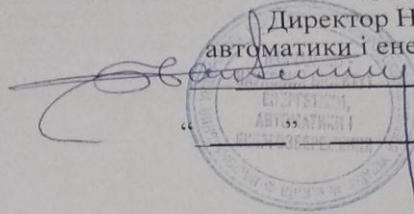


Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
Каплун В.В.



_____ 2023 р.

«СХВАЛЕНО»

На засіданні кафедри ЕЕЕ
протокол № 12 від «29» 05 2023р.
завідувач кафедри ЕЕЕ

_____ Окушко О.В.

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП «Інжиніринг
електроенергетичних систем з
відновлювальними джерелами»

_____ Макаревич С.С.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

(назва навчальної дисципліни)

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

Освітня програма Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлювальними джерелами
(назва ОП)

ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження
(назва ННІ)

Розробник доцент, к.т.н., доцент Березюк А.О.

Київ – 2023 р.

Опис навчальної дисципліни

Електричні апарати (для повного терміну навчання)

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	к.р	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ												
Тема 1 Класифікація і вимоги до електричних апаратів	5	2		2		1		1				11
Тема 2. Електродинамічні сили в апаратах керування і захисту	5	2		2		1		1				11
Тема 3. Теплові процеси в електричних апаратах	5	2		2		1						12
Тема 4 Основи теорії комутації електричних кіл	5	2		2		1						12
Тема 5. Електричні контакти	5	2		2		1		2				12
Тема 6. Процеси на електричних контактах	5	2		2		1		1		2		11
Тема 7. Способи гасіння електричної дуги	5	2		2		1		1		2		11
Разом за змістовим модулем 1	35	14		14		7		90	6		4	80
Змістовий модуль 2. Ручні та електромеханічні апарати керування і захисту												
Тема 8. Комутаційні апарати ручного керування	5	4		2		1		1		2		
Тема 9. Автоматичні вимикачі	5	2		2		1		1				
Тема 10. Електромагнітні пускачі і контактори	5	2		2		1		1				
Тема 11. Струмові електротеплові реле	5	2		2		1		1				
Тема 12. Електромеханічні комутаційні апарати середньої напруги	5	2		2		1						
Тема 13.	5	2		2		1		1		2		

Електричні апарати високої напруги											
Тема 14. Трансформатори струму і напруги	5	2		2		1		1		2	
Тема 15. Реле	5	2		2		1		1		2	
Разом за змістовим модулем 2	40	16		16		8	90	6		6	78
Усього годин	75	30		30		15	180	12		10	158
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому навчальному плані)	84									-	-
Усього годин	159	30		30		15	180	12		10	158

Опис навчальної дисципліни

Електричні апарати (для скороченого терміну навчання)

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	к.р	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ												
Тема 1 Класифікація і вимоги до електричних апаратів	7	2		4		1		1				11
Тема 2. Електродинамічні сили в апаратах керування і захисту	5	2		2		1		1				11
Тема 3. Теплові процеси в електричних апаратах	5	2		2		1						12
Тема 4 Процеси комутації електричних кіл	7	2		4		1						12
Тема 5. Електричні контакти	7	2		4		1		2				12
Тема 6. Процеси на електричних контактах	7	2		4		1		1		2		11
Тема 7. Способи гасіння електричної дуги	5	2		2		1		1		2		11
Разом за змістовим модулем 1	43	14		22		7	90	6		4		80

Змістовий модуль 2. Ручні та електромеханічні апарати керування і захисту											
Тема 8. Комутаційні апарати ручного керування	7	2		4		1		1		2	
Тема 9. Автоматичні вимикачі	5	2		2		1		1			
Тема 10. Електромагнітні пускачі і контактори	7	2		4		1		1			
Тема 11. Струмові електротеплові реле	5	2		2		1		1			
Тема 12. Електромеханічні комутаційні апарати середньої напруги	7	2		4		1					
Тема 13. Електричні апарати високої напруги	5	2		2		1		1		2	
Тема 14. Трансформатори струму і напруги	6	2		3		1		1		2	
Тема 15. Реле	5	2		2		1		1		2	
Разом за змістовим модулем 2	47	16		23		8	90	6		6	78
Усього годин	90	30		45		15	180	12		10	158
Курсовий проект (робота) з _____ _____ (якщо є в робочому навчальному плані)								-	-	-	-
Усього годин	90	30		45		15	180	12		10	158

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни полягає у вивченні студентами теоретичних основ електричних апаратів, характеристик електричних апаратів загальнопромислового призначення, які застосовуються в сільськогосподарських установках, будови, принципу роботи та правил технічної експлуатації електричних апаратів.

Завдання навчальної дисципліни - засвоєння студентами основних характеристик матеріалів апаратів, які використовуються в електрообладнанні і

засобах автоматики, ознайомлення з їх властивостями і залежністю останніх від різних технологічних та експлуатаційних факторів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: фізичні закони, покладені в основу дії електричних апаратів, що застосовуються в сільськогосподарському виробництві; конструкцію, принцип дії, теорію, технічні характеристики основної номенклатури електричних апаратів; методи розрахунків статичних і динамічних характеристик електричних апаратів; методикою практичного дослідження параметрів та характеристики електричних апаратів.

вміти: застосовувати свої знання на практиці при підготовці до інженерної діяльності на рівні інженера-електрика та бакалавра технічного напрямку; володіти методикою та технікою перевірки і випробувань електроапаратів; вміти приєднувати електричні апарати в електротехнічні схеми основного сільської господарського електрообладнання.

Набуття компетентностей:

✓ **Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв'язувати професійно-практичні задачі під час провадження професійної діяльності в сфері електричних мереж та електроенергетичних систем або у процесі навчання, що характеризується невизначеністю умов і вимог.

✓ **Загальні компетентності (ЗК):** ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

✓ **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):** СК5. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу; СК9. Здатність до усвідомлення необхідності підвищення

ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.; СК11. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

✓ **Програмні результати навчання (ПРН):** ПРН03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; ПРН05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи теорії електричних апаратів

Тема лекційного заняття 1. Класифікація апаратів керування і захисту

Загальні положення. Короткий огляд історії і перспективи розвитку електричних апаратів, вимоги, що ставляться до них. Мета, задачі і короткий зміст дисципліни.

Вплив агресивних домішок NH_3 , H_2S , CO_2 , SO_2 у повітрі тваринницьких приміщень на функціональні характеристики контактів.

Застосування нових контактних металокерамічних матеріалів з гетерогенною структурою на основі Si замість срібла, з метою зниження їх собівартості і підвищення надійності.

Тема лекційного заняття 2. Електродинамічні сили в електричних апаратах

Електродинамічні сили. Електродинамічна стійкість апаратів. Електродинамічні сили між паралельними провідниками. Електродинамічні сили

у витках котушки, Електродинамічні сили між прямолінійними провідником і провідником у вигляді кола. Електродинамічні сили в котушках. Електродинамічні сили при змінному струмі. Електродинамічна стійкість апаратів. Індукційні явища в апаратах. Індукційно-динамічні системи.

Тема лекційного заняття 3. Теплові процеси в електричних апаратах

Загальна характеристика. Температура в зоні нерухомої основи дуги. Температура в зоні рухомої основи дуги. Розподілення температури біля основи дуги на контакті в процесі її охолодження.

Тема лекційного заняття 4. Процеси комутації електричних кіл

Електромагнітна взаємодія між провідниками із струмом і феромагнітними матеріалами. Характеристика феромагнітних матеріалів. Аналітичні методи розрахунку магнітних провідностей повітряних зазорів. Диференціальне рівняння магнітних кіл.

Тема лекційного заняття 5. Електричні контакти

Фізична природа електричного контакту. Термоелектричні ефекти в електричних контактах. Перехідний опір контактів. Нагрів електричних контактів при довготривалому струмі. Зварювання контактів. Сили, що діють в контактах.

Тема лекційного заняття 6. Процеси на електричних контактах

Загальні відомості. Стадії газового розряду в міжконтактному проміжку апарату при відключенні кола з навантаженням. Умови гасіння дуг постійного і змінного струму при відключенні кола.

Тема лекційного заняття 7. Способи гасіння електричної дуги

Електричні процеси у газорозрядному стовпі. Структура дугового каналу. Механізм переносу струму в катодній зоні дуги. Потік плазми в електричній дузі. Температурні режими електричної дуги вимикання. Види теплопередач у стовні

електричної дуги. Температура дуги змінного струму. Розподіл температури у стовпі статичної дуги. Розрахунок розподілу температури в анодній зоні дуги. Температура дугового каналу в процесі його охолодження.

Змістовий модуль 2. Конструктивні особливості та принцип дії електричних апаратів

Тема лекційного заняття 8. Неавтоматичні комутаційні апарати

Будова і принцип дії рубильників, перемикачів, пакетні перемикачі серії ПКП, пакетно-кулачкові перемикачі типу ПКУЗ, пакетні вимикачі і перемикачі серії ПВ і ПП. Пускачі натискні вібростійкі серії ПНВ і ПНВС.

Тема лекційного заняття 9. Автоматичні вимикачі

Будова контактних систем автоматичних вимикачів; розчіплюючий механізм; електромагнітний, тепловий та незалежний розчіплювачі; часо-струмові характеристики автоматичних вимикачів; струм граничної комутаційної здатності.

Тема лекційного заняття 10. Електромагнітні пускачі і контактори

Загальне призначення, будова і принцип дії електромагнітних пускачів і контакторів. Електромагнітні системи контакторів, контактні й дугогасильні системи. Кінематичні схеми. Контактори з бездуговою комутацією; тремтіння та провал контактів.

Тема лекційного заняття 11. Струмові електротеплові реле

Захисні характеристики. Стійкість при короткому замиканні. Виконання розчіплювачів на різні номінальні струми. Розрахунок електромагнітних розчіплювачів, теплових термобіметалевих розчіплювачів. Розчіплювачі незалежні і мінімальної напруги.

Тема лекційного заняття 12. Електромеханічні комутаційні апарати середньої напруги

Будова контактних систем відмикачів середньої напруги: компенсація електродинамічних зусиль на контактах; перерозподіл струму між контактами при комутації; момент відхилення; число ступенів, матеріал силових та дугогасильного контактів; контактний натиск. Механізми приводу відмикачів середньої напруги. Дугогасильна система відмикачів. Умови гасіння дуги в середовищі вакууму та масла.

Тема лекційного заняття 13. Електромеханічні комутаційні апарати високої напруги

Будова контактних систем відмикачів високої напруги: компенсація електродинамічних зусиль на контактах; перерозподіл струму між контактами при комутації; момент відхилення; число ступенів, матеріал силових та дугогасильного контактів; тиск контактів. Механізми приводу високовольтних відмикачів. Дугогасильна система елегазових відмикачів на основі газу SF₆.

Тема лекційного заняття 14. Трансформатори струму і напруги

Загальні відомості про трансформатори напруги, трансформатори струму та спеціальні трансформатори. Знати будову, призначення і принципу дії трансформаторів струму і напруги, сфери їх використання, умови експлуатації. Діагностика і ремонт трансформаторів

Тема лекційного заняття 15. Реле

Будові принцип дії реле напруги і струму. Загальні відомості. Електромагнітні реле струму і напруги. Поляризовані реле. Узгодженість характеристик теплових реле і об'єкту, що захищається тепловим реле.

3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження контактних вузлів електричних апаратів	2
2	Дослідження властивостей контактних матеріалів	2
3	Дослідження електричних апаратів ручного керування	4
4	Випробування електромагнітних пускачів	4
5	Дослідження характеристик реле часу	2
6	Дослідження характеристик пристроїв обліку електричної енергії	4
7	Дослідження фазочутливого пристрою захисту ФУЗ - М1	2
8	Дослідження струмових електротеплових реле	4
9	Дослідження пристрою вбудованого температурного захисту	2
10	Дослідження модульних автоматичних вимикачів	2

4. Самостійна робота під керівництвом НПП

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Апарати захисту і комутації	30
2	Комутаційні процеси	30
3	Індукційні явища	30
4	Гасіння електричної дуги, та її негативний вплив на процеси комутації	30
5	Призначення, будова, принцип роботи комутаційних апаратів ручного, дистанційного і автоматичного керування	42
6	Композиційні матеріали, різновиди, властивості та призначення	30
7	Перехідний опір контактних матеріалів	30
	Разом	122

5. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни мають застосовуватися методи пізнання: аналітичний, синтетичний, індуктивний, дедуктивний, а також методи самостійної розумової діяльності: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

6. Форми контролю

Поточний контроль знань після вивчення 1-го, 2-го і 3-го змістових модулів дисципліни передбачено здійснювати шляхом написання студентами реферату, а формою підсумкового контролю є залік.

7. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль				Рейтинг з навчальної роботи $R_{НР}$	Рейтинг з додаткової роботи $R_{ДР}$	Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4					
0-100	0-100	0-100	0	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

Примітки. 1. Відповідно до «Положення про кредитно-модульну систему навчання в НУБіП України», затвердженого ректором університету 03.04.2009 р., рейтинг студента з навчальної роботи $R_{НР}$ стосовно вивчення певної дисципліни визначається за формулою

$$R_{НР} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{ЗМ} \cdot K^{(1)}_{ЗМ} + \dots + R^{(n)}_{ЗМ} \cdot K^{(n)}_{ЗМ})}{K_{ДИС}} + R_{ДР} - R_{ШТР},$$

де $R^{(1)}_{ЗМ}, \dots, R^{(n)}_{ЗМ}$ – рейтингові оцінки змістових модулів за 100-бальною шкалою;

n – кількість змістових модулів;

$K^{(1)}_{ЗМ}, \dots, K^{(n)}_{ЗМ}$ – кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для відповідного змістового модуля;

$K_{ДИС} = K^{(1)}_{ЗМ} + \dots + K^{(n)}_{ЗМ}$ – кількість кредитів ECTS, передбачених робочим навчальним планом для дисципліни у поточному семестрі;

$R_{ДР}$ – рейтинг з додаткової роботи;

$R_{ШТР}$ – рейтинг штрафний.

Наведену формулу можна спростити, якщо прийняти $K^{(1)}_{ЗМ} = \dots = K^{(n)}_{ЗМ}$. Тоді вона буде мати вигляд

$$R_{HP} = \frac{0,7 \cdot (R^{(1)}_{3M} + \dots + R^{(n)}_{3M})}{n} + R_{DP} - R_{ШТР}$$

Рейтинг з додаткової роботи R_{DP} додається до R_{HP} і не може перевищувати 20 балів. Він визначається лектором і надається студентам рішенням кафедри за виконання робіт, які не передбачені навчальним планом, але сприяють підвищенню рівня знань студентів з дисципліни.

Рейтинг штрафний $R_{ШТР}$ не перевищує 5 балів і віднімається від R_{HP} . Він визначається лектором і вводиться рішенням кафедри для студентів, які матеріал змістового модуля засвоїли невчасно, не дотримувалися графіка роботи, пропускали заняття тощо.

2. Згідно із зазначеним Положенням **підготовка і захист курсового проекту (роботи)** оцінюється за 100 бальною шкалою і далі переводиться в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

8. Методичне забезпечення

1. Мрачковський А.М., Мархонь М.В., Березюк А.О., Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні апарати» (Модуль 1) для студентів ОС «Бакалавр» напряму підготовки 141. К.: вид-во ЦП «Компринт».- 2018. – 91 с.

2. Мрачковський А.М., Мархонь М.В., Березюк А.О., Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні апарати» (Модуль 2) для студентів ОС «Бакалавр» напряму підготовки 141. К.: вид-во ЦП «Компринт».- 2018. – 90 с.

3. Мрачковський А.М., Лут М.Т., Березюк А.О., Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Електричні апарати» для студентів ОС «Бакалавр» напряму підготовки 141. К.: вид-во ЦП «Компринт».- 2018. – 104 с.

4. Кохановський С.П., Василенко В.В. Апарати керування і захисту.- Київ: Видавництво ТОВ Аграр Медіа Груп, 2012. – 228 с.

5. Клименко Б.В. Комутаційна апаратура, апаратура керування, запобіжники. Терміни, тлумачення, коментарі. – Харків: ТАЛАНТ, 2008. – 228 с.

6. Клименко Б.В. Електричні та магнітні пристрої, електричні аксесуари, електричні установки. Терміни, тлумачення, коментарі. – Харків: ТОЧКА, 2008. – 272 с.

7. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс. – Харків: ТОЧКА, 2012. – 336 с.