

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання модульної контрольної роботи з дисципліни
"Оптимізація технологічних процесів і систем"
для студентів спеціальності:
151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Київ
НТУУ «КПІ»
2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання модульної контрольної роботи з дисципліни

"Оптимізація технологічних процесів і систем"

для студентів спеціальності:

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Рекомендовано кафедрою

автоматизації хімічних виробництв

Протокол № 8 -від 17 травня 2017 р.

Київ
НТУУ «КПІ»
2017

Методичні вказівки до виконання модульної контрольної роботи з дисципліни "Оптимізація технологічних процесів і систем" для студентів спеціальності: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Уклад.: Л.Р.Ладієва. – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 12 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання модульної контрольної роботи з дисципліни

"Оптимізація технологічних процесів і систем"

для студентів спеціальності: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Авторська редакція

Укладачі:

Л.Р.Ладієва, к.т.н., доц.

Відповідальний редактор

А.І.Жученко, д.т.н., проф.

Модульна контрольна робота з дисципліни "Оптимізація технологічних процесів і систем" є складовою документації навчального забезпечення дисципліни щодо визначення залишкових знань та умінь його випускників.

Пакет контрольних робіт (МКР) – це сукупність документів, які мають забезпечити об'єктивне оцінювання рівня залишкових знань студентів з навчальної дисципліни.

До пакету МКР входять:

- навчальна програма навчальної дисципліни "Оптимізація технологічних процесів і систем";
- комплект контрольних завдань з дисципліни (варіанти МКР);
- відповіді (ключі тестів) на контрольні завдання МКР;
- критерії оцінювання виконання МКР;
- перелік довідкової літератури, обладнання, приладів, матеріалів, комп'ютерних програм тощо, користування якими дозволяється при виконанні МКР.

Пакет МКР і використовується:

- при проведенні самоаналізу діяльності випускової кафедри щодо підготовки фахівців з напрямку підготовки та спеціальності, а також з метою коригування робочих навчальних програм та вдосконалення організації навчального процесу;
- при проведенні експертизи з метою оцінки якісних показників рівня підготовки студентів.

1. Контрольні завдання МКР

Контрольне завдання МКР – це перелік формалізованих питань (тестів), вирішення яких потребує уміння застосовувати інтегровані знання програмного матеріалу дисципліни.

Контрольні завдання (КЗ) повинні:

- охоплюють весь програмний матеріал навчальної дисципліни;
- мають кількість варіантів на 3-5 більше ніж кількість студентів, які одночасно виконують МКР (дане МКР має 30 варіантів);
- мають однакову структуру (за кількістю питань або тестів), кожне КЗ є рівнозначної складності;
- трудомісткість відповідати відведеному часу контролю (80-90 хвилин);
- зводить до мінімуму непродуктивні витрати часу на допоміжні операції, проміжні розрахунки та інше;
- використовує відомі студентам терміни, назви, позначення.

Усі завдання МКР мають професійне (фахове) спрямування і вимагають від студентів не відтворення знань окремих тем і розділів навчальної дисципліни, а їх інтегроване застосування.

Кожне КЗ має наступну структуру.

- запитання 1 – потребує відповіді на теоретичному рівні або наведення схем, графіків, знань властивостей матеріалів, обладнання і їхнього застосування;
- запитання 2 – потребує відповіді на теоретичному рівні або наведення схем, графіків, знань властивостей матеріалів, обладнання і їхнього застосування;
- запитання 3 – потребує виконання розрахунків, знання методик і алгоритмів для їхнього виконання.

Приклад КЗ:

1. Для вибраної математичної моделі технологічного процесу сформулювати задачі оптимального керування. Обґрунтувати вибір критерію оптимальності за формою інтегрального квадратичного.
2. Отримати необхідні умови оптимальності використовуючи принцип максимуму. Порівняти отриманий результат зі спряженими рівняннями і умовами трансверсальності з використанням варіаційного числення.
3. Побудувати оптимальну систему керування. Записати алгоритм розрахунку оптимального програмного керування. Пояснити вибір матриць коефіцієнтів Q , R . Представити в дискретній формі диференціальні рівняння математичної моделі і спряженої системи. Пояснити розрахунок рівнянь в прямому часі і зворотному часі.

2. Фонд індивідуальних завдань для МКР з дисципліни

Фонд індивідуальних завдань складає 60 теоретичних завдання і 30 задач. Приклади теоретичних завдань:

1. Оптимальне керування системою з використанням принципу максимуму
2. Оптимальне програмне керування
3. Оптимальне керування із зворотнім зв'язком
4. Необхідні умови оптимальності. Канонічні рівняння Гамільтона, умови трансверсальності.
5. Рівняння Ріккати.
6. Оптимальний лінійний регулятор з інтегральною складовою.
7. Алгоритм розрахунку оптимального програмного керування
8. Задача про мінімальний час. Лінія переключень. Теорема про n Інтервалів.
9. Чисельний розв'язок задачі про мінімальний час.
10. Оптимальне керування нелінійними системами.
11. Оптимальне керування об'єктами з розподіленими параметрами.
12. Динамічне програмування. Рівняння Гамільтона-Якобі-Белмана.

Приклади задач:

1. Динаміка системи описується диференціальними рівняннями

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = U, \end{cases} \quad X(t_0) = X_0$$

Перевести систему у початок координат $X(t_f) = 0$ за мінімальний час при обмеженні на керування $|U| \leq 1$.

Обчислити матрицю переходів. Розрахувати лінію перемикання, час перемикання, точку перемикання. Записати оптимальний закон керування.

2. Динаміка системи описується диференціальними рівняннями

$$\begin{cases} x_1' = x_2 \\ x_2' = -5x_1 - 11x_2 + U \end{cases} \quad \begin{matrix} X(t_0) = [1 \ 1]^T \\ X(t_f) = [0 \ 0]^T \end{matrix}$$

Для вибраної математичної моделі технологічного процесу сформулювати задачу оптимального керування. Обґрунтувати вибір критерію оптимальності за формою інтегрального квадратичного.

3. Динаміка системи описується диференціальними рівняннями

$$\begin{cases} x_1' = x_2, \\ x_2' = 6U, \end{cases} \quad X(t_0) = X_0$$

Розрахувати оптимальне програмне керування системою використовуючи динамічне програмування за інтегральним квадратичним критерієм якості. Розглянути задачу, де рівняння Гамільтона – Якобі-Беллмана можна розв'язати аналітично. Шукану функцію представити у вигляді квадратичної форми.

4. Динаміка нелінійної системи описується:

$$\begin{cases} x_1' = x_2 \\ x_2' = x_3^2 - \frac{1}{x_1^2} + 1.5 \sin u \\ x_3' = -x_2 x_3 + 1.5 \cos u \end{cases}$$

$$x_1(0) = 1, x_2(0) = 0, x_3(0) = 1$$

Перевести систему в $x_1(t_f) = 3.5, x_2(t_f) = 0, x_3(t_f) = 3.8$ за мінімальний час, використавши градієнтну процедуру.

Записати функцію вартості з додаванням функції штрафів на кінцевий стан. Записати необхідні умови оптимальності і спряжені рівняння, умови трансверсальності. Визначити час переходу.

5. Динаміка системи описується диференціальними рівняннями

$$\begin{cases} x_1' = x_2 \\ x_2' = -2x_1 - 4x_2 + 5U \end{cases} \quad \begin{cases} x(t_0) = [1 \ 1]^T \\ x(t_f) = [0 \ 0]^T \end{cases}$$

Розглянути оптимальне керування у замкненій системі зі зворотнім зв'язком. Синтезувати оптимальний лінійний закон керування. Розглянути введення інтегральної складової в закон керування. Отримати нелінійні диференціальні рівняння Ріккати і умови трансверсальності.

6. Рівняння теплопровідності для плоскої стінки

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

де a – коефіцієнт теплопровідності;

Граничні умови III роду (конвективний теплообмін)

$$\begin{aligned} -\lambda_T \left. \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{x=0} &= x_2 (\theta_T - \theta|_{x=0}) \\ -\lambda_T \left. \frac{\partial \theta}{\partial x} \right|_{x=\delta} &= x_3 (\theta|_{x=\delta} - \theta_{н.с}) \end{aligned}$$

де λ_T - коефіцієнт теплопровідності

Для вибраного технологічного процесу сформулювати задачу оптимального керування. Обґрунтувати вибір критерію оптимальності.

Записати необхідні умови оптимальності. Отримати спряжені рівняння і умови трансверсальності.

7. Розподіл температури продукту в трубопроводі з теплоакумуючими стінками невеликої товщини

$$\begin{aligned} 6 \frac{\partial \theta}{\partial t} + 6W \frac{\partial \theta}{\partial t} + \theta &= \theta_{ст} \\ 2 \frac{\partial \theta_{ст}}{\partial t} + \theta_{ст} &= b\theta + (1 - b)\theta_{нс}, \end{aligned}$$

де $\theta, \theta_{\text{ст}}, \theta_{\text{нс}}$ - відповідно температура продукту, температура стінки, температура навколишнього середовища; W - швидкість подачі продукту.

Для вибраного технологічного процесу сформулювати задачі оптимального керування. Обґрунтувати вибір критерію оптимальності, за формулою інтегрального квадратичного.

Записати необхідні умови оптимальності. Отримати спряжені рівняння і умови трансверсальності.

Записати алгоритм розв'язку, використовуючи градієнтну процедуру.

3. Критерії оцінювання результатів виконання МКР

При розробленні критеріїв оцінки виконання МКР за основу взято повноту і правильність виконання завдань та враховано здатність студентів:

- узагальнювати набуті знання для вирішення конкретних завдань;
- застосовувати правила, методи, принципи, закони у конкретних ситуаціях;
- аналізувати і оцінювати факти та робити обґрунтовані висновки;
- викладати матеріал логічно, послідовно, з дотриманням вимог стандартів.

Крім того, враховано наступне:

- максимальна кількість балів, яка нараховується за виконання окремого питання (тесту) КЗ, визначена на основі його важливості та рівня складності;
- наявна шкала знижок балів, яка враховує найбільш типові помилки студентів при виконанні МКР (нечіткі формулювання, графічні, розрахункові, технічні та інші помилки, неповні відповіді тощо).

На відповідь з кожного запитання завдання відведено по 1/3 від всього часу роботи.

Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 16:

бал 16 виставляється за умови відповіді щонайменше на 95% питань

бал 12 виставляється за умови відповіді щонайменше від 85% до 95% питань

бал 8 виставляється за умови відповіді щонайменше від 75% до 85% питань

бал 4 виставляється за умови відповіді щонайменше від 60% до 75% питань

бал 1 виставляється за умови відповіді щонайменше ніж на 60% питань

4. Перелік довідкової літератури, обладнання, приладів, матеріалів, комп'ютерних програм тощо, користування якими дозволяється при виконанні контрольної роботи

При виконанні контрольної роботи студент не повинен використовувати будь-який допоміжний матеріал, довідкову літературу. Дозволяється користуватись засобами обчислень (калькулятор, ПЕОМ).

Методика та технологія виконання і оцінювання МКР при самоаналізі та при акредитаційній експертизі є однаковими.

1. При самоаналізі:

У час, зазначений у графіку, екзаменатор роздає студентам варіанти контрольних завдань МКР та робочі аркуші, відповідає на можливі запитання студентів щодо змісту МКР, вимог до їх виконання і критеріїв оцінки та фіксує час початку виконання роботи. На виконання контрольних завдань МКР надається до 90 хвилин.

По мірі виконання робіт студенти здають екзаменатору виконані МКР і звільняють аудиторію. Екзаменатор фіксує час закінчення виконання роботи.

Література

1. Цирлин А.М. Оптимальное управление технологическими процессами. – М.: Энергоатомиздат, 1986 – 400с.
2. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Фёдоров В.В. Курс методов оптимизации – М.: Наука, 1986 – 328с.
3. Ладієва Л.Р. Оптимальне керування системами.: Навчальний посібник. – К.: НМЦ ВО, 2000 – 187с.