ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ СТАЛИ И СПЛАВОВ
(ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ЭЛЕКТРОСТАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ

А. Г. Александров, С. Ю. Панин

ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Раздел: *Оптимальное управление и синтез регуляторов*

Лабораторный практикум

МОСКВА 1997

АННОТАЦИЯ

Приведены исходные данные для учебно–исследовательских лабораторных работ по разделам: “Оптимальное управление” и “Синтез регуляторов по инженерным показателям”. Лабораторные работы выполняются на ПЭВМ типа IBM PC AT и совместимых с использованием системы ГАММА-1PC. Сформулированы цели и методика выполнения каждой работы.

© Московский государственный институт стали и сплавов (МИСиС) 1997

Содержание

ВВЕДЕНИЕ **4**

1. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ **5**
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N1: АНАЛИТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ 5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N2: ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА С НАБЛЮДАТЕЛЕМ 7
РАБОТА N3: H_∞–СУБОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ 8

2. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ **9**
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N4: СИНТЕЗ ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ВТОРОГО ВИДА 9
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N5: СИНТЕЗ ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЧЕТВЕРТОГО ВИДА 10

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум выполняется на ЭВМ типа PC AT (и совместимых с ней) с использованием системы ГАММА-1PC.

До начала лабораторных работ необходимо приобрести практические навыки работы с системой ГАММА–1PC, используя учебное пособие [1], а перед выполнением каждой лабораторной работы следует повторить соответствующий раздел теории, краткие сведения о которой приведены в Приложении к этому пособию, если необходимо более детальное изучение, то использовать книгу [2].

Цикл из 5-ти лабораторных работ разбит на две части. Первая часть, состоящая из лабораторных работ N1–N3, посвящена оптимальному управлению, вторая (лабораторные работы N4 и N5) — синтезу регуляторов по инженерным показателям точности и качества (установившимся ошибкам по регулируемым переменным, полосе пропускания системы, запасам устойчивости).

1. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N1: АНАЛИТИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

Цель работы:
Исследование инженерных показателей оптимальных систем в зависимости от структуры уравнений объекта управления, структуры и коэффициентов функционала оптимизации.

Задания выполняются по директиве 111 [1].

Задание 1

Изменяя параметры функционала $q_{11}^{(0)}$ и τ (начиная с $q_{11}^{(0)} = 10$ и τ=1), синтезировать для каждого из этих значений регулятор и, моделируя замкнутую этим регулятором систему, определить инженерные показатели (время регулирования, перерегулирование, установившуюся ошибку при единичном ступенчатом возмущении, частоту среза, запасы устойчивости) оптимальных систем.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = x_3, \quad \dot{x}_3 = -600x_3 - \delta \cdot 1800x_2 + 3 \cdot 10^6 u + 1.5 \cdot 10^6 w$$
$$y_1 = x_1, \quad y_2 = x_2, \quad y_3 = x_3, \quad z = x_1,$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

При синтезе использовать два вида функционала оптимизации:

$$J = \int_0^\infty \left(q_{11}^{(0)} z^2 + u^2 \right) dt \tag{1.1}$$

$$J = \int_0^\infty \left[q_{11}^{(0)} (z^2 + \dot{z}^2 \tau^2) + u^2 \right] dt. \tag{1.2}$$

Задание 2

Изменяя параметр функционала $q_{11}^{(0)}$ (начиная с $q_{11}^{(0)} = 100$), синтезировать для каждого из его значений регулятор и, моделируя замкнутую этим регулятором систему, определить инженерные показатели оптимальных систем.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\dot{x}_1 = x_2 + w, \quad \dot{x}_2 = u + \delta w,$$
$$y_1 = x_1, \quad y_2 = x_2, \quad z = -x_1 + x_2,$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

Функционал оптимизации имеет вид: $J = \int\limits_0^\infty \left(q_{11}^{(0)} z^2 + u^2 \right) dt$.

Отчет должен содержать:

- Описание задания.
- Результаты работы директивы 111 (матрицы регуляторов и графики переходных процессов).
- Инженерные показатели точности и качества для каждой $q_{11}^{(0)}$ и τ в первой задаче и $q_{11}^{(0)}$ — во второй.
- Объяснение различных зависимостей установившихся ошибок от $q_{11}^{(0)}$ в первой и во второй частях.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N2: ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА С НАБЛЮДАТЕЛЕМ

Цель работы:
Исследование инженерных показателей оптимальных систем с наблюдателем в зависимости от структуры объекта и настраиваемого параметра ρ в уравнениях Риккати для наблюдателя Калмана–Дойла (К–Д).

Задания выполняются по директиве 113.

Задание 1

Изменяя параметр ρ (начиная с $\rho = 1$), синтезировать для каждого из значений ρ наблюдатель и, моделируя систему с этими наблюдателями, определить инженерные показатели оптимальных систем.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = x_3, \quad \dot{x}_3 = -600x_3 - \delta \cdot 1800x_2 + 3 \cdot 10^6 u + 1.5 \cdot 10^6 w$$
$$y_1 = x_1, \quad z = x_1,$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

Функционал оптимизации имеет вид: $J = \int\limits_0^\infty \left(100z^2 + u^2\right) dt$

Задание 2

Выполняется аналогично предыдущему заданию при начальном $\rho = 100$.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\dot{x}_1 = -5x_3 + 5u + w, \quad \dot{x}_2 = x_1 - 25.1x_3 - \delta u, \quad \dot{x}_3 = x_2 - 6.2x_3,$$
$$y_1 = x_3, \quad z = -x_3$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

Функционал оптимизации имеет вид: $J = \int\limits_0^\infty \left(10000z^2 + u^2\right) dt$

Отчет должен содержать:

- Описание задания.
- Результаты работы директивы 113.
- Инженерные показатели для каждого ρ в обеих частях.
- Объяснение различных зависимостей инженерных показателей от ρ в первой и во второй частях.

РАБОТА N3: H_∞–СУБОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Цель работы:

Исследование инженерных показателей систем, регуляторы которых получены на основе процедуры H_∞–субоптимального управления.

Задания выполняются по директиве 131.

Задание

Изменяя параметр γ, синтезировать для каждого из значений регулятор, определить минимальное γ, при котором еще синтезируется регулятор, а также инженерные показатели полученных оптимальных систем.

Исходные данные

Исходные данные совпадают с исходными данными для заданий 1 и 2 лабораторной работы N 2

Отчет должен содержать:

- Описание задания.
- Результаты работы директивы 131.
- Инженерные показатели точности и качества для каждого γ в обеих частях.
- Объяснение различных зависимостей инженерных показателей от γ в первой и во второй частях.

2. СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРОВ ПО ИНЖЕНЕРНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N4: СИНТЕЗ ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ВТОРОГО ВИДА

Цель работы:
Синтез регуляторов при различных требованиях к точности, а также анализ по другим инженерным показателям: времени регулирования, перерегулированию, запасам устойчивости.

Задание выполняется по директиве 142.

Задание

Задаваясь требованиями к точности z^* (0.5, 0.05, 0.005, 0.0005), синтезировать для каждого из значений регулятор и, моделируя систему замкнутую этими регуляторами, определить инженерные показатели оптимальных систем.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\begin{aligned}
&\ddot{q}_1 + 400\dot{q}_1 + 0.342\dot{q}_3 + 0.94\dot{q}_4 - 940q_3 + 324q_4 = 0,\\
&\ddot{q}_2 + 400\dot{q}_2 + 0.866\dot{q}_3 + 0.5\dot{q}_4 - 500q_3 + 866q_4 = 0,\\
&\delta \cdot 803\dot{q}_1 + 154\dot{q}_2 + 100\dot{q}_3 + 754q_3 + 1130q_4 = u_1 + w_1,\\
&\delta \cdot -718\dot{q}_1 - 1070\dot{q}_2 + 201\dot{q}_4 - 867q_3 - 754q_4 = u_2 + w_2,\\
&y_1 = q_1, \quad y_2 = q_2,
\end{aligned}$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

Отчет должен содержать:

- Описание задания.
- Результаты работы директивы 142.
- Инженерные показатели точности и качества для каждого z^*.
- Объяснение зависимостей инженерных показателей от z^*.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N5: СИНТЕЗ ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЧЕТВЕРТОГО ВИДА

Цель работы:

Найти минимальное значение показателя установившейся точности при различных значениях параметров α и β в уравнениях Риккати и определить при этом значении инженерные показатели.

Задание выполняется по директиве 144.

Задание

Изменяя параметры α и β (начиная с $\alpha = 10$ и $\beta = 10$), синтезировать для каждого из значений регулятор и, моделируя систему замкнутую этими регуляторами, определить инженерные показатели оптимальных систем.

Исходные данные

Объект управления описывается уравнениями

$$\begin{aligned}
&\delta \cdot \ddot{q}_1 + 0.031\dot{q}_1 - 0.0034\dot{q}_2 + 3.4\dot{q}_3 + 9.8q_3 = -1.04u_1 - 15u_2 - 0.155w_1,\\
&\delta \cdot \ddot{q}_2 - 0.049\dot{q}_1 + 0.62\dot{q}_2 + 0.3\dot{q}_3 = -74u_1 - 47u_2 + 0.254w_2,\\
&\ddot{q}_3 + 0.77 \cdot 10^{-3}\dot{q}_1 + 0.0047\dot{q}_2 + 0.32\dot{q}_3 = -u_1 - 3.3u_2 - 0.385 \cdot 10^{-2}w_3,\\
&y_1 = q_1, \quad y_2 = q_2, \quad y_3 = q_3,\\
&z_1 = q_1, \quad z_2 = q_2, \quad z_3 = q_3,
\end{aligned}$$

где $\delta = 10N$, N — номер варианта задания.

Матрицы, входящие в уравнения Риккати для объектов четвертого вида,
$\tilde{Q}^{(0)} = \mathrm{diag}\,[100, 15625, 6718.62]$, $\tilde{Q}^{(1)} = \mathrm{diag}\,[1, 1, 1]$

Отчет должен содержать:

- Описание задания.
- Результаты работы директивы 144.
- Инженерные показатели точности и качества для минимального значения показателя установившейся точности.

Литература

[1] Александров А. Г., Панин С. Ю. "Система ГАММА-1РС." Руководство пользователя. Московский Государственный институт Стали и сплавов (Технологический университет). Электростальский филиал. 1996.

[2] Александров А. Г. "Синтез регуляторов многомерных систем." М.: Машиностроение, 1986.

АЛЕКСАНДРОВ Альберт Георгиевич
ПАНИН Сергей Юрьевич

АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Раздел: управление и синтез регуляторов

Лабораторный практикум

Технический редактор Орлов Ю.Ф.
Редактор Назарова Т.Г.
Рецензенты доц. Мирской Е.М.

Подписано в печать	Уч.-изд.л. 0,5	Тираж 50 экз.
	Цена “с”	Тематический план 1997 г.

Московский государственный институт стали и сплавов,
Ленинский проспект, 4

Отпечатано в LaTeX на лазерном принтере в ВЦ НИР МИСиС (ТУ, ЭФ)