



Сучасні гіроскопи

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: доктор технічних наук, професор Збруцький Олександр Васильович, тел. +044-2048224, e-mail: zbrutsky@cisavd.kpi.ua Практичні / Семінарські: доктор технічних наук, професор Збруцький Олександр Васильович, тел. +044-2048224, e-mail: zbrutsky@cisavd.kpi.ua
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна “Сучасні гіроскопи” (ПВ7) формує теоретичні знання та практичні навички студентів з теорії, дослідження, випробувань та використання сучасних чутливих елементів (ЧЕ) систем керування літальними апаратами (СКЛА): мікромеханічних гіроскопів (ММГ), волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ), динамічно настроюваних гіроскопів, твердотільних хвильових гіроскопів.

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

1. Мета та завдання дисципліни

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

- Здатність розробляти, аналізувати та використовувати інформаційно-вимірвальні пристрої, навігаційні системи та приводи систем керування (ЗК8).

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

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

- методів математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (ЗН4).
- знання основ авіації та космонавтики, будови літальних апаратів та їх систем (ЗН7).
- розробляти, аналізувати та використовувати інформаційно-вимірвальні пристрої, навігаційні системи та приводи систем керування (УМ5).

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

Для опанування кредитного модулю дисципліни «Чутливі елементи систем авіоніки» необхідні знання і вміння, які студенти отримують під час вивчення дисциплін: вища математика (З07), фізика (З08), технічна механіка (З14), електротехніка (З013), (НП-07), (ЗП-04), електроніка і основи схемотехніки (З015), теорія автоматичного керування (З016), інформаційно-вимірвальні пристрої (П03).

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення дисципліни «Чутливі елементи систем авіоніки», є базовим для вивчення наступних навчальних дисциплін спеціальності: основи будови систем керування ЛА (ПО8), системи керування літальних апаратів (ПО1), системи орієнтації ЛА (ПО4), пілотажно-навігаційні комплекси ЛА (ПО5) за спеціальністю 173 Авіоніка.

Зміст навчальної дисципліни

Таблиця 1

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		го	Лекції	Практичні	Лабораторні
Розділ 1. Динамічно настроювані гіроскопи. Роторні гіроскопи з пружним підвісом Тема 1. Трестепеневі гіроскопи з пружним підвісом. Динамічно настроювані гіроскопи. Види пружних підвісів. Принцип роботи. Кінематика гіроскопа.	30	12	-	8	10

Рівняння руху. Принцип та умова динамічної настройки Тема 2. Динамічно настроюваний гіроскоп на основі, що обертається. Вимірювання кутових переміщень (вільний гіроскоп). Передатні функції гіроскопа. Похибки динамічно настроюваного гіроскопа Тема 3. Датчик кутової швидкості на динамічно настроюваному гіроскопі. Структурна схема та передаточні функції як двовимірної системи					
Розділ 2. . Мікромеханічні вібраційні гіроскопи. Тема 1. Кінематичні схеми вібраційних гіроскопів та рівняння їх руху. Тема 2. Коріолісовий вібраційний гіроскоп. Вільні коливання. Побудова вимірювача кута повороту. Тема 3. Датчик кутової швидкості на коріолісовому та інших типах вібраційних гіроскопів. Співвідношення між частотами коливань. Частотні характеристики вібраційних гіроскопів.	32	12	-	10	10
Розділ 3. Твердотільний хвильовий гіроскоп. Принцип роботи. Інтегруючий гіроскоп та датчик кутової швидкості. Конструктивні схеми резонаторів. Особливості виготовлення.	12	6		-	6
Розділ 4. Волоконно-оптичні гіроскопи Фізичні основи побудови волоконно-оптичних гіроскопів. Принцип роботи. Структурні схеми. Вихідна характеристика. Похибки волоконно-оптичних гіроскопів. Характеристики волоконно-оптичних характеристик провідних виробників.	14	6		-	8
Модульна контрольна робота	2	-	-	-	2
Залік	30				30
Всього годин	120	36		18	66

Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Збруцький О.В. та ін. Двовимірні гіроскопічні систк=ем керування з симетрією. – К.-2019.-119с.
2. Лазарєв Ю. Ф., Бондар П. М. Основи теорії чутливих елементів систем орієнтації. Підручник. – К.: , 2009. – 626 с.
3. Павловский М.А. Теория гироскопов - Киев. Вища школа. 1986. -328с.

4. Распопов В.Я. Микромеханические приборы - М.: Машиностроение, 2007. – 399 с.

Додаткова література:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Дослідження роботи динамічно настоюваного гіроскопа ” з курсу “Чутливі елементи гіроінерціальних систем” /Укл. О.В. Збруцький , О.П. Мариношенко, В.О. Кулик – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – 40с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи “ Дослідження похибок мікромеханічних гіроскопів ” з курсу “Чутливі елементи гіроінерціальних систем” /Укл. О.В. Збруцький , О.П. Мариношенко, В.О. Кулик – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – 20с.
3. Шереметьев А.Г. Волоконный оптический гироскоп – М.: Радио и связь. 1987. – 151с.

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Таблиця 2

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Триступеневі гіроскопи з пружним підвісом. Динамічно настроювані гіроскопи. Види пружних підвісів. Принцип роботи. Порівняльна характеристика триступневих гіроскопів в кардановому підвісі та з пружним підвісом. Кінематика гіроскопа. Рівняння руху. Література: [1.3] Завдання на СРС. Принцип роботи двоступеневого гіроскопа з пружним підвісом [1.3]
2	Одно- та двохкільцевий пружні підвіси. Пружна вісь підвісу. Задавання положення ротора в системі координат, що обертається з привідним валом, та зв’язаною к корпусом (основою). Зв’язок між кутами повороту в цих системах координат. Рівняння руху в системі координат, що обертається, та зв’язаній з корпусом. Література: [1.3] Завдання на СРС. Рівняння руху двоступеневого гіроскопа з пружним підвісом [1.3]
3	Рівняння руху гіроскопа з симетричним двокільцевим пружним підвісом. Принцип та умова динамічної настройки. Фізичний зміст динамічної настройки. Фізична умова динамічної настройки в різних системах координат. Компенсація пружних моментів.

	<p>Література: [1.3] с. 39–45.</p> <p>Завдання на СРС. Особливості кінематики двокільцевого пружного підвісу ротора гіроскопа [1.3].</p>
4	<p>Динамічно настроюваний гіроскоп на основі, що обертається. Вимірювання кутових переміщень (вільний гіроскоп). Передатні функції гіроскопа.</p> <p>Рівняння руху та їх зведення до комплексної змінної. Власні частоти та їх взаємозв'язок в різних системах координат. Рух головної осі гіроскопа на малому проміжку часу. Передатні функції гіроскопа. Рух гіроскопа на довільному проміжку часу.</p> <p>Література: [1.3]</p> <p>Завдання на СРС. Особливості руху динамічно настроюваного гіроскопа при точній динамічній настройці [1.3].</p>
5	<p>Датчик кутової швидкості на динамічно настроюваному гіроскопі. Структурна схема та передаточні функції як двовимірної системи. Синтез контуру зворотного зв'язку.</p> <p>Комплексна передатна функція гіроскопа. Основні вимоги до датчика кутової швидкості та компенсаційного контуру зворотного зв'язку. Синтез контуру зворотного зв'язку.</p> <p>Література: [1.1,1.3]</p> <p>Завдання на СРС. Побудова структурної схеми двовимірної системи за її комплексною передатною функцією [1.1].</p>
6	<p>Математична модель похибок динамічно настроюваного гіроскопа. Методи оцінювання складових похибок. Випробування динамічно настроюваного гіроскопа.</p> <p>Модель похибок динамічно настроюваного гіроскопа від постійних збурюючих моментів. Регресійна модель. Методи визначення складових похибок. Випробування гіроскопа. Оптимальні плани випробувань. Випробування в полі сили тяжіння. Модель похибок та визначення її складових.</p> <p>Література: [1.3]</p> <p>Завдання на СРС. Плани випробувань гіроскопів в полі земного тяжіння [1.3].</p>
7	<p>Кінематичні схеми вібраційних гіроскопів та рівняння їх руху. Вібраційні гіроскопи з поступальним рухом інерційної маси, карданові, камертонні гіроскопи.</p> <p>Кінематичні схеми вібраційних гіроскопів з поступальним та обертальним рухами інерційної маси. Одномасовий гіроскоп. Гіроскоп з проміжною рамкою. Кардановий гіроскоп. Камертонний гіроскоп. Рівняння руху гіроскопів.</p> <p>Література:[1.4]</p> <p>Завдання на СРС. Рівня руху камертонного вібраційного гіроскопа [1.4].</p>
8	<p>Узагальнення рівнянь руху. Узагальнена математична модель вібраційних гіроскопів.</p> <p>Література: [1.4]</p>

	Завдання на СРС. Узагальнена математична модель двостепеневого роторного гіроскопа з пружним підвісом [1.3].
9	<p>Параметричні коливання. Компенсація вязкого тертя в системі.</p> <p>Рівняння параметричних коливань. Дослідження параметричних коливань методом усереднення. Явище компенсації в'язкого тертя в системі.</p> <p>Література: [1.3]</p> <p>Завдання на СРС. Приклади параметричних коливань та їх динамічні моделі [1.3].</p>
10	<p>Коріолісовий вібраційний гіроскоп. Вільні коливання. Побудова вимірювача кута повороту. Власні частоти. Симетрична схема. „Розщеплення” частот при переносному обертальному русі. Вільні коливання. Вимірювання кута повороту переносного обертання.</p> <p>Література: [1.3], [1.4]</p> <p>Завдання на СРС. Динамічна модель вільних коливань камертонного вібраційного гіроскопа [1.4].</p>
11	<p>Датчик кутової швидкості на коріолісовому та інших типах вібраційних гіроскопів. Співвідношення між частотами коливань. Частотні характеристики вібраційних гіроскопів. Властивості датчиків кутової швидкості як двовимірних коливальних систем з двома степенями свободи. Вибір частоти та координати збуджуваних (первинних) коливань. Аналіз амплітуди вихідних (вторинних) коливань. Побудова наближеної математичної моделі вихідних (вторинних) коливань датчиків кутової швидкості.</p> <p>Література: [1.3], [1.4]</p> <p>Завдання на СРС. Побудова амплітудно частотних характеристик мікромеханічних вібраційних гіроскопів [1.4].</p>
12	<p>Похибки вібраційних гіроскопів. Вплив теплових полів. Математична модель вихідного сигналу та його обробка. Випробування вібраційних гіроскопів.</p> <p>Література: [1.4]</p> <p>Завдання на СРС. Властивості проходження випадкового сигналу типу «білий шум» через інтегратор [1.3].</p>
13	<p>Твердотільний хвильовий гіроскоп. Принцип роботи. Інтегруючий гіроскоп. Конструктивні схеми резонаторів. Особливості виготовлення.</p> <p>Кінематична схема та принцип роботи. Рівняння руху та їх приведення до узагальнених рівнянь руху вібраційних гіроскопів. Режими роботи як інтегруючого гіроскопа.</p> <p>Література: [1.3]</p> <p>Завдання на СРС. Твердотільний хвильовий гіроскоп з циліндричним резонатором [1.4].</p>
14	<p>Твердотільний хвильовий гіроскоп як датчик кутової швидкості. Принцип роботи. Режими роботи як інтегруючого гіроскопа. Конструктивні схеми гіроскопів.</p>

	Література: [1.4] Завдання на СРС. Особливості твердотільного хвильового гіроскопа з циліндричним резонатором в режимі датчика кутових швидкостей [1.4].
15	Похибки твердотільного хвильового гіроскопа. Застосування в системах навігації. Література: [1.4] Завдання на СРС. Навігаційні системи з твердотільним хвильовим гіроскопом [1.4].
16	Волоконно-оптичні гіроскопи. Фізичні основи побудови волоконно-оптичних гіроскопів. Принцип роботи. Структурні схеми. Вихідна характеристика. Література: [2.4] Завдання на СРС. Приклади навігаційних систем з волоконно-оптичними гіроскопами
17	Похибки волоконно- оптичних гіроскопів. Література: [2.4] Завдання на СРС. Характеристики волоконно - оптичних гіроскопів провідних фірм - виробників.
18	Перспективи розвитку гіроскопів та їх використання в системах навігації Література: [1.3, 1.4] Завдання на СРС. Приклади та характеристики нових типів гіроскопів

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять – закріпити у студентів теоретичних положень кредитного модуля шляхом практичного виконання лабораторних робіт на лабораторному обладнанні та реальних пристроях що вивчаються, та дати студентам певні вміння виконання експериментальних досліджень та обробки отриманих результатів за напрямом підготовки.

Таблиця 3

№	Назва теми лабораторного заняття	Годин
1	Дослідження конструкції динамічно настоюваного гіроскопа (ДНГ). Особливості конструкції ДНГ типу ГВК-6	2
2	Дослідження поведінки ДНГ в режимі вільного гіроскопа	2
3	Дослідження ДНГ в режимі датчика кутової швидкості	2
4	Дослідження руху ДНГ на носії, що рівномірно обертається	2
5	Дослідження похибок ДНГ в полі сили тяжіння Землі	4
6	Дослідження температурної похибки мікромеханічних гіроскопів	2
7	Дослідження похибок мікромеханічних гіроскопів від впливу постійного прискорення (поля сили тяжіння Землі)	2
8	Дослідження нульового сигналу мікромеханічних гіроскопів	2

Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою, виконанням самостійних робіт. Об'єм та тематика самостійної роботи наведені в Табл. 2 .

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених аспірантам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу аспіранта; у випадку невідпрацювання аспірантом усіх передбачених занять до екзамену він не допускається; пропущені заняття обов'язково мають бути відпрацьовані. Форму і час відпрацювання аспірант 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 екзамені.

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

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Для ефективної перевірки рівня засвоєння здобувачами вищої освіти знань, умінь і навичок з навчальної дисципліни використовуються наступні методи і форми контролю:

- метод усного контролю: основне запитання, додаткові, допоміжні; запитання у вигляді проблеми; індивідуальне, фронтальне та комбіновані опитування;
- метод письмового контролю;
- метод тестового контролю;
- практичний контроль.

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до конкретних цілей теми з метою перевірки ступеню та якості засвоєння матеріалу. На всіх заняттях застосовується об'єктивний контроль теоретичної підготовки та засвоєння практичних навичок. В процесі поточного контролю оцінюється самостійна робота студента щодо повноти виконання завдань, рівня засвоєння навчальних матеріалів, оволодіння практичними навичками аналітичної, дослідницької роботи та ін.

Результати поточного контролю заносяться в Систему Кампус КПІ Імені Ігоря Сікорського.

Підсумковий контроль – контроль навчальних досягнень здобувачів вищої освіти з метою оцінки якості освоєння ними програми навчальної дисципліни, що проводиться в період семестрової атестації у формі екзамену. Мета підсумкового контролю – виявити засвоєння навчальної дисципліни в цілому, розуміння навчального матеріалу, взаємозв'язок змісту навчального матеріалу, логіку його засвоєння тощо.

Підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену відповідно до освітньої програми, індивідуального плану здобувача вищої освіти і робочого навчального плану, розроблених на основі ОНП спеціальності. На цьому етапі підводиться підсумок вивчення та засвоєння дисципліни, навиків використання отриманих знань.

Підсумковий контроль у формі екзамену проводиться за розкладом заліково-екзаменаційної сесії. Результати підсумкового контролю заносяться в Систему Кампус КПІ Імені Ігоря Сікорського.

До підсумкового контролю допускаються аспіранти, які виконали передбачену навчальним планом програму та набрали кількість балів, не меншу за мінімальну. Аспіранту, який з поважної причини мав пропуски навчальних занять, вносяться корективи до індивідуального навчального плану і дозволяється відпрацювати академічну заборгованість до певного визначеного терміну.

Підсумковий контроль проводиться за змішаною формою – письмово-усна і включає контроль теоретичної та практичної підготовки.

Рейтинг здобувача вищої освіти з навчальної дисципліни розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 56 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на практичних заняттях ;
- виконання розрахункової роботи.

Критерії нарахування балів

Робота на практичних заняттях:

- активна творча робота – 3 бали;
- плідна робота – 2 бал;
- пасивна робота – 0 балів.

Виконання розрахункової роботи:

- роботу написано бездоганно – 50 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 45 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 35 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

На екзамені здобувачі вищої освіти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить одне теоретичне запитання (завдання) і одне практичне. Кожне запитання (завдання) оцінюється у 23 бали за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 21-23 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 17-20 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 13-16 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Сума стартових балів та балів за залікову контрольну роботу переводиться до згідно з таблицею:

Таблиця 4 відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	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 навігації та роботизованих систем.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н. Збруцьким Олександром Васильовичем

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

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