випробувань ЕМ. РН-1 – РН-7; РН-11 – РН-15

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
1. Фізика	1. Проектування електричних машин
2. Вища математика	2. Перспективи застосування надпровідності в електромеханіці
3. Електропостачання промислових підприємств	3. Моделювання електромеханічних об'єктів і систем
4. Теоретичні основи електротехніки	4. Міжнародна економіка
5. Теоретична механіка	5. Теплові розрахунки в електричних машинах
6. Електричні машини	6. Випробування, експлуатація і ремонт електричних машин
7. Електричні апарати	7. Охорона праці
8. Електромагнітні перехідні процеси	8. Екологічна безпека
9. Іноземна мова за фахом	9. Виконання дипломної роботи магістра
10. Основи метрології та електричних вимірювань	
11. Теорія автоматичного керування	
12. Теорія електромагнітних полів і процесів в електротехніці	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин)/кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття,			Залік	Екзамен
9	180/6	80	100	32	-	48	РГ	1	-	+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 44 %.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
Змістовий модуль № 1				
Надійність електрообладнання				
1	Л, ПЗ	4	Тема 1. Поняття надійності в теорії електричних машин: надійність, працездатність, відмова, несправності, напрацювання, безвідмовність. Інтенсивність відмов як міра надійності електрообладнання. Відмови електрообладнання в теорії надійності. Резервування та підвищення запасів міцності, як шлях підвищення надійності. Service-factor в електромашинобудуванні. Особливості експлуатації електрообладнання при підвищеній температурі, перенапрузі, в агресивних середовищах та ін.	1,2, 5,6, 10
	ПЗ	2	Особливості вибору матеріалів для електрообладнання, що працює в особливих умовах.	
	Л, ПЗ	4	Тема 2. Методи теорії вірогідності та математичної статистики, що використовуються для підвищення надійності електричних машин (вірогідність та істинна вірогідність відмов). Параметри, які встановлюють гарантійний строк роботи електрообладнання. Типи відмов електрообладнання: припрацьовочні відмови; відмови, що викликані зносом окремих частин електричної машини; раптові відмови під час нормальної експлуатації. Сучасне ставлення до системи ППР для великих електричних машин.	2,4, 10,14

1	2	3	4	5
	Л, ПЗ	4	Кількісні характеристики надійності електричних машин: розрахунок вірогідності безвідмовної роботи на протязі заданого проміжку часу, частоти та інтенсивність відмов: середнє напрацювання до першої відмови; щільність вірогідності відмови. Складання програми планово-попереджувальних ремонтів (ППР).	2,4, 5
	Л, ПЗ	4	Тема 3. Періоди роботи електрообладнання: період приробки, нормальної експлуатації, період зносу. Припрацьовочні відмови обладнання. Особливості оцінки періодів роботи турбо- та гідрогенераторів. Параметри, що впливають на надійність електрообладнання під час та після виготовлення. Попередження помилок при замовленні, конструюванні і виготовленні обладнання. Пропозиції щодо виключення ризиків при транспортуванні обладнання на місце монтажу, при монтажі та налагодженні обладнання.	
	ПЗ	2	Розгляд можливих помилок та попередження ризику їх появи при проектуванні на прикладі асинхронного двигуна та двигуна постійного струму.	
1	Л, ПЗ	4	Тема 4. Ремонтоздатність, як умова забезпечення виконання профілактичного та поточного обслуговування електрообладнання. Вплив на ремонтоздатність розрахунково-конструкторських та експлуатаційних факторів. Коефіцієнт готовності обладнання, довірчі інтервали. Шляхи та засоби зниження помилок при експлуатації електрообладнання.	4,7, 8
	Л, ПЗ	4	Розрахунок надійності системи (обладнання), що складається з послідовно та паралельно з'єднаних елементів на прикладі синхронного генератора та супутнього обладнання на тепловій станції.	
Змістовий модуль № 2				
Експлуатація, ремонт та обслуговування електрообладнання на станціях і промислових підприємствах				
2	Л, ПЗ	4	Тема 5. Встановлення типових дефектів електромеханічних пристроїв та можливі напрямки зниження ймовірності їх розвитку. Причини появи, проблеми та врахування впливу самозапуску електродвигунів власних потреб електростанцій на загальну надійність електрообладнання блоку (на прикладі самозапуску АД).	4-8, 12
	ПЗ	2	Класи нагрівостійкості ізоляції, теплостійкість ізоляції. Визначення допустимих значень перевищення температури окремих елементів електричних машин.	9,10 , 6,20
	Л, ПЗ	4	Тема 6. Особливості експлуатації електрообладнання з урахуванням їх теплового стану. Вплив старіння елементів електрообладнання на надійність роботи. Закономірності старіння ізоляції обмоток електричних машин. Вплив електричного поля на старіння ізоляції електричних машин. Вплив теплових режимів експлуатації електрообладнання на надійність роботи. Економічна оцінка відмов ТГ на електростанціях з урахуванням вироблення електроенергії.	9,10
	Л, ПЗ	4	Тема 7. Види підшипників, що використовуються для електричних машин (ЕМ). Надійність і довговічність підшипників ЕМ. Причини ушкодження підшипників. Розрахункова довговічність підшипників.	11, 12

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5
2	Л, ПЗ	4	Тема 8. Надійність асинхронних двигунів (АД). Статистика відмов АД. Шляхи підвищення надійності АД: поліпшення теплового стану АД; вибір полишених матеріалів; розробка і втілення конструкцій підвищеної надійності; вдосконалення засобів контролю стану АД. Причини пошкодження АД: дефекти проектування; низька якість матеріалів і комплектуючих виробів; дефекти технології виробництва; помилки при експлуатації АД.	11-14, 16
	ПЗ	2	Розрахунок надійності всипних обмоток статорів АД.	
	Л, ПЗ	4	Тема 9. Оцінка надійності роботи синхронних машин (СМ), статистика відмов СМ. Типові пошкодження СМ: пошкодження обмоток та осердь статорів, механічні пошкодження роторів; пошкодження та несправності підшипників та підп'ятників. Шляхи підвищення надійності синхронних генераторів.	17-19
	ПЗ	2	Причини появи та засоби боротьби з підшипниковими струмами в стоякових підшипниках потужних електричних машин. Розрахунок надійності статично навантажених деталей.	1,4, 5
	Л	2	Тема 10. Переваги та недоліки машин постійного струму (МПС), оцінка надійності роботи та статистика відмов МПС. Типові пошкодження МПС. Діагностика та встановлення причин іскріння на колекторі	5,7, 9
	ПЗ	2	Шляхи підвищення надійності МПС. Розрахунок надійності колекторно-щіткового вузла	
	Л, ПЗ	4	Тема 11. Діагностика, як засіб встановлення строку експлуатації електрообладнання. Основні напрямлення і задачі технічної діагностики. Етапи діагностування електрообладнання. Неруйнуючі методи контролю і види діагностування (вібро - діагностика, магнітна і теплова діагностика).	7, 9,14, 16, 20
ПЗ	2	Діагностування стану АД по спектрограмам струмів статора.		
Змістовий модуль № 3				
Діагностика на етапі експлуатації електрообладнання.				
Особливості роботи електрообладнання в різних режимах і умовах				
3	Л, ПЗ	4	Тема 12. Встановлення остаточного ресурсу електрообладнання електромеханічних пристроїв та перевірка працездатності. Засоби контролю і прилади діагностики електроустаткування. Методи діагностування турбогенераторів (ТГ) на заводі-виробнику та на електростанціях, встановлення діапазону допустимої зміни параметрів.	1,4, 10, 21
	ПЗ	2	Діагностування ТГ в режимі online. Вібро-діагностика ТГ.	
	Л, ПЗ	4	Тема 13. Умови експлуатації електричних машин на електричних станціях. Особливості діагностики стану електрообладнання атомних електростанцій. Напрямки забезпечення надійності електрообладнання, яке працює в особливих умовах (в приводах авіаційної, ракетної, морської техніки і т. ін.).	10, 11

Закінчення таблиці

1	2	3	4	5
	ПЗ	2	Датчики контролю фізичних параметрів, контроль вихідних даних, указуючи та реєструючи прибори. Діагностика стану трансформаторів і автотрансформаторів.	10, 11
3	Л, ПЗ	4	Тема 14. Світовий досвід «реабілітації» турбогенераторів і досягнення провідних фірм миру. Існуючі типи систем збудження турбогенераторів. Використання нових типів конструкцій збуджувачів ТГ з метою підвищення надійності.	6,18
Разом (годин)		80		

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	20
2	Підготовка до практичних занять	20
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	10
4	Виконання індивідуального завдання:	50
	Разом	100

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Визначення надійності і діагностика електричних машин і трансформаторів на електростанціях та промислових підприємствах.

Індивідуальне завдання за методичними вказівками [3]

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тиждні)
1	Видача-отримання завдання	1
2	Виконання теоретичної частини	2-9
3	Складання програми приймальних випробувань електричних машин і трансформаторів	10-13
4	Проведення дослідження напрямків модернізації електричних машин з метою підвищення енергозбереження при їх експлуатації.	14-16
5	Захист індивідуального завдання	17

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчальні технології, що використовуються на лекційних та на практичних заняттях, застосовуються відповідно до змісту робочої програми та з використання прийомів активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів при вивченні дисципліни. Використовуються різні методи навчання (активні форми проведення занять, методи взаємодії між викладачем та студентами): лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль реалізується у формі опитування на лекціях та консультаціях, шляхом проведення вхідного та проміжного контролів, контролю виконання індивідуального завдання. Контроль виконання робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента, проводиться шляхом перевірки конспектів.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену по екзаменаційних білетах відповідно до навчального плану в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, у терміни, встановлені навчальним планом з урахуванням результатів поточної успішності в письмовій або в усній формі. Результати поточного контролю (поточна успішність) безпосередньо враховуються для виставлення оцінки з даної дисципліни.

Студент вважається допущеним до екзамену за умови захисту індивідуального завдання, передбаченого навчальною програмою дисципліни.

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

Таблиця 1 – Розподіл балів для оцінювання успішності студента

Робота в семестрі на лекціях (аудиторні заняття)	Практичні роботи	Індивідуальне завдання	Екзамен	Сума
25	15	30	30	100

Таблиця 2. 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
74 - 81	C	
64 - 73	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

Складові частини комплексу навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни можна знайти на <http://web.kpi.kharkov.ua/elmarsh/pro-kafedru/>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

Базова література

1. Надійність і діагностика електричних машин і апаратів.
URL: http://ema.kdu.edu.ua/for_students/subjects/subj_ndema/
2. Гольдберг О.Д., Хелемская С.П. Надежность электрических машин: учебник для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О.Д. Гольдберга. – Москва: Издательский центр «Академия», 2010. — 288 с.
3. Визначення надійності і діагностика електричних машин і трансформаторів на електростанціях та промислових підприємствах. Методичні вказівки та контрольні завдання для студентів всіх форм навчання по спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Харків: НТУ «ХПІ», 2021. – 44 с. / Укладачі: В.В. Шевченко, В.П. Шайда, Л.П. Шилкова
4. Кузнецов Н.Л. Надежность электрических машин. Учебное пособие для вузов. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2006. – 432 с.
5. Судаков А.И., Чабанов К.А. Надежность электрических машин. Учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 332 с.
6. Шевченко В.В. Основы электроэнергетики: учеб. пособие, НТУ "ХПИ". – Харьков: ФОП Панов А. М., 2019. – 338 с. URL: [Orcid.org/0000-0002-9557-9849](https://orcid.org/0000-0002-9557-9849).
<http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/42266>
7. Токарев Б. Ф. Электрические машины. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.
8. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Вид. «ІНДУСРІЯ», 2008. – 424 с.

Допоміжна література та Інтернет-ресурси

9. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.
10. Гольдберг О. Д. Испытания электрических машин. – Москва: Высшая школа, 1990. – 255 с.
11. Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин. – Ленинград: Энергоатомиздат, 1989. – 336 с.
12. ГОСТ 27.410-83. Надежность в технике. Методы и планы статистического контроля показателей надежности по альтернативному признаку.

13. Сафин Н. Р., Прахт В. А., Дмитриевский В. А. и др. Диагностика неисправностей асинхронных двигателей на основе спектрального анализа токов статора // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2014, № 3(57). – С. 34-39
14. Обслуживание электроустановок и электрооборудования. URL: <https://ukn-servis.ru/uslugi/tehnicheskoe-obsluzhivanie-elektroustanovok/>
15. Завидей В.И. Новые возможности в диагностике электрических машин. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-vozmozhnosti-v-diagnostike-elektricheskikh-mashin>
16. Сервисное обслуживание электрооборудования. URL: http://www.rann.ru/customer_service/
17. Прогнозирование технического состояния, надежности и безопасности систем токосъема электрических машин.
URL: <https://www.dissercat.com/content/prognozirovanie-tekhnicheskogo-sostoyaniya-nadezhnosti-i-bezopasnosti-sistem-tokosema-elekt>
18. Котеленец Н.Ф., Кузнецов Н.Л. Испытания и надежность электрических машин: Учеб. пособие для вузов по спец. «Электромеханика». – Москва: Высш. шк., 1988. – 232 с.