Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

Нелінійні та оптимальні системи керування

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	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна (денна)/ заочна/дистанційна*
Рік підготовки, семестр	*2 рік навчання, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*4 кредита 120 годин*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Залік, МКР, РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua/*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна, тел. 050-729-50-67, email: alla_koz@ukr.net*[1] Практичні / Лабораторні: *к.т.н., доцент, Босак Алла Василівна, тел. 050-729-50-67, email: alla_koz@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

Мета вивчення дисципліни - опанувати принципи побудови САК, засвоїти методи аналізу та синтезу лінійних, нелінійних, імпульсних, цифрових, адаптивних та оптимальних систем з застосуванням сучасних програмних комплексів для моделювання динамічних систем.

[1] Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

Предметом навчальної дисципліни є нелінійні системи керування електротехнічними комплексами.

Програмні результати навчання:

Здатність забезпечувати моделювання, дослідження, налаштування нелінійних систем керування в електротехнічних та електромеханічних об’єктах і технологічних процесах виробництва з використанням стандартних пакетів і засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів

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

Навчальна дисципліна «Нелінійні та оптимальні системи керування» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як: «Загальна фізика», «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки» «Теорія автоматичного керування електротехнічних комплексів та мехатронних систем», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Нелінійні та оптимальні системи керування», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері електротехніки та при вивченні таких дисциплін: «Електропривод», «Автоматизований електропривод машин і установок», «Моделювання електротехнічних та мехатронних систем» тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

- **Розділ 1. Розділ 1. Синтез корегувальних пристроїв САУ:**
- Тема 1.1. Синтез САК методом логарифмічних амплітудних характеристик.
- **Розділ 2. Нелінійні системи автоматичного керування.:**
- Тема 2.1. Нелінійні САК та їх особливості.
- Тема 2.2. Точні методи дослідження нелінійних САК.
- Тема 2.3. Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК.
- Тема 2.4. Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини.
- Тема 2.5. Дослідження стійкості нелінійних систем методом Ляпунова (другий або прямий метод Ляпу-нова).
- Тема 2.6. Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійних систем В.-М. Пóпова.
- Тема 2.7. Метод гармонічної лінеаризації.
- Тема 2.8. Алгебричний та частотний методи визначення автоколивань.
- Тема 2.9. Нелінійні корегувальні ланки.
- Тема 2.10 Компенсування шкідливого впливу нелінійностей.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Кубрак А.І. Замкнені та нелінійні системи : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрям. підгот. "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / А.І. Кубрак, О.А. Жученко, О.В. Ситніков ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ "КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2012. - 380 с.

2. Босак А.В. Теорія автоматичного керування: Нелінійні системи та оптимальне керування:Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів» / А.В. Босак, Л.Я. Кулаковський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 60 с.http://ela.kpi.ua/handle/123456789/26332

3. Шаруда, Володимир Гаврилович. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування. Лінійні, нелінійні та цифрові системи : навч. посібн. для студ. напр. 050202 "Автоматизація та комп.-інтегровані технології" / В.Г. Шаруда, В.В. Ткачов, М.П. Фількін ; МОН України, Нац. гірничий ун-т. - Дніпропетровськ : [Видавництво НГУ], 2008. - 543 с

4. Приймак Б.І. Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Б. І. Приймак. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,07 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 198 с.

Допоміжна література:

1. Козбур І.Р. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056

2. Щокін В.П. Моделювання електромеханічних систем : навчальний посібник / В.П. Щокін [та ін.]. - Київ : Кондор, 2018. - 203 с.

3. Нікітіна Т.Б. Багатокритеріальний синтез робастних систем керування : монографія / Т.Б. Нікітіна ; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний автомобільно-дорожній університет. - Харків : ХНАДУ, 2018. - 246 сторінок

4. Щур І. З. Енергоформуюче керування нелінійними електромеханічними системами з синхронними машинами на постійних магнітах : монографія / І.З. Щур, Ю.О. Білецький ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Тараса Сороки, 2018. - 167 с.

5. Гоголюк П. Ф. Теорія автоматичного керування : навч. посіб. / П.Ф. Гоголюк, Т.М. Гречин ; Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 279 с.

6. Щур І.З. Енергоформуюче керування нелінійними електромеханічними системами з синхронними машинами на постійних магнітах : монографія / І.З. Щур, Ю.О. Білецький ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів : Видавництво Тараса Сороки, 2018. - 167 сторінок

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]-[4]. 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

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій, практичних та лабораторних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
1-2	**Лекція1.** Синтез САК методом логарифмічних амплітудних характеристик. **Перелік основних питань:** Синтез САК методом логарифмічних амплі-тудних характеристик. Принципи побудови бажаної ЛАХ. Побудова ба-жаної ЛАХ за методом Санковського-Сігалова. Література: [1, 3] **Лекція 2.** Синтез САК методом логарифмічних амплітудних характеристик

	Перелік основних питань: Спрощена побудова бажаної ЛАХ. Синтез послідовної корегувальної ланки. Синтез паралельної корегувальної ланки. **Література:** [1, 3].
3-4	**Лекція 3.** Нелінійні системи автоматичного керування. Нелінійні САК та їх особливості **Перелік основних питань:** Основні визначення та властивості**.** Типові нелінійності САК **.** Динамічні нелінійності**. Література:** [3, 4] **Лекція 4.** Точні методи дослідження нелінійних САК. **Перелік основних питань:** Поняття про фазовий простір. Фазові траєкторії на площині. **Література:** [3, 4]
5-6	**Лекція 5.** Назва теми лекції: Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК **Перелік основних питань:** Особливі точки та особливі лінії. **Література:** [1, 2, 3] **Лекція 6.** Фазові траєкторії та портрети нелінійних САК **Перелік основних питань:** Метод ізоклін. Метод точкового перетворення. **Література:** [1, 2, 3]
7-8	**Лекція 7.** Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини **Перелік основних питань:**. Релейна система стабілізації зі стійким положенням рівноваги. Релейна система стабілізації зі стійким граничним циклом. **Література:** [1, 2, 3] **Лекція 8.** Дослідження стійкості нелінійних систем методом Ляпунова (другий або прямий метод Ляпунова) **Перелік основних питань:** Основні визначення. Теорема Ляпунова про стійкість. **Література:** [1, 3]
9-10	**Лекція 9.** Дослідження стійкості нелінійних систем методом Ляпунова (другий або прямий метод Ляпунова) **Перелік основних питань:** Теорема Ляпунова про нестійкість **.** Метод Ляпунова – Лур'є**. Література**[1, 3] **Лекція 10.** Частотний критерій абсолютної стійкості нелінійних систем В.-М. Пóпова **Перелік основних питань:** Поняття абсолютної стійкості нелінійних систем **.** Критерій Пóпова для систем зі стійкою лінійною частиною **.** Критерій Пóпова для систем з нестійкою лінійною частиною **. Література:** [1, 2, 3] **Модульна контрольна робота 1.**
11-12	**Лекція 11.** Метод гармонічної лінеаризації. **Перелік основних питань:** Сутність методу гармонічної лінеаризації. **Література:** [1, 3] **Лекція 12.** Метод гармонічної лінеаризації. **Перелік основних питань:** Обчислення коефіцієнтів гармонічної лінеаризації. Релейна характеристика. Релейна характеристика із зоною нечутливості. Нелінійність типу насичення. Релейна характеристика з гістерезисом. **Література:** [1, 3]
13-14	**Лекція 13.** Алгебричний та частотний методи визначення автоколивань **Перелік основних питань:.** Алгебричний метод дослідження автоколивань – метод Є.П. Попова. Визначення параметрів періодичного розв'язку. Стійкість періодичного розв'язку. **Література:** [1, 3] **Лекція 14.** Алгебричний та частотний методи визначення автоколивань **Перелік основних питань:** Приклади дослідження нелінійних систем методом Є.П. Попова. **Література:** [1, 3]
15-16	**Лекція 15.** Алгебричний та частотний методи визначення автоколивань **Перелік основних питань**: Частотний метод дослідження автоколивань – метод Л.С. Гольдфарба. Визначення автоколивань. Дослідження стійкості автоколивань. Приклади розрахунку автоколивань в нелінійних САК. **Література:** [1, 3] **Лекція 16.** Нелінійні корегувальні ланки

	Перелік основних питань: Нелінійне змінювання коефіцієнта передачі системи. Псевдолінійні корегувальні пристрої. Нелінійні корегувальні пристрої з додатним гістерезисом. **Література:** [1, 3]
17-18	**Лекція 17.** Компенсування шкідливого впливу нелінійностей **Перелік основних питань:** Застосування компенсувальних нелінійностей. Література: [1, 3, 4] **Лекція 18.** Назва теми лекції: Компенсування шкідливого впливу нелінійностей **Перелік основних питань:** Вібраційне компенсування нелінійностей. Лі-тература: [1, 3, 4]

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Синтез послідовних корегувальних пристроїв методом ЛАХ.
Практичне заняття 2	Дослідження динаміки релейних САК методом фазової площини.
Практичне заняття 3	Дослідження стійкості нелінійних систем другим методом Ляпунова А.М.
Практичне заняття 4	Дослідження абсолютної стійкості нелінійних систем методом В.-М. Пóпова.
Практичне заняття 5	Визначення параметрів автоколивань методом Гольдфарба Л.С.
Практичне заняття 6	Дослідження періодичних режимів в нелінійних системах методом Є.П. Попова.
Практичне заняття 7	Порівняння методів Гольдфарба та Попова.
Практичне заняття 8	Отримання дискретних передатних функцій.
Практичне заняття 9	Дослідження стійкості дискретних систем.Залік

Лабораторні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на лабораторні заняття
Лабораторне заняття 1	Дослідження динамічних характеристик системи підлеглого регулювання координат.
Лабораторне заняття 2	Дослідження якості роботи нелінійної системи автоматичного керування.
Лабораторне заняття 3	Дослідження нелінійної системи другого порядку з використанням фазових траєкторій
Лабораторне заняття 4	Дослідження абсолютної стійкості нелінійної системи автоматичного керування за методом Попова.
Лабораторне заняття 5	Дослідження автоколивань в нелінійній системі автоматичного керування.
Лабораторне заняття 6	Синтез цифрових регуляторів.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 30 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

виконання РГР – 10 год;

підготовку до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Нелінійні та оптимальні системи керування» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного, лабораторного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; методичні рекомендації до виконання практичних, лабораторних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Нелінійні та оптимальні системи керування» 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 та оптимальні системи керування» 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».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

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

Поточний контроль: завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять × 4 балів = 36 бали), лабораторного заняття (6 лабораторних занять × 5 балів = 30 балів), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 10 балів), РГР (24 балів). МКР виконується у вигляді тесту. Тест студент виконує безпосередньо на лекційному занятті, за 5-10 хвилин до його закінчення. По закінченню заняття тест закривається і не підлягає переписуванню або виконанню дома. Тест містить десять запитань і декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 4 бали за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 4 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 3 бали;

– «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.

Завдання в рамках лабораторного заняття оцінюються в 5 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 5 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4-3 бали;

– «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.

РГР оцінюється в 24 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 24 – 20 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності –19 – 15 балів;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 14 – 10 балів;

– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

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: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні, лабораторні, МКР і РГР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані і зараховані практичні, МКР і РГР, студент виконує залікову роботу. У цьому разі сума балів за практичні, МКР і РГР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій роботі, та балів за практичні, лабораторні, МКР та РГР.

Залікова робота оцінюється у 66 бали. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі.

Кожне запитання та задача оцінюються в 22 бали за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 22 – 19 бали;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 18 – 16 балів;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 15 – 13 балів;

– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: МКР (10 балів), РГР (24 балів). Структура МКР та РГР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР та РГР.

Студенти, які виконали умови допуску до заліку, виконують залікову роботу. Сума балів за МКР, РГР та за залікову роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Залікова робота оцінюється у 66 бали, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

Таблиця 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к. т. н., доц. Босак Аллою Василівною

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів протокол №23 від 14.06.22 р.

Ухвалено методичною радою ННІЕЕ протокол №12 від 24.06.2022

Додаток до силабусу освітнього компонента
«Нелінійні та оптимальні системи керування»
Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Які нелінійності називаються суттєвими?

2. У чому полягають принципові відмінності між лінійними та нелінійними САК?

3. Покажіть графічно та назвіть типові статичні однозначні нелінійності.

4. Зобразіть графічно та наведіть назви типових статичних неоднозначних нелінійностей.

5. Дайте визначення та наведіть приклади динамічних нелінійностей.

6. Наведіть приклади природних нелінійностей, що характерні для електромеханічних об'єктів.

7. Назвіть точні методи дослідження нелінійних САК.

8. Поясніть сутність методу фазового простору.

9. Що таке зображувальна точка та фазова траєкторія?

10. Які величини відкладаються по осях координат фазової площини?

11. Для лінійної ланки 2-го порядку зобразіть фазові траєкторії, що відповідають усім варіантам коренів характеристичного рівняння ланки.

12. Що таке фазовий портрет системи?

13. Які точки на фазових портретах САК називаються особливими?

14. Наведіть перелік усіх особливих точок на фазових портретах лінійної ланки 2-го порядку.

15. Які особливі лінії властиві фазовим портретам нелінійних САК?

16. Дайте визначення стійкого граничного циклу.

17. Що таке нестійкий граничний цикл?

18. Охарактеризуйте стійкість нелінійної системи, на фазовому портреті якої є сепаратриса.

19. У чому полягає метод ізоклін?

20. Що таке ізокліна?

21. Чи потрібно для застосування методу ізоклін знати рівняння фазових траєкторій?

22. Для дослідження систем якого порядку є придатним метод ізоклін?

23. Чим відмінні частини фазової площини, розділені лінією перемикання?

24. У чому суть ковзного режиму в релейних системах?

25. За яких умов виникає ковзний режим?

26. Якими є амплітуда та частота коливань керованої величини у ковзному режимі?

27. Чим особлива динаміка нелінійної САК у ковзному режимі роботи?

28. Як побудувати фазовий портрет нелінійної системи 2-го порядку?

29. Що таке автоколивання?

30. Як за фазовим портретом нелінійної САК визначити показники якості перехідних процесів?