

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

з вивчення дисципліни

"Теорія автоматичних систем автомобіля"

та виконання контрольних завдань,

для студентів спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"

("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),

усіх форм навчання

2019

Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Теорія автоматичних систем автомобіля" та виконання контрольних завдань, для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби"), усіх форм навчання. / Укл. : А. В. Щербина, О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик. Запоріжжя: НУ"Запорізька політехніка", 2019. - 34 с.

Укладачі: А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук
О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;

Рецензент: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри "Автомобілі"
Протокол № 1
від «30» серпня 2019.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету
Протокол № 80
від «05» вересня 2019.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Методичні вказівки.....	6
1.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни.....	6
1.2 Задачі вивчення дисципліни.....	6
1.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни.....	7
1.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни.....	8
2 Робоча програма дисципліни.....	10
2.1 Змістовий модуль 1. Системи автоматичного управління (САУ). Диференціальні рівняння елементів САУ.	
Характеристики елементів САУ.....	10
2.1.1 Тема 1. Загальні поняття і визначення автоматики. Функціональна схема САУ.....	10
2.1.2 Тема 2. Класифікація систем автоматичного управління. Принципи побудови САУ.....	11
2.1.3 Тема 3. Рівняння динаміки і динамічні характеристики САУ. Поняття про динамічну ланку	11
2.1.4 Тема 4. Методика складання диференціальних рівнянь елементів САУ. Лінеаризація диференціальних рівнянь.....	12
2.1.5 Тема 5. Перетворення Лапласа та передаточні функції. Типові види впливу в САУ.....	13
2.1.6 Тема 6. Перехідні характеристики. Основні параметри перехідної функції.....	13

2.1.7 Тема 7. Частотні характеристики. Логарифмічні частотні Характеристики.....	14
2.2 Змістовий модуль 2. Динамічні ланки САУ. Структурні схеми САУ.....	15
2.2.1 Тема 8. Типові динамічні ланки систем автоматичного управлін- ня. Пропорційна ланка.....	15
2.2.2 Тема 9. Аперіодична ланка I-ого порядку. Аперіодична ланка II-ого порядку.....	16
2.2.3 Тема 10. Коливальна ланка. Інтегруюча ланка.....	17
2.2.4 Тема 11. Диференціююча ланка. Ланка з чистим запізненням.....	17
2.2.5 Тема 12. Форсуюча ланка I-ого порядку. Форсуюча ланка II-ого порядку.....	18
2.2.6 Тема 13. Структурні схеми систем автоматичного управління...19	
2.2.7 Тема 14. Перетворення структурних схем. Правила перетворення структурних схем.....	20
3 Завдання на контрольні роботи.....	21
3.1 Контрольне завдання №1.....	22
3.2 Контрольне завдання №2.....	22
3.3 Контрольне завдання №3.....	24
3.4 Контрольне завдання №4.....	25
4 Контрольні заходи з перевірки якості засвоєння навчального матері- алу дисципліни.....	33
5 Рекомендована література.....	34

ВСТУП

У сучасному світі ми всюди зустрічаємося з пристроями і системами, які виконують різні прості і складні операції без безпосередньої участі людини. Такі пристрої і системи називаються - автоматичними системами. Для їх правильного функціонування, обслуговування, управління, а також для розробки і проектування таких систем потрібні спеціальні знання. Все це вивчає наукова дисципліна, яка називається - теорія автоматичних систем.

Теорія автоматичних систем - це область теоретичних і прикладних знань про автоматично діючих технічних пристроїв і систем. Таким чином, ясно, що автоматика включає в себе як теорію автоматичного регулювання та керування, так і сукупність технічних засобів, необхідних для побудови автоматичних систем.

Залежно від функцій, які виконуються автоматичними пристроями можна виділити три основні види систем автоматики: системи автоматичного контролю; системи автоматичного захисту; системи автоматичного управління (САУ).

Сучасний автомобіль неможливо уявити собі без використання елементів автоматики. Тому до основних тенденцій розвитку конструкції автотранспортних засобів, перш за все, слід віднести розширення сфери застосування автоматичних пристроїв з метою підвищення якості робочих процесів агрегатів і систем, підвищення комфорту для водія і пасажирів, підвищення безпеки, поліпшення ергономіки в цілому і т. д. Дана тенденція проглядається і в удосконаленні технологічного процесу технічного обслуговування і ремонту автотранспортних засобів на станціях технічного обслуговування і в АТП з метою підвищення продуктивності виробничих процесів і забезпечення безпеки праці робітників. Цьому сприяє бурхливий розвиток інформаційних технологій в останні роки.

Методичні вказівки мають мету допомогти студентам отримати теоретичні знання, а також дають відповідне розуміння і широке роз'яснення складу і структури дисципліни "Теорія автоматичних систем автомобіля".

1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1.1 Загальні вказівки. Мета викладання дисципліни

Автомобіль має бути високопродуктивним, економічним, безпечним і зручним. Виконання цих вимог залежить в значній мірі від досконалості робочих процесів в агрегатах автомобіля, чому сприяє застосування різноманітних автоматичних систем.

Тому метою викладання даної дисципліни є вивчення принципів побудови і дослідження систем автоматичного управління, їх аналіз і синтез, методи отримання необхідних характеристик. Принципи побудови і дослідження систем автоматичного управління в даному курсі вивчаються на основі розгляду принципів управління різноманітними технічними приладами транспортних машин. Важливе місце в вивченні і розумінні курсу займають фундаментальні принципи управління і автоматизований контроль технологічних параметрів.

Розглядуваний курс займає важливе місце в системі підготовки фахівця інженера-механіка, бо сприяє реалізації заданих техніко-експлуатаційних якостей автомобіля.

1.2 Задачі вивчення дисципліни

Задача навчальної дисципліни полягає у формуванні у студентів сукупності знань, вмінь та уявлень відносно вирішення задач дослідження та випробування складних технічних систем.

У результаті вивчення курсу "Теорія автоматичних систем автомобіля" студент повинний **знати**:

- загальні поняття і визначення автоматизи;
- структуру, схеми та види систем автоматичного управління;
- класифікацію систем автоматичного управління;
- фундаментальні принципи управління в автоматизації;
- рівняння динаміки і динамічні характеристики САУ;
- передаточні функції та типові види впливу в САУ;
- перехідні характеристики систем автоматичного управління та основні параметри перехідної функції;
- типові динамічні ланки систем автоматичного управління;

- структурні схеми систем автоматичного управління;
- правила перетворення структурних схем.

Вміти:

- чітко формулювати фундаментальні принципи роботи автоматичних приладів різноманітних технічних систем;
- одержувати математичний опис різноманітних систем автоматичного управління;
- одержувати статистичні і динамічні характеристики систем;
- вибирати окремі параметри ланок для отримання необхідних характеристик;
- проектувати найпростіші елементи;
- визначати тривалість і якість процесу управління.

Володіти:

- методами по визначенню статичних характеристик ланок і систем автоматичного управління;
- методами по визначенню динамічних характеристик ланок і систем автоматичного управління;
- основами робіт з електронною апаратурою по обробці та аналізу отриманих результатів.

1.3 Загальні рекомендації щодо вивчення дисципліни

Вивчення дисципліни "Теорія автоматичних систем автомобіля" базується на знаннях наступних курсів: "Вища математика", "Фізика", "Автомобілі. Основи конструкції", "Деталі машин".

В процесі викладання дисципліни, в якості технічних засобів, використовується клас, обладнаний персональними комп'ютерами типу IBM PC, та матеріально-технічне забезпечення кафедри Автомобілі: легкові автомобілі, дослідні стенди, вимірювальне обладнання та інструмент. Успішне вивчення дисципліни передбачає також використання сучасних інформаційних технологій (Internet).

1.4 Методичні вказівки для студентів по освоєнню дисципліни

Викладання дисципліни передбачає наступні форми організації навчального процесу: лекції, практичні заняття, самостійну роботу студента, консультації.

Робота на практичних заняттях передбачає активну участь студента в освоєнні поставлених завдань. Для підготовки до занять рекомендується звертати увагу на проблемні питання, що піднімаються викладачем під час лекції, і групувати інформацію навколо них.

Бажано виділяти у використовуваній літературі постановки питань, на які різними авторами можуть бути дані різні оцінки. На підставі постановки таких питань слід обирати аргументи на користь різних варіантів вирішення поставлених проблем.

У текстах авторів, таким чином, слід виділяти наступні компоненти:

- постановка проблеми;
- варіанти рішень;
- аргументи на користь тих або інших варіантів рішень.

На основі виділення цих елементів простіше становити власну аргументовану позицію по розглянутому питанню. При роботі з невідомими термінами необхідно звертатися до словників, у тому числі доступних в Інтернеті.

При написанні рефератів (контрольних робіт), у матеріалі слід виділити невелику кількість (не більш 5) проблем, що зацікавили Вас, і згрупувати матеріал навколо них. Слід домагатися чіткого розмежування окремих проблем і виділення їх часткових моментів.

При підготовці до лабораторних занять Вам може знадобитися матеріал, що вивчався раніше, тому варто звертатися до відповідних джерел (підручників, монографій, статей). Письмова домашня робота й завдання можуть бути індивідуальними й загальними.

При підготовці до іспиту необхідно опиратися насамперед на лекційні заняття, а також на джерела, які розбиралися на заняттях протягом семестру.

Самостійна робота студента виконується за завданням і при методичному керівництві викладача, але без його особистої участі. Самостійна робота підрозділяється на самостійну роботу на аудиторних заняттях і на позааудиторну самостійну роботу.

Самостійна робота студента включає як повністю самостійне освоєння окремих тем (розділів) дисципліни, так і пророблення тем (розділів), освоюваних під час аудиторної роботи. Під час самостійної роботи, студенти читають і конспектують навчальну, наукову й довідкову літературу, виконують завдання, спрямовані на закріплення знань і відпрацьовування вмінь і навичок, готуються до поточного й проміжного контролю по дисципліні.

Мета самостійної роботи – поглиблене вивчення студентами основ теорії автоматичного керування, характеристик, що дозволяють аналізувати властивості автоматичних систем як у статичі, так і у динаміці, методів їх отримання, розуміння принципів роботи автоматичних систем, конструкцій автоматичних систем автомобіля; а також формування у студентів навичок самостійної роботи з літературою.

Самостійна робота студентів забезпечується:

- 1) підручниками;
- 2) періодичними виданнями.

Методичні вказівки містять питання, які студенти самостійно опрацьовують, та посилання на відповідний розділ у літературі зі списку використаних джерел.

При вивченні тем курсу наведених нижче, студентові необхідно повторити лекційний навчальний матеріал, вивчити рекомендовану літературу, а також навчальний матеріал, наявний в зазначених інформаційних ресурсах.

На завершальному етапі вивчення кожного модуля необхідно, скориставшись запропонованими питаннями для самоконтролю, перевірити якість засвоєння навчального матеріалу. У випадку утруднення у відповідях на поставлені питання рекомендується повторити навчальний матеріал.

Після вивчення всіх модулів приступити до виконання контрольної роботи, керуючись методичними рекомендаціями з її виконання.

По завершенню вивчення навчальної дисципліни в семестрі студент зобов'язаний пройти проміжну атестацію. Вид проміжної атестації визначається робочим навчальним планом. До проміжної атестації допускаються студенти, що виконали вимоги робочого навчального плану

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Наведені назви змістових модулів та найменування тем дисципліни для самостійного вивчення. Навчальним планом дисципліни, для самостійного вивчення тем лекцій, передбачено час для студентів денної форми навчання - 60 годин, заочної – 84 годин.

Далі для кожної теми вказано час самостійної роботи студентів денної форми навчання. Також наведений перелік питань, які повинні бути самостійно розглянуті студентом при вивченні обраної теми та питання для самоперевірки.

2.1 Змістовий модуль 1. Системи автоматичного управління (САУ). Диференціальні рівняння елементів САУ. Характеристики елементів САУ

2.1.1 Тема 1. Загальні поняття і визначення автоматики. Функціональна схема САУ

Системи автоматичного управління. Види САУ. Структура САУ. Схеми САУ. (5 год.).

Питання для самоперевірки

1. Які пристрої та системи називають автоматичними?
2. Назвіть три основних вида систем автоматики.
3. Назвіть основні елементи систем автоматичного управління.
4. Що таке об'єкт управління?
5. Що таке керуючий пристрій?
6. Назвіть основні елементи керуючого пристрою.
7. Що таке процес керування?
8. Яка мета керування?
9. Що таке функціональна схема САУ?
10. Що таке структурна схема САУ?

Література: [2], с. 12 - 20; [3], с. 18 - 32; [6], с. 25 - 43;
[10], с. 19 - 24; [11], с. 10 - 14; [12], с. 33 - 37.

2.1.2 Тема 2. Класифікація систем автоматичного управління. Принципи побудови САУ

Розімкнені та замкнуті САУ. Адаптивні САУ. Статичні та астатичні САУ. Безперервні та дискретні САУ. САУ прямої та не прямої дії. Фундаментальні принципи управління САУ. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Які бувають САУ за характером алгоритму керування?
2. Які бувають САУ за характером алгоритму функціонування?
3. Які бувають САУ за характером точності регулювання?
4. Які бувають САУ за характером дії в часі?
5. Які бувають САУ за характером використовуваної енергії?
6. Поясніть регулювання САУ за принципом розімкнутого керування.
7. Поясніть принцип регулювання САУ по збуренню.
8. Поясніть принцип регулювання САУ по відхиленню.
9. Поясніть принцип комбінованого регулювання САУ.
10. Поясніть регулювання САУ за принципом адаптації.

Література: [1], с. 14 - 29; [2], с. 21 - 28; [3], с. 25 - 37;
[7], с. 12 - 19; [8], с. 34 - 41; [10], с. 17 - 23.

2.1.3 Тема 3. Рівняння динаміки і динамічні характеристики САУ. Поняття про динамічну ланку

Основні вимоги, що пред'являються до САУ. Статичні та динамічні ланки САУ. Статична та динамічна характеристика ланки. (4 год.)

Питання для самоперевірки

1. Назвіть категорії вимог до САУ.
2. Чому САУ схильні до коливань?
3. Назвіть задачі динамічного дослідження САУ.
4. Назвіть два режиму роботи САУ та САР.
5. Чим характеризується статичний режим роботи?
6. Чим характеризується динамічний режим роботи?
7. Що називається математичним описом процесів, що протікають як в самій САУ, так і в її елементах?

8. Назвіть два вида рівнянь САУ.
9. Що таке динамічна ланка САУ?
10. Що таке статична характеристика ланки?
11. Яким рівнянням описується лінійна статична характеристика ланки?
12. Що таке динамічна характеристика ланки?

Література: [4], с. 38 - 43; [6], с. 22 - 32; [10], с. 45 - 49;
[11], с. 33 - 36; [12], с. 22 - 38.

2.1.4 Тема 4. Методика складання диференціальних рівнянь елементів САУ. Лінеаризація диференціальних рівнянь

Порядок складання диференціальних рівнянь. Розкладання нелінійних функцій в ряд Тейлора. Лінійні і лінеаризовані рівняння в операторній формі. (5 год.).

Питання для самоперевірки

1. Між чим і чим установлює зв'язок диференціальне рівняння САУ?
2. Який порядок складання диференціальних рівнянь САУ?
3. Які основні фізичні закони використовують при складанні диференціальних рівнянь САУ?
4. Напишіть для САУ диференціальне рівняння першого порядку.
5. Напишіть для САУ диференціальне рівняння другого порядку.
6. Чому в теорії автоматичного регулювання широко використовуються методи лінеаризації?
7. Який найбільш поширений метод лінеаризації?
8. В чому суть розкладання нелінійних функцій в ряд Тейлора?
9. Наведіть графічне відображення лінеаризації в ряд Тейлора?
10. Напишіть лінійне та лінеаризоване рівняння в операторній формі.

Література: [4], с. 37 - 44; [5], с. 24 - 29;
[10], с. 51 - 57; [11], с. 30 - 34.

2.1.5 Тема 5. Перетворення Лапласа та передаточні функції. Типові види впливу в САУ

Методика рішення диференціальних рівнянь. Приклади функцій перетворення Лапласа. Передаточна функція ланки. Характеристичне рівняння ланки. Одиначна ступінчаста функція. Одиначна імпульсна функція. Гармонійні функції. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Який метод дослідження САУ отримав найбільше розповсюдження в теорії автоматичного регулювання?
2. В чому суть методу операційного числення, що використовує перетворення Лапласа?
3. Яка методика рішення диференціальних рівнянь з використанням перетворень Лапласа?
4. Що таке передаточна функція? Якій вона має вигляд?
5. Що називається характеристичним рівнянням ланки?
6. Які види типового впливу використовують при аналізі динаміки САУ?
7. Наведіть графічне та математичне відображення одиначної ступінчастої функції.
8. Наведіть графічне та математичне відображення одиначної імпульсної функції.
9. Наведіть графічне та математичне відображення одиначної гармонічної функції.
10. Що таке динамічна характеристика елементів САУ? На які види вона поділяється?

Література: [3], с. 47 - 59; [6], с. 28 - 37; [9], с. 76 - 79;
[10], с. 26 - 31; [11], с. 42 - 47; [12], с. 34 - 36.

2.1.6 Тема 6. Перехідні характеристики. Основні параметри перехідної функції

Перехідна (часова) характеристика ланки. Імпульсна перехідна характеристика ланки. Статичне та динамічне відхилення перехідної характеристики САУ. Час регулювання та встановлення. Частота та кількість коливань. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Що таке перехідна характеристика або функція ланки САУ?
2. Що таке часова характеристика або функція ланки САУ?
3. Що таке вагова характеристика або функція ланки САУ?
4. Що таке імпульсна перехідна характеристика або функція ланки САУ?
5. Наведіть математичний зв'язок між перехідною та ваговою функціями ланки.
6. Як можна визначити реакцію ланки на довільний вхідний вплив при нульових початкових умовах?
7. Що таке статичне та динамічне відхилення ланки САУ?
8. Що таке час регулювання та встановлення ланки САУ?
9. Як визначається перерегулювання ланки САУ?
10. Як визначається логарифмічний декремент загасання ланки САУ?

Література: [2], с. 62 - 67; [5], с. 48 - 52; [6], с. 55 - 58;
[8], с. 72 - 77; [9], с. 51 - 56; [10], с. 37 - 42.

2.1.7 Тема 7. Частотні характеристики. Логарифмічні частотні характеристики

Амплітудно частотна характеристика (АЧХ). Фазо частотна характеристика (ФЧХ). Амплітудно - фазова характеристика (АФХ). Логарифмічна амплітудно - частотна характеристика (ЛАЧХ). Логарифмічна фазо - частотна характеристика (ЛФЧХ). (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Що таке частотні характеристики?
2. Що таке амплітудно частотна характеристика? Який вона має вигляд?
3. Що таке фазо частотна характеристика? Який вона має вигляд?
4. Що таке амплітудно фазова характеристика? Який вона має вигляд?
5. Що таке годограф амплітудно фазова характеристика? Який вона має вигляд?

6. Якими параметрами характеризуються елементи САУ?

7. Що таке логарифмічно частотні характеристики?

8. Що таке логарифмічна амплітудно частотна характеристика?

Який вона має вигляд?

9. Що таке логарифмічна фазо частотна характеристика? Який вона має вигляд?

10. Яким чином логарифмічно частотні характеристики дозволяють спростити побудову частотних характеристик САУ?

Література: [5], с. 69 - 73; [9], с. 58 - 63;
[10], с. 79 - 88; [11], с. 93 - 95.

2.2 Змістовий модуль 2. Динамічні ланки САУ. Структурні схеми САУ

2.2.1 Тема 8. Типові динамічні ланки систем автоматичного управління. Пропорційна ланка

Динамічна ланка САУ. Види динамічних ланок САУ. Безінерційна або пропорційна ланка. Передаточна функція пропорційної ланки. Перехідна характеристика пропорційної ланки. Вагова функція пропорційної ланки. Амплітудно частотна характеристика (АЧХ) пропорційної ланки. Амплітудно фазова характеристика (АФХ) пропорційної ланки. Фазо частотна характеристика (ФЧХ) пропорційної ланки. (5 год.).

Питання для самоперевірки

1. Що називається динамічною ланкою САУ?
2. Перелічить основні типові динамічні ланки?
3. Наведіть диференційне рівняння пропорційної ланки?
4. Наведіть передаточну функцію пропорційної ланки.
5. Наведіть перехідну та вагову функцію пропорційної ланки.
6. Наведіть амплітудно фазову характеристику пропорційної ланки.
7. Наведіть амплітудно частотну характеристику пропорційної ланки.
8. Наведіть фазо частотну характеристику пропорційної ланки.
9. Чи залежить у пропорційної ланки амплітуда вихідного сиг-

налу від частоти?

10. Наведіть приклади пропорційної ланки в техніці.

Література: [2], с. 46 - 57; [6], с. 103 - 108; [7], с. 144 - 149;
[8], с. 67 - 72; [10], с. 89 - 95; [12], с. 58 - 71.

2.2.2 Тема 9. Аперіодична ланка I-ого порядку. Аперіодична ланка II-ого порядку

Передаточна функція аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. Перехідна характеристика аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. Вагова функція аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. АФХ аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. АЧХ аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. ФЧХ аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. ЛАХ аперіодичної ланки I-ого та II-ого порядку. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Наведіть диференційне рівняння аперіодичної ланки I-ого порядку.
2. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію аперіодичної ланки I-ого порядку.
3. Наведіть амплітудно фазову характеристику аперіодичної ланки I-ого порядку.
4. Наведіть амплітудно частотну характеристику аперіодичної ланки I-ого порядку.
5. Наведіть фазо частотну характеристику аперіодичної ланки I-ого порядку.
6. Наведіть диференційне рівняння аперіодичної ланки II-ого порядку.
7. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію аперіодичної ланки II-ого порядку.
8. Наведіть амплітудно фазову характеристику аперіодичної ланки II-ого порядку.
9. Наведіть амплітудно частотну характеристику аперіодичної ланки II-ого порядку.
10. Наведіть фазо частотну характеристику аперіодичної ланки II-ого порядку.

Література: [1], с. 85 - 96; [4], с. 122 - 127; [5], с. 78 - 82; [10], с. 116 - 119; [11], с. 62 - 68.

2.2.3 Тема 10. Коливальна ланка. Інтегруюча ланка

Передаточна функція коливальної та інтегруючої ланки. Перехідна характеристика коливальної та інтегруючої ланки. Вагова функція коливальної та інтегруючої ланки. АФЧХ коливальної та інтегруючої ланки. АЧХ коливальної та інтегруючої ланки. ФЧХ коливальної та інтегруючої ланки. ЛАХ коливальної та інтегруючої ланки. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Наведіть диференційне рівняння коливальної ланки.
2. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію коливальної ланки.
3. Наведіть амплітудно фазову характеристику коливальної ланки.
4. Наведіть амплітудно частотну характеристику коливальної ланки.
5. Наведіть фазо частотну характеристику коливальної ланки.
6. Наведіть диференційне рівняння інтегруючої ланки.
7. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію інтегруючої ланки.
8. Наведіть амплітудно фазову характеристику інтегруючої ланки.
9. Наведіть амплітудно частотну характеристику інтегруючої ланки.
10. Наведіть фазо частотну характеристику інтегруючої ланки.

Література: [2], с. 107 - 113; [5], с. 128 - 136; [6], с. 98 - 109; [10], с. 151 - 155; [12], с. 86 - 94.

2.2.4 Тема 11. Диференціююча ланка. Ланка з чистим запізненням

Передаточна функція диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. Перехідна характеристика диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. Вагова функція диференціюючої ланки та

ланки з чистим запізненням. АФЧХ диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. АЧХ диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. ФЧХ диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. ЛАХ диференціюючої ланки та ланки з чистим запізненням. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Наведіть диференційне рівняння диференціюючої ланки.
2. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію диференціюючої ланки.
3. Наведіть амплітудно фазову характеристику диференціюючої ланки.
4. Наведіть амплітудно частотну характеристику диференціюючої ланки.
5. Наведіть фазо частотну характеристику диференціюючої ланки.
6. Наведіть диференційне рівняння ланки з чистим запізненням.
7. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію ланки з чистим запізненням.
8. Наведіть амплітудно фазову характеристику ланки з чистим запізненням.
9. Наведіть амплітудно частотну характеристику ланки з чистим запізненням.
10. Наведіть фазо частотну характеристику ланки з чистим запізненням.

Література: [3], с. 146 - 149; [5], с. 99 - 104;
[7], с. 165 - 169; [11], с. 132 - 137.

2.2.5 Тема 12. Форсуюча ланка I-ого порядку. Форсуюча ланка II-ого порядку

Передаточна функція форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. Перехідна характеристика форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. Вагова функція форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. АФЧХ форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. АЧХ форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. ФЧХ форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. ЛАХ форсуючої ланки I-ого та II-ого порядку. (5 год.).

Питання для самоперевірки

1. Наведіть диференційне рівняння форсуючої ланки I-ого порядку.
2. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію форсуючої ланки I-ого порядку.
3. Наведіть амплітудно фазову характеристику форсуючої ланки I-ого порядку.
4. Наведіть амплітудно частотну характеристику форсуючої ланки I-ого порядку.
5. Наведіть фазо частотну характеристику форсуючої ланки I-ого порядку.
6. Наведіть диференційне рівняння форсуючої ланки II-ого порядку.
7. Наведіть передаточну, перехідну та вагову функцію форсуючої ланки II-ого порядку.
8. Наведіть амплітудно фазову характеристику форсуючої ланки II-ого порядку.
9. Наведіть амплітудно частотну характеристику форсуючої ланки II-ого порядку.
10. Наведіть фазо частотну характеристику форсуючої ланки II-ого порядку.

Література: [1], с. 132 - 138; [6], с. 172 - 178; [9], с. 156 - 163; [11], с. 143 - 148; [12], с. 97 - 109.

2.2.6 Тема 13. Структурні схеми систем автоматичного управління

Структурна схема САУ. Основні елементи структурних схем САУ. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Що таке структурна схема САУ?
2. Наведіть основні елементи структурних схем САУ.
3. Яку роль виконує суматор в структурних схемах САУ?
4. Яке головне правило необхідно використовувати для суматорів?
5. Яку роль виконує елемент порівняння в структурних схемах САУ?
6. Які існують варіанти позначення елементів порівняння в структурних схемах САУ?

7. Яку роль виконує лінія передачі сигналу в структурних схемах САУ?
8. Яку роль виконує вузол або розгалуження в структурних схемах САУ?

Література: [2], с. 168 - 175; [3], с. 153 - 159; [4], с. 133 - 138;
[5], с. 115 - 123; [11], с. 189 - 197; [12], с. 184 - 188.

2.2.7 Тема 14. Перетворення структурних схем. Правила перетворення структурних схем

Послідовне з'єднання ланок. Паралельне з'єднання ланок. З'єднання ланок зі зворотнім зв'язком. Перенос елементів структурної схеми з одного положення в інше. (4 год.).

Питання для самоперевірки

1. Навіщо використовують перетворення структурних схем?
2. Яка обов'язкова умова є для початкової та перетвореної структурних схем?
3. Як ланки САУ можуть з'єднуватись в структурних схемах?
4. Наведіть основні характеристики послідовного з'єднання ланок в структурних схемах САУ.
5. Наведіть основні характеристики паралельного з'єднання ланок в структурних схемах САУ.
6. Наведіть основні характеристики з'єднання ланок зі зворотнім зв'язком в структурних схемах САУ.
7. Наведіть основні характеристики з'єднання ланок з одиничним зворотнім зв'язком в структурних схемах САУ.
8. Поясніть правило переносу вузла через ланку та переносу ланки через вузол для перетворення структурних схем.
9. Поясніть правило переносу суматора через ланку та переносу ланки через суматор для перетворення структурних схем.
10. Поясніть правило переносу вузла через суматор та переносу суматора через вузол для перетворення структурних схем.
11. Поясніть правило переносу суматора через суматор, переносу ланки через ланку та перенос вузла через вузол для перетворення структурних схем.

Література: [3], с. 191 - 202; [4], с. 172 - 177;
[6], с. 237 - 242; [12], с. 203 - 208.

3 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Студенти заочної форми навчання відповідно до програми курсу "Теорія автоматичних систем автомобіля" самостійно вивчають літературу, що рекомендується, і виконують одну контрольну роботу, яка складається з чотирьох завдань.

Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем. Оформляти роботу рекомендується на аркушах формату А4 (210х297), зброшурованих і закріплених у швидкозшивачі. При оформленні роботи слід керуватися вимогами ДСТУ 3008-95 - "Документація. Звіти в сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" і СТП 15-96 "Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів. Вимоги і правила оформлення".

При виконанні контрольної роботи необхідно пояснювати текст схемами і рисунками в масштабі. На обкладинці роботи треба вказати: назву предмета; прізвище, ім'я, по батькові студента; шифр; спеціальність; номер залікової книжки; домашню адресу (для іногородніх) з поштовим індексом; дату виконання. Контрольна робота повинна бути підписана студентом.

Матеріал контрольної роботи розташовується в наступному порядку:

- титульний лист;
- теоретична частина;
- графічна частина;
- висновки;
- перелік посилань.

Наприкінці роботи обов'язково необхідно привести список використаної літератури та електронних джерел, на які наведені посилання в контрольній роботі, з обов'язковим зазначенням по кожному літературному джерелу прізвища та ініціалів автора, назви книги, місця видання, видавництва і року видання, URL електронного ресурсу.

Контрольна робота повинна бути особисто підписана студентом. Залік по контрольній роботі студент одержує при особистій співбесіді з викладачем.

3.1 Контрольне завдання №1

За передавальною функцією визначити тип динамічної ланки і побудувати графік перехідної функції, навести приклад ланки даного типу.

№ вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$W(p)=$	e^{-10p}	$\frac{3}{p^2+1}$	$\frac{8}{p+1}$	$\frac{1}{2p}$	$3e^{-2p}$	$\frac{1}{p^2+p+1}$	$\frac{2}{0,1p+1}$	$\frac{3}{p}$	$\frac{4}{p^2+1}$

№ вар	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$W(p)=$	$\frac{3}{p}$	$\frac{1}{0,01p^2+p+1}$	$0,5e^{-0,5p}$	$\frac{1}{2p}$	$3e^{-2p}$	$\frac{1}{p^2+p+1}$	$\frac{2}{0,1p+1}$	$\frac{3}{p}$	$\frac{4}{p^2+1}$

№ вар	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$W(p)=$	e^{-p}	$\frac{10}{4p^2+1}$	$\frac{2}{p}$	$\frac{3}{0,25p+1}$	$\frac{4}{9p^2+1}$	$\frac{1}{2p^2+3p+1}$	$\frac{0,5}{4p}$	$4e^{-3p}$	$\frac{6}{4p+1}$	$0,5e^{-4p}$

Методичні вказівки

Для рішення цього завдання необхідно порівняти передавальну функцію свого варіанту з передавальними функціями типових динамічних ланок і визначити до якої ланки вона належить.

Взяти рівняння, яке визначає вихідну величину $y(t)=k(\dots)x(t)$, прийняти $x(t)=(1,0)$, а $t=0 \dots \infty$, скласти перехідну характеристику.

3.2 Контрольне завдання №2

Скласти амплітудно-фазову (АФХ), амплітудно-частотну (АЧХ) та фазочастотну (ФЧХ) характеристики за знайомою передавальною функцією ланки.

$W(p)=\frac{k}{T^2p+2\xi Tp+1}$	№ вар.	1	2	3	4	5	6	7
	k	1	2	3	4	5	3	2
	T	1	1	2	2	5	5	3
	ξ	1	0,5	0,1	0,2	0	0,4	0,7

$W(p) = \frac{k}{Tp + 1}$	№ вар.	8	9	10	11	12	13	14
	k	1	2	3	4	5	3	2
	T	0,1	1	0,5	5	1	0,4	0,8

$W(p) = ke^{-p\tau}$	№ вар.	15	16	17	18	19	20	21
	k	1	2	3	4	5	3	2
	T	10	0,1	0,4	0,6	2	0,8	1,0

$W(p) = k(Tp + 1)$	№ вар.	22	23	24	25	26	27	28
	k	1	2	3	4	5	3	8
	T	1	0,1	0,5	5	4	2	0,2

Методичні вказівки

У вибраній передавальній функції свого варіанту необхідно замінити оператор Лапласа “ p ” на “ $i\omega$ ”. За наявності в знаменнику ірраціональності, помножити чисельник і знаменник на сполучений множник. В отриманому багаточлені зробити групування членів, які мають (i) – умовну частину характеристики (I_m) і які не мають (i) – реальну частину характеристики (R_e). Після визначення реальної (R_e) та умовної (I_m) частини амплітудно-фазової характеристики (АФХ) в отримані багаточлени задають 8-10 значень частоти ω в межах від 0 до ∞ . За отриманими даними складаються АФХ. Для складання амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) використовується формула:

$$W(\omega) = \sqrt{R_e^2(\omega) + I_m^2(\omega)}$$

Фазочастотна характеристика визначається за формулою:

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{I_m(\omega)}{R_e(\omega)}$$

Провести аналіз розрахованих характеристик.

3.3 Контрольне завдання №3

Визначити стійкість розімкнутої системи автоматичного керування швидкістю руху конвеєра за частотним критерієм Михайлова.

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	1	2	3	4	5
	к, с ⁻¹	58	62	54	46	38
	T _д , с	0,57	0,5	0,4	0,6	0,7
	T _y , с	0,01	0,02	0,01	0,02	0,015

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	6	7	8	9	10
	к, с ⁻¹	64	66	62	60	34
	T _д , с	0,5	0,4	0,6	0,5	0,56
	T _y , с	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	11	12	13	14	15
	к, с ⁻¹	38	40	42	44	46
	T _д , с	0,58	0,60	0,58	0,54	0,52
	T _y , с	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	16	17	18	19	20
	к, с ⁻¹	48	50	52	54	56
	T _д , с	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40
	T _y , с	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	21	22	23	24	25
	к, с ⁻¹	58	60	62	64	66
	T _д , с	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30
	T _y , с	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02

$W(p) = \frac{k}{p(1+T_y p)(1+T_\delta p)}$	№ вар	26	27	28
	к, с ⁻¹	44	40	50
	T _д , с	0,7	0,5	0,54
	T _y , с	0,03	0,02	0,01

Методичні вказівки

Стійкість автоматичних систем визначається з використанням частотного критерію Михайлова для замкнутих систем. Для цього визначається характерний багаточлен із передавальної функції, в якому оператор Лапласа p змінюється на $i\omega$ та групується окремо реальна частина багаточлена і умовна.

$$Q(i\omega) = R_{Qe}(\omega) + iI_{Qm}(\omega)$$

Для реальної $R_{Qe}(\omega)$ і умовної $I_{Qm}(\omega)$ частин підставляються константи у відповідності з варіантом:

T_y – постійна часу підсилювача в с;

T_o – постійна часу двигуна в с⁻¹;

κ – коефіцієнт передачі в с⁻¹.

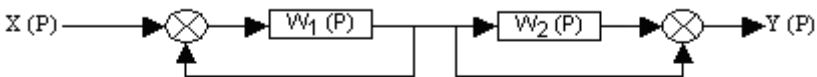
Перемінна величина ω змінюється в межах $0 \dots \infty$, розрахункові величини заносяться до таблиці. За отриманими даними складається рікограф Михайлова, який вважається правильним, а система “стійкою”, якщо при зміні частоти $\omega=0 \dots \infty$, починається на речовій півосі, обертається проти годинникової стрілки, послідовно обходячи n квадрантів комплексної площині, ніде не звертаючи в нуль та переходячи в n – ому квадранті в безкінечність, де n – ступінь багаточлена. Якщо одна із умов не виконується, то система “нестійка”.

3.4 Контрольне завдання №4

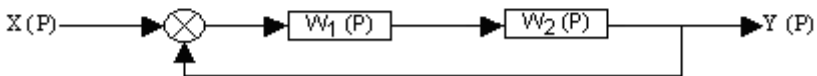
Перетворити структурну схему.

Номер варіанту:

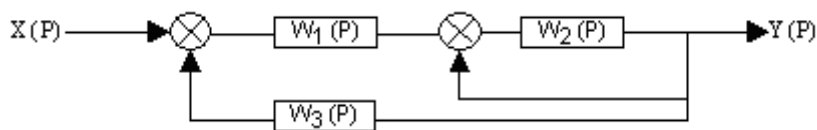
1



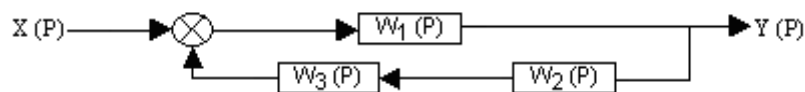
2



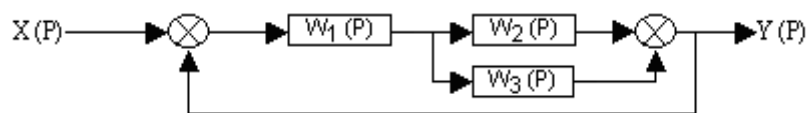
3



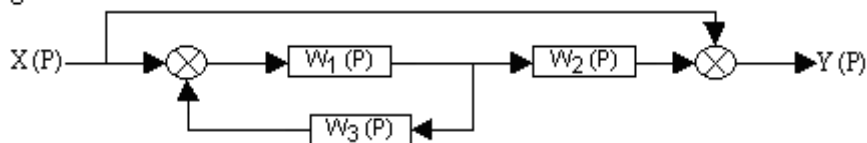
4



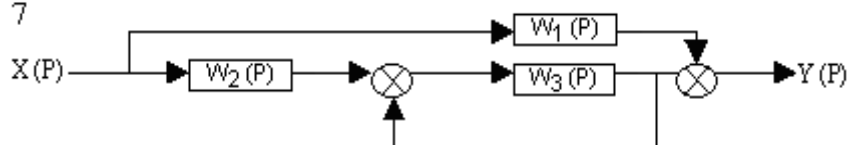
5



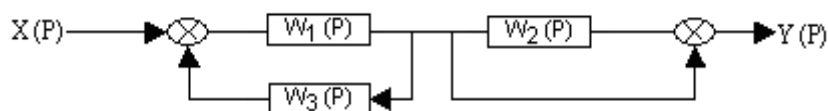
6



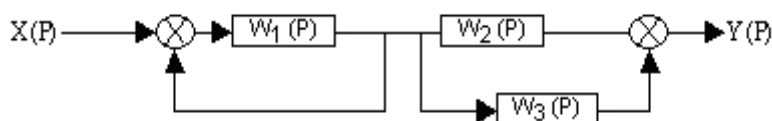
7



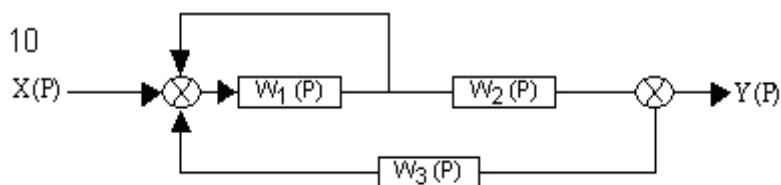
8



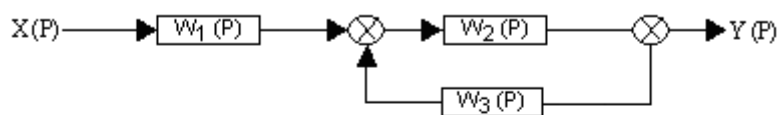
9



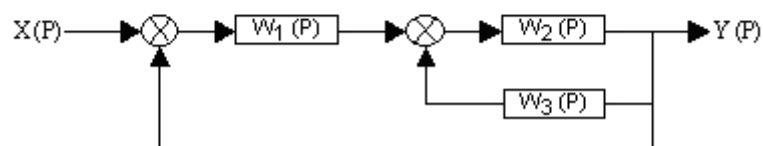
10



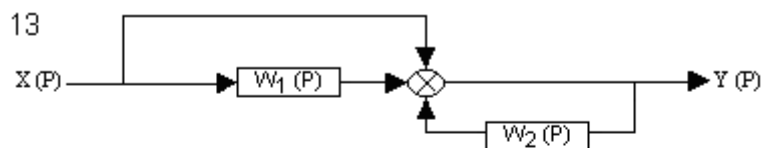
11



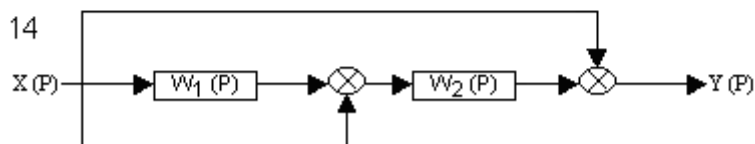
12



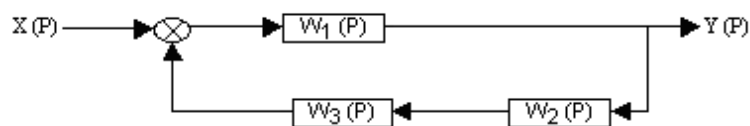
13



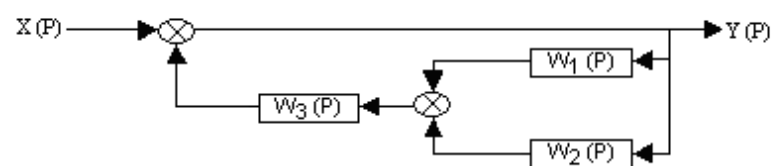
14



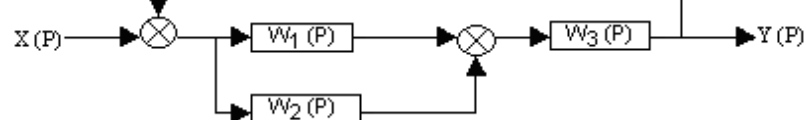
15



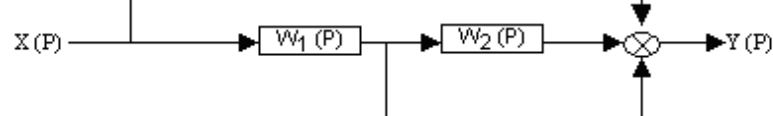
16



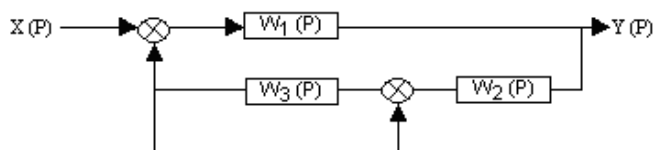
17



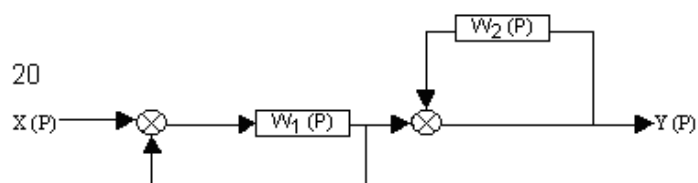
18



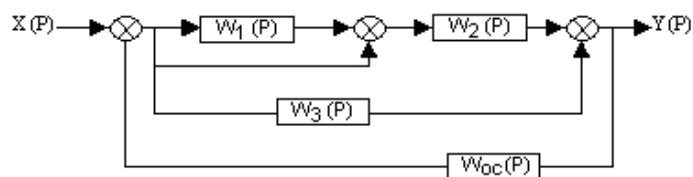
19



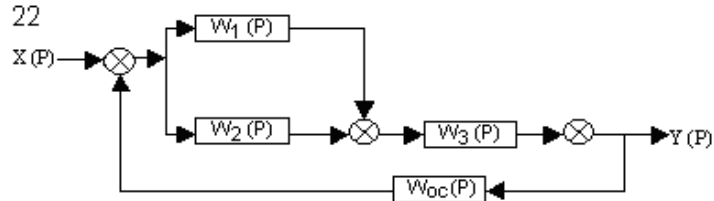
20



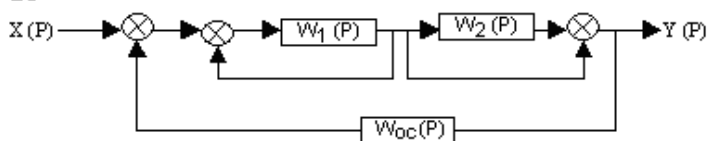
21



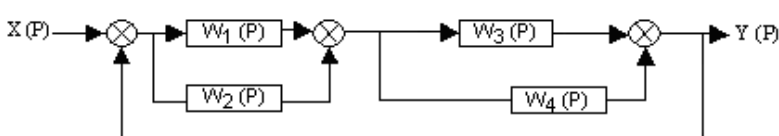
22



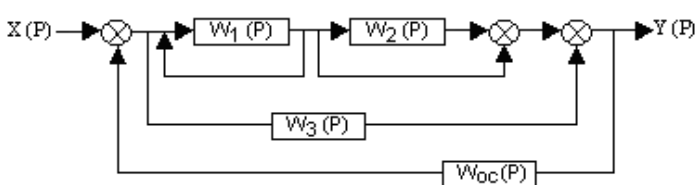
23



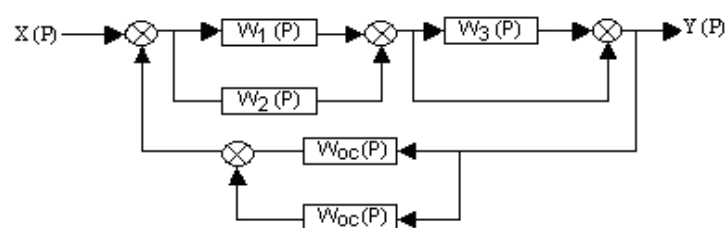
24



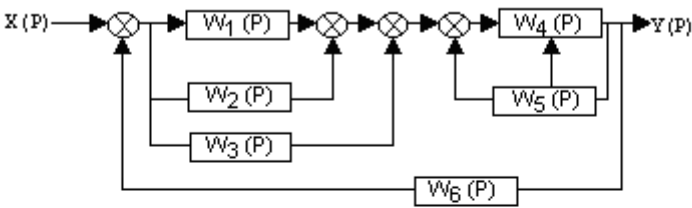
25



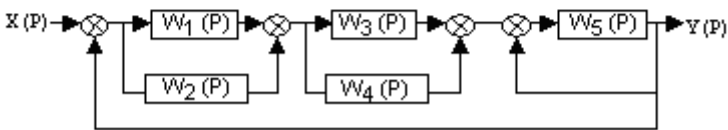
26



27



28



Методичні вказівки

Перетворення структурної схеми системи автоматичного управління проводять методом послідовного звертання з врахуванням наступних виразів еквівалентної передавальної функції:

- для послідовного з'єднання ланок:

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) \cdot \dots \cdot W_n(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$$

- для паралельного з'єднання ланок:

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p) + \dots + W_n(p) = \sum_{i=1}^n W_i(p)$$

- для ланок, поєднаних зворотнім зв'язком:

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 \mp W_1(p)W_{oc}(p)}$$

Послідовність перетворення структурної схеми: від простих з'єднань до складних.

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог організації навчального процесу, кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни. Контрольні заходи з дисципліни "Теорія автоматичних систем автомобіля" передбачають наступне:

- опитування за окремими темами лекційного курсу;
- виконання тестових письмових робіт на рубіжному контролі;
- виконання та захист практичних робіт;
- виконання та захист контрольних робіт;
- складання іспиту.

Для закріплення поточних знань протягом семестру, до проведення підсумкового модульного контролю, проводяться контрольні заходи (письмове опитування студентів за матеріалами лекцій, що були прочитані), на підставі яких студент отримує загальну оцінку.

При виконанні письмової роботи, студенти одержують завдання по висвітленню певних теоретичних питань або розв'язку завдань. Робота виконується студентом письмово й здається викладачеві. При цьому оцінюються володіння матеріалом по темі роботи, аналітичні здатності студента, його володіння методами, уміння й навички, необхідні для виконання завдань.

Іспит націлений на комплексну перевірку освоєння дисципліни. Іспит проводиться в усній або письмовій формі по білетах, у яких наводяться питання (завдання) по всіх темах курсу. Студенту дається час на підготовку. Оцінюється володіння матеріалом, його системне освоєння, здатність застосовувати потрібні знання, навички й уміння при аналізі проблемних ситуацій і розв'язку практичних завдань. Слід зазначити, що всі заплановані заходи мають бути складені позитивно. Негативна оцінка з будь якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння студентом навчального матеріалу. Студент, який одержав за результатами модульного контролю позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни допускається до складання іспиту. Студент, який отримав на модульному контролі незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного-двох тижнів.

5 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни "Теорія автоматичних систем автомобіля". Слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

Основна

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 276 с.
2. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. 4-е изд. - БХВ-Петербург, 2016. – 570 с.
3. Власов К. П. Теория автоматического управления. Основные положения. Примеры расчета. Учебное пособие. - Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2013, - 544 с.
4. Власов К. П. Теория автоматического управления. Учебное пособие. Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007, 526 с.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления – 4-е изд. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
6. Шишмарев В. Ю. Типовые элементы систем автоматического управления. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 352 с.

Додаткова

7. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления – М.: Бином, Лаборатория базовых знаний, 2004. – 279 с.
8. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. – СПб.: Питер, 2005. – 318 с.
9. Келим. Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления. – М.:Форум-М, 2002. – 423 с.
10. Панько М. А. Расчёт и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad. – Издательство МЭИ, 2004. – 112 с.
11. Мельников А.А. Теория автоматического управления техническими объектами автомобилей и тракторов. - М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 280с.
12. Мельников А.А. Управление техническими объектами автомобилей и тракторов. - М.: Изд. Центр «Академия», 2003. – 304с.