



СІЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ



«Моделювання мікропроцесорних електроприводів робототехнічних та мехатронних систем»

Шифр та назва спеціальності	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Факультет / Інститут	Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка
Назва освітньо-наукової програми	Електрична інженерія	Кафедра	Автоматизовані електромеханічні системи

ВИКЛАДАЧ

Осичев Олександр Васильович, Oleksandr.Osychev@khpi.edu.ua



Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри автоматизованих електромеханічних систем НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 38 років. Автор понад 130 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Моделювання електромеханічних систем», «Основи мікропроцесорної техніки», «Мікропроцесорний електропривод» (по 64 години лекції кожної дисципліни, 192 години лекцій на рік до 2017 року) з особистою практикою майже 40-річного безперервного комп'ютерного та математичного моделювання та синтезу складних електромеханічних систем, що знайшло відображення у публікаціях та курсах лекцій. Викладав Теорію автоматичного керування. Керівник аспірантів (5 захищених кандидатських дисертацій). Допускається по курсовому проектуванню фрагментарне консультування студентів за Скайпом за узгодженням обох сторін або одноразово у режимі електронної конференції для студентів, мешкаючих у гуртожитку.

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ

Дисципліна спрямована на оволодіння теоретичними основами та практичними навиками у області математичного та комп'ютерного моделювання елементів та систем керування сучасних електроприводів (лінійних та нелінійних, у неперервному часі та дискретних, детермінованих та стохастичних, з використанням методу графів та матричного опису).

- Для моделювання потребується досить детальне лекційне розглядання принципів побудови, схем та характеристик сучасних промислових електроприводів (переважно асинхронних з переворювачами частоти та софтстартерами) та засобів автоматизації, про що й йдеться у першій половині конспекту. На цьому етапі під час лекцій широко практикується використання пакетів Matlab+SimPower, Maple, відео-, аудіофайлів та демонстрування моделей під час лекцій. До конспекту додано багато відповідних підручників у вигляді файлів та довідкових матеріалів за контекстом, розроблених Matlab-моделей і Maple-програм. Тести для самоперевірки знань студентів не використовуються, тому що на 5 курсі від студентів вимагається більшою мірою розуміння матеріалу, а не запам'ятовування фактажа. Розуміння матеріалу досягається у ході виконання курсового проекту з регулярними консультаціями (у тому разі за допомогою Скайпу) та публічного захисту проекту з доповіддю протягом 15-25 хвилин (і більше за бажанням студента).
- Друга частина конспекту присвячена розгляданню сучасних методів синтезу сучасних електромеханічних систем з використанням матричного апарату з неперервними та цифровими регуляторами та за кореневими методиками. Ця теоретична частина розкривається на рівні принципів, формул та схем, роботу яких викладач демонструє на завчасно розроблених моделях в пакеті Matlab.

Анотація

Мета та цілі	<p>Виробити у студента теоретичні уявлення та практичні навички щодо</p> <ul style="list-style-type: none"> - методик достовірного моделювання складних сучасних електроприводів і систем автоматизації за допомогою пакета Matlab+Simpower, проведення досліджень їх роботи з використанням сучасної обчислювальної техніки та узагальнення отриманих результатів в процесі наукової роботи - оцінки можливості синтезу регуляторів складних систем керування електроприводами з програмованими контролерами та вбудованими обчислювальними платами.
Формат	<p>Лекції, лабораторні та практичні роботи, консультації. Підсумковий контроль – тривалий публічний захист (до 30 хвилин) виконаного курсового проекту з доданим опитуванням, як при іспиті з білетами, щодо другої (теоретичної) частини конспекту з оглядом перспективних технологій побудови систем керування та особливостей їх моделювання.</p>
Результативнавчання	<ul style="list-style-type: none"> - Засвоїти методики побудування та навчитись працювати з віртуальними комп'ютерними моделями, - навчитись на лабораторних стендах працювати з мікропроцесорними приводами Mikromaster440, Simoreg, Simovert, з програмованими логічними контролерами (PLC) S7-300 - навчитись співставляти результати комп'ютерного моделювання, проектування та лабораторних експериментів, усвідомлюючи їх тісний зв'язок та розбіжності. - Започаткувати спроможність студентів на власні наукові дослідження систем керування електроприводів на рівні, достатньому для успішного виконання завданий наступного магістровського без втручання керівника проекту.
Обсяг	<p>Загальний обсяг дисципліни 150 год.: лекції – 32 год., лабораторні роботи –16 год., практичних занять – 16 год., курсова робота, самостійна робота – 86 год.</p>
Пререквізити	<p>«Фізика», «Електричні машини і апарати», «Теорія електроприводу», «Теорія автоматичного керування», «Елементи автоматизованого електроприводу», «Промислова електроніка», «Основи мікропроцесорної техніки», СКЕП, МЕМС, бакалаврський проект.</p>
Вимоги викладача	<ul style="list-style-type: none"> - Студент зобов'язаний відвідувати заняття згідно розкладу, що розширює, поглиблює та спрощує його підготовку до контрольних опитувань на оцінки «добре» та «відмінно». Студент повинен дотримуватися типової етики поведінки у штатних та нештатних ситуаціях і уміти знаходити компромісні неконфліктні рішення у різних ситуаціях. - Студент повинен загрузити за посиланням Комплект методичних матеріалів, розроблених викладачем за дисципліною, та навчитись працювати з вкладеними в нього електронним конспектом лекцій, файлом методичних вказівок до курсового проекту і файлами лабораторних робіт, посилання на які студент отримав у викладача на першій лекції семестра. - Студент повинен вміти працювати з навчальною та додатковою літературою, яка підібрана викладачем із Інтернету та додана в електронний конспект як за контекстом розглянутих питань, так і у повному обсязі на початку конспекта. - Треба знати, що при пропуску лекційних занять обов'язково проводиться усна співбесіда за пропущеною темою під час контрольної перевірки знань. - Відпрацьовувати лабораторні заняття можна лише при наявності дозволу викладача, що проводить лабораторні заняття. - З метою оволодіння необхідною якістю освіти з дисципліни потрібна регулярна підготовленість до наступних лабораторних занять. - Без особистої присутності студента за любых обставин підсумковий контроль не проводиться. - Студенту дозволяється приносити на лабораторні роботи особистий ноутбук з необхідним встановленим сучасним програмним забезпеченням і виконувати на ньому фрагменти завдання методичних вказівок. - Студенту рекомендується/дозволяється приносити на консультації по курсовому проекту особистий ноутбук з необхідним встановленим сучасним програмним забезпеченням і виконувати на ньому усі фрагменти завдання методичних вказівок. Якщо це неможливо, кафедра надає можливість виконувати проект на обчислювальному центрі, а деякі консультації за домовленістю з викладачем-керівником проводити за Скайпом або одноразово у режимі електронної конференції для студентів, що мешкають в гуртожитку.

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ

<p>Лекція 1</p>	<p>Введення. Цілі і завдання курсу. Узагальнення і коротке повторення раніше вивченої профільної тематики.</p>	<p>Практичне заняття 1</p>	<p>Вивчення електроприводу за системою ПЧ-АД на базі перетворювача SIMOVERT фірми SIEMENS</p>	<p>Опрацьовування лекційного матеріалу</p>
<p>Лекція 2</p>	<p>1. Огляд мікропроцесорної елементної бази мікроконтролерів і перетворювачів частоти/пристроїв плавного пуску. 2. Двигуни в мікропроцесорному електроприводі, їх характеристики, параметри і способи моделювання в пакетах Матлаб, Мейпл та PSIM.</p>	<p>Лабораторна робота 1</p>	<p>«Исследования электропривода по системе ПЧ-АД на базе преобразователя SIMOVERT фирмы SIEMENS»</p>	<p>Підготовка до проведення та здачі лабораторних робіт. Оформлення звітів по лабораторним роботам</p>
<p>Лекції 3-4</p>	<p>1. Векторне керування швидкістю асинхронного привода (промислові розробки). Давачеве і бездавачеве регулювання, однозонне і двозонне, з синусоїдальною ШІМ-модуляцією і з просторово-векторною модуляцією в перетворювачі. Граничні значення діапазону регулювання і швидкодії найкращих сучасних промислових зразків. Матлаб-модель і графіки динамічних процесів у двоконтурної САР швидкості з векторним керуванням. Атлас динамічних процесів. 2. Пряме керування моментом (DTC) асинхронного двигуна. Первинні матеріали від АВВ. Фрагменти монографії Перельмутера В. М. з осцилограмами його моделей. Матлаб-моделі з урахуванням трансформаторного/реакторного устаткування, графіки динамічних процесів, їх порівняння з графіками векторного керування. Граничні значення швидкодії в контурі регулювання моменту і точність регулювання в розімкнутій/замкнутій САР швидкості з DTC-управлінням.</p>	<p>Практичне заняття 2</p>	<p>Вивчення програмованого логічного контролера SIMATIC S7-300 фірми SIEMENS</p>	<p style="text-align: center;">Самостійна робота</p> <p>Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях (в тому разі практика моделювання в пакеті МАТЛАБ)</p>
<p>Лекції 5-6</p>	<p>Синхронні двигуни. Шкала потужностей, малопотужні двигуни та двигуни граничної потужності до 120 МВт. Области застосування у зв'язку з завданнями регулювання. Двигуни з електромагнітним збудженням і двигуни з постійними магнітами (гранична потужність промреалізацій). Сервоприводи. Їх граничні значення швидкодії і діапазону регулювання, особливості роботи на нульовій швидкості. Векторне керування синхронними двигунами. Матлаб-моделі синхронного привода з векторним керуванням при релейному регуляторі струму і при ПІ-регуляторі струму.</p>	<p>Лабораторна робота 2</p>	<p>«Изучение программируемого логического контролера SIMATIC S7-300 фирмы SIEMENS»</p>	<p>Виконання курсового проекту «Розробка моделі зразка промислового асинхронного електропривода та його моделювання у пакеті SimPowerSystem»</p>

<p>Лекції 7-8</p>	<p>1. Силові вентиля в мікропроцесорному електроприводі, їх характеристики, параметри і моделювання в Матлабі</p> <ul style="list-style-type: none"> • Тиристори, їх область застосування, граничні струми і напруги, потужність приводів, Матлаб-модель і приклади осцилограм вмикання/вимикання. • Двухопераційні тиристори GTO і IGCT, область їх застосування, граничні струми і напруги, потужність приводів, частоти комутації (ШІМ-модуляції), Матлаб-модель і приклади натурних осцилограм включення-виключення. • IGBT-транзистори, IEGT-транзистори, область їх застосування, граничні струми і напруги, потужність приводів, частоти комутації (ШІМ-модуляції), безструмова пауза, час вмикання/вимикання, зв'язок безструмової паузи і темпу комутації з тепловими втратами, типові втрати в статичному/динамічному режимах, призначення драйверів, Матлаб-модель, приклади модельних і натурних осцилограм вмикання-вимикання. • FET-транзистори, область їх застосування, граничні струми і напруги, потужність приводів, частоти комутації (ШІМ-модуляції). <p>2. Перетворювачі і активні випрямлячі у мікропроцесорному електроприводі, область їх застосування, призначення, схеми, характеристики, вплив на мережу (THD), параметри, способи моделювання в пакетах Матлаб і PSIM і моделі, деталізовані графіки динамічних процесів у різних пускових і усталених режимах електроприводу, їх аналіз.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Для ЕП постійного струму – пульсність (6, 12, 18), час безструмової паузи, роздільне управління, інтенсивність продажів на ринку. • Для ЕП змінного струму <ul style="list-style-type: none"> – перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму при 6, 12, 18, 24, 32-пульсном випрямлячі з гальмівним резистором до потужності приводу, рівної 1 МВт; – перетворювачі частоти за схемою back-to-back з ШІМ-AFE-випрямлячем, що забезпечують одиничне значення $\cos(\phi)$ і гармонічний струм у мережі. <ul style="list-style-type: none"> – тиристорний регулятор напруги, як основа софтстартерів – безпосередній перетворювач частоти (для порівняння з постарілими зразками) – матричний перетворювач частоти, осцилограми комутації (для порівняння з самим новим варіантом, широко відомим, але поки таким, що не має промислової реалізації) 	<p>Практичне заняття 3</p>	<p>Вивчення промислового програмного забезпечення SIMATIC. Базовий пакет програм STEP7</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Робота в інтернеті щодо вибору механізму і приводу за інтересом студента; • Розрахунки характеристик силової частини з асинхронним двигуном обраного механізму, побудова механічних характеристик асинхронного двигуна в пакеті Матлаб з урахуванням ефекту витіснення струму та при різних способах регулювання швидкості; • Обрання перетворювача частоти або пристрою м'якого пуску та іншого електрообладнання відповідно до обраного електроприводу;
<p>Лекції 9-10</p>	<p>Механічне обладнання, реактори, датчики. Їх місце включення, зовнішній вигляд, статичні і динамічні характеристики, граничні характеристики, точність, область ефективного застосування в системах регулювання, параметри для моделювання, моделі в пакетах Матлаб, PSIM і Vissim у складі системи електроприводу, графіки процесів.</p>	<p>Лабораторна робота 3</p>	<p>«Изучение промышленного программного обеспечения SIMATIC. Базовый пакет программ STEP7»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Розрахунок значень параметрів обраного електрообладнання;

<p>Лекція 11</p>	<p>Програмовані логічні контролери.</p> <p>Сучасні реалізації (SIMATIC S7-300, SI-MATIC S7-1500 та ін.), загальна характеристика, призначення, область застосування, граничні технічні характеристики процесорів, асортимент функцій і блоків обробки цифрових і аналогових керуючих сигналів вводу/виводу і силових ланцюгів в модульній конфігурації (ЦАП, АЦП, реле, лічильники, регулятори, мережеві процесори, розподілене керування і збір інформації і т. д.), зв'язок з інформаційними мережами для обміну інформацією та для створення замкнених систем регулювання віддалених електроприводів, стандарти і стандартизовані мови програмування LAD, STL, SCL, FBD, мова графів, Сі-компілятори, оболонка STEP7 для вибору обладнання, конфігурування системи автоматизації та написання+налагодження (з симуляцією зовнішнього середовища)+роботи керуючої програми в реальному часі.</p>	<p>Практичне заняття 4</p>	<p>Вивчення мов програмування LAD і STL</p>	
<p>Лекція 12</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Моделюючі програми (типу Матлаба) від виробників приводів (наприклад, Міцубіші) з бібліотеками їх промислових електротехнічних виробів і значеннями параметрів. 2. Бібліотеки керуючих програм для автоматизації технологічних процесів і регулювання електроприводів з можливостями мережових рішень. Електронний кулачок, синхронізація двигунів, управління процесами у намоточному і друкарському обладнанні, пригнічення коливань вантажу мостового крана (фірма Rockwell Automation, Сіменс і мн. ін) і т. п. Відеоілюстрації роботи приводів під управлінням таких програм. 3. Інформаційні мережі та завдання регулювання Структури мереж (радіальна, магістральна). Типові промислові мережі «польового рівня» і «заводського» рівня Profibus, Ethernet, Profinet, мережа нижнього рівня (виконавчого обладнання) AS-інтерфейс, їх призначення, характеристики за кількістю абонентів, за припустимої швидкості обміну (важливо для побудови і моделювання замкненої САР), віддаленості об'єктів управління, необхідності встановлення підсилювачів і погоджувальних міжмережових пристроїв, можливості виходу в інтернет. Панелі оператора для управління процесом і відображення стану процесу. Зв'язок з розподіленим управлінням. Базове програмне забезпечення мережових рішень : SCADA-системи, їх призначення, можливості, завдання приводчиків в цій галузі, виробники цього (WinCC – від Сіменса). Термінологічна довідка в області програмно-орієнтованих технологій та систем управління 	<p>Лабораторна робота 4</p>	<p>«Изучение языков программирования LAD и STL»</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Розробка та отладка комп'ютерних моделей розробленого асинхронного електроприводу у пакеті Матлаб з двоохривневими та трьохривневими інверторами або пристроєм м'якого пуску ; • Проведення комп'ютерного експерименту, аналіз графіків динамічних процесів пуску та регулювання в електричній та механічній частинах привода, отримання заключень.
<p>Лекція 13</p>	<p>Силові схеми перетворювачів і їх моделювання в пакеті Матлаб</p> <p>Силові схеми транзисторних перетворювачів dc-dc для приводів постійного струму, 4 режиму комутації (діагональної, симетричної, несиметричної, почергової комутації) та порядок включення транзисторів у двигунному і генераторних режимах роботи двигуна, лінійність/нелінійність перетворювача, наявність режиму безструмової паузи/переривчастих струмів, величини амплітуди пульсації, рівномірність завантаження</p>			<ul style="list-style-type: none"> • Розрахунок вартості розробленого електроприводу

транзисторів, частота комутації і частота пульсацій вихідної напруги. Робота при ШІМ-модуляції і в релейному режимі. Зв'язок з порядком комутації вентилів при роботі інвертора dc-ac.

Силові схеми перетворювачів частоти ac-ac. Схеми дворівневого і трирівневого інверторів, призначення їх елементів, шляхи протікання струмів через силові вентиля та двигун, 6 секторів напруг інвертора і 8 положень вектора. Ланка постійного струму. Управління баластним резистором. Функції драйверів. Частота комутації вентилів і частота перемикачів у вихідному напрузі інвертора. Визначення ємності конденсатора в ланці постійного струму. Проблема «довгого кабелю» і моторні фільтри. Їх вплив на реалізацію векторного керування. ШІМ-комутація в транзисторах інвертора напруги та Релейний режим, еквівалентуючий його в інвертор струму при наявності зворотного зв'язку. Алгоритми комутації транзисторів інвертора та їх вплив на максимальну амплітуду його вихідної напруги. Принципи та реалізація PWM і SVM типів модуляції, алгоритм Flat Top, введення третьої гармоніки, плаваюча частота PWM-модуляції. Гіпермодуляція для підвищення вихідної напруги і її нелінійність. Графіки напруг і лінеаризація перетворювача з гіпермодуляцією. Пуск двигуна при лінеаризованому перетворювачі з гіпермодуляцією. Модель трифазного інвертора при SVM-модуляції в пакеті PSIM. Силова схема промислового приводу (ABB) з триобмоточним трансформатором і трирівневим інвертором на IGCT-вентиллях. Модель і осцилограми трирівневого інвертора в пакеті PSIM : всі струми, напруги, пульсації, розкладання на гармоніки кривич фазного струму навантаження. Схеми високовольтних електроприводів від АББ : зведена таблиця з характеристиками. 5-рівневі, 7-рівневі і 9-рівневі промислові реалізації інверторів (приклади схем). Матричні перетворювачі : схема, модель, графіки вихідних напруг. Побудова спрощеної моделі (закон Ома+правило Кірхгофа) дворівневого інвертора з активно-індуктивним навантаженням для моделювання засобами пакету Симулінк в лабораторних роботах і курсовому проектуванні з ШІМ-модуляцією і в ковзному режимі. Порівняння результатів. Приклади схем перетворювачів різного призначення від різних виробників.

- Підготовка до захисту проекту (з використанням мультимедійного проектора)

Лекція 14

Принципи і алгоритми (схеми+регулятори) управління в системах автоматизації і мікропроцесорному електроприводі. Їх моделювання.

Дискретні регулятори при послідовній корекції

- Проектування дискретного регулятора за аналоговим прототипом, в тому числі за передавальними функціями регуляторів, отриманих методом прямого кореневого синтезу або по частотним характеристикам.
- Побудова цифрового регулятора на базі апарату бажаних дискретних частотних характеристик розімкненої системи після перетворення безперервного опису об'єкта регулювання у дискретний час
- Компенсаційні регулятори, як різновид послідовної корекції. Маючи безперервний опис об'єкта регулювання, вибираємо бажану передавальну функцію замкненої системи і знаходимо передавальну функцію регулятора. Маємо кілька варіантів отримання $W(z)$ регулятора в залежності від того, що і коли оцифруємо в ході синтезу. Ці регулятори непридатні для роботи з нестійкими об'єктами і погані для слабодемпфованих. Схема, порядок синтезу регулятора, результуюча передавальна функція.
- Регулятор з кінцевим часом встановлення – теж різновид послідовної корекції з

тими ж недоліками. Він забезпечує закінчення перехідного процесу в синтезованій дискретній системі за заданою кількістю тактів, але не менше, ніж порядок об'єкта регулювання. При виборі більшої кількості тактів вдається обмежити амплітуду вхідного сигналу на об'єкт регулювання. Схема, порядок синтезу регулятора, результуюча передавальна функція при синтезі з мінімальним числом тактів і з обмеженням на керуючий сигнал.

- Послідовний регулятор, що компенсує чисте запізнення в об'єкті. Регулятори Ресвика і Сміта.

Системи з паралельною корекцією (метод простору стану)

- Сімейство Модальних регуляторів з повністю керованими коренями і з неповністю керованими.
- Сімейство лінійних Оптимальних регуляторів при різних критеріях оптимізації, що включають/не включають час і різних елементах вагових матриць, зокрема, LQR. Фізична трактування квадратичних форм від змінної стану, як запасеної енергії.. Вибір змінної стану або їх сукупності для оптимізації. Вибір вихідної координати об'єкта для оптимізації (LQR по виходу). Структурна схема оптимального регулятора та її ідентичність схемі з модальним регулятором. Порівняння модального та оптимального регуляторів з точки зору мети і процедури синтезу, а також отриманих результатів. Емпіричність вибору середньогеометричного кореня, стандартних розподілів коренів і вагових матриць. Статизм за управлінням, статизм за збуренням і введення ПІ-частини регуляторів, що усуває цей недолік. Отримана структурна схема і можливість її «неоптимального» налаштування без використання матричних перетворень. Поконтурне налаштування модального регулятора від внутрішнього контуру до зовнішнього. Перетворення системи регулювання з модальним регулятором у систему підпорядкованого керування з багаторазовоінтегруючим послідовним регулятором швидкості. Графіки динамічних процесів.
- Нелінійний LQR регулятор для нелінійного об'єкта при поліноміальній інтерполяції статичної нелінійності кривою 3-го порядку.

Спостерігачі в системах з паралельною корекцією. Схеми, властивості і синтез.

- Спостерігачі повного порядку з дискретизацією за аналоговим прототипом.
- Приведення аналогового спостерігача до однієї з канонічних форм цифрових фільтрів (порушується ідентичність структурної схеми об'єкта регулювання)
- Синтез цифрового спостерігача після дискретизації безперервного опису об'єкта регулювання (повністю втрачається первинна структура об'єкта)
 - Налаштування дискретного спостерігача за обраними стандартними розподілами його коренів, кінцевим часом встановлення або за алгоритмом LQR
 - Структурне перетворення спостерігача з модальним (оптимальним) регулятором до одного послідовного регулятор з передавальною функцією високого порядку.
- Спостерігачі повного порядку, побудовані для декількох частин одного об'єкта регулювання.
- Спостерігачі повного порядку з корекцією за кількома сигналам з датчиків об'єкта

	<ul style="list-style-type: none"> • Спостерігачі повного порядку для систем з кубічної статичною нелінійністю. • Лінійні спостерігачі з розширеним простором стану для видалення помилки відновлення координат • Редуковані спостерігачі зі структурою, яка не збігається зі структурою об'єкта. <p>Усунення цього недоліку для полегшення налаштування системи.</p>			
Лекція 16	<p>1. Пристрої параметричної офлайн і онлайн-ідентифікації. Приклади.</p> <p>2. Робастні методи синтезу. Мета синтезу та математичний апарат. H^∞ і μ-синтез. Тип одержуваних регуляторів, їх порядок. Синтез для нестійких об'єктів. Зв'язок з апаратом частотних характеристик. Приклад отриманого в Матлабі регулятора для двухмасової моделі з синхронним двигуном з постійними магнітами, релейним регулятором струму і робастним регулятором швидкості. Оцінювання робастності синтезованої двухмасової системи з модальним регулятором з використанням частотних характеристик, перехідних характеристик і генератора випадкових чисел в циклічному m-файлі в Матлабі.</p> <p>3. Побудова АЧХ і ФЧХ екстраполятору нульового порядку і дискретного інтегратора без застосування апарату частотних характеристик для з'ясування фізичного змісту деформації аналогового сигналу при його квантуванні за часом.</p> <p>Узагальнення вивчених матеріалів курсу. Методичні рекомендації з підготовки до іспиту та захисту курсового проекту</p>			

ЛІТЕРАТУРА ТА НАВЧАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Основна	<p>Базову та додаткову літературу у вигляді списку та безпосередньо повного тексту рекомендованих книжок включено до Інтегрованого Електронного комплекту усіх методичних матеріалів до вивчення трьох дисциплін, що викладаються автором лекційних курсів : «Моделювання електромеханічних систем», «Моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем», та «Основи мікропроцесорної техніки» та «Програмування мікропроцесорів».</p> <p>До базової літератури віднесені методичні розробки та каталоги провідних закордонних виробників мікропроцесорних електроприводів та засобів автоматизації, таких як Siemens, ABB, Mitsubishi, Shneider Electric, Omron, Motorola, Приводная техника, Триол та інших. До них же віднесено методичні вказівки до курсового проекту та до лабораторних робіт.</p> <p>Цей Інтегрований Електронний комплект завантажений у Хмарове сховище інтернету за посиланням: https://drive.google.com/open?id=0B5btBNUO_z68NC1OaVQxU2U3UjA</p>	Додаткова	<p>Базову та додаткову літературу у вигляді списку та безпосередньо повного тексту рекомендованих книжок включено до Інтегрованого Електронного комплекту усіх методичних матеріалів до вивчення трьох дисциплін, що викладаються автором лекційних курсів: «Моделювання електромеханічних систем», «Моделювання електроенергетичних та електромеханічних систем», «Основи мікропроцесорної техніки» та «Програмування мікропроцесорів».</p> <p>До додаткової літератури віднесені три монографії автора лекційного курсу, що стосуються сучасних методів синтезу регуляторів мікропроцесорних електроприводів та прикладів їхнього застосування. До додаткових джерел віднесені також чисельні фото-відео-матеріали та скриншоти моделюючих програм, зібрані автором, та самі моделі, розроблені автором у Матлабі для демонстрування під час лекції та самостійної роботи.</p> <p>Цей Інтегрований Електронний комплект завантажений у Хмарове сховище інтернету за посиланням: https://drive.google.com/open?id=0B5btBNUO_z68NC1OaVQxU2U3UjA</p>
----------------	---	------------------	---

ПЕРЕЛІК ЗАПИТАНЬ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО ІСПИТУ

Для підготовки к іспиту достатньо проаналізувати та осмислити усі матеріали виконаного студентом курсового проекту, а також відповісти на питання щодо кожного методу синтезу регуляторів (за другою частиною конспекта) : принцип, ідея побудування, результати, що досягаються та обмеження на застосування.

ПЕРЕЛІК ОБЛАДНАННЯ

Персональна електронна обчислювальна машина (або ноутбук) з операційною системою Windows і наступним програмним забезпеченням: 1) Matlab, 2) Maple, 3) Офісні програми, 4) STEP-7, Monitor

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів для оцінювання успішності аспіранта	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	Нарахування балів	Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • лабораторні роботи: 15% семестрової оцінки; • практичні заняття роботи: 15% семестрової оцінки; • самостійна робота: 20% семестрової оцінки; • іспит: 50% семестрової оцінки
	90-100	A	відмінно		
	82-89	B	добре		
	74-81	C			
	64-73	D	задовільно		
	60-63	E			
	35-59	FX			
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни			

НОРМИ АКАДЕМІЧНОЇ ЕТИКИ

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при нерозв'язності конфлікту доводиться до співробітників відділу аспірантури.

Сілабус за змістом повністю відповідає робочій програмі навчальної дисципліни