



Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 Електрична інженерія
Спеціальність	141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)/очна/заочна/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	4 рік навчання, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів/150 год.
Семестровий контроль/контрольні заходи	Іспит, МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Сліденко Віктор Михайлович, тел. 098-478-29-45 viktorslidenko@gmail.com Практичні: д.т.н., проф. Сліденко Віктор Михайлович, тел. 098-478-29-45 viktorslidenko@gmail.com Лабораторні: ст. викладач Поліщук Валентина Омелянівна, valemp@ukr.net
Розміщення курсу	Доступний на платформі «Сікорський». Код доступу надається викладачем на першому занятті.

Програма навчальної дисципліни

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

В дисципліні розглядаються основні принципи побудови математичних моделей електротехнічних та мехатронних комплексів на прикладах електрогідравлічних імпульсних генераторів коливань з урахуванням нелінійних дисипативних та резонансних характеристик наземних роботизованих комплексів (НРК).

Дисципліна закладає основи для поглиблення знань за спеціальними предметами та для проведення наукових досліджень в межах виконання завдань, що стоять перед дослідницьким університетом: моделювання нелінійних задач електромеханіки, проведення дослідно-конструкторських робіт при виконанні розрахунково-графічних робіт, та при підготовці курсових і дипломного проєктів з застосуванням математичного моделювання, CAD - технологій, інформаційних систем та баз даних, програмного забезпечення, мультимедійних систем та Інтернет-технологій, а також дисциплін, які передбачають системне дослідження, комп'ютерну обробку даних з циклу дисциплін професійно-практичної підготовки студентів, які вивчаються на старших курсах та аспірантурі.

Мета вивчення дисципліни полягає в формуванні у студентів знань та навичок з розв'язання нелінійних задач та ідентифікації електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів, які реалізовані через використання розділів математики, електротехніки, механіки, інформатики та теорії моделювання у їх взаємозв'язку. Такий підхід використовується при поглибленому вивченні спеціальних дисциплін, а надалі - в науковій і практичній виробничій діяльності..

Предметом вивчення дисципліни є постановка та розв'язання нелінійних задач та ідентифікація електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів методами математичного моделювання динаміки, програмуванням з розробкою проектів в середовищах відповідно Visual Studio C#, Mathcad та AutoCad.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ФК12) здатність забезпечувати моделювання електротехнічних та електромеханічних об'єктів і технологічних процесів виробництва з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків НРК, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів; (К15) Здатність застосовувати методи теорії автоматичного керування, системного аналізу та числових методів для розроблення математичних моделей електротехнічних та мехатронних комплексів, аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

Уміння: (ПР06) застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР20) застосовувати сучасні методи оптимізації при синтезі електротехнічних та роботизованих мехатронних систем і комплексів; (ПР22) створювати універсальні найбільш ефективні алгоритми моделювання процесів електротехнічних і роботизованих мехатронних комплексів та проводити їх дослідження на сучасному обладнанні з сучасним програмним забезпеченням.

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

Навчальна дисципліна «Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів» викладається на основі знань та умінь, отриманих студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Обчислювальна техніка та програмування», «Технічна механіка», «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів» є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки, електромеханіки та при виконанні: «Переддипломної практики» і «Дипломного проектування» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Нелінійні задачі та математичне моделювання роботизованих мехатронних комплексів з програмуванням в середовищі Visual Studio C#.

Тема 1.1. Синтез нелінійних задач та математичних моделей електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів.

Тема 1.2. Ідентифікація математичних моделей елементів електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів.

Розділ 2. Математичне моделювання електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів з програмуванням в оболонці Mathcad та дизайн-проектування НРК в сучасних оболонках САПР.

Тема 2.1. Формування нелінійних задач електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів, а також та їх ідентифікація в системі Mathcad.

Тема 2.2 Елементи дизайн-проектування електротехнічних систем на прикладі НРК.

Тема 2.3 Синтез технічних об'єктів в сучасних системах моделювання та САПР.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Нелінійні задачі та ідентифікація мехатронних систем. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / В.М. Сліденко, В.О.

Поліщук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,2Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 66с.<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48490>

2. Сліденко В.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія / В.М. Сліденко, О. М. Сліденко – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во “Політехніка”, 2017. – 220 с.

3. Левкін Д. А., Бережна Н. Г., Макаров О. А., Кутя О. В. Математичне моделювання технічних систем. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки". Том 32(71). № 1. Ч. 1. 2021. С. 104-108.
<http://dspace.khntusg.com.ua/handle/123456789/17297>

4. Чуйко Г. П. Математичне моделювання систем і процесів : [навчальний посібник] / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с.
<https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/105/1>

5. Хусаїнов Д. Я., Шатирко А. В. К Основи нелінійної динаміки: Посібник для студентів спеціальності "Прикладна математика". – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2017. – 159 с.

Основи нелінійної динаміки <http://csc.knu.ua> > filer > canonical

6. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання /В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондляр, В.І.Сівецький. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156с.САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP ...
<https://cpsm.kpi.ua> > knigi > Pidruchnuk_AutoLISP

Допоміжна література:

1. Інформаційні технології: Системи комп'ютерної математики [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського . – Електронні текстові дані (1 файл: 5,57 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 243с.
https://ooep.kpi.ua/downloads/disc/inf_t/posibn_Krav_Myk.pdf

2. Потужна дисипація енергії коливань гірничих машин гетерогенними ліофобними системами/ Єрошенко В.А., Сліденко В.М., Шевчук С.П., Студенець В.П. - К.: НТУУ "КПІ", 2016 -180 с.

3 . Адаптивне функціонування імпульсних виконавчих органів гірничих машин / Сліденко В.М., Шевчук С.П., Замарасва О.В., Лістовщик Л.К. -К.: НТУУ "КПІ", 2013 -179 с.

4. М. С. Свірневський Розробка додатків для продуктів Autodesk: Навчальний посібник. - Хмельницький: ХНУ, 2017. - 316 с.

Розробка додатків для продуктів Autodesk <https://dn.khnu.km.ua> >

5. Вища математика із застосуванням інформаційних технологій: Підручник / В.П. Іващенко, Г.Г. Швачич, В.С. Коноваленков, Т.М.Заборова, В.І. Христян . - Дніпропетровськ, 2013. – 425 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[6]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

При проведенні занять використовується наочний метод у вигляді презентацій. При проведенні практичних та лабораторних – проблемно-пошуковий метод, робота в команді.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1-4	Тема 1.1 Синтез нелінійних задач та математичних моделей електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів. Лекція 1. Вступ. Нелінійні задачі та основні математичні моделі електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів, а також способи їх формування. Література: [1, 5]. Лекція 2. Моделі електрогідравлічних імпульсних систем з застосуванням в НРК. Література: [1, 5]. Лекція 3. Зведення до еквівалентних основних параметрів мехатронної динамічної системи НРК: сил, моментів сил, мас та моментів інерцій, жорсткостей. Література: [2]. Лекція 4. Дисипація енергії в електромеханічній системі, сила дисипативного опору, пристрої та ефекти дисипації енергії в конструкції НРК. Література: [1, 3]. Лекція 5. Формування одномасової моделі елемента динамічної системи НРК. Принцип Германа-Даламбера стосовно формування диференціального рівняння руху елемента роботизованої мехатронної системи. Процес вільних коливань інтегруванням однорідного диференціального рівняння руху елемента. Гармонічні і затухаючі вільні коливання. Динамічні гасники коливань турелів при практичній роботі НРК. Література: [2].
5-10	Тема 1.2 Ідентифікація математичних моделей елементів електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів. Лекція 6. Вимушені коливання. Диференціальне рівняння вимушених коливань елемента роботизованого мехатронного комплексу та його розв'язок. Графічна інтерпретація перехідного процесу та його аналіз. Література: [3]. Лекція 7. Умови входження електромеханічної системи НРК в резонанс. Побудова резонансних кривих. Література: [1, 4]. Лекція 8. Дослідження коливань електромеханічної системи в процесі входження елемента НРК в резонанс. Література: [1, 4].

11-12	Тема 2.1. Формування нелінійних задач електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів та їх ідентифікація в системі Mathcad. Лекція 9. Основні моделі руху в нелінійних системах, та їх ідентифікація за допомогою фазових відображень. Параметричні резонансні коливання Література: [2, 5]. Лекція 10. Структура простору станів. Дослідження руху для нелінійних дискретних моделей методом фазових координат. Типові фазові портрети енергетичних станів, які характеризують поведінку електродинамічної системи. Література: [1,3]. Лекція 11. Застосування фазових портретів нелінійних динамічних процесів на прикладі дослідження мультиплікатора тиску та п'єзогенератора електросистеми НРК. Література: [2]. Лекція 12. Формування нелінійної задачі енергорозподілу в імпульсній системі НРК. Розв'язання нелінійного диференціального рівняння розгону елемента ударного пристрою в системі Mathcad. Література: [2].
13-16	Тема 2.2 Елементи дизайн-проектування електротехнічних систем Лекція 13. Основи дизайнерського проектування технічних систем і об'єктів Література: [6]. Лекція 14. Елементи конструкцій наземних роботизованих комплексів. Література: [6]. Лекція 15. Математична модель стійкості маніпулятора, як елемента електромеханічної системи. Поняття статичної та динамічної стійкості НРК та критерії їх оцінки. Література: [2, 5]. Лекція 16. Трансформерна електротехнічна система забезпечення надійного функціонування наземного роботизованого комплексу за умов виникнення екстремальних динамічних процесів. Література: [2, 5].
17-18	Тема 2.3 Синтез технічних об'єктів в сучасних системах моделювання та САПР. Лекція 17. Мови програмування за проблемою "Штучний інтелект". Вступ до програмування мовою AutoLISP. Практичне застосування мови AutoLISP в задачах електротехніки та електромеханіки. Література: [2, 6]. Лекція 18. Системи автоматизованого проектування, в яких використовуються сучасні системами моделювання та автоматизації інженерних розрахунків і аналізу CAE (Computer-aided engineering). Основні положення CALS- технологій. Література: [4, 5].

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Дослідження енергетичних параметрів гідроімпульсної системи роботизованого мехатронного комплексу з застосуванням оболонки Mathcad.
Практичне заняття 2	Дослідження процесу функціонування мехатронної динамічної системи НРК.
Практичне заняття 3	Формування нелінійної задачі рекуперації механічної енергії в електричну та ідентифікація мехатронної динамічної системи числовим методом Рунге-Кутта. На основі впровадження результатів дисертаційної роботи Новикова Антона Олександровича « Рекуперативний п'єзоперетворювач вібрацій технічних систем в електричну енергію »
Практичне заняття 4	Оформлення конструкції елемента електротехнічного та мехатронного комплексу з складними розрізами та з урахуванням стандартів ЄСКД та ЄСДП. Модульна контрольна робота.
Практичне заняття 5	Формування нелінійної задачі забезпечення стійкості НРК та визначення запасу стійкості за допомогою векторно-матричних обчислень в системі Mathcad. На основі впровадження результатів дисертаційної роботи Ткаченка Владислава Олександровича « Трансформерна мехатронна система адаптації стійкості маніпулятора »
Практичне заняття 6	Мова LISP, як мова програмування за проблемою створення штучного інтелекту. Синтез модуля САПР засобами мови AutoLISP в AutoCAD. Захист робіт

Лабораторні заняття

Основні завдання лабораторних занять присвячені формуванню компетентностей з дослідження нелінійних характеристик елементів електромеханічних систем мехатронних комплексів.

№ з/п	Завдання, які виносяться на лабораторні заняття
Лабораторне заняття 1	Ідентифікація та експериментальне визначення параметрів і характеристик гідроімпульсної системи маніпулятора.
Лабораторне заняття 2	Визначення основних параметрів ударно-хвильової системи НРК
Лабораторне заняття 3	Дослідження перехідного процесу коливань у відповідності до моделі Кельвіна-Фойхта
Лабораторне заняття 4	Дослідження коливань елемента роботизованого мехатронного комплексу як одномасової моделі за умов резонансу

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 50 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 4 год;

підготовку до іспиту – 24 год.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так практичного і лабораторного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; протоколи лабораторних робіт, варіанти модульної контрольної роботи; варіанти екзаменаційної контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КІП».

Під час проходження курсу «Нелінійні задачі та ідентифікації електротехнічних та мехатронних комплексів» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Нелінійні задачі та ідентифікації електротехнічних та мехатронних комплексів» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль :іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні і лабораторні робіт, а також МКР.

Поточний контроль: завдання в рамках практичного заняття (6 практичних занять × 4 бали = 24 бали), завдання в рамках лабораторного заняття (4 лабораторних занять × 5 бали = 20 балів), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 6 балів).

Завдання в рамках як практичного так і лабораторного заняття оцінюються в 3 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 3 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 2,5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 2 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Відповіді в рамках МКР оцінюються в 6 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Розрахунок шкали (RC) рейтингу

$RC(max)=6*4+4*5+6=50$ балів

$RC(min)= 6*2+4*2,5+3=25$ балів

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів максимальна сума набраних балів складає 21 бал (2 пр., 2 лаб., 0,5 МКР). На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг **не менше $0,5 \cdot 21 = 10,5$ балів**.

За результатами 13 тижнів навчання максимальна сума набраних балів має складати 50 балів (6 пр., 4 лаб., 1 МКР). На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг **не менше $0,5 \cdot 50 = 25$ балів**.

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, практичне – 10 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Система оцінювання практичного питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

Шкала рейтингових балів та критерії оцінювання екзамену (RE):

	бали
- повністю правильна відповідь	50...46
- відповідь з незначними помилками	45...40
- відповідь з помилками	39...30
- відповідь не зарахована	29-0

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R = RC + RE = 50 + 50 = 100$ балів

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

<i>Рейтингові бали, RD</i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

Необхідною умовою допуску до екзамену є повне виконання навчального плану, а також попередній рейтинг не менше 29 балів та не менш ніж одна позитивна атестація.

Студенти, які виконують додаткові завдання та проявлять творчу ініціативу отримують заохочувальні бали від 1 до 10.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., д. т. н., проф. Сліденком Віктором Михайловичем

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №27 від 23.06.26 р.

Ухвалено Навчально-методичною комісією НН ІЕЕ. Протокол №43 від 29.06.26 р.

Додатки до силабусу з дисципліни (освітнього компонента)

Контрольні запитання

з дисципліни “Нелінійні задачі та ідентифікація електротехнічних та мехатронних комплексів”

1. Навести характерні нелінійні задачі та методи ідентифікації електротехнічних та роботизованих мехатронних комплексів.
2. Обґрунтуйте реалізацію принципу зведення сил та моментів сил елементів роботизованого мехатронного комплексу.
3. Обґрунтуйте методику зведення мас та моментів інерцій елементів роботизованого мехатронного комплексу.
4. Системний аналіз та його застосування при проведенні досліджень електротехнічних та мехатронних комплексів.
5. Обґрунтуйте поняття “жорсткості” зв’язку елементів динамічної системи мехатронного комплексу.
6. Модель Гука. Математичне обґрунтування.
7. Обґрунтуйте поняття “дисипація енергії” динамічної системи НРК.
8. Ідентифікація конструктивних елементів, які реалізують дисипацію енергії.
9. Модель Ньютона. Математичне обґрунтування.
10. Обґрунтуйте поняття “дисипативний опір” зв’язку елементів НРК.
11. Модель Максвела. Математичне обґрунтування.
12. Модель Кельвіна-Фойхта. Математичне обґрунтування.
13. Метод Даламбера. Математичне обґрунтування та графічна інтерпретація.
14. Принципи побудови одномасової моделі та їх реалізація.
15. Комплексні моделі. Динамічна лінійна та нелінійні системи.
16. Вільні та вимушені коливання. Методика інтегрування рівняння руху одномасової моделі елемента конструкції НРК.
17. Обґрунтуйте поняття “частота власних коливань” елементів роботизованого мехатронного комплексу.
18. Обґрунтуйте поняття “початкова та поточна фаза” коливань елементів роботизованого мехатронного комплексу.
19. Обґрунтуйте поняття “логарифмічний декремент затухань”.
20. Обґрунтуйте поняття резонанс та критерії виникнення резонансу.
21. Резонансні криві та крива максимумів амплітуд при резонансі.
22. Інтегрування рівняння руху моделі за відсутності дисипативного опору при резонансі.
23. Параметричні коливання та їх моделі.
24. Обґрунтуйте поняття параметричний резонанс.
25. Поняття про фазовий простір.
26. Обґрунтуйте поняття “фазовий портрет” коливальної системи НРК. Математичне обґрунтування.
27. Поняття про сингулярні точки та їх типи.
28. Наведіть приклади типових лінійних та нелінійних моделей електротехнічних та мехатронних комплексів.
29. Наведіть алгоритм розв’язку нелінійного диференціального рівняння процесу рекуперації механічної енергії в електричну п’єзоелектричним генератором.
30. Хвильове рівняння коливань стержня при ударі та його розв’язок методом Фур’є (стоячих хвиль).
31. Математична модель стійкості маніпулятора, як елемента мехатронного комплексу.

32. Обґрунтуйте поняття статичної та динамічної стійкості наземного роботизованого комплексу та критерії їх оцінки.
33. Наведіть основні елементи програмування мовою ALISP.
34. Поняття "атом" та "список". Структура програми мовою AutoLISP
35. Наведіть приклади сучасних систем автоматизованого проектування, моделювання та автоматизації інженерних розрахунків і аналізу CAE (Computer-aided engineering).
36. Як здійснюється передача даних з CAD-Систем в CAM (Computer-aided manufacturing — систему автоматизованої розробки програм обробки деталей для верстатів з ГАВС (Гнучких автоматизованих виробничих систем).
37. Наведіть основні положення CALS- технологій.

**Б.2. Схема функціонування PCO з навчальної дисципліни (її освітнього компоненту)
із семестровим контролем у формі екзамену (PCO-2)**

