

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІННОВАТИКИ,
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРИ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту інноватики,
природокористування та інфраструктури
_____ Василь БРИЧ

«30» 08 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної
роботи _____ Віктор ОСТРОВЕРХОВ

«30» 08 2024 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту новітніх освітніх технологій
_____ Святослав ПИТЕЛЬ

«30» 08 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА

з дисципліни

«Електричні машини»

ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

галузь знань – 14 «Електрична інженерія»

спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

освітньо-професійна програма «Енергетичний аудит»

Кафедра бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції (год.)	Практ. заняття (год.)	Лабор. заняття (год.)	ІРС, год.	Тренінг (год.)	Самост. робота студентів, (год.)	Разом, (год.)	Екзамен, (сем.)
Денна	III	5	32	14	14	4	8	78	150	5
Заочна	III	5	8	4		-	-	138	120	6

Тернопіль – ЗУНУ
2024

30.08.2024р
[Підпис]

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалавр галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», затвердженої Вченою радою ЗУНУ, протокол № 9 від 15 червня 2022 р.

Робочу програму склав доцент кафедри, к.е.н., доцент,
Михайло ФЕДІРКО

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри бізнес-аналітики та інноваційного інжинірингу, протокол № 1 від 26 серпня 2024 р.

В. о. завідувача кафедри,
д.е.н., професор

Руслан БРУХАНСЬКИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», протокол № 2 від 30 серпня 2024 р.

Голова групи
забезпечення спеціальності,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

Гарант освітньої програми
«Енергетичний аудит»,
д.е.н., професор

Петро ПУЦЕНТЕЙЛО

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні машини»

1. ОПИС ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна – «Електричні машини»	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS: – 5	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Статус дисципліни – обов'язкова дисципліна циклу професійної підготовки Мова навчання – українська
Кількість залікових модулів <i>Денна форма навчання – 5</i>	Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	Рік підготовки – 3 <i>Денна – 3 Заочна – 3</i> Семестр: <i>Денна – 5 Заочна – 5</i>
Кількість змістових модулів – 4	Ступінь вищої освіти – перший (бакалаврський рівень)	Лекції: <i>Денна – 32 год. Заочна – 8</i> Практичні заняття: <i>Денна – 14 год. Заочна – 4</i> Лабораторні заняття: <i>Денна – 14 год.</i>
Загальна кількість годин –150	Освітньо-професійна програма: «Енергетичний аудит».	Індивідуальна робота – 4 Тренінг – 8 Самостійна робота: <i>Денна – 78 Заочна – 138</i>
Тижневих годин <i>денна форма – 10 з них аудиторних – 4</i>		Вид підсумкового контролю – екзамен

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Електричні машини» є:

- привиття студентам навичок творчого відношення до своєї спеціальності і свідомого застосування на практиці знань з електричних машин;
- засвоєння студентами основних фізичних законів і процесів, на яких засновані принципи дії електричних машин, трансформаторів і мікромашин;
- сприйняття студентами загальних законів пізнання матеріального світу на прикладі розвитку електричних машин, розкриття об'єктивних фізичних законів і зв'язків між явищами та фактами, проведення аналізу сучасного стану і основних тенденцій розвитку електромашинобудування; підготовка студентів до якісного освоєння теорії і практики автоматизованого електроприводу, систем автоматичного управління технологічними процесами в сільському господарстві.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- конструкцію, принцип дії, теорію, основні фізичні процеси; робочі, механічні та техніко-економічні характеристики електричних машин і трансформаторів, методика заняття характеристик машин;
- фізичні закони, що лежать в основі принципу дії електричних машин, їх об'єктивну суть, взаємозв'язок явищ з позиції діалектичного матеріалу, області застосування машин і тенденції їх розвитку;
- питання стандартизації в електромашинобудуванні, вимоги стандартів на термін, визначення, режими роботи та допустимі норми нагріву машин.

вміти:

- застосовувати свої знання на практиці для правильної експлуатації і ремонту електричних машин, трансформаторів і мікромашин;
- оволодіти методикою лабораторних досліджень електричних машин, трансформаторів і мікромашин та навчатись давати їм оцінку на основі результатів дослідів;
- аналізувати явища і процеси в електричних машинах, виявляти загальність принципів та законів в роботі машин і трансформаторів.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму

Тема 1. Загальні питання електричних машин

Структура курсу "Електричні машини" і порядок його вивчення. Соціально-економічні та науково-технічні передумови виникнення і розвитку електричних машин. Роль електричних машин в електрифікації сільського господарства. Сучасні досягнення та перспективи розвитку електричних машин. Основні визначення і класифікація електричних машин.

Тема 2. Електричні машини постійного струму

Області застосування машин постійного струму. Будова і принцип роботи колекторної машини постійного струму. Способи збудження машин постійного струму. Електромагнітний момент та зворотність електричних машин.

Тема 3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму

Втрати потужності в електричних машинах постійного струму. Поняття коефіцієнта корисної дії електричних машин постійного струму. Умови досягнення максимального значення коефіцієнта корисної дії машини постійного струму.

Тема 4. Реакція якоря машини постійного струму

Реакція якоря машини постійного струму та її види. Вплив реакції якоря на магнітний потік машини постійного струму. Способи обмеження впливу реакції якоря. Компенсаційна обмотка.

Тема 5. Обмотки якоря машин постійного струму

Призначення, вимоги, класифікація та принцип побудови обмоток якоря машин постійного струму. ЕРС обмотки якоря машини постійного струму

Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму

Комутація струму якоря. Шкала іскріння. Фізична суть процесу комутації. Прямолінійна, сповільнена та прискорена комутація. Засоби покращення комутації. Додаткові полюси.

Тема 7. Генератори постійного струму

Генератори постійного струму. Характеристики генератора незалежного збудження. Процес самозбудження генератора. Характеристики генераторів паралельного, послідовного та змішаного збудження.

Тема 8. Двигуни постійного струму

Двигуни постійного струму. Способи пуску в хід і регулювання частоти обертання. Робочі та механічні характеристики двигунів паралельного, послідовного та змішаного збудження. Гальмівні режими машин постійного струму. Серії машин постійного струму. Електромашинні підсилювачі постійного струму. Квадратична схема.

Змістовий модуль 2. Трансформатори

Тема 9. Основні відомості про трансформатори

Призначення, класифікація та області застосування трансформаторів. Будова і принцип роботи трансформатора.

Тема 10. Робочий процес трансформатора

Однофазний трансформатор. Режим холостого ходу, короткого замикання та навантаження трансформатора. Основні рівняння та векторні діаграми

трансформатора. Нагрів та норми нагріву трансформаторів.

Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора

Зведений трансформатор. Схеми заміщення трансформатора та їх параметри. Повна і спрощена векторні діаграми трансформатора за різного характеру навантаження. Зміна напруги, ККД та зовнішня характеристика трансформатора. Регулювання напруги трансформаторів.

Тема 12. Трифазний трансформатор

Явища при намагнічуванні однофазних трансформаторів. Явища при намагнічуванні трифазних трансформаторів за різних схем з'єднання обмоток.

Тема 13. Паралельна робота трансформаторів

Схеми і групи з'єднання обмоток трифазних трансформаторів. Умови включення трансформаторів на паралельну роботу. Паралельна робота трансформаторів. Несиметричне навантаження трифазного трансформатора за різних схем з'єднання обмоток.

Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах

Перехідні процеси в трансформаторах у разі раптового короткого замикання та у разі вмикання в електричну мережу. Перенапруги в трансформаторах та захист від них.

Тема 15. Різновиди трансформаторів

Автотрансформатори. Багатообмоткові трансформатори. Спеціальні трансформатори: вимірювальні, зварювальні та ін.

Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини

Тема 16. Загальні питання електричних машин змінного струму

Будова та принцип дії асинхронних машин. Принцип отримання обертового магнітного поля трифазної системи струмів. Принцип дії асинхронної машини. Будова та принципи дії синхронної машини

Тема 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму

Основні характеристики ЕРС змінного струму. ЕРС провідника. ЕРС витка і зосередженої однофазної обмотки з повним кроком. ЕРС розподіленої обмотки з повним кроком. ЕРС зосередженої обмотки з вкороченим кроком. Загальний вираз ЕРС обмотки машини змінного струму

Тема 18. Обмотки машин змінного струму

Загальні відомості про обмотки машин змінного струму. Однофазна обмотка Трифазна розподілена обмотка з повним кроком. Двошарова обмотка із вкороченим кроком

Тема 19. Магніторушійні сили обмоток змінного струму

МРС фази обмотки. МРС котушок із повним кроком. МРС котушкові групи із повним кроком. МРС фази обмотки. Обертові хвилі МРС. МРС трифазної

обмотки за симетричного навантаження. МРС трифазної обмотки за несиметричного навантаження. МРС струмів нульової послідовності. МРС трифазної обмотки за несинусоїдних струмів. МРС білячої клітки.

Тема 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора

Єдина серія трифазних асинхронних двигунів 4А. Асинхронні електродвигуни серії АИ. Асинхронна машина за нерухомого ротора. Фазорегулятор. Трифазний індукційний регулятор.

Тема 21. Асинхронна машина за обертового ротора

Зведення робочого процесу асинхронної машини за обертового ротора до робочого процесу за нерухомого ротора. Схеми заміщення асинхронної машини. Г-подібна схема заміщення.

Тема 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна

Режим двигуна. Режим генератора. Режим противмикання. Режим короткого замикання

Тема 23. Обертальні моменти та механічні характеристики асинхронної машини

Електромагнітний момент і механічна характеристика асинхронного двигуна. Формула Клосса. Механічна характеристика асинхронного двигуна. Процес пуску та усталений режим роботи асинхронного двигуна. Умови стійкої роботи асинхронного двигуна. Перевантажувальна здатність асинхронного двигуна. Кратності пускового моменту та пускового струму.

Тема 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів

Прямий пуск. Реакторний пуск. Автотрансформаторний пуск. Пуск перемиканням "зірка → трикутник". Пуск асинхронного двигуна із фазним ротором. Самозапуск асинхронних двигунів. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором. Регулювання швидкості зміною первинної частоти. Регулювання швидкості обертання зміною кількості пар полюсів p . Регулювання швидкості зменшенням первинної напруги. Імпульсне регулювання швидкості. Регулювання частоти обертання асинхронних двигунів із фазним ротором. Трифазні асинхронні двигуни з покращеними пусковими характеристиками.

Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни .

Робота асинхронного двигуна при зміні частоти. Робота двигуна при зміні напруги живлення за сталої частоти. Несиметричні режими роботи асинхронних двигунів. Однофазний асинхронний двигун. Двигун із пусковою обмоткою. Асинхронний конденсаторний двигун. Двигун з екранованими полюсами.

Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини

Тема 26. Реакція якоря синхронного генератора

Поздовжня та поперечна реакція якоря. Магнітні поля та ЕРС поздовжньої та поперечної реакції якоря. Індуктивні опори реакції якоря. Синхронні індуктивні опори. Векторні діаграми синхронного генератора.

Тема 27. Характеристики синхронного генератора

Характеристика холостого ходу. Навантажувальна характеристика Зовнішня характеристика. Регульовальна характеристика. Характеристика короткого замикання. Відношення короткого замикання

Тема 28. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею

Умови синхронізації синхронних генераторів. Синхронні режими паралельної роботи синхронних машин. Регулювання реактивної потужності. Режим синхронного компенсатора. Регулювання активної потужності. Режими генератора і двигуна. Кутові характеристики потужності синхронних машин. Неявнополюсна машина. Поняття про статичну стійкість. Кутова характеристика реактивної потужності. Синхронізувальна потужність, синхронізувальний момент та статична перевантажувальна здатність синхронних машин. Статична перевантажувальна здатність. Робота синхронної машини за постійної потужності та змінного збудження.

Тема 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі

Перехідні процеси у синхронних машинах. Раптове коротке замикання синхронного генератора. Ударне значення струму короткого замикання.

Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори

Способи пуску синхронних двигунів. Асинхронний пуск синхронних двигунів. Пуск синхронного двигуна за допомогою допоміжного двигуна. Робочі характеристики синхронного двигуна. Синхронні компенсатори.

4. ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Засвоєння дисципліни «Електричні машини та апарати» неможливе без розв'язання різноманітних практичних задач. **Мета практичних занять** - надати можливість студентам закріпити теоретичні положення навчальної дисципліни шляхом виконання певних завдань і набути умінь та досвіду їх практичного застосування.

Успіх занять забезпечується постановкою різноманітних задач, які вимагають застосування як стандартних методів, так і відшукування нестандартних підходів до розв'язання, аналізом отриманих результатів. Задачі, які розв'язуються на практичних заняттях, ілюструють загально-фізичні і розрахунково-теоретичні положення курсу і підбираються з урахуванням специфіки майбутнього фаху студентів. Головний акцент при проведенні практичних занять робиться на

розвиток самостійного логічного мислення у студента і навичок використання розрахункових методів.

Практичне заняття 1.

1. Чому виникає пульсація струму у зовнішньому колі і як її зменшити?
2. Що таке електричні, градуси, як вони відрізняються від геометричних?
3. Яке призначення станини?
4. Що таке-магнітне коло?
5. На основі якого закону і в якій послідовності виконується розрахунок магнітних кіл?
6. Що таке коефіцієнт полюсного перекриття? Як він визначається?

Практичне заняття 2.

1. Що таке секція якоря? Як пов'язані-між собою кількості, секцій і колекторних пластин в машині постійного струму?
2. Якими параметрами характеризується обмотка якоря?
3. У чому полягає відмінність складних обмоток від простих?
4. Що таке реакція якоря? Яка вона може бути?
5. Що таке лінійне навантаження і що воно характеризує?
6. Як впливає реакція якоря на роботу машини і як це проявляється?

1. Розрахувати та побудувати механічну характеристику двигуна постійного струму з незалежним збудження за даними каталогів

Назва двигуна	P_n , кВт	U_n , В	I_n , А	n_n , об/хв	n_{max} , об/хв	η_n , %	$R_{я}$, Ом	$R_{дп}$, Ом	$R_{оз}$, Ом	$L_{я}$, мГн	$J_{р.д.}$, кгм ²
2ПН90L	1,3	110	15,5	3150	3150	76,0	0,355	0,257	340	8,2	0,004

В разі невідомого опору якоря визначити його за формулою:

$$r_a \approx 0,5 \cdot (U_n \cdot I_n - P_n) / I_n^2.$$

Конструктивний коефіцієнт:

$$c \cdot \Phi_\delta = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_n}{\omega_n} = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_n}{2\pi \cdot n_n}.$$

Природна швидкісна характеристика для даного двигуна формула матиме вигляд:

$$\omega_n(I_a) = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_a}{c \cdot \Phi_\delta}.$$

Природна механічна характеристика:

$$\omega_n(M) = \frac{U_n}{c \cdot \Phi_\delta} - \frac{(r_a + r_{дп})}{(c \cdot \Phi_\delta)^2} \cdot M.$$

Кутова швидкість ідеального неробочого ходу:

$$\omega_0 = \frac{U_n}{c \cdot \Phi_\delta}.$$

Струм короткого замикання кола якоря:

$$I_{кз} = U_{н} / (r_a + r_{дп}).$$

Штучна швидкісна характеристика:

$$\omega_{ш.р}(I_a) = \frac{U_{н} - (r_a + r_{дп} + r_d) \cdot I_a}{c \cdot \Phi_{\delta}}.$$

Штучна механічна характеристика:

$$\omega_{ш.р}(M) = \frac{U_{н}}{c \cdot \Phi_{\delta}} - \frac{r_a + r_{дп} + r_d}{(c \cdot \Phi_{\delta})^2} \cdot M.$$

Практичне заняття 3.

1. Як класифікують електричні машини постійного струму за способом збудження?
2. Як маркують виводи різних обмоток машин постійного струму?
3. Які характеристики визначають властивості генераторів постійного струму?
4. Яким чином можна змінити напрям обертального моменту двигуна, тобто здійснити його реверсування?
5. Які моменти діють на валі двигуна? Напишіть рівняння їх рівноваги.
6. Яке призначення пускового резистора і з яких уявлень вибирають його опір?

1. Розрахувати та побудувати механічну характеристику асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором аналітичним методом.

Таблиця – Параметри двигуна

Назва двигуна	$P_{н}$, кВт	n_1 , об/хв	$n_{н}$, об/хв	ККД, %	$\cos \varphi$	$I_{н}$, А	$k_I = I_{п}/I_{н}$	$\lambda_{п} = M_{п}/M_{н}$	$\lambda = M_{кр}/M_{н}$	$J_{р.д.}$, кгм ²
АИР 132М4	11	1500	1460	88,4	0,84	22,5	7,0	2,2	2,3	0,048

$$M_{д}(s) = \frac{2 \cdot M_{кр}}{s/s_{кр} + s_{кр}/s}.$$

На рисунку 4.2 побудована механічна характеристика двигуна за цією формулою для двигуна АИР 132М4, параметри якого наведені в таблиці 4.1.

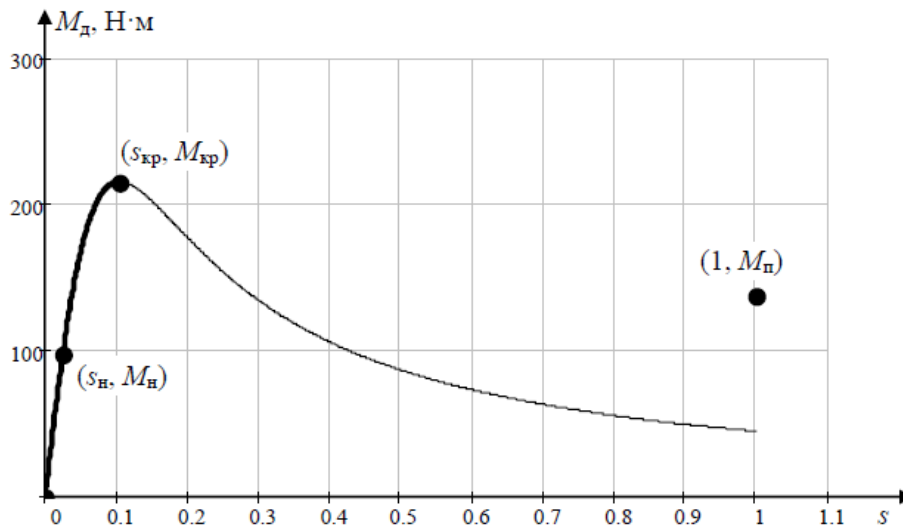


Рисунок 4.2 – Механічна характеристика двигуна побудована за наближеною формулою Клосса

Підвищення точності розрахунків.

Для більш точних розрахунків використовують формули:

$$M_d(s) = \frac{2 \cdot M_{кр} \cdot (1 + \varepsilon)}{s / s_{кр} + s_{кр} / s + 2 \cdot \varepsilon},$$

$$s_{кр} = s_n \cdot (\lambda \cdot (1 + \varepsilon) - \varepsilon) \pm \sqrt{(\lambda \cdot (1 + \varepsilon) - \varepsilon)^2 - \varepsilon \cdot \lambda / \sqrt{r_1'^2 + (x_1 + x_2')^2}}.$$

де ε – відносна величина активного опор статора

Практичне заняття 4.

1. З якою метою використовують трансформатори?
2. На чому заснований принцип дії трансформатора; що таке коефіцієнт трансформації?
3. З яких елементів складається активна частина трансформаторів? Яке їх призначення?
4. Що таке приведений трансформатор? Для чого і при яких умовах робиться приведення?
5. Чому зі збільшенням вторинного струму зростає первинний струм?
6. Що називають схемою заміщення трансформатора?
 1. Розрахувати та побудувати характеристики двигуна постійного струму з послідовним збудженням за даними каталогів

Таблиця – Параметри двигуна

Назва двигуна	P_n , кВт	U_n , В	I_n , А	n_n , об/хв	n_{max} , об/хв	η_n , %	R_a , Ом	$R_{дп}$, Ом	$R_{оз}$, Ом	L_a , мГн	$J_{р.д.}$, кгм ²
МП-51	1,3	110	15,5	3150	3150	76,0	0,355	0,257	340	8,2	0,004

Конструктивний коефіцієнт при $I = I_H$ коли коефіцієнт $k_\phi = 1$ тому

$$c \cdot \Phi_H = \frac{U_H - (r_a + r_{o3}) \cdot I_H}{\omega_H} = \frac{U_H - (r_a + r_{o3}) \cdot I_H}{2\pi \cdot n_H}$$

Природна швидкісна характеристика для даного двигуна формула матиме вигляд

$$\omega_{\Pi}(I_a) = \frac{U_H}{k_\phi(I_a/I_H) \cdot c \cdot \Phi_H} - \frac{(r_a + r_{o3}) \cdot I_a}{k_\phi(I_a/I_H) \cdot c \cdot \Phi_H},$$

Природна механічна характеристика

$$M(I_a) = k_\phi(I_a/I_H) \cdot c \cdot \Phi_H \cdot I_a,$$

Штучна швидкісна характеристика при введенні в коло якоря додаткового резистора розраховується за формулою

$$\omega_{\text{Ш}}(I_a) = \frac{U_H}{k_\phi(I_a/I_H) \cdot c \cdot \Phi_H} - \frac{(r_a + r_{o3} + r_{\text{Д}}) \cdot I_a}{k_\phi(I_a/I_H) \cdot c \cdot \Phi_H}.$$

Практичне заняття 5.

1. Яке призначення і принцип виконання трифазних трансформаторів?
2. Як маркуються виводи обмоток трифазних трансформаторів?
3. Які є основні схеми з'єднання обмоток трифазних трансформаторів, їх умовне позначення?
4. Що називають групою трансформатора, чим вона визначається?
5. Які групи можна отримати при різних схемах з'єднання трифазних трансформаторів?
6. Що таке автотрансформатор, який принцип його роботи?

1. Побудова механічної характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором за даними каталогів.

Таблиця – Параметри двигуна

Назва двигуна	P_H , кВт	n_1 , об/хв	n_H , об/хв	ККД, %	$\cos \phi$	I_H , А	$k_I = I_H/I$	$\lambda_{\Pi} = M_{\Pi}/M_H$	$\lambda = M_{\text{кр}}/M_H$	$J_{\text{р.д.}}$, кгм ²
АИР 132М4	11	1500	1460	88,4	0,84	22,5	7,0	2,2	2,3	0,048

Номінальний момент розраховується за формулою:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{P_H}{2\pi \cdot n_H},$$

Критичний момент та пусковий момент двигуна:

$$M_{кр} = \lambda \cdot M_H.$$

$$M_H = \lambda_H \cdot M_H.$$

Номинальне та критичне ковзання:

$$s_H = (n_1 - n_H) / n_1,$$
$$s_{кр} \approx s_H \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}).$$

Практичне заняття 6.

1. Де розміщена обмотка якоря машини змінного струму, чому?
2. Що таке коефіцієнт розподілу; чому надається перевага шестизонним обмоткам?
3. Що таке число пазів на полюс і фаза?
4. З якою метою виконуються вкорочення обмоток, які бувають величини вкорочення?
5. Що таке коефіцієнт вкорочення і обмотковий коефіцієнт?
6. Чому дорівнює швидкість біжучої хвилі; яке поле називається коловим?

Практичне заняття 7.

1. Що таке ковзання асинхронної машини?
2. Які існують типи асинхронних машин, у чому їх конструктивні відмінності?
3. Які бувають режими роботи асинхронних машин, які межі зміни частот обертання і ковзання їм відповідають?
4. Як змінюються електричні втрати в роторі при зміні ковзання? Як з ними пов'язаний обертальний момент?
5. Як залежить обертальний момент від напруги живлення?
6. Які існують способи запуску асинхронних двигунів?

Практичне заняття 8.

1. Чому машина називається синхронною, як створюється в ній результуючий магнітний потік?
2. Які існують конструктивні типи синхронних машин і в чому їх відмінність?
3. Як змінюється реакція якоря синхронного генератора в залежності від характеру навантаження?
4. Чим визначається напруга синхронного генератора?
5. Що таке кутова характеристика?
6. Як змінюється взаєморозміщення магнітних осей ротора і результуючого поля при роботі в режимі двигуна і генератора?

Практичне заняття 9.

1. Які існують види втрат енергії і як вони виникають?
2. Як можна класифікувати втрати в залежності від струму навантаження?
3. Що таке ККД і за якими формулами його варто визначати для двигуна, генератора і трансформатора?

4. Поясніть характер зміни залежності ККД від значення навантаження. За яких умов ККД максимальний?
5. Які існують методи визначення ККД?

Практичне заняття 10.

1. Що таке перегрів і які існують способи його визначення?
2. Чим визначається кінцевий перегрів частини машини?
3. Що таке стала часу перегрівання, що вона характеризує і чим визначається? Через скільки сталих часу можна, вважати тепловий процес встановленим?
4. Які існують основні номінальні режими роботи, чим вони відрізняються за допустимим навантаженням від електричних машин?
5. Як охолоджують електричні машини і трансформатори?

Практичне заняття 11.

1. Чим визначаються розміри якоря електричної машини?
2. Чому вигідно збільшувати частоту обертання машини в номінальному режимі?
3. Як впливає частота напруги живлення на розміри електричних машин і трансформаторів?
4. Чому на моторвагонному складі встановлюють синхронний генератор, який напругою частотою 400 Гц живить допоміжні асинхронні двигуни.
5. Як впливає діапазон регулювання тягових двигунів на їх розміри і потужність?
6. Які вимоги висувають при виборі двигуна? В яких випадках застосовують методи середніх втрат і еквівалентних величин?

5. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВОГО КРЕДИТУ ДИСЦИПЛІНИ

«Електричні машини»

Денна форма навчання

Тема	Кількість, годин, в т.ч.							
	Лекції	Практичні	Лабораторні	Самостійна робота	Індивідуальна робота	Тренінг,	Контрольні заходи	
Змістовний модуль 1. Електричні машини постійного струму і трансформатори								
Тема 1. Загальні питання електричних машин	2			2	1	4	Поточне оцінювання	
Тема 2. Електричні машини постійного струму				2				
Тема 3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму	2	2	2	2			Поточне оцінювання	
Тема 4. Обмотки якоря машин постійного струму				2				Поточне оцінювання
Тема 5. Реакція якоря машини постійного струму	2	2	2	2			Поточне оцінювання	
Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму				4				Поточне оцінювання
Тема 7. Генератори постійного струму				2				
Тема 8. Двигуни постійного струму				2				4
Змістовний модуль 2. Трансформатори								
Тема 9. Основні відомості про трансформатори	2	2		2	1	4	Поточне оцінювання	
Тема 10. Робочий процес трансформатора								2
Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора	2	2	2	2			Поточне оцінювання	
Тема 12. Трифазний трансформатор								
Тема 13. Паралельна робота трансформаторів	2			4			Поточне оцінювання	
Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах	2			4				Поточне оцінювання
Тема 15. Різновиди трансформаторів				2			Поточне оцінювання	
Змістовний модуль 3. Асинхронні електричні машини								
Тема 16. Загальні питання електричних машин змінного струму	2			2	1	4	Поточне оцінювання	
Тема 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму								Поточне оцінювання
Тема 18. Обмотки машин змінного струму	2			1			Поточне оцінювання	
Тема 19. Магніторушійні сили обмоток змінного струму				2				1

Тема 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора	2	2	2	2			Поточне оцінювання
Тема 21. Асинхронна машина за обертового ротора				2			
Тема 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна	2	2	2	2			Поточне оцінювання
Тема 23. Обертальні моменти та механічні характеристики АМ				2			
Тема 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів	2			2			Поточне оцінювання
Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни				2			
Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини							
Тема 26. Реакція якоря синхронного генератора	2			4	-	4	Поточне оцінювання
Тема 27. Характеристики синхронного генератора				4	1		
Тема 28. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею	2	2	2	4	-		Поточне оцінювання
Тема 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі				4			
Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори	2			2			Поточне оцінювання
Разом:	32	14	14	78	4	8	150

**Структура залікового кредиту дисципліни
«Електричні машини»
(заочна форма навчання)**

Тема				
	Усього	Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Електричні машини постійного струму				
Тема 1. Загальні питання електричних машин	4	2		4
Тема 2. Електричні машини постійного струму	6			4
Тема 3. Енергетична діаграма та коефіцієнт корисної дії машини постійного струму	4			4
Тема 4. Обмотки якоря машин постійного струму	6			4
Тема 5 Реакція якоря машини постійного струму	4			4
Тема 6. Комутація струму якоря машини постійного струму	6			4
Тема 7. Генератори постійного струму	4			4
Тема 8. Двигуни постійного струму	6		1	4
Змістовий модуль 2. Трансформатори				
Тема 9. Основні відомості про трансформатори	4			4
Тема 10. Робочий процес трансформатора	6			6
Тема 11. Параметри та експлуатаційні показники трансформатора	4			4
Тема 12. Трифазний трансформатор	6	2		6
Тема 13. Паралельна робота трансформаторів	4			4
Тема 14. Перехідні процеси в трансформаторах	6			6
Тема 15. Різновиди трансформаторів	4		1	4
Змістовий модуль 3. Асинхронні електричні машини				
Тема 16. Загальні питання електричних машин змінного струму	6	2		6
Тема 17. Електрорушійні сили обмоток змінного струму	4			4
Тема 18. Обмотки машин змінного струму	6			6
Тема 19. Магніторушійні сили обмоток змінного струму	4			4
Тема 20. Асинхронна машина за нерухомого ротора	6			6
Тема 21. Асинхронна машина за обертового ротора	4		4	
Тема 22. Енергетична діаграма та ККД асинхронного двигуна	6			6
Тема 23. Обертальні моменти та механічні характеристики АМ	4			4
Тема 24. Способи пуску та регулювання частоти обертання трифазних асинхронних двигунів	6			6
Тема 25. Однофазні та спеціальні асинхронні двигуни	4		1	4

Змістовий модуль 4. Синхронні електричні машини				
Тема 26. Реакція якоря синхронного генератора	6	2		6
Тема 27. Характеристики синхронного генератора	4			4
Тема 28. Паралельна робота синхронного генератора з електричною мережею	6			4
Тема 29. Перехідні процеси в синхронному генераторі	4			4
Тема 30. Синхронні двигуни та компенсатори	6		1	4
Разом:	150	8	4	138

6. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми
1.	Дослідження генератора постійного струму з самозбудженням
2.	Дослідження генератора постійного струму із самозбудженням
3.	Дослідження двигуна постійного струму паралельного збудження
4.	Дослідження універсального колекторного двигуна
5.	Дослідження трифазного трансформатора в режимах холостого ходу і короткого замикання
6.	Дослідження паралельної роботи двох трифазних трансформаторів
7.	Дослідження трифазного групового трансформатора
8.	Дослідження несиметричного навантаження трифазного трансформатора
9.	Дослідження трифазного асинхронного двигуна з фазним ротором
10.	Дослідження трифазного асинхронного двигуна з коротко замкненим ротором в режимах трифазного та однофазного живлення
11.	Дослідження трифазного асинхронного генератора
12.	Дослідження трифазного синхронного генератора
13.	Дослідження паралельної роботи синхронного генератора з електричною мережею
14.	Визначення параметрів трифазного синхронного генератора
15.	Дослідження трифазного синхронного двигуна

7. ОРГАНІЗАЦІЯ І ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНІНГУ

Тематика. Застосування електричних машин в електроустановках народного господарства України.

Методична доцільність проведення тренінгу полягає у засвоєні студентами компетентностей і практичних навичок, які можуть застосовуватися студентами при формуванні структури електроустановок, що мають місце в народному господарстві країни. В процесі проведення тренінгу студентам пропонуються ситуації і вирішення конкретних варіантів формування такої структури, де вони можуть продемонструвати набуті ними знання.

Ситуаційні завдання для проведення тренінгу викладені в “Методичних вказівках до проведення тренінгу з навчальної дисципліни “Електричні машини””.

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

Самостійна робота студентів з навчальної дисципліни «Електричні машини» складається з двох компонент:

- 1) Вивчення окремих тем;
- 2) Виконання комплексного практичного завдання.

Завдання для самостійної роботи студентів та критерії її оцінювання викладені у “Методичних вказівках до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Електричні машини””.

Задача 1.

2. Розрахувати та побудувати механічну характеристику двигуна постійного струму з незалежним збудження за даними каталогів

Назва двигуна	P_n , кВт	U_n , В	I_n , А	n_n , об/хв	n_{max} , об/хв	η_n , %	$R_{я}$, Ом	$R_{дп}$, Ом	$R_{оз}$, Ом	$L_{я}$, мГн	$J_{р.д.}$, кгм ²
2ПН90L	1,3	110	15,5	3150	3150	76,0	0,355	0,257	340	8,2	0,004

В разі невідомого опору якоря визначити його за формулою:

$$r_a \approx 0,5 \cdot (U_n - I_n \cdot P_n) / I_n^2.$$

Конструктивний коефіцієнт:

$$c \cdot \Phi_{\delta} = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_n}{\omega_n} = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_n}{2\pi \cdot n_n}.$$

Природна швидкісна характеристика для даного двигуна формула матиме вигляд:

$$\omega_n(I_a) = \frac{U_n - (r_a + r_{дп}) \cdot I_a}{c \cdot \Phi_{\delta}}.$$

Природна механічна характеристика:

$$\omega_{\Pi}(M) = \frac{U_{\text{H}}}{c \cdot \Phi_{\delta}} - \frac{(r_a + r_{\text{дп}})}{(c \cdot \Phi_{\delta})^2} \cdot M.$$

Кутова швидкість ідеального неробочого ходу:

$$\omega_0 = \frac{U_{\text{H}}}{c \cdot \Phi_{\delta}}.$$

Струм короткого замикання кола якоря:

$$I_{\text{кз}} = U_{\text{H}} / (r_a + r_{\text{дп}}).$$

Штучна швидкісна характеристика:

$$\omega_{\text{шт.р}}(I_a) = \frac{U_{\text{H}} - (r_a + r_{\text{дп}} + r_{\text{д}}) \cdot I_a}{c \cdot \Phi_{\delta}}.$$

Штучна механічна характеристика:

$$\omega_{\text{шт.р}}(M) = \frac{U_{\text{H}}}{c \cdot \Phi_{\delta}} - \frac{r_a + r_{\text{дп}} + r_{\text{д}}}{(c \cdot \Phi_{\delta})^2} \cdot M.$$

Задача 2.

2. Розрахувати та побудувати характеристики двигуна постійного струму з послідовним збудженням за даними каталогів.

Таблиця – Параметри двигуна:

Назва двигуна	P_{H} , кВт	U_{H} , В	I_{H} , А	n_{H} , об/хв	n_{max} , об/хв	η_{H} , %	$R_{\text{я}}$, Ом	$R_{\text{дп}}$, Ом	$R_{\text{оз}}$, Ом	$L_{\text{я}}$, мГн	$J_{\text{р.д.}}$, кгм ²
МП-51	1,3	110	15,5	3150	3150	76,0	0,355	0,257	340	8,2	0,004

Конструктивний коефіцієнт при $I = I_{\text{H}}$ коли коефіцієнт $k_{\phi} = 1$ тому

$$c \cdot \Phi_{\text{H}} = \frac{U_{\text{H}} - (r_a + r_{\text{оз}}) \cdot I_{\text{H}}}{\omega_{\text{H}}} = \frac{U_{\text{H}} - (r_a + r_{\text{оз}}) \cdot I_{\text{H}}}{2\pi \cdot n_{\text{H}}}.$$

Природна швидкісна характеристика для даного двигуна формула матиме вигляд:

$$\omega_{\Pi}(I_a) = \frac{U_{\text{H}}}{k_{\phi}(I_a / I_{\text{H}}) \cdot c \cdot \Phi_{\text{H}}} - \frac{(r_a + r_{\text{оз}}) \cdot I_a}{k_{\phi}(I_a / I_{\text{H}}) \cdot c \cdot \Phi_{\text{H}}},$$

Природна механічна характеристика

$$M(I_a) = k_{\Phi}(I_a / I_H) \cdot c \cdot \Phi_H \cdot I_a,$$

Штучна швидкісна характеристика при введенні в коло якоря додаткового резистора розраховується за формулою :

$$\omega_{\text{ш}}(I_a) = \frac{U_H}{k_{\Phi}(I_a / I_H) \cdot c \cdot \Phi_H} - \frac{(r_a + r_{\text{оз}} + r_{\text{д}}) \cdot I_a}{k_{\Phi}(I_a / I_H) \cdot c \cdot \Phi_H}.$$

Задача 3.

Побудова механічної характеристики асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором за даними каталогів

Таблиця – Параметри двигуна

Назва двигуна	P_H , кВт	n_1 , об/хв	n_H , об/хв	ККД, %	$\cos \varphi$	I_H , А	$k_I = I_H / I_H$	$\lambda_{\text{п}} = M_{\text{п}} / M_H$	$\lambda = M_{\text{кр}} / M_H$	$J_{\text{р.д.}}$, кгм ²
АИР 132М4	11	1500	1460	88,4	0,84	22,5	7,0	2,2	2,3	0,048

Номінальний момент розраховується за формулою:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{P_H}{2\pi \cdot n_H},$$

Критичний момент та пусковий момент двигуна:

$$M_{\text{кр}} = \lambda \cdot M_H.$$

$$M_{\text{п}} = \lambda_{\text{п}} \cdot M_H.$$

Номінальне та критичне ковзання:

$$s_H = (n_1 - n_H) / n_1,$$
$$s_{\text{кр}} \approx s_H \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}).$$

9.ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ДЕМОНСТРУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

У процесі вивчення дисципліни використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне оцінювання (опитування, тестування, ситуаційні завдання, ессе)
- проміжне модульне оцінювання (модульний контроль 1 і 2);
- оцінювання результатів проходження тренінгу (модуль 3);
- оцінювання результатів самостійної роботи (наскрізний проєкт) (модуль 4)
- підсумкове оцінювання (екзамен) (модуль 5).

10.КРИТЕРІЇ, ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Електричні машини» визначається як середньозважена величина складових залікового кредиту.

Структура залікового кредиту для студентів, %:

Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
10%	10%	10%	10%	5%	15%	40%
Поточне оцінювання	Модульний контроль	Поточне оцінювання	Модульний контроль	Тренінг	Самостійна робота	Екзамен
Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття)	Письмова робота: 1. Теоретичні питання (2) max 40 балів 2. Практичні завдання (3) max 60 балів	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час занять (кожен здобувач має бути оцінений не рідше як раз на два заняття)	Письмова робота: 1. Теоретичні питання (2) max 50 балів 2. Лабораторні завдання (3) max 50 балів	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час тренінгу	Середнє арифметичне з оцінок, отриманих під час вивчення дисципліни за самостійну роботу	1.Тестові завдання (10) max 20 балів 2.Теоретичні питання (2) max 40 3.Лабораторні завдання (1) max 20 4.Практичні Завдання (1) max 20

Шкала оцінювання:

За шкалою Університету	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	Відмінно	A (відмінно)
85-89	Добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	Задовільно	D (задовільно)
60-64		E (достатньо)
35–59	Незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

11.ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

№	Найменування	Номер теми
1.	Мультимедійний проектор	1-30
2.	Екран проєкційний	1-30
	Комп'ютеризована аудиторія, доступ до мережі Інтернет	1-30
3.	Базове програмне забезпечення: ОС Windows 10 – згідно ліцензії Microsoft IT Academy та Microsoft DreamSpark for Students. Стандартне програмне забезпечення базових інформаційних технологій: MS Office (Excel), телекомунікаційне програмне забезпечення (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Firefox, ZOOM, MOODLE, Viber)	1-30
4.	Лабораторне обладнання	1-30

12.РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

– основна:

1. Заблудський М.М. Електричні машини змінного струму: навчальний посібник / М.М. Заблудський, Р.М. Чуєнко, В.В. Васюк – К.: ЦП «Компрінт», 2018. – 514 с. Чуєнко Р.М. Електричні машини: навчальний посібник / Р.М. Чуєнко. – К.:ЦП «Компрінт», 2015. – 436 с.
2. Яцун М.А. Електричні машини: підручник / М.А. Яцун. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 464 с.
3. Загірняк М.В. Електричні машини: підручник / М.В. Загірняк, Б.І. Невзлін. – К.: Знання, 2009. – 399 с.
4. Чуєнко М.О. Електричні машини: тексти лекцій з дисципліни «Електричні машини» / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2012. – 436 с.
5. Белікова Л.Я. Електричні машини: навчальний посібник для студентів вищих навч. закладів / Л.Я. Белікова, В.П. Шевченко. - О.: Наука і техніка, 2012. - 480 с.

- допоміжна:

1. Чуєнко Р.М. Електричні машини: навчальний посібник / Р.М. Чуєнко. К.: Видавництво "Компрінт", 2017. - 462 с.
2. Чуєнко М.О. Практикум з електричних машин: навчальний посібник / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко, О.В. Санченко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2014. – 320 с.
3. Чуєнко Р.М. Електричні машини: лабораторний практикум з електричних машин / Р.М. Чуєнко, В.В. Гаврилюк. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2014. – 255 с.
4. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина І. Машини постійного струму : навчальний посібник / Грабко В. В., Розводюк М. П., Грабенко І. В. – Вінниця : ВНТУ, 2005. – 86 с.
5. Грабко В. В. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина ІV. Трансформатори : навчальний посібник / Грабко В. В., Розводюк М. П., Левицький С. М. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 219 с.
6. Смуригін В.М. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Електричні машини». Частина 1: трансформатори і машини постійного струму/[Смуригін В.М., Галько С.В., Бородин Є.В., Ковальов О.В.]. – Мелітополь: ТДАТУ, 2009. – 149 с.
7. Чуєнко М.О. Електричні машини: лабораторний практикум з електричних машин змінного струму / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2010. – 127 с. Чуєнко М.О. Енергетичні засоби в АПК (Електричні машини). Лабораторний практикум / М.О. Чуєнко, Р.М. Чуєнко, А.Г. Кушніренко. – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2009. – 275 с.
8. Експериментальні дослідження електричних машин. Частина І. Машини постійного струму : електронний навчальний посібник [Електронний ресурс] / В. В. Грабко, М. П. Розводюк, І. В. Грабенко.

Директивні і нормативні матеріали:

1. ДСТУ 2286-93 (ІЕС 60050-411:1973, NEQ) Машини електричні обертові. Терміни та визначення.
2. ДСТУ 2818-94 (ГОСТ 30149-95, IDT) Машини електричні обертові. Позначення літерні і одиниці вимірювань.
3. ДСТУ 3398-96 (ГОСТ 30458-97, IDT) Машини електричні обертові. Ізоляція. Норми та методи випробувань.
4. ДСТУ 3595-97 (ІЕС 60335-1:1991, NEQ) Електроприводи змінного струму загального призначення. Загальні технічні вимоги.
5. ДСТУ 3638-97 Електроприводи асинхронні побутові. Загальні технічні умови.
6. ДСТУ 3788-98 Обертові електричні машини. Елементи конструкційні, магнітні та електричні. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 3804-98 Обертові електричні машини. Система охолодження, види захисту від зовнішнього середовища, випробування та експлуатація. Терміни та визначення.
8. ДСТУ 3827-98 Обертові електричні машини. Характеристики машин.

Терміни та визначення.

9. ДСТУ 3886-99 Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору.
10. ДСТУ ІЕС 61800-2:2008 (ІЕС 61800-2:1998, IDT) Системи силового електроприводу з регульованою швидкістю.

Інтернет-ресурси:

1. Електрична машина. Вікіпедія <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
2. Харківський електромеханічний завод <https://khemz.kharkov.com/>
3. Полтавський електромеханічний завод <http://www.elmotor.com.ua/>
4. Новокаховський електромеханічний завод <http://nkmez.com.ua/>
5. Державне підприємство "Харківський електромеханічний завод" <http://www.khemz.kharkov.com>
6. Богодухівський електромеханічний завод <https://bemz-ltd.all.biz/>
7. Смілянський електромеханічний завод <http://www.semz.info/>
8. Компанія «ДНІПРОРЕСУРС» <https://elmo.ua/>
9. Компанія "ABB" <https://new.abb.com/ua/>
10. Компанія "Шнайдер Електрик" <https://www.se.com>
11. ГП «Укрметртестстандарт» www.ukrcsm.kiev.ua/Держгірпромнагляд України
www.dnopr.gov.ua/
12. Укрелектроапарат www.uea.com.ua/
13. УКРЕЛЕКТРОАПАРАТ, ПАТ (м. Хмельницький) — сайт, контакти
[... www.ua-region.com.ua](http://www.ua-region.com.ua) › Бізнес-каталог
14. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України mre.kmu.gov.ua/