



Виконавчі пристрої систем авіоніки

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>173 Авіоніка</i>
Освітня програма	<i>Системи керування літальними апаратами та комплексами</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 рік, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів (120 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Маринич Юрій Михайлович, тел. +044-2048397, e-mail:all-mari@i.ua Лабораторні роботи: кандидат технічних наук, доцент Маринич Юрій Михайлович, тел. +044-2048397, e-mail:all-mari@i.ua
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна “Виконавчі пристрої систем авіоніки” формує теоретичні знання та практичні навички студентів з теорії, дослідження, випробувань та використання сучасних виконавчих пристроїв систем керування літальними апаратами (СКЛІА): електромоторами, багатоступеневими електричними машинами, рульовими машинами та іншими.

Студенти засвоюють методологію та технологію застосування різних принципів та підходів в дослідженні та використанні виконавчих пристроїв, отримують досвід коректного визначення параметрів систем для реалізації заданих в технічному завданні необхідних характеристик систем керування з урахуванням особливостей їх застосування.

Мета та завдання дисципліни

- 1.1. Метою дисципліни є формування у студентів наступних здатностей (загальних та фахових компетентностей) згідно із освітньою програмою:

- Здатність розробляти алгоритми, використовувати мови програмування та комп'ютерні технології у професійній діяльності (ЗК5);
- Здатність використовувати та розробляти електричні схеми, електричні пристрої при розв'язанні практичних завдань авіоніки (ЗК6);
- Здатність використовувати автоматизовані системи проектування при створенні приладів та систем авіоніки (ФК2).

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі **знання та уміння**:

- знання методів математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (ЗН4);
- знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для рішення наукових і професійних завдань (УМ1);
- розробляти конструкторську документацію, в тому числі, за допомогою комп'ютерних програм(УМ2);
- розробляти алгоритми, використовувати мови програмування та комп'ютерні технології у професійній діяльності (УМ3);
- використовувати автоматизовані системи проектування при створенні приладів та систем авіоніки (УМ8).

Пререквізити та пост реквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для опанування кредитного модулю дисципліни «Виконавчі пристрої систем авіоніки» необхідні знання і вміння, які студенти отримують під час вивчення дисциплін: вища математика, фізика, технічна механіка, електротехніка, електроніка і основи схемотехніки, теорія автоматичного керування, інформаційно-вимірювальні пристрої.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни «Виконавчі пристрої систем авіоніки», є базовими для вивчення наступних навчальних дисциплін спеціальності: основи будови систем керування повітряних літальних апаратів і супутників, основи будови повітряних і космічних літальних апаратів, системи орієнтації ЛА за спеціальністю 173 Авіоніка.

Зміст навчальної дисципліни

1. Виконавчі електромотори для систем авіоніки різного призначення. Принцип дії, конструкція, рівняння руху, функціональні схеми блоків керування, ТТХ.

1.1. Класифікація електромоторів.

1.2. Асинхронний мотор.

1.3. Асинхронний- реактивний мотор.

- 1.4. Синхронний гістерезисний мотор.
- 1.5. Колекторні мотори постійного струму.
- 1.6. Широтно-імпульсний метод керування струмом.
- 1.7. Безколекторні мотори постійного струму, схеми блоків керування, особливості конструкцій магнітоелектричних систем від призначення мотора.
- 1.8. Динамічна балансировка.
- 1.9. Методи контролю попереднього натягу в підшипниках.
2. Двигун-маховик – виконавчий пристрій системи управління кутовим рухом супутника. Визначення алгоритмів для формування закону управління, рівняння руху, функціональна схема блоку управління.
 - 2.1. Вибір конструкцій базового мотора.
 - 2.2. Визначення алгоритмів контролера для формування лінійного закону управління.
 - 2.3. Функціональні схеми контуру управління мотором. Експериментальне визначення коефіцієнтів схеми управління.
3. Давачі моменту з управлінням по постійному і змінному струму. Розрахунок і ТТХ. Давачі кута. Принцип дії і ТТХ. Багатоцільова електрична машина. Принцип дії, конструкція. Рульові машини.
 - 3.1. Датчик моменту різного призначення, датчики моменту з управлінням по постійному струму, датчики моменту з управлінням по змінному струму.
 - 3.2. Датчики кута ємнісні, індукційні, індуктивні, розрахунок та схеми включення.
 - 3.3. Багатоцільова електрична машина «мікросин».
4. 3-х ступенева електрична машина і її застосування в оптичних координаторах цілі (ОКЦ). Конструкція, принцип дії, рівняння руху, функціональні схеми контурів управління.
 - 4.1. 3-х ступенева електрична машина, визначення інформаційних сигналів пеленга та опорних напруг. Визначення характеру і методів формування струмів керування по 3-м вісям управління.
 - 4.2. Конструкція і принцип дії оптичного координатора цілі (ОКЦ) теплових головок самонаведення. Схеми контурів управління. Формування вихідних сигналів кута і кутової швидкості.
 - 4.3. Обладнання та методи вимірювання точностних характеристик ОКЦ.

Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Лазарєв Ю. Ф., Бондар П. М. Основи теорії чутливих елементів систем орієнтації. Підручник. – К.: , 2009. – 626 с.
2. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и приводы на их основе. СПб: «Корона-Век», 2006. – 336с.
3. Лавріненко Ю.М. та інші. Електропривод. Підручник. – К.: , 2009. -504с.

4. Навчальний посібник з дисципліни «Автоматизоване проектування електромеханічних систем».-Харків: ХНАМГ, 2009.-281с.
5. Неусыпин А.К. Гироскопические приводы. – Москва. Машиностроение: 1978. – 192с.

Додаткова література:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Визначення реактивного моменту гвинтових пар ” .
2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Динамічне балансування роторів ”
3. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Визначення резонансної частоти та попереднього натягу підшипникового вузла ”
4. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Вивчення конструкцій рульових машин ”

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

Таблиця 1

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Класифікація електромоторів. Асинхронний мотор, конструкція, принцип дії, механічні та робочі характеристики. Синхронний гістерезисний мотор. Принцип дії, механічні та робочі характеристики Література: [баз.:3] Завдання на СРС. Асинхронний мотор та синхронний гістерезисний мотор виробників країн ЄС. Досягненні ТТХ.
2	Виконавчі колекторні мотори постійного струму. Конструкція, принцип дії, характеристики. Широтно- імпульсний метод (ШІМ) керування струмом, його апаратне забезпечення та порівняльний аналіз з аналоговим управлінням. Література: [баз.:2,3] Завдання на СРС. Колекторні мотори країн ЄС. Досягненні ТТХ.
3	Безколекторні мотори постійного струму (БМПС) зі статором електромагнітом. Конструкція, принцип дії, функціональна схема блока управління мотором. Робочі характеристики та ТТХ. Література: [баз.:2,3] Завдання на СРС. Особливості конструкції і управління для моторів гвинтових пар БПЛА.
4	Основні фактори втрати потужності БМПС. Розрахунок основних характеристик. Економічна схема управління трьохфазним БМПС. Література: [баз.:2] Завдання на СРС. Контролери та моноблоки для БМПС. Досягненні ТТХ.
5	БМПС з безпазовим статором. Конструкція, функціональна схема блока управління мотором, робочі характеристики та ТТХ. Література:[баз.:2] Завдання на СРС. ТТХ БМПС фірми MAXON.
6	БМПС з безпазовим статором великої потужності. Особливості конструкції, ТТХ.БМПС з

	<p>контуром стабілізації частоти обертання. Функціональна схема блока керування мотором, механічні і робочі характеристики. Література: [баз.:2] Завдання на СРС. ТТХ потужних електромоторів для бойових БПЛА та ЛА малої авіації.</p>
7	<p>Двигун-маховик (ДМ) виконавчий орган управління кутовим рухом супутника. Функціональні вимоги, вибір конструкції базового мотора, визначення закону керування моментом і факторів, які впливають на його точність. Розробка алгоритмів для реалізації в контролері. Література: [баз.:2] Завдання на СРС. ТТХ ДМ для наносупутників.</p>
8	<p>Розробка функціональної схеми блока керування ДМ. Рівняння руху ДМ. Література: [баз.:2] Завдання на СРС. Методика розвантаження ДМ.</p>
9	<p>Методики експериментальних досліджень для визначення коефіцієнтів контролера ДМ. Література: [баз.:2,4] Завдання на СРС. Вплив зовнішнього середовища на ДМ.</p>
10	<p>Контрольна робота по темам 1,2.</p>
11	<p>Давачі моменту з управлінням по постійному та змінному струму. Розрахунок і ТТХ. Література: [баз.:1,3] Завдання на СРС. Метод управління в полярній системі координат.</p>
12	<p>Давачі кута ємнісні, індуктивні і індукційні. Формування вихідних сигналів, схеми включення. Література: [баз.:1] Завдання на СРС. Принцип перетворення інформації в синхронних детекторах.</p>
13	<p>Багатоцільова електрична машина. Конструкція, принцип дії, комутація котушок в залежності від бажаної функції. Література: [баз.:1,3] Завдання на СРС. Склад і функція елементів оптичної системи ОКЦ.</p>
14	<p>Конструкція однопіроскопного ОКЦ на базі 3-хступеневої електричної машини. Принцип побудови магнітоелектричної системи з силовими та сигнальними котушками в статорі. Література: [баз.:5] Завдання на СРС. Метод наведення пропорційної навігації.</p>
15	<p>Необхідні вихідні сигнали ОКЦ в системі управління, як їх формують. Системи координат. Визначення напруг з сигнальних котушок пеленга та генератора опорних напруг. Література: [баз.:5] Завдання на СРС. Системи координат для режиму автосупровіду цілі.</p>
16	<p>Система розгону та стабілізації частоти обертання. Функціональна схема контуру власного обертання. Рівняння руху. Література: [баз.:5] Завдання на СРС.</p>
17	<p>Контур управління положенням механічної і оптичної осі у просторі. Функціональна схема забезпечення режимів руху – електричного арретирования, відпрацювання цілевказування, авто супроводу цілі. Рівняння руху і визначення похибок в цих режимах. Література:[баз.:5] Завдання на СРС. Принцип перетворення інформації при синхронному детектировані з мінімальною фільтрацією.</p>
18	<p>Контрольна робота по темам 3,4.</p>
19	<p>Залік</p>

Лабораторні роботи

Головна мета лабораторних робіт - засвоєння викладених на лекційних заняттях напрямів та набуття практичного досвіду в розробці та контролю елементів конструкції.

Таблиця 2

№	Назва теми лабораторної роботи	Годин
1	Визначення реактивного моменту гвинтових пар	4
2	Динамічне балансування роторів	4
3	Визначення резонансної частоти та попереднього натягу підшипникового вузла	4
4	Вивчення конструкцій рульових машин	6

Політика та контроль

Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) полягає в підготовці до аудиторних лекційних занять згідно завдань на СРС до лекційних занять та підготовці до лабораторних робіт згідно методичних рекомендацій до лабораторних робіт. Тематика самостійних робіт студентів наведена в Табл.1.

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку невідпрацювання студентом усіх передбачених занять до заліку він не допускається; пропущені заняття обов'язково мають бути відпрацьовані. Форму і час відпрацювання студент та викладач взаємопогоджують.

Політика академічної поведінки та доброчесності (плагіат, поведінка в аудиторії): конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Недопустимі підказки і списування у ході семінарських занять, контрольних роботах, на заліку.

Норми академічної етики: дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) допуск, виконання та захист 4 лабораторних робіт та звітів;
- 2) модульні контрольні роботи (МКР);

4) відповідь на запитання.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал - 5. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи 40 балів:

1) допуск до лабораторних робіт і занять $5 \cdot 4 = 20$ балів.

Ваговий коефіцієнт оцінки допуску до лабораторних робіт 0,7;

2) захист лабораторних робіт $5 \cdot 4 = 20$ балів.

Ваговий коефіцієнт оцінки захисту лабораторних робіт 0,7;

3) захист звітів лабораторних робіт $5 \cdot 4 = 20$ балів.

Ваговий коефіцієнт оцінки захисту лабораторних робіт 0,6.

Всього балів:

$$5 \cdot 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 4 \cdot 0,7 + 5 \cdot 4 \cdot 0,6 = 40.$$

Критерії оцінювання допуску до лабораторних робіт:

5 балів - протокол лабораторної роботи, включаючи розділ "Підготовка до роботи", підготовлений у повному обсязі; правильні та повні відповіді на запитання;

4 бали - протокол лабораторної роботи, включаючи розділ "Підготовка до роботи", підготовлений у повному обсязі; в цілому правильні відповіді на запитання, але при наявності 1-2 недоліків;

3 бали - протокол лабораторної роботи, включаючи розділ "Підготовка до роботи", підготовлений в необхідному обсязі; неповні відповіді на запитання, з помилками;

2 бали - протокол лабораторної роботи, включаючи розділ "Підготовка до роботи", підготовлений в неповному обсязі; відповіді на запитання з суттєвими помилками;

1 бал - протокол лабораторної роботи підготовлений в неповному обсязі без розділу "Підготовка до роботи"; у відповіді на запитання відсутні логічні кроки, наведені деякі формулювання або їх фрагменти. Для допуску може бути запропоновано виконання розділу "Підготовка до роботи", додаткове вивчення матеріалу в обсязі, необхідному для виконання лабораторної роботи;

0 балів - не підготовлений до лабораторної роботи - не допуск.

Критерії оцінювання захисту лабораторних робіт:

5 балів - правильні повні виконання досліджень відповідно до розділу «Порядок виконання лабораторної роботи» та відповіді на запитання; програмна частина роботи здатна і студент правильно демонструє її можливості; правильні чисельні результати обробки даних з необхідними поясненнями;

4 бали - правильні повні виконання досліджень відповідно до розділу «Порядок виконання лабораторної роботи»; програмна частина роботи здатна, але студент допускає помилки при демонстрації її можливостей; правильні чисельні результати обробки даних з необхідними поясненнями та відповіді на запитання, але при наявності 1-2 недоліків;

3 бали - правильні виконання досліджень відповідно до розділу «Порядок виконання лабораторної роботи»; програмна частина роботи здатна, але студент не може самостійно продемонструвати її можливості; неповна, з помилками відповідь на запитання; чисельні результати обробки даних без необхідних пояснень, з помилками.

У випадку невідповідності вказаним критеріям оцінювання захисту лабораторних робіт, студент виконує необхідне доопрацювання та захищає роботу повторно. При кожному послідуєчому захисті оцінка знижується на один бал, але не менше ніж до 0 балів.

Критерії оцінювання захисту звітів лабораторних робіт:

5 балів - звіт включає всі матеріали відповідно до розділу "Зміст звіту лабораторної роботи", правильні повні результати обробки даних з необхідними поясненнями та оформленням відповідно стандартів, самостійні висновки з результатами аналізу та чисельними даними;

4 бали - звіт включає всі матеріали відповідно до розділу "Зміст звіту лабораторної роботи", правильні результати обробки даних з необхідними поясненнями та оформленням відповідно стандартів, самостійні висновки, але при наявності 1-2 недоліків;

3 бали - звіт включає всі матеріали відповідно до розділу "Зміст звіту лабораторної роботи", результати обробки даних без необхідних пояснень та з несуттєвими помилками, незадовільне оформлення; висновки носять формальний характер та не відображають результати роботи;

У випадку невідповідності вказаним критеріям оцінювання захисту звітів лабораторних робіт, студент виконує необхідне доопрацювання та захищає звіт повторно. При кожному послідуєчому захисті оцінка знижується на один бал, але не менше ніж до 0 балів.

2. Модульний контроль

Ваговий бал - 30. Максимальна кількість балів за контрольні роботи дорівнює $30 \cdot 2 = 60$ балів.

МКР виконується традиційним способом у вигляді письмової контрольної роботи.

Оцінка за МКР виставляється відповідно до критеріїв:

- "відмінно", повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30-27 балів;
- "добре", достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 26-23 балів;
- "задовільно", неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 22-18 бали;
- "незадовільно", незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 18 балів), або відсутня відповідь, або наведена відповідь на інше запитання – 0 балів.

3. Штрафні та заохочувальні бали

Штрафні бали застосовуються при роботі на лабораторних роботах.

У випадку відсутності на лабораторному занятті, або МКР без поважних причин та виконанні (відпрацьовуванні) в додатковий час чи на іншому занятті отримана відповідна оцінка студента знижується на 1 бал, але не менше, ніж до 0 балів (без урахування вагового коефіцієнта). За несвоєчасну здачу лабораторних робіт, звітів з лабораторних робіт відповідна оцінка знижується на 1 бал за кожний тиждень затримки, але не менше, ніж до 0 балів (без урахування вагового коефіцієнта).

Заохочувальні бали виставляються за підготовку (оформлення) методичних матеріалів (кількість балів виставляється відповідно складності роботи і не перевищує 10 балів).

Розмір шкали рейтингу $R=100$ балів.

Розмір стартової шкали $R_s=100$ балів.

Розмір екзаменаційної (залікової) шкали $R_e=100$ балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання "зараховано" з 1-ї атестації (8 тиждень) студент матиме не менше 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів максимальний рейтинг становить 40 балів).

Для отримання "зараховано" з 2-ї атестації (14 тиждень) студент матиме не менше 40 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів максимальний рейтинг становить 80 балів).

Умови допуску до заліку: зарахування всіх контрольних та лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг $R_s \geq 40$ балів (40 % від R_s).

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну кількість балів (), мають можливості:

отримати залікову оцінку (залік) так званим "автоматом" відповідно до набраного рейтингу (таблиця переведення рейтингової оцінки з навчальної дисципліни R);

виконувати залікову контрольну роботу (співбесіду) з метою підвищення оцінки;

у разі отримання оцінки, більшої ніж "автоматом" з рейтингу, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи (співбесіди);

у разі отримання оцінки меншої, ніж "автоматом" з рейтингу застосовується жорстка РСО – попередній рейтинг студента з дисципліни скасовується і він отримує оцінку тільки за результатами залікової контрольної роботи (співбесіди).

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менш 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку у системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу.

Критерії оцінювання за результатами залікової контрольної роботи (співбесіди):

100...95 балів - правильна повна відповідь (не менше 95 % потрібної інформації), або вирішення запропонованих задач з отриманням правильного чисельного результату;

94...85 балів - правильна достатньо повна відповідь з наведенням прикладів (не менше 85% потрібної інформації), або вирішення запропонованих задач з отриманням правильного чисельного результату, але при наявності 1-2 недоліків або незначних неточностей;

84...75 балів - не достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), або вирішення запропонованих задач з отриманням чисельного результату, при наявності несуттєвих помилок;

74...65 балів - неповна відповідь, або часткове вирішення запропонованих задач (не менше 65 % потрібної інформації) при наявності помилок;

64...60 балів - неповна відповідь або часткове вирішення запропонованих задач (не менше 60 % потрібної інформації) при наявності суттєвих помилок;

0 балів - “незадовільно”, незадовільна відповідь, відсутня відповідь (вирішення запропонованих задач), або наведена відповідь на інше запитання (вирішена інша задача).

Таблиця переведення рейтингової оцінки з навчальної дисципліни R:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Оскільки дана дисципліна відноситься до сучасних, то з метою підвищення ефективності її викладання застосовуються поряд з традиційними методиками викладання, також і матеріали у вигляді презентацій провідних підприємств України в галузі систем керування літальними апаратами та комплексами.

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Складено доцентом, к.т.н. Маринич Юрієм Михайловичем

Ухвалено кафедрою СКЛІА (протокол № 16 від 12.05.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № від __.__.2021 р.)