

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи
та проведення практичних занять
з навчальної дисципліни

**«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ
КОМПЛЕКСАХ»**

*(для підготовки магістрів за освітньо-науковою програмою спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка фахового
спрямування «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020**

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Системи електропостачання в електромехатронних комплексах» (для підготовки магістрів за освітньо-науковою програмою спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка фахового спрямування «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Т. П. Павленко, Н. П. Лукашова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 25 с.

Укладачі: д-р техн. наук, проф. Т. П. Павленко,
ст. викл. Н. П. Лукашова

Рецензент

В. М. Шавкун, кандидат технічних наук, доцент кафедри електричного транспорту ХНУМГ ім. О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 24 від 18.06.2020.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ	5
1.1 Мета й організація самостійної роботи студентів.....	5
1.2 Перелік тем і завдань для самостійної роботи і контролю.....	5
2 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ.....	7
2.1 Теми практичних занять.....	7
2.2 Приклади розв'язання задач.....	9
3 ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ.....	17
4 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДПОВІДЕЙ.....	17
5 ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАЛІКУ.....	18
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	23

ВСТУП

Створення мехатронних систем сприяє розвитку на сучасному рівні конструкцій нового покоління, які впливають на роботу автоматизованого управління на базі досягнень в області механіки, автоматики, електроніки та інформатики.

Сучасні мехатронні системи проектуються спільно з іншими системами, що дозволяє гарантовано забезпечити узгоджене функціонування підсистем і необхідні характеристики конструкцій на ранніх стадіях проектування.

Розвиток мехатроніки вимагає забезпечення заданої точності часу, актуального одночасно в механіці, електроніці, інформаційної техніці.

Таким чином, направлення мехатроніки є, в значній мірі, для фахівців, пов'язаних з практикою. Її бурхливий прогрес обумовлений знаннями та вміннями, що підкріплюється науково-інженерною інтуїцією.

Методичні вказівки для самостійної і практичної роботи з дисципліни «Системи електропостачання в електромехатронних комплексах» сприяє розвитку знань та вмінь студентів-магістрів, що займаються науковою діяльністю. Це акцентує увагу на подальше створення і розвиток мехатронних систем, їх використання в галузях, а також в енергетичній системі і підсистемах електропостачання міського електричного транспорту.

Виконання практичних завдань дозволяє студентам-магістрам створювати нові та інноваційні моделі і використовувати обрані математичні методи розрахунку параметрів.

Використання комплексних методів розрахунку дає можливість використовувати автоматизовані принципи з використанням комп'ютерних програм.

Для виконання практичних занять та самостійної роботи рекомендується список робіт та джерел інформації, що наведено у методичних вказівках, а також макети, плакати, що знаходяться в академічних аудиторіях кафедри.

Після виконання завдання студенти оформлюють звітну частину, яка містить логічно оформлені результати проведеного практичного завдання та самостійної роботи.

Для отримання заліку студенти виконують вказані роботи та відповідають на питання, що приводяться у методичних вказівках з дисципліни «Системи електропостачання в електромехатронних комплексах».

1 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ САМОСТІЙНОГО ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

1.1 Мета та організація самостійної роботи студентів

Метою самостійної підготовки щодо навчальної дисципліни «Системи електропостачання в електромехатронних комплексах» є формування знань про електромехатронні системи і комплекси, реалізації принципів роботи, схеми силових пристроїв, що застосуються при їх роботі.

1.2 Перелік тем і завдань для самостійної роботи і контролю

Модуль 1 Системи електропостачання в електромехатронних комплексах (5 кредитів/150 годин)

ЗМ 1 – Загальні відомості про електромехатронні системи та їх використання (1,5 кредитів/45 годин)

1.1.1 Мехатроніка та її складові елементи

Основні поняття мехатроніки та її методи. Об'єкти мехатроніки. Структурні базиси мехатроніки

1.1.2 Принципи і рівні мехатронних систем

Принципи мехатроніки. Структура будови та рівні інтеграції електромехатронних систем. Мехатронні технологічні машини.

ЗМ 2 – Основні елементи системи електропостачання в електромехатронних комплексах (1,5 кредити/45 годин)

1.2.1 Мехатронні технології та інновації

Загальні відомості про мехатронні технології. Інноваційні рішення застосування мехатронних систем. Мехатронні комплекси в системах електропостачання.

1.2.2 Еволюційний розвиток модулів технічних систем

Етапи і закони процесу еволюційного розвитку модулів технічних систем. Тенденція розвитку модулів технічних систем. Принципи побудови мехатронних модулів робототехнічних систем. Принципи робототехніки та розвиток пріоритетних напрямків модульних систем.

ЗМ 3 – Мехатронні системи, модулі та комплекси в Електропостачанні (2,0 кредитів/60 годин)

1.3.1 Інноваційні застосування мехатронних модулів в системах електропостачання

Аналіз функціонального призначення мехатронних модулів. Класи робототехнічних модулів. Концепція мехатронних комплексів електропостачання.

1.3.2 Електромеханічні комплекси і модулі

Модульні системи електромехатронних комплексів. Сучасне керування в електромехатронних модулях і комплексах. Сучасна інтелектуальна система електропостачання та електроживлення.

1.3.3 Моделювання процесів динаміки мехатронних систем

Моделі динаміки мехатронних систем і форми їх подання. Автоматизація моделювання динаміки мехатронної системи. Порівняльний аналіз методів динаміки. Метод пов'язаних графів. Моделювання та автоматизація динаміки систем з використанням методу пов'язаних графів

Для оцінки практичного вміння та засвоєння студентами навчального матеріалу пропонуються завдання для самостійної роботи

Таблиця 1 – Перелік тем для самостійної роботи

Назва теми	Кількість годин	
	денна	заочна
ЗМ 1. Загальні відомості про електромехатронні системи та їх використання в системі електропостачання	35	–
Аналіз існуючих мехатронних модулів та систем	10	–
Ознайомлення з принципом роботи електротехнологічних та електромехатронних систем	10	–
Аналіз методів досліджень параметрів електромехатронних комплексів та систем	15	–
ЗМ 2. Основні елементи системи електропостачання в електромехатронних комплексах	45	–
Визначення можливості використання електромехатронних комплексів та систем в електропостачанні	15	–
Методи розрахунку параметрів електромехатронних комплексів та систем.	20	–
Різновиди та особливості роботи електронних модулів	10	–
ЗМ 3. Мехатронні системи, модулі та комплекси в електропостачанні	25	
Визначання взаємодії систем електропостачання та електромехатронних комплексів	15	
Використання робототехнічних модулів в системах електропостачання	10	
Усього	105	–

Метою самостійної підготовки щодо навчальної дисципліни є вивчення питань теорії, ознайомлення з методами розрахунку параметрів та характеристик елементів систем електропостачання за допомогою програмного забезпечення. Теоретична частина дисципліни викладена у конспекті лекційного курсу та навчальному посібнику.

2 ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Теми практичних занять

Метою практичної підготовки щодо навчальної дисципліни є вивчення питань теорії, володіння практичними вміннями й навичками з основ проектування та розрахунку параметрів електромехатронних елементів за допомогою програмного забезпечення. Теоретична частина дисципліни викладена у конспекті лекційного курсу та навчальному посібнику.

Таблиця 2.1 – Теми практичних занять

Назва теми	Кількість годин	
	Денне навчання	Заочне навчання
ЗМ 1. Загальні відомості про електромехатронні системи та їх використання	5	–
Аналіз відомостей про електромехатронні системи та визначення їх можливості використання в електропостачанні	5	
ЗМ 2. Основні елементи системи електропостачання в електромехатронних комплексах	5	–
Розробка структурних схем електромехатронних модулів	2	–
Розробка алгоритму розвитку електромехатронних систем та модулів	3	–
ЗМ 3. Мехатронні системи, модулі та комплекси в електропостачанні	5	
Аналіз функціонального призначення та визначення можливості використання робототехнічних комплексів	2	
Визначення параметрів модульних систем електромехатронних комплексів	3	
Усього	15	–

Для оцінки практичного вміння та засвоєння студентами навчального матеріалу пропонується методологія розв'язання практичних занять з

використанням автоматизованої системи розрахунку параметрів мехатронних систем.

Зауваження

Під час автоматизації моделювання виникають труднощі розрахунку об'єктів і параметрів, якими оснащені багатоланкові механізмами з великим числом ступенів свободи і складною структурою, наприклад, роботи-маніпулятори.

Зв'язний граф маніпулятора, ланки якого утворюють обертальні кінематичні пари, буде містити функціональні перетворювачі з нелінійними коефіцієнтами. Число таких перетворювачів і їх коефіцієнти залежать як від структури маніпулятора, так і від вибору системи координат (прямолінійної або криволінійної), пов'язаної з його підставою.

Це призводить до необхідності розробки великої бази елементів розрахункових схем і відповідних їм ділянок зв'язкового графа.

Зв'язний граф маніпулятора, що представляє собою розімкнутий кінематичний ланцюг з чотирма ступенями свободи, матиме досить складну структуру. Збільшення числа ступенів свободи такого маніпулятора призведе до того, що його зв'язний граф може взагалі бути незручним для подальшого використання.

Тому зазначених ускладнень при автоматизації моделювання динаміки маніпуляторів можна уникнути, якщо прийняти підхід розрахунку:

- методом зв'язкових графів, де можна отримати загальне рівняння динаміки механічної системи, що складається з довільного числа твердих тіл, які утворюють між собою поступальні і обертальні кінематичні пари;

- на основі заданої геометричної моделі конкретного механізму, визначити число функціональних перетворювачів і їх коефіцієнти;

- на основі загального рівняння з урахуванням інформації про інерційно-масових параметрах ланок заданого механізму і діючих на нього силах, а також з урахуванням інформації про функціональні перетворювачі, отримати рівняння динаміки заданого механізму.

З урахуванням визначеного порядку розрахунку створюються етапи:

– етап 1 є теоретичним дослідженням, виконується один раз. Він складається з побудови зв'язного графа механічної системи загального вигляду, з якого на підставі законів виводиться загальне рівняння динаміки. В результаті цього дослідження отримуються рівняння, що дозволяє в автоматизованому режимі формувати рівняння динаміки механізмів з різною структурою і числом ланок;

– етапи 2 і 3 формалізуються і представляються у вигляді лінійних алгоритмів. Їх виконання може бути повністю автоматизовано. Для формування рівнянь динаміки конкретного механізму зв'язний граф не потрібно, але він може бути відтворений з метою візуального аналізу динаміки досліджуваного механізму.

Реальні механізми математично моделюються у вигляді невільних механічних систем, що представляють собою сукупність деякого кінцевого числа рухливо пов'язаних між собою твердих тіл (ланок). Рух ланок в кінематичних парах обумовлено обмеженнями на положення і швидкості точок однієї ланки щодо іншого, що виникають в результаті контакту ланок. Число незалежних зв'язків в механізмі таке, що він завжди має як мінімум одну ступінь свободи.

Тому рішення задач автоматизації моделювання динаміки мехатронних систем представляється доцільним комбіноване використання розглянутих підходів і етапів.

2.2 Приклади розв'язання задач

Задача 1. Визначити коефіцієнт корисної дії (ККД) одноступінчастого редуктора з передавальним числом u (рис. 1) як функцію моменту корисного навантаження M_H . Кутова швидкість шестерні $\omega_1 = \text{const}$. Момент сил сухого тертя, наведений до вихідного валу:

$$M_T = M_0 + fM_H,$$

де M_0 – момент тертя в ненавантаженій передачі,

f – постійний коефіцієнт тертя, $|f| < 1$.

Ланки редуктора вважати абсолютно твердими.

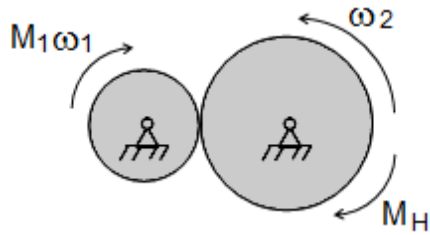


Рисунок 2.1

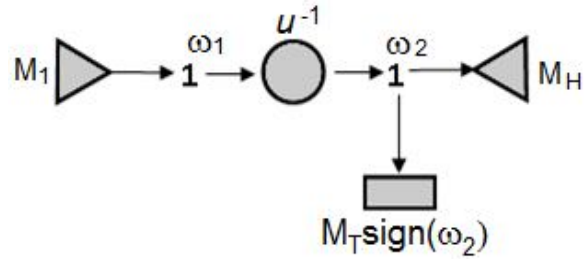


Рисунок 2.2

Рішення

Зв'язний граф редуктора зображений на рисунку 2.2. Застосовуючи до вузлів графа закон (2.2), отримаємо рівняння моментів:

$$M_1 = u^{-1}(M_H + M_T \text{sign}(\omega_2)).$$

Помноживши ліву і праву частини рівності на ω_1 і враховуючи, що $\omega_1 = u\omega_2$, отримуємо рівняння балансу потужності:

$$M_1\omega_1 = M_H\omega_2 + M_T\omega_2 \text{sign}(\omega_2) \quad (2.1)$$

Розділивши (2.1) на вхідну потужність $M_1\omega_1$, отримаємо $1 = \eta + \chi$,

де η – ККД редуктора:

$$\eta = M_H / M_1 u$$

χ – коефіцієнт втрат на тертя.

$$\chi = M_T \text{sign}(\omega_2) / M_1 u$$

Шукане рівняння

$$\eta(M_H) = 1 - M_T \text{sign}(\omega_2) / (M_H + M_T \text{sign}(\omega_2)),$$

та графік $\eta(M_H)$ наведено на рисунку 2.3.

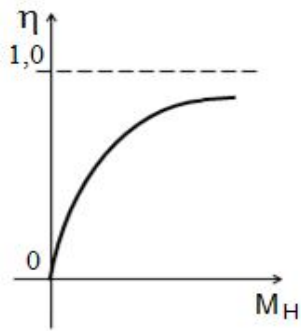


Рисунок 2.3

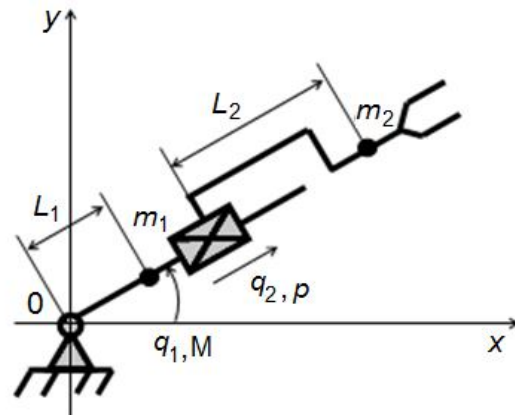


Рисунок 2.4

Аналіз графіка показує, що ККД редуктора дорівнює нулю, якщо редуктор не навантажений ($M_H = 0$), і зростає при збільшенні моменту навантаження, наближаючись до значення, максимально можливого при заданому коефіцієнті тертя.

На практиці, найбільше значення ККД досягається при оптимальному для даного редуктора значенні механічної потужності на вихідному валу.

Задача 2. Отримати рівняння динаміки маніпулятора (рис. 2.4), працюючого в горизонтальній площині θxy . Тертям в кінематичних парах знехтувати, маси ланок m_1 і m_2 вважати зосередженими в центрах мас.

Рішення.

Прийmemo за узагальнені координати маніпулятора керовані переміщення $q_1(t)$ і $q_2(t)$. Співвідношення, що зв'язують декартові координати мас ланок з узагальненими координатами:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= L_1 c q_1, \\
 y_1 &= L_1 s q_1, \\
 x_2 &= (L + q_2) c q_1, \\
 y_2 &= (L + q_2) s q_1,
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

де $c q \equiv \cos(q), s q \equiv \sin(q), L = L_1 + L_2$.

Диференціюючи (2.2) по часу t , отримаємо рівняння, що визначають вид функціональних перетворювачів і структуру зв'язного графа маніпулятора (рис. 2.5):

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= -\dot{q}_1 L_1 s q_1, \dot{y}_1 = \dot{q}_1 L_1 c q_1 ; \\ \dot{x}_2 &= -\dot{q}_1 (L + q_2) s q_1 + \dot{q}_2 c q_1, \dot{y}_2 = \dot{q}_1 (L + q_2) c q_1 + \dot{q}_2 s q_1 . \end{aligned} \quad (2.3)$$

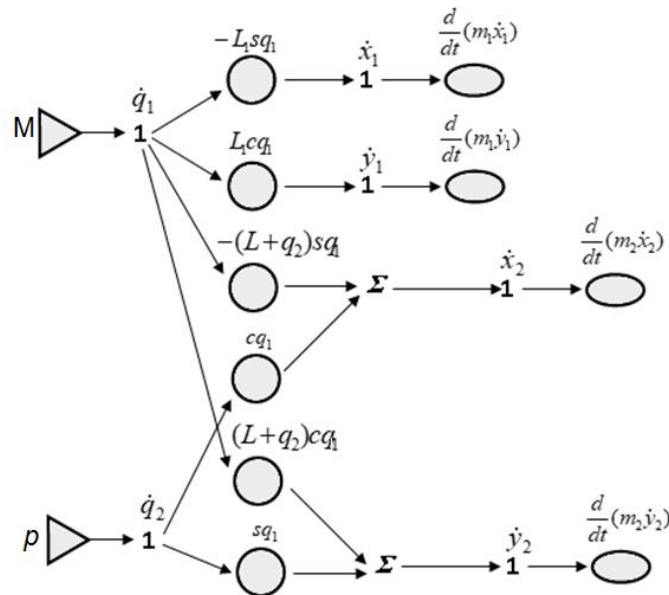


Рисунок 2.5

Аналіз зв'язкового графа показує, що рух ланки 2 відносно ланки 1 надає динамічний вплив на привід ланки 2 і навпаки, так як в освіті швидкостей \dot{x}_2, \dot{y}_2 беруть участь узагальнені швидкості \dot{q}_1, \dot{q}_2 . Привід ланки 1 навантажений інерцією ланок 1 і 2, тоді як привід ланки 2 навантажений тільки інерцією ланки 2. Застосовуючи до вузлів \dot{q}_1, \dot{q}_2 отримаємо рівняння динаміки маніпулятора:

$$\begin{aligned} M &= -L_1 s q_1 m_1 \ddot{x}_1 + L_1 c q_1 m_1 \ddot{y}_1 - (L + q_2) s q_1 m_2 \ddot{x}_2 + (L + q_2) c q_1 m_2 \ddot{y}_2, \\ P &= c q_1 m_2 \ddot{x}_2 + s q_1 m_2 \ddot{y}_2. \end{aligned} \quad (2.4)$$

Щоб отримати рівняння динаміки в узагальнених координатах, необхідно про диференціювати (2.3) по часу t і підставити результат диференціювання в (2.4).

Остаточно маємо:

$$\begin{aligned} M &= [m_1 L_1^2 + m_2 (L + q_2)^2] \cdot \ddot{q}_1 + 2\dot{q}_1 \dot{q}_2 (L + q_2) m_2, \\ P &= -m_2 (L + q_2) \dot{q}_1^2 + m_2 \ddot{q}_2 \end{aligned} \quad (2.5)$$

Зауважимо, що при використанні полярної системи координат $r_1 = L_1, r_2 = L + q_2, \varphi_{1,2} = q_{1,2}$ зв'язний граф маніпулятора виходить більш простим, а обсяг обчислень в процесі формування рівнянь (2.5) – меншим.

Задача 3. Отримати рівняння динаміки електромеханічного приводу, функціональна схема якого зображена на рисунку 2.6:

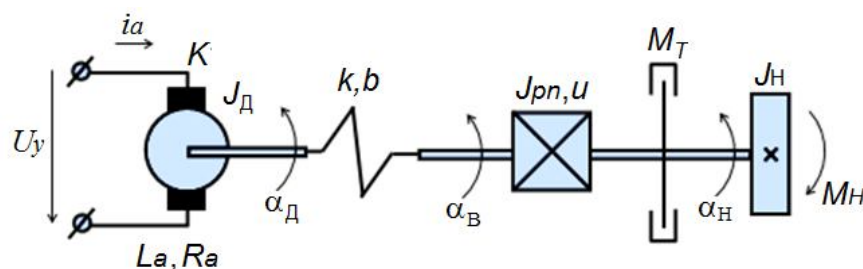


Рисунок 2.6

На схемі позначені: U_y – напруга керованого джерела живлення, i_a – струм в ланцюзі якоря двигуна, L_a, R_a – індуктивність і активний опір ланцюга якоря двигуна, K – коефіцієнт двигуна, J_d – момент інерції ротора двигуна, α_d – кут повороту ротора двигуна, k – наведений коефіцієнт жорсткості механічної передачі, b – наведений коефіцієнт втрат на деформацію, α_B – кут повороту вхідного валу редуктора, $J_{рп}$ – момент інерції редуктора, приведений до валу навантаження, u – передавальне відношення редуктора, M_T – момент сухого тертя, приведений до валу навантаження, α_H – кут

повороту вала навантаження, J_H – момент інерції навантаження, M_H – момент навантаження.

Рішення

Бесконтурний граф приводу представлений на рисунку 2.7, де $\Delta\dot{\alpha} = \dot{\alpha}_D - \dot{\alpha}_B$, $\dot{\alpha}_B, \dot{\alpha}_D, i_a$.

Рівняння динаміки отримаємо, застосовуючи до вузлів закон (2.2):

$$\begin{aligned} k(\alpha_D - \alpha_B) + b(\dot{\alpha}_D - \dot{\alpha}_B) &= u^{-1} [(J_H + J_{PN})\ddot{\alpha}_H + M_T \text{sign}(\dot{\alpha}_H) + M_H], \\ i_a K &= J_D \ddot{\alpha}_D + b(\dot{\alpha}_D - \dot{\alpha}_B) + k(\alpha_D - \alpha_B), \\ U_y &= L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + K \dot{\alpha}_D. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Рівняння (2.6) також можуть бути отримані з контурного графа електричної схеми розглянутого приводу (рис. 2.8), відомим з електротехніки, а саме методом контурних струмів.

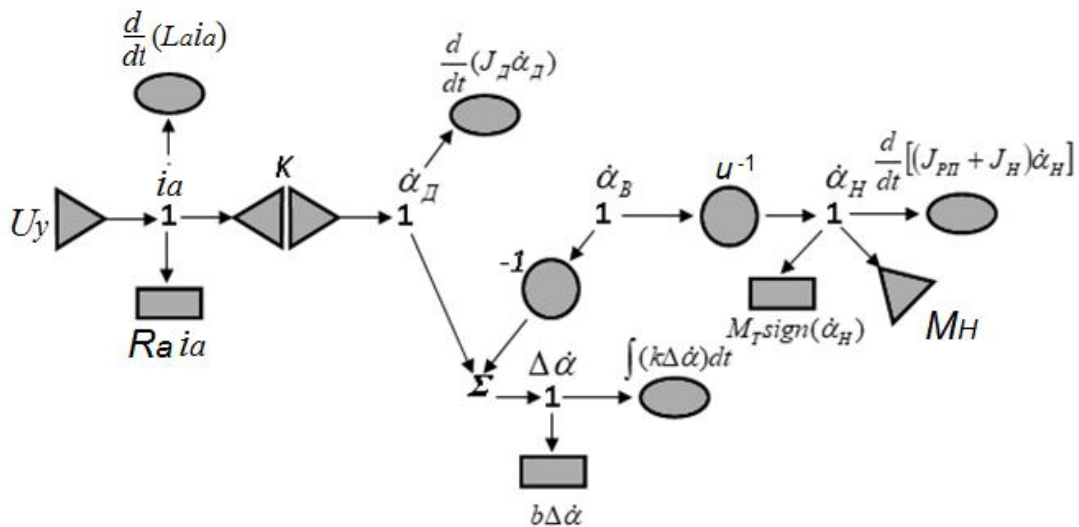


Рисунок 2.7

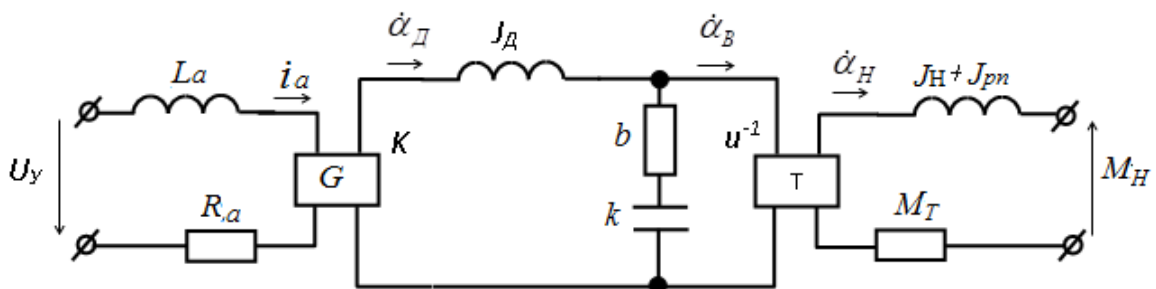


Рисунок 2.8 – Електрична схема приводного механізму

Розглянуті приклади ілюструють можливості методу зв'язкових графів в задачах математичного опису динаміки різних, в тому числі і фізично неоднорідних, технічних систем.

Викладене дає підставу стверджувати, що метод зв'язкових графів можна розглядати як найбільш загальний метод побудови теоретичних моделей динаміки мехатронних систем.

Автоматизована побудова математичної моделі мехатронної системи в формі рівнянь динаміки може здійснюватися в наступному порядку:

1) на основі заданої розрахункової схеми будується зв'язковий граф системи;

2) на основі графа виводяться рівняння динаміки.

Виконання етапу 1) в автоматичному режимі легко здійснити, якщо заздалегідь відомо число функціональних перетворювачів в системі і їх коефіцієнти (див. завдання 1, 3). У цих випадках зв'язний граф автоматично відтворюється по заданій розрахунковій схемі, так як кожному елементу схеми ставиться у відповідність попередньо занесений в базу даних ділянку зв'язкового графа.

На етапі 2) інформація про структуру графа записується в матрицю

$A = [a_{ij}]$, где i – номери вузлів; j – номери зв'язків графа.

При цьому якщо зв'язок j входить у вузол i , то $a_{ij} = 1$; якщо зв'язок j виходить з вузла i то $a_{ij} = -1$; якщо зв'язок j не з'єднує вузол i , то $a_{ij} = 0$.

Матриця A , складена таким чином, називається матрицею інцидентій 2.

Тоді рівняння динаміки системи будуть визначатися рівністю, що виражає в векторно-матричній формі закон (2.2):

$$A \cdot e = 0 \tag{2.7}$$

де $e = e[e_j]$ – вектор зусиль, що передаються по зв'язках графа.

Якщо зв'язок j здійснюється функціональним перетворювачем з коефіцієнтом m , то при $a_{ij} = -1$ (зв'язок j виходить з вузла i) замість зусилля на виході перетворювача e_j підставляється зусилля на його вході te_j .

Якщо зв'язок j , що з'єднує вузли i і k , здійснюється гиратором з коефіцієнтом K , то $a_{ij} = -1$, $e_j = Kf_k$, $a_{kj} = 1$, $e_j = Kf_i$.

Вирішимо за допомогою даного алгоритму завдання 3 п.

Пронумеруємо всі вузли і зв'язки в графі приводу (рис. 2.9).

Номера вузлів виділені жирним шрифтом і курсивом. Матриця інцидентій в даному випадку буде мати вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

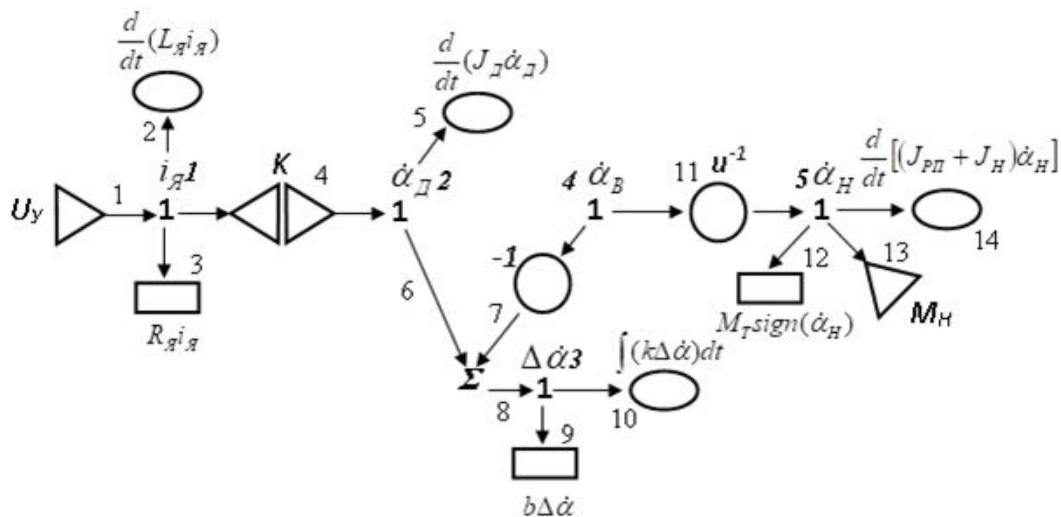


Рисунок 2.9

Вектор зусиль $e=e[e_j]$, $j= 1,2-1,4$. Тоді згідно (2.7) і з урахуванням дії гіратора по зв'язку 4 а також функціональних перетворювачів зі зв'язків 7, 11 матимемо:

$$A \cdot e = \begin{bmatrix} e_1 - e_2 - e_3 - K\dot{\alpha}_D \\ Ki_{Я} - e_5 - e_6 \\ e_8 - e_9 - e_{10} \\ -e_7(-1) - e_{11}u^{-1} \\ e_{11} - e_{12} - e_{13} - e_{14} \end{bmatrix} = 0. \quad (2.8)$$

Підставивши в (2.8) значення, відповідні зусиллям у зв'язках графа (рис. 2.9), і взявши до уваги вузол Σ із загальним зусиллям $e_6 = e_7 = e_8$, отримаємо рівняння, ідентичні (2.6).

Автоматизоване моделювання та дослідження динаміки мехатронних систем, що задається користувачем на модельному полі зв'язного графу системи, практично реалізовано в спеціалізованому пакеті програм CAMP-G.

3 ТЕСТОВИЙ КОНТРОЛЬ

Однією з основних складових рейтингової системи є тестовий контроль знань, вмінь і навичок студентів, який дозволяє ефективно й об'єктивно оцінювати їх успішність. З цією метою на базі наведеного переліку контрольних запитань для самостійної роботи розроблено комплект тест-завдань, які знаходяться у пакеті навчальної дисципліни.

4 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ВІДПОВІДЕЙ

За кожен правильну відповідь нараховується 1 бал або 100 %. Відповідь правильна – 100 % (дорівнює оцінці «5»); Відповідь правильна, але є неточності – 75–95 % (дорівнює оцінці «4»); Відповідь не зовсім правильна – 60–74 % (дорівнює оцінці «3»); не правильна відповідь – 0 – 59 %, відповідь не зараховується.

Тести зі змістовних модулів мають визначену кількість питань, кожна правильну відповідь на питання оцінюють 1 балом, а потім виводиться за набраними балами % значення правильної відповіді і відповідна оцінка (наприклад, за 30 питань: 30 балів – 100%, 22,5 балів – 75%, 18 балів – 60% і т.п.).

5 ПИТАННЯ ДЛЯ ЗАЛІКУ

Для отримання заліку з дисципліни необхідно виконати завдання, що закладені в темах для самостійного вивчення навчального матеріалу і змістовних модулях:

ЗМ 1.1 Загальні відомості про електромехатронні системи та їх використання.

ЗМ 1.2 Основні елементи системи електропостачання в електромехатронних комплексах.

ЗМ 1.3 Мехатронні системи, модулі та комплекси в електропостачанні.

З метою оцінки якості засвоєння студентами навчального матеріалу під час самостійної роботи та практичного завдання, а також отримання заліку пропонується перелік контрольних запитань з даної дисципліни відповідно щодо вказаних вище змістовних модулів.

1. Дати поняття мехатроніки.
2. Що визначає термін «синергетика» і що для нього є характерним?
3. Перелічити основні компоненти мехатронних систем.
4. У чому полягає мета мехатроніки?
5. Що є предметом мехатроніки?
6. На чому засновані методи мехатроніки?
7. В яких областях на даний час використовуються мехатронні системи?
8. Що являє собою мехатронний модуль?
9. Особливості мехатронного модулю руху. Навести приклади.
10. Проаналізувати особливості інтелектуального мехатронного модулю руху.

11. З якою метою використовуються інформаційно-вимірвальні мехатронні модулі?
12. Що являє собою інтелектуальна мехатронна машина ?
13. Які основні елементи входять до інтелектуальної мехатронної машини?
14. Що представляє собою робочий орган мехатронної машини?
15. Проаналізувати структурну та технологічну схеми піраміди мехатроніки. Навести приклади.
16. Перелічити основні принципи мехатроніки. Проаналізувати їх особливості.
17. Що є мехатронними пристроями?
18. Перелічити ознаки мехатронних пристроїв.
19. Які основні функції здійснюють пристрої комп'ютерного керування?
20. Дати поняття синергетичної інтеграції.
21. У чому полягає сутність мехатронного підходу? Навести методологію побудови складних технічних систем.
22. Дати поняття гексаподів і що вони собою представляють? Навести приклади їх використання.
23. На чому концентруються тенденції діагностичного прогнозу та розвиток мехатронних систем?
24. У чому полягає мета створення мехатронних комплексів?
25. Дати поняття мехатронної технології.
26. Перелічити можливості технологічного підходу.
27. Що являють собою мехатронні приводні системи? Навести приклади.
28. Навести приклади інноваційних рішень застосування мехатронних систем на залізничному транспорті.
29. Навести приклади інноваційних рішень застосування мехатронних систем в атомній енергетиці.
30. На чому базується практичне використання мехатронних систем електропостачання?

31. Що являє собою інтелектуальна мережа?
32. Проаналізувати роботу інтелектуальних мереж на прикладах.
33. Які основні складові має енергосистема «E-Energy»?
34. Що входить до програми системи «E-Energy»?
35. Що являє собою «Інтелектуальне вимірювання»?
36. Перелічити основні складові інформаційно-комунікаційних технологій.
37. Що являють собою інтелектуальні транспортні системи?
38. Проаналізувати етапи процесу еволюційного розвитку модулів технічних систем.
39. Проаналізувати тенденції розвитку технічних модульних систем.
40. У чому полягає конвергенція технічних модульних систем? Навести приклади.
41. Що являє собою сенсорна підсистема?
42. Що дозволяє здійснювати виконавча підсистема?
43. Що забезпечує інформаційно-керуюча підсистема?
44. Які функції виконує енергетична підсистема?
45. Перелічити базові технічні вимоги до мехатронних модулів.
46. Проаналізувати процес створення функціональних мехатронних мікромашин і систем.
47. Перелічити проаналізувати принципи робототехніки.
48. Проаналізувати розвиток пріоритетних напрямків технічних модульних систем.
49. Проаналізувати функціональне призначення мехатронних модулів.
50. Які завдання спроможні виконувати стаціонарні мехатронні мікромашини?
51. Які класи мають робототехнічні модулі?
52. Проаналізувати сфери застосування роботів.
53. Проаналізувати роль робототехнічних та кібернетичних систем.
54. Проаналізувати роботу інтелектуальних систем електропостачання.

55. Показати на прикладах архітектуру комплексу систем електропостачання.

56. Проаналізувати види спотворення напруги та системи мехатронного захисту.

57. Що є елементами модульної системи електромехатронних комплексів?

58. З яких елементів складається електромеханічна приводна частина мехатронного комплексу?

59. Проаналізувати роботу інтелектуальних складових мехатронних комплексів.

60. Яким чином можливо досягти спрощення механічної частини мехатронних комплексів. Навести приклади.

61. Перелічити переваги використання інтелектуальних мехатронних модулів у електромеханічних комплексах.

62. На чому базується керування системами та комплексами мехатронних модулів і комплексів?

63. Що являють собою мікропроцесорні системи в мехатронних модулях і комплексах?

64. Особливості роботи мікроконтролера в мехатронних модулях і комплексах?

65. З чого складається типова архітектура мікроконтролера?

66. На чому заснована робота інтелектуальна система електропостачання та електроживлення комплексів?

67. Перелічити основні елементи структури інтелектуальної системи електропостачання.

68. Яким способом можливо уникнути пошкодження при аварійному режимі роботи систем електропостачання. Проаналізувати приклади.

69. Дати поняття моделі.

70. Які існують види моделювання?

71. Які існують форми подання моделей динаміки при дослідженні мехатронних комплексів і систем?

72. Проаналізувати особливості рівнянь математичних моделей мехатронних систем.

73. Які використовуються рівняння для характеристики динаміки мехатронних систем?

74. На чому базуються наукові дослідження мехатронних комплексів і систем?

75. Що відноситься до апаратних і програмних засобів автоматизації обчислень параметрів динаміки мехатронних комплексів і систем?

76. Перелічити методи отримання рівнянь динаміки багатоланкових виконавчих механізмів мехатронних комплексів і систем.

77. Проаналізувати і зрівняти методи Лангранжа, Ейлера і Гауса.

78. У чому полягає метод зв'язкових графів?

79. Особливості моделювання та автоматизація динаміки систем з використанням методу пов'язаних графів.

80. Проаналізувати особливості формування та моделювання автоматизованої розрахункової схеми з урахуванням визначення сукупності факторів і умов.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 102 с.
2. Павленко Т. П. Системи електропостачання в електромехатронних комплексах : конспект лекцій / Т. П. Павленко, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 100 с.
3. Ловейкін В. С. Мехатроніка : навч. посібник / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, Ю. В. Човнюк. – Київ : ЦП «Компринт», 2012. – 358 с.
4. Bishop R. H. The Mechatronics Handbook / Robert H. Bishop.– Boca Raton: CRC Press, 2002. – 1229 p.
5. Введение в мехатронику : учеб. пособие / [А. И. Грабченко, В. Б. Клепиков, В. Л. Доброскок и др.]. – Харків : НТУ «ХПИ», 2014. – 264 с.
6. Дудюк Д. Л. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси : навч. посібник / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, М. М. Мисик. – Львів : «Магнолія плюс» СПД ФО В. М. Піча, 2005.– 278 с.
7. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів / Р. В. Антощенко. – Харків : ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.
8. Подураев Ю. В. Мехатроника. Основы, методы, применение : учеб. пособие для высш. учеб. заведений по спец. «Мехатроника» направления подготовки «Мехатроника и робототехника» / Ю. В. Подураев. – 2-е изд., стереотип. – М. : Машиностроение, 2007.– 256 с.
9. Цвіркун Л. І. Робототехніка та мехатроніка : навч. посібник / Л. І. Цвіркун, Г. Грулер // Нац. гірничий ун-т. – 2-ге вид., випр. – Дніпропетровськ : НГУ, 2010. – 224 с.
10. Кузьмин Д. В. Моделирование динамики мехатронных систем. Уравнения и алгоритмы / Д. В. Кузьмин. – Архангельск : АГТУ, 2008. – 120 с.

11. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем / В. П. Тарасик. – Минск : ДизайнПРО, 2004. – 640 с.
12. Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике / В. С. Зарубин; под ред. В.С. Зарубина, А. П. Крищенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. – 469 с.
13. Тевяшев А. Д. Канонічний вигляд квадратичної форми. Метод Лагранжа зведення квадратичної форми до канонічного вигляду / А. Д. Тевяшев, О. Г. Литвин // Вища математика. Збірник задач. Ч. 1. Лінійна алгебра та аналітична геометрія. – Харків : СМІТ, 2010. – С. 164–166.
14. Яглінський В. П. Моделювання динамічних процесів роботизованого виробництва / В. П. Яглінський, Д. В. Юргачев. – Одеса : АстроПрінт, 2004. – 234 с.
15. Алексієв В. О. Мехатроніка транспортних засобів та систем / В. О. Алексієв, В. П. Волков, В. І. Калмиков. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 176 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи
та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

**«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
В ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННИХ КОМПЛЕКСАХ»**

*(для підготовки магістрів за освітньо-науковою програмою спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка фахового
спрямування «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)*

Укладачі: **ПАВЛЕНКО** Тетяна Павлівна,
ЛУКАШОВА Наталя Павлівна

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархасєв*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2020, поз. 345 М.

Підп. до друку 09.07.2020. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,5.
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.