



Оптимізація режимів керування та вибору електрообладнання електротехнічних комплексів Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>6 курс, весінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити / 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Ср. 08:30 – 10:05; Пт. 08:30 – 10:05 (1 тиждень навчання)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор та практичні заняття: <i>к.т.н., доц. Лебедєв Лев Миколайович</i> ; e-mail: lev_lebedevl@ukr.net ; тел. +380954568182
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- створення систем за допомогою використання сучасних інформаційних технологій, які б могли одночасно розв'язувати декілька задач, зокрема: інтерпретації даних, діагностики, моніторингу, прогнозування, планування, прийняття рішень та оптимізації режимів керування та вибору обладнання електромехатронних комплексів;

- побудови систем з підвищеним рівнем ідеальності, вепольності та інтелектуалізації.

Предмет вивчення цієї дисципліни дає студентові знання та навички, необхідні для проектування та налагодження систем автоматичного управління установками електромехатронних комплексів. Дисципліна покликана сформувати у студентів системний підхід до вирішення актуальних задач вибору електрообладнання та керування технологічним процесом з оптимальним використанням енергоресурсів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- законів розвитку складних електромехатронних систем;
- особливостей взаємодії матеріального, енергетичного, інформаційного, фінансового та розумового потоків електротехнічних комплексів;
- методів оптимізації режимів роботи типових технологічних установок в комплексі з мережі живлення, вузла навантаження, напівпровідникового перетворювача, електромеханічного перетворювача, механічного перетворювача, виконавчого органу, матеріальної мережі;

- методів оцінки енергоефективності складових електротехнічних комплексів;
- методів підвищення ступеню ідеальності складних технічних систем за рахунок підвищення ступеню вепольності обладнання та інтелектуалізації систем керування типовими електротехнічними установками.

УМІННЯ:

- оцінювати енергоефективність комплексу – мережа живлення, вузол навантаження, напівпровідниковий перетворювач, електромеханічний перетворювач, механічний перетворювач, виконавчий орган, мережа матеріального потоку;
- складати словесні алгоритми оптимізації режимів роботи типових установок електротехнічних комплексів, формулювати функції цілей, формалізувати словесні алгоритми оптимізації;
- вибрати методи рішення оптимізаційних задач для типових установок електротехнічних комплексів;
- аналізувати отримані результати;
- шукати, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, продукувати нові ідеї (творчість) для підвищення енергоефективності роботи типових установок електротехнічних комплексів.

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях отриманих студентами фундаментальних і професійно-орієнтованих дисциплінах "Вища математика", "Теоретичні основи електротехніки", "Електричні машини", "Електричний привод". "Автоматизований електропривод".

2. Зміст навчальної дисципліни

Найменування розділів, тем	Розподіл навчального плану за видами занять			
	Всього	Лекції	Практичн і заняття	СРС
1.	2.	3.	4.	6.
Тема 1. Закони розвитку складних електротехнічних систем				
1.1. Взаємодія матеріальних, енергетичних, інформаційних та фінансових потоків електротехнічних комплексів.	8	4	-	4
1.2. Закони розвитку складних електротехнічних систем				
Тема 2. Режим роботи та критерії оптимізації електромеханічних перетворювачів установок електротехнічних комплексів.				
2.1. Оптимізація за критерієм мінімум електромагнітних втрат.	26	10		16
2.2. Оптимізація за критерієм мінімум повних втрат.				
2.3. Оптимізація за критерієм мінімум струму статора.				

2.4. Оптимізація за критерієм мінімум узагальненого показника якості.				
2.5. Багатокритеріальна оптимізація режимів роботи електромеханічних перетворювачів.				
Тема 3. Режими роботи та вибір напівпровідникових перетворювачів електроприводів установок електротехнічних комплексів				
3.1. Двохланкові та безпосередні перетворювачі.	22	6	-	16
2.2. Інвертори струму, інвертори напруги, активні випрямлячі напруги та струму.				
2.3. Матричні перетворювачі.				
2.4. Дволанково-безпосередні перетворювачі частоти.				
Тема 4. Узагальнена оптимізаційна модель електропривода				
4.1. Вектор управління.	20	4	-	16
4.2. Вектор стану.				
4.4. Вектор показників якості.				
Тема 5. Оптимізація режимів роботи та вибору типових установок електротехнічних комплексів				
5.1. Підйомні установки.	44	12	18	14
5.2. Конвейерні установки.				
5.3. Вентиляторні установки.				
5.4. Насосні установки.				

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Поляков, В. Н. Энергоэффективные режимы двигателей переменного тока в системах частотного управления : учеб. пособие / В. Н. Поляков, Р. Т. Шрейнер ; под общ. ред. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург : УрФУ, 2017. — 256 с. ISBN 978-5-321-02525-3.

2. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. И.Я. Браславского. М. : Издательский центр «Академия», 2004. 256 с.

3. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока. Новоуральск : НГТИ, 2001. 250/

4. А. Любомирский, С. Литвин. Законы развития технических систем. GEN3 Partners. Февраль 2003.

Допоміжна

5. А. Любомирский, С. Литвин. Законы развития технических систем. GEN3 Partners. Февраль 2003.

6. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т. / под ред. Е. В. Аметистова - 5-е изд., стер. - М.: Издательский дом МЭИ, 2010.

8. Дементьев Ю.Н. Электрический привод [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дементьев Ю.Н., Чернышев А.Ю., Чернышев И.А.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2013.— 224 с.

9. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бекишев Р.Ф., Дементьев Ю.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2014.— 302 с.

10. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Изд.Центр «Академия», 2006. 272с.

11. Белов М.П. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: Учебное пособие /и М.П. Белов, О.И. Земантов, А.Е. Козярук и др.: под ред. В.А. Новикова, Л.Н. Чернигова. – М.: Изд. Центр «Академия», 2006. -368с.

12. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник/ М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – М.: Изд. Центр «Академия», 2004. – 576с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

<i>Тиждень</i>	<i>Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>	<i>Реком. час на СРС</i>
1	Лекція 1. Вступ до дисципліни. Взаємодія матеріальних, енергетичних, інформаційних та фінансових потоків електротехнічних комплексів	3
2	Лекція 2. Закони розвитку електротехнічних систем. Закони статички, кінематики, динаміки. Узагальнений критерій оптимізації	3
3	Лекція 3. Оптимальне передатне відношення механічного перетворювача	3
4	Лекція 4. Налагодження регуляторів замкнених контурів підлеглого керування регульованими електроприводами.	3
5	Лекція 5. Імітуючі та оптимізаційні моделі електроприводів. Оптимізація за критерієм мінімум електромагнітних втрат	3
6	Лекція 6. Оптимізація за критерієм мінімум повних втрат	3
7	Лекція 7. Оптимізація за критерієм мінімум струму статора	3
8	Лекція 8. Оптимізація за критерієм мінімум узагальненого показника якості	3
9	Лекція 9. Багатокритеріальна оптимізація режимів роботи електроприводів	4
10	Лекція 10. Режими роботи напівпровідникових перетворювачів електротехнічних комплексів. Інвертори струму, інвертори напруги, активні випрямлячі. матричні перетворювачі, дволанково-безпосередні перетворювачі частоти	4
11	Лекція 11. Вектор управліннь узагальненої оптимізаційної моделі електропривода	4

12	Лекція 12. Вектор стану узагальненої оптимізаційної моделі електропривода	4
13	Лекція 13. Вектор показників якості узагальненої оптимізаційної моделі електропривода	4
14	Лекція 14. Структура оптимізаторів режимів регульованих електроприводів	4
15	Лекція 15. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання підйомних установок	4
16	Лекція 16. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання вентиляційних установок.	4
17	Лекція 17. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання конвеєрних установок	4
18	Лекція 18. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання насосних установок	4

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посилання на літературу)
1	Взаємодія матеріальних, енергетичних, інформаційних та фінансових потоків електротехнічних комплексів Завдання на СРС: Структури електротехнічних комплексів. Література: 6.
2	Закони розвитку електротехнічних систем. Закони статички, кінематики, динаміки. Завдання на СРС: Опис 5 поколінь регульованих електроприводів Література: 4.
3	Оптимальне передатне відношення механічного перетворювача Завдання на СРС: Оптимізація матеріальних потоків електротехнічних комплексів. Література: 8, 9.
4	Налагодження регуляторів замкнених контурів підлеглого керування регульованими електроприводами Завдання на СРС: Симетричний та модальний оптиміуми. Література: 2.
5	Імітуючі та оптимізаційні моделі електроприводів. Завдання на СРС: Оптимізація за критерієм мінімум електромагнітних втрат Література: 1.
6	Оптимізація за критерієм мінімум повних втрат Завдання на СРС: Урахування не лінійності намагнічення сталі. Література: 1
7	Оптимізація за критерієм мінімум струму статора

	Завдання на СРС: Показники коеф. потужності за основними гармоніками. Література: 1.
8	Оптимізація за критерієм мінімум узагальненого показника якості Завдання на СРС: Література: 1.
9	Багатокритеріальна оптимізація режимів роботи електроприводів Завдання на СРС: Оптимізація частотно регульованого електроприводу з автономним інвертором струму. Література: 1.
10	Режими роботи напівпровідникових перетворювачів електротехнічних комплексів. Інвертори струму, інвертори напруги, активні випрямлячі. матричні перетворювачі, дволанково-безпосередні перетворювачі частоти Завдання на СРС: Порівняння за енергетичною ефективністю електроприводів. Література: 10.
11	Вектор управлінь узагальненої оптимізаційної моделі електропривода Завдання на СРС: Оптимізація статичних та динамічних режимів роботи електропривода. Література: 1.
12	Вектор показників якості узагальненої оптимізаційної моделі електропривода Завдання на СРС. Узагальнена математична модель електропривода. Література: 1.
13	Вектор показників якості узагальненої оптимізаційної моделі електропривода Завдання на СРС: Компроміс між енергетичною ефективністю та швидкодією. Література:
14	Структура оптимізаторів режимів регульованих електроприводів Завдання на СРС: Оптимальні закони зміни потоку, частот, струмів в залежності від моменту і швидкості двигуна. Література: 1.
15	Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання підйомних установок Завдання на СРС: Основні напрямки оптимізації підйомних установок. Література: 12.
16	Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання вентиляційних установок Завдання на СРС: Скласти схему автоматизації вентиляційної установки. Література: 12.
17	Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання конвеєрних установок Завдання на СРС: Скласти схему автоматизації конвеєрної установки. Література: 12.
18	Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання насосних установок Завдання на СРС: Скласти схему автоматизації насосної установки. Література: 11, 12.

Лабораторні заняття

1. Дослідження режимів живлення установок за допомогою аналізаторів параметрів мережі.
2. Дослідження стану елементів та вузлів перетворювача частоти.

3. Ремонт напівпровідникових перетворювачів при відсутності електричних принципових схем.
4. Дослідження функціональної та принципової схем напівпровідникових пристроїв за схемою печатного монтажу
5. Дослідження ефективності використання мережевого дроселя з перетворювачем частоти.
6. Моделювання трифазного двохполуперіодного керованого випрямляча.
7. Дослідження енергетичної ефективності насосної установки з ПЧ-АД.
8. Дослідження енергетичної ефективності вентиляторної установи з ВД.
9. Дослідження енергетичної ефективності електроприводів з УПП.

5. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС	Література
1	Тема 1. Закони розвитку складних електротехнічних систем	9	4
2	Тема 2. Режими роботи та критерії оптимізації електроприводів установок електротехнічних комплексів.	9	1-3
3	Тема 3. Режими роботи та вибір напівпровідникових перетворювачів електроприводів електротехнічних комплексів	16	1-3
4	Тема 4. Узагальнена оптимізаційна модель електропривода	16	1-3
5	Тема 5. Оптимізація режимів роботи та вибору типових установок електротехнічних комплексів	16	1-3

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Оптимізація режимів керування та вибору електрообладнання електротехнічних комплексів» заснована на корпоративній політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і добросовісність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Оптимізація режимів керування та вибору електрообладнання електротехнічних комплексів» потребує: підготовки до практичних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок працювати з системами комп'ютерної математики. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- дві відповіді на 9 практичних заняттях (із розрахунку, що на кожному практичному занятті у середньому оцінюються 5 студентів (при чисельності групи 20 осіб – $9 \times 5 / 20 \approx 2$ відп.);
- бали за присутність на лекційних заняттях;
- дві контрольні роботи (одна модульна контрольна робота поділяється на дві контрольні роботи тривалістю по одній академічній годині);
- виконання розрахунково-графічної роботи;

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює: 4 бали \times 2 відп. = 8 балів.

Критерії оцінки відповіді на практичних заняттях	бали
Повна вичерпна відповідь	4
Правильна відповідь з деякими недоліками	3
Неповна відповідь із суттєвими недоліками	2
Досить слабка, або не вірна відповідь	0

2.2. Присутність на лекційних заняттях

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів за 18 лекційних занять 18 балів \times 1 завд. = 18 балів

Критерії оцінки виконання завдань комп'ютерного практикуму	бали
присутність на лекції	1
конспект заняття (обов'язково), пропущеного з поважної причини	1
заохочення за конспектування додаткових тем – 1 бал.	1,5

2.3. Модульний контроль

Виконується на 12 тижні навчання. Складається із 2 задач. Ваговий бал кожної із задач – 4. Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу (МКР) дорівнює: 4 бали \times 2 = 8 балів.

Критерії оцінки виконання задачі МКР	бали
задача вирішена правильно	4

незначні помилки у вирішенні задач	3
значні помилки у вирішенні задач	2
невірне вирішення задач (не відповідає вимогам на «задовільно»)	0

2.4. Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 16. Максимальна кількість балів за всі критерії виконання і захисту РГР дорівнює 16 балів

Критерії оцінки виконання і захисту РГР	бали
виконано всі вимоги до роботи	14...16
виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки	10...14
є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки	7...10
робота не відповідає встановленим вимогам	0...6

Штрафні та заохочувальні бали (не більше 10 балів)

Критерії нарахування штрафних та (або) заохочувальних балів	бали
відсутність на практичному занятті	- 1
несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) захист розрахункової роботи	- 2
заохочувальні бали (за творчі досягнення з навчальної дисципліни: олімпіада з дисципліни, модернізація лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів тощо)	+ 1...10

Розмір шкали рейтингу: $R = R_C + R_E = 50 + 50 = 100$ балів.

Розмір стартової шкали: $R_C = 8 + 18 + 8 + 16 = 50$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали: $R_E = 50$ балів (50 % від R).

Максимальна сума вагових балів всіх контрольних заходів протягом семестру складає $R_S = 8 + 18 + 8 + 16 + 50 = 100$ балів.

3. За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 10 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 6 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 35 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 22 балів.

4. Умови допуску до екзамену: виконання всіх завдань комп'ютерного практикуму та РГР, а також попередня рейтингова оцінка з кредитного модуля має бути $r_C \geq 25$ балів (не менше 50 % від R_C).

5. Завдання екзаменаційної роботи виконується письмово і складається з одного теоретичного запитання та одної практичної задачі. Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Теоретичне питання оцінюється у 10 балів, а задача – 20 балів.

Система оцінювання теоретичного питання	бали
«відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	9...10
«добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності)	7...8
«задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та	6

деякі помилки)	
«незадовільно», незадовільна відповідь	0...5

Система оцінювання практичних запитань (задачі)	бали
«відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання	18...20
«добре», повне розв'язування завдання з несуттєвими неточностями	15...17
«задовільно», завдання виконане з певними недоліками	12...14
«незадовільно», завдання не виконано	0...11

6. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Рейтингові бали	Оцінка за університетською шкалою
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
Менше 60	незадовільно
Невиконання умов допуску до екзамену	не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В якості семестрового контролю, згідно навчального плану, студенти складають іспит

ЕКЗАМЕНАЦІЙНІ ПИТАННЯ З КУРСУ:

1. Взаємодія матеріальних, енергетичних, інформаційних та фінансових потоків електротехнічних комплексів.
2. Закони розвитку складних електротехнічних систем. Закони статички, кінематики, динаміки. Універсальний критерій оптимізації.
3. Оптимальне передатне відношення механічних перетворювачів.
4. Напрями та задачі підвищення енергоефективності основних типів регульованих електроприводів електротехнічних комплексів.
5. Методи оцінювання енергетичної ефективності режимів регульованих електроприводів.
6. Вибір параметрів та налагодження регуляторів замкнених контурів підлеглого керування регульованими електроприводами.
7. Імітуючі та оптимізаційні моделі електроприводів.
8. Оптимізація за критерієм мінімум електромагнітних втрат.
9. Оптимізація за критерієм мінімум повних втрат.
10. Оптимізація за критерієм мінімум струму статора.
11. Оптимізація за критерієм мінімум узагальненого показника якості.
12. Багатокритеріальна оптимізація режимів роботи електроприводів електротехнічних комплексів.
13. Режими роботи та вибір напівпровідникових перетворювачів електроприводів електротехнічних комплексів, інверторів струму, інверторів напруги, активних випрямлячів.
14. Матричні перетворювачі, дволанково-безпосередні перетворювачі частоти..

15. Узагальнена оптимізаційна модель електропривода.
16. Вектор стану узагальненої оптимізаційної моделі електропривода.
17. Вектор управлінь узагальненої оптимізаційної моделі електропривода.
18. Вектор показників якості узагальненої оптимізаційної моделі електропривода.
19. Структура оптимізаторів режимів регульованих електроприводів.
20. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання підйомних установок.
21. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання вентиляційних установок.
22. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання конвеєрних установок.
23. Оптимізація режимів роботи та вибору обладнання насосних установок.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: к.т.н., доц. Лев ЛЕБЕДЄВ.

Ухвалено: кафедрою АУЕК (протокол № _____ від _____ р.)

Погоджено: Методичною комісією факультету (протокол № _____ від _____ р.)

Затверджено на засіданні кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами.

Протокол від " ____ " _____ р. № ____

Завідувач кафедри АУЕК

_____ **Віктор РОЗЕН**

" ____ " _____ 202 р.