

理工科考研辅导系列 电子信息类

# 自动控制原理

## 「名校考研 真题详解」

金圣才 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

要 點 容 內

本書是“理工科考研辅导系列（电子信息类）”中的一本，旨在帮助考生系统、全面地掌握自动控制原理的基本概念、基本理论和基本方法。本书共分八章，第一章介绍自动控制系统的组成、特性及数学模型；第二章介绍控制系统的时域分析；第三章介绍控制系统的频域分析；第四章介绍控制系统的稳定性分析；第五章介绍控制系统的校正方法；第六章介绍离散时间系统的分析与综合；第七章介绍非线性系统的分析与综合；第八章介绍现代控制理论的基本概念。本书可作为高等院校电子信息类及相关专业本科生的教材，也可供从事自动控制工作的工程技术人员参考。

# 自动控制原理名校考研真题详解

金圣才 主 编

图灵社区会员专享 (CIP) 数据

金圣才·自动控制原理名校考研真题详解

北京：中国水利水电出版社，2010.4

(理工科考研辅导系列·电子信息类)

ISBN 978-7-5084-7372-8

①金圣才·②自动控制原理名校考研真题详解·③电子信息类

中国水利水电出版社图灵社区会员专享

	<p>理工科考研 自动控制原理 金圣才 主 中国水利水电 (北京市城) 网址: www. E-mail: sales@ 电话: (010) 北京科水图书 电话: (010) 全国各地新华</p>
<p>北京零壹图文设计有限公司 北京市大兴区 184mm×260mm 16开本 292千字 2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷 0001—4000册 42.00元</p>	<p>挂 印 装 版 次 册 数 价</p>



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn 图灵社区会员专享 (CIP) 数据 责任编辑: 孙

## 内 容 提 要

本书分为9章,每章包括四部分:第一部分是重点与难点解析;第二部分是名校考研真题详解;第三部分是名校期末考试真题详解;第四部分是典型题详解。

本书所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题,本书对所有真题均进行了详细解答。通过这些真题及其详解,读者可以在很大程度上了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

本书特别适合备战考研和大学期末考试的读者,对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生本书也具有较高的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理名校考研真题详解 / 金圣才主编. --  
北京:中国水利水电出版社,2010.4  
(理工科考研辅导系列.电子信息类)  
ISBN 978-7-5084-7375-8

I. ①自… II. ①金… III. ①自动控制理论—研究生  
—入学考试—解题 IV. ①TP13-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第051409号

书 名	理工科考研辅导系列(电子信息类) 自动控制原理名校考研真题详解
作 者	金圣才 主 编
出 版 发 行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京零视点图文设计有限公司
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 24印张 599千字
版 次	2010年4月第1版 2010年4月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 编 委 会

主 编：金圣才

编 委：（按姓氏笔画排序）

孔丽娜

尹守华

王 丹

王仁醒

汤明旺

许明波

吴义东

张 伟

张永翰

张彩云

杨 刚

辛灵轩

辛灵暖

陈 志

陈剑波

段辛云

段辛雷

徐新猛

殷超凡

高 丹

董兵兵

潘丽繁

## 前 言

自动控制原理是电气、电子、信息、机械等相关学科的重要专业基础课程，也是相关专业硕士研究生入学考试的必考内容。为了帮助广大读者掌握电路课程的学习方法和解题思路，顺利通过研究生入学考试或大学期末考试，在综合分析各大院校近年来出题特点的基础上编写了本书。

全书共分为9章，每章包括四个部分。第一部分主要是根据各高校的教学大纲、考试大纲等，对本章的重点和难点进行归纳，并进行简要解析；第二部分主要是精选知名院校近年的考研真题，并进行详细解答；第三部分主要是精选知名院校近年的本科期末考试真题，并进行详细解答；第四部分是精选典型题目，并进行详细解答。

本书具有如下特点：

(1) 所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题，这些题目具有很高的代表性。通过这些真题及其详解，读者可以在很大程度上判断和把握相关院校考研和大学期末考试的出题特点、解题要求等。

(2) 对所有考试真题均进行了详细解答。了解历年真题不是目的，关键是通过真题解答掌握和理解相关知识点，本书不但精选了真题，同时还对所有的真题进行了详细解答。

本书特别适合备战自动控制原理考研和大学期末考试的读者，对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生，本书也具有较高的参考价值。

参与本书编写的人员主要有辛灵轩、陈志、董兵兵、许明波、孔丽娜、汤明旺、段辛云、段辛雷等。

在本书编写过程中，参考了很多考生的复习资料，不能一一核实其最终出处。如有疑问，请与编辑或作者(ytchenzip@163.com)联系。

我们始终抱着一种严肃、认真的态度编写本书，力求内容准确、完整。由于编者水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2009年12月

# 目 录

前言		1.8
<b>第1章 自动控制的一般概念</b>		<b>1</b>
1.1 重点与难点解析		1
1.2 名校考研真题详解		2
1.3 名校期末考试真题详解		10
1.4 典型题详解		12
<b>第2章 控制系统的数学模型</b>		<b>15</b>
2.1 重点与难点解析		15
2.2 名校考研真题详解		17
2.3 名校期末考试真题详解		36
2.4 典型题详解		38
<b>第3章 线性系统的时域分析法</b>		<b>46</b>
3.1 重点与难点解析		46
3.2 名校考研真题详解		49
3.3 名校期末考试真题详解		92
3.4 典型题详解		107
<b>第4章 线性系统的根轨迹法</b>		<b>114</b>
4.1 重点与难点解析		114
4.2 名校考研真题详解		115
4.3 名校期末考试真题详解		151
4.4 典型题详解		170
<b>第5章 线性系统的频域分析法</b>		<b>175</b>
5.1 重点与难点解析		175
5.2 名校考研真题详解		176
5.3 名校期末考试真题详解		222
5.4 典型题详解		232
<b>第6章 线性系统的校正方法</b>		<b>237</b>
6.1 重点与难点解析		237
6.2 名校考研真题详解		240
6.3 名校期末考试真题详解		262
6.4 典型题详解		269
<b>第7章 线性离散系统的分析与校正</b>		<b>274</b>
7.1 重点与难点解析		274

# 目 录

7.2	名校考研真题详解	276
7.3	名校期末考试真题详解	289
7.4	典型题详解	293
<b>第 8 章</b>	<b>非线性控制系统分析</b>	<b>299</b>
8.1	重点与难点解析	299
8.2	名校考研真题详解	300
8.3	名校期末考试真题详解	317
8.4	典型题详解	320
<b>第 9 章</b>	<b>线性系统的状态空间分析与综合</b>	<b>325</b>
9.1	重点与难点解析	325
9.2	名校考研真题详解	326
9.3	名校期末考试真题详解	365
9.4	典型题详解	374

# 第 1 章 自动控制的一般概念

## 1.1 重点与难点解析

### (一) 本章重点与难点

1. 控制系统的基本组成。
2. 基本控制方式及反馈控制系统的特点。
3. 控制系统结构图的绘制方法。

### (二) 重点与难点解析

#### 1. 控制系统的基本组成

一个典型的反馈控制系统基本组成可以用图 1-1 所示方块图表示。

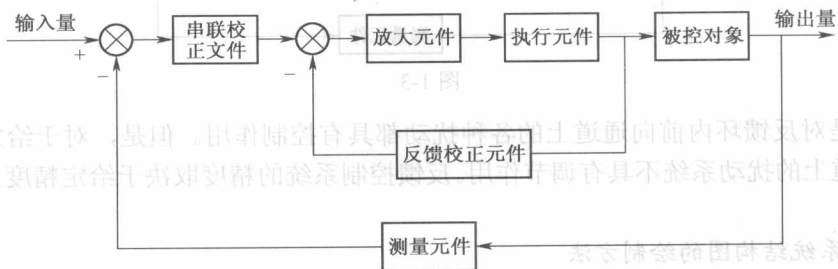


图 1-1

将组成系统的元件按在系统中的职能划分，主要有以下几种：

- (1) 给定元件：给出与期望输出对应的输入量。
- (2) 比较元件：求输入量与反馈量的偏差，常采用集成运放实现。
- (3) 放大元件：由于偏差信号一般都较小，不足以驱动负载，故需要放大元件，包括电压放大及功率放大。
- (4) 执行元件：直接推动被控对象，使输出量发生变化。常用有：电动机、阀、液压马达等。
- (5) 测量元件：检测被控的物理量并转换为所需要的信号。在控制系统中有用于速度检测的测速发电机、光电编码盘等；用于位置与角度检测的旋转变压器、自整机等；用于电流检测的互感器及用于温度检测的热电偶等。这些检测装置一般将被检测的物理量转换为相应的连续或离散的电压信号。
- (6) 校正元件：也叫补偿元件，是结构与参数便于调整的元件，以串联或反馈的方式联接在系统中，完成所需的运算功能，以改善系统性能。



## 2. 基本控制方式及反馈控制系统的特点

自动控制的基本方式有三种：开环控制、闭环控制和复合控制。

开环控制中，信号由输入端到输出端的传递是单向的，如图 1-2 所示为按给定值控制的开环控制系统的方块图。



图 1-2

这种控制比较简单。控制作用直接由系统的输入量产生。系统对于可能的干扰及工作过程中特性参数的变化都没有自动补偿作用，因而控制的精度完全取决于元件及校准精度。

反馈控制方式是按偏差进行控制的，如图 1-3 所示为闭环控制系统的方块图。

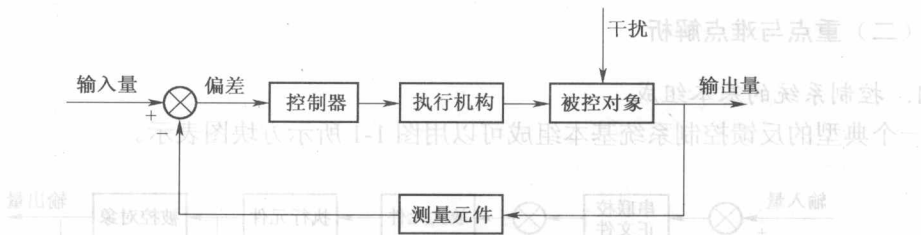


图 1-3

其特点是对反馈环内前向通道上的各种扰动都具有控制作用。但是，对于给定本身的误差及反馈通道上的扰动系统不具有调节作用。反馈控制系统的精度取决于给定精度及检测元件的精度。

## 3. 控制系统结构图的绘制方法

绘制系统结构图的一般步骤：

(1) 首先写出系统中每一个部件的运动方程。

(2) 然后根据部件的运动方程式，写出相应的传递函数。

(3) 最后根据信号的流向，将各方框单元依次连接起来，并把系统的输入量置于系统结构图的最左端，输出量置于最右端。

## 1.2 名校考研真题详解

**【1-1】** (武汉大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 自由度质量—弹簧—阻尼系统如图 1-4 所示，试求：

(1) 建立该系统的动力学方程，其中  $f(t)$  为输入的作用力。

(2) 若质量  $m_1$  可忽略不计，求系统传递函数  $Y_2(s)/F(s)$ 。

**解：**

(1) 根据物理知识可得到微分方程：

$$m_1 \ddot{y}_1 + C(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + K_1 y_1 + K_2 (y_1 - y_2) = f$$

$$C(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + K_2 (y_1 - y_2) = m_2 \ddot{y}_2$$

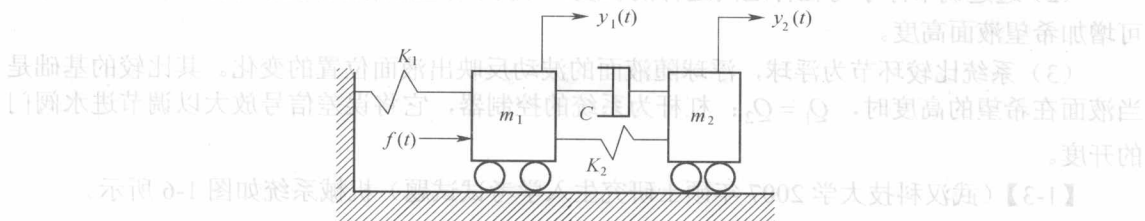


图 1-4

(2) 令  $m_1 = 0$  时, 推得:

$$f = K_1 y_1 + m_2 \ddot{y}_2 \Rightarrow y_1 = \frac{f - m_2 \ddot{y}_2}{K_1}$$

$$C m_2 \ddot{y}_2 + (K_1 + K_2) m_2 \dot{y}_2 + C K_1 \dot{y}_2 + K_1 K_2 y_2 = K_2 f + C \dot{f}$$

所以, 系统传递函数为:

$$\frac{Y_2(s)}{F(s)} = \frac{Cs + K_2}{Cm_2 s^3 + (K_1 + K_2)m_2 s^2 + CK_1 s + K_1 K_2}$$

【1-2】(武汉科技大学 2008 年硕士研究生入学考试试题) 两种液面自动控制系统如图 1-5 所示。

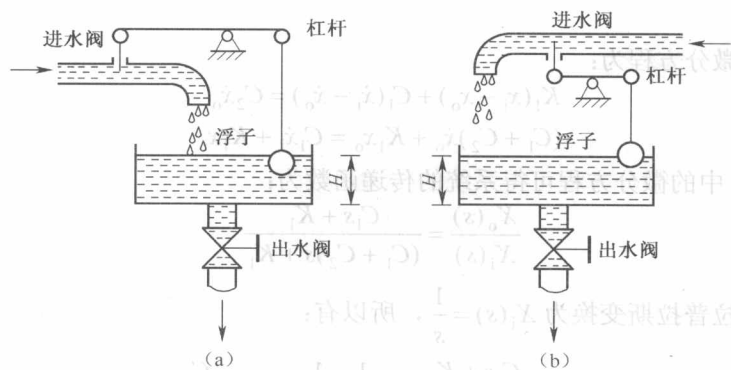


图 1-5

(1) 哪一种能够实现液面的自动控制, 为什么?

(2) 在可实现液面自动控制的系统中如何调整系统液面的希望高度  $H$  (即如何确定系统的指令信号, 假定杠杆不可调整)?

(3) 对于可实现液面自动控制的系统, 试指出系统中的控制器和比较环节分别由哪些元件构成。

解:

(1) 图 1-5 (a) 能够实现液面的自动控制。因为图 1-5 (a) 是负反馈, 液面升高使阀门

关小, 减少进水量, 以维持液面高度; 图 1-5 (b) 是正反馈, 液面升高使阀门开大, 增加进水量, 不能维持液面高度。

(2) 通过调节浮子与杠杆之间连杆的长度, 可调节希望的液面高度, 例如调短连杆长度, 可增加希望液面高度。

(3) 系统比较环节为浮球, 浮球随液面的波动反映出液面位置的变化。其比较的基础是当液面在希望的高度时,  $Q_1 = Q_2$ ; 杠杆为系统的控制器, 它将误差信号放大以调节进水阀门的开度。

【1-3】(武汉科技大学 2007 年硕士研究生入学考试试题) 机械系统如图 1-6 所示。

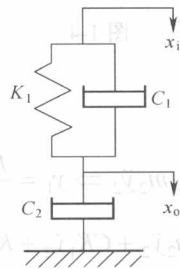


图 1-6

其中  $x_1$ 、 $x_0$  分别为输入和输出位移, 试求:

- (1) 建立系统的微分方程。
- (2) 求系统的传递函数  $X_0(s)/X_1(s)$ , 并给出传递函数的量纲。
- (3) 当输入  $X_1(t)$  为单位阶跃位移时, 求系统的单位阶跃响应  $X_0(t)$ 。

解:

- (1) 系统的微分方程为:

$$K_1(x_1 - x_0) + C_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_0) = C_2\dot{x}_0$$

$$(C_1 + C_2)\dot{x}_0 + K_1x_0 = C_1\dot{x}_1 + K_1x_1$$

- (2) 由 (1) 中的微分方程可得系统的传递函数为:

$$\frac{X_0(s)}{X_1(s)} = \frac{C_1s + K_1}{(C_1 + C_2)s + K_1}$$

- (3) 输入的拉普拉斯变换为  $X_1(s) = \frac{1}{s}$ , 所以有:

$$X_0(s) = \frac{C_1s + K_1}{(C_1 + C_2)s + K_1} \cdot \frac{1}{s} = \frac{1}{s} - \frac{C_2}{(C_1 + C_2)s + K_1}$$

再进行拉氏反变换, 得到单位阶跃响应为:

$$X_0(t) = 1 - \frac{C_2}{C_1 + C_2} e^{-\frac{K_1}{C_1 + C_2}t}$$

【1-4】(武汉大学 2006 年硕士研究生入学考试试题) 系统如图 1-7 所示, 分析控制系统数学模型的特点。

解:

- (1) 在图 1-7 (a) 所示 RC 电路中, 由电压之比等于电阻之比可得:

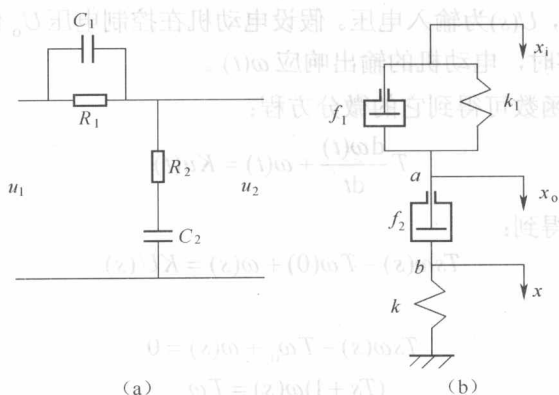


图 1-7

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_2 + \frac{1}{sC_2}}{\frac{R_1}{1 + R_1C_1s} + R_2 + \frac{1}{sC_2}}$$

化简可得系统的传递函数为：

$$\frac{U_o(s)}{U_i(s)} = \frac{R_1R_2C_1C_2s^2 + (R_1C_1 + R_2C_2)s + 1}{R_1R_2C_1C_2s^2 + (R_1C_1 + R_2C_2 + R_1C_2)s + 1}$$

(2) 根据受力分析可得图 1-7 (b) 所示系统的传递函数为：

$$\frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{f_1f_2s^2 + (K_2f_1 + K_1f_2)s + k_1k_2}{f_1f_2s^2 + (K_2f_1 + K_1f_2 + K_1f_1)s + k_1k_2}$$

由以上分别可知，两系统均为二阶系统，数学模型和动态特性均相似。

**【1-5】**（华南理工大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）简答题：

- (1) 何谓自动控制？开环控制和闭环控制各具有什么样的特点？
- (2) 什么叫传递函数？它有什么性质？

答：

(1) 自动控制是指不需要人的直接参与，而控制某些物理量按照指定规律变化的系统和机制。

开环控制没有反馈，按给定值控制，控制方式比较简单，但控制精度有限；闭环控制为偏差控制，通过反馈实现控制，可以抑制反馈回路中的干扰信号，进而提高控制精度，但闭环控制可能使系统不稳定。

(2) 传递函数是指零初始条件下，线性系统响应量（即输出）的拉普拉斯变换与激励量（即输入）的拉普拉斯变换之比。传递函数只取决于系统（或元件）的结构和参数，而与外界输入无关。

**【1-6】**（南京航空航天大学 2006 年硕士研究生入学考试试题）设某伺服电动机的传递函数为：

$$\frac{\omega(s)}{U(s)} = \frac{K}{Ts + 1}$$

其中  $\omega(s)$  为角速度,  $U(s)$  为输入电压。假设电动机在控制电压  $U_0$  作用下以恒定速度转动, 试求电压  $U_0$  突然降到零时, 电动机的输出响应  $\omega(t)$ 。

解: 由系统的传递函数可得到它的微分方程:

$$T \frac{d\omega(t)}{dt} + \omega(t) = Ku(t)$$

进行拉氏变换后, 得到:

$$Ts\omega(s) - T\omega(0) + \omega(s) = KU(s)$$

电压降到零时:

$$Ts\omega(s) - T\omega_0 + \omega(s) = 0$$

$$(Ts + 1)\omega(s) = T\omega_0$$

$$\omega(s) = \frac{T\omega_0}{Ts + 1}$$

然后进行拉氏反变换, 得到:

$$\omega(t) = \omega_0 e^{-\frac{t}{T}}$$

【1-7】(武汉科技大学 2006 年硕士研究生入学考试试题) 机械系统如图 1-8 所示。

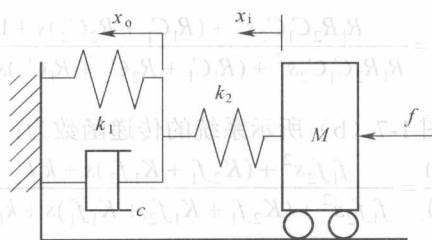


图 1-8

试求: 系统的传递函数  $X_0(s)/F(s)$ 。

解: 系统微分方程为:

$$k_1 x_0 + c \dot{x}_0 = k_2 (x_1 - x_0)$$

$$M \ddot{x}_1 = f - k_2 (x_1 - x_0)$$

消去中间变量  $x_1$ , 得到:

$$\frac{Mc}{k_2} x_0^{(3)} + \frac{M}{k_2} (k_1 + k_2) \ddot{x}_0 + c \dot{x}_0 + k_1 x_0 = f$$

对其进行换氏变换, 并进行整理可得系统传递函数:

$$\frac{X_0(s)}{F(s)} = \frac{1}{\frac{Mc}{k_2} s^3 + \frac{M}{k_2} (k_1 + k_2) s^2 + cs + k_1}$$

【1-8】(武汉科技大学 2005 年硕士研究生入学考试试题) 两个质量—弹簧—阻尼机械系统如图 1-9 所示。

试求：

- (1) 分别建立各系统的微分方程。
- (2) 分别求各系统的传递函数  $X_o(s)/X_i(s)$ 。
- (3) 指出两系统各传递函数的量纲（设位移和力的量纲分别为  $m$  和  $N$ ）。

解：

(1) 根据相关物理知识可知图 1-9 (a) 系统的微分方程为：

$$\begin{aligned} k(x_i - x_o) - c\dot{x}_o &= m\ddot{x}_o \\ m\ddot{x}_o + c\dot{x}_o + kx_o &= kx_i \end{aligned}$$

图 1-9 (b) 系统的微分方程为：

$$\begin{aligned} x_i - kx_o - c\dot{x}_o &= m\ddot{x}_o \\ m\ddot{x}_o + c\dot{x}_o + kx_o &= x_i \end{aligned}$$

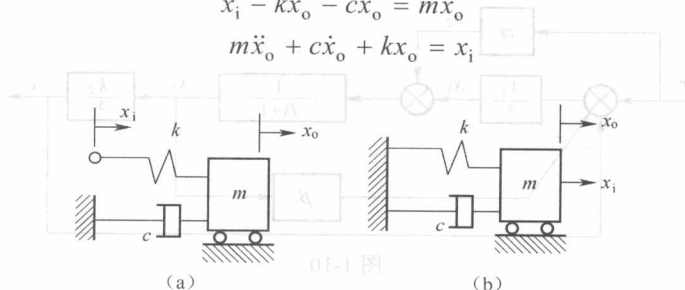


图 1-9

(2) 由 (1) 中求得的系统微分方程，对其进行拉氏变换可得图 1-9 (a) 系统的传递函数为：

$$\frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{k}{ms^2 + cs + k}$$

图 1-9 (b) 系统的传递函数为：

$$\frac{X_o(s)}{X_i(s)} = \frac{1}{ms^2 + cs + k}$$

(3) 因为图 1-9 (a) 系统输入和输出均为位移，所以传递函数的量纲为 1（无量纲）；又因为图 1-9 (b) 系统输入为力，输出为位移，所以传递函数的量纲为  $m/N$ 。

【1-9】（西北工业大学 2005 年硕士研究生入学考试试题）已知描述系统的微分方程组为：

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = k_1[r(t) - c(t) + \beta x_3(t)] \\ x_2(t) = \tau \dot{r}(t) \\ T\ddot{x}_3(t) + x_3(t) = x_1(t) + x_2(t) \\ \dot{c}(t) = k_2 x_3(t) \end{cases}$$

式中， $r(t)$  为输入； $c(t)$  为输出； $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $x_3(t)$  为中间变量； $\tau$ 、 $\beta$ 、 $k_1$ 、 $k_2$  是常数。试画出系统结构图，并由结构图求闭环传递函数  $\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ 。

解：

(1) 由系统的微分方程组可得到：

$$\begin{cases} sx_1 = k_1[r - c - \beta x_3] & \frac{x_1}{r - c - \beta x_3} = \frac{k_1}{s} \\ x_2 = \tau sr & \frac{x_2}{r} = \tau s \\ [Ts + 1]x_3 = x_1 + x_2 & \frac{x_3}{x_1 + x_2} = \frac{1}{Ts + 1} \\ sc = k_2 x_3 & \frac{c}{x_3} = \frac{k_2}{s} \end{cases}$$

结构图如图 1-10 所示。

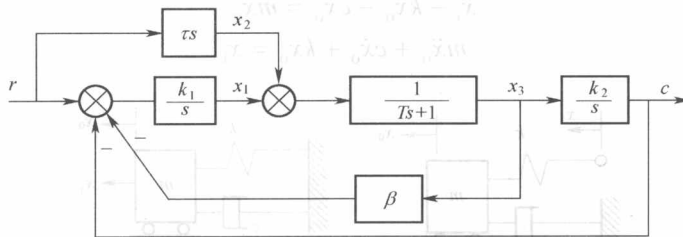


图 1-10

(2) 根据：

$$\left[ \left( R - C - \beta C \frac{s}{k_2} \right) \frac{k_1}{s} + R\tau s \right] \cdot \frac{1}{Ts + 1} \cdot \frac{k_2}{s} = C$$

可得到系统闭环传递函数为：

$$\Phi(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{k_2 \tau s^2 + k_1 k_2}{Ts^3 + s^2 + k_1 \beta s + k_1 k_2}$$

【1-10】(燕山大学 2004 年硕士研究生入学考试试题) 设由运算放大器组成的控制系统模拟电路如图 1-11 所示。

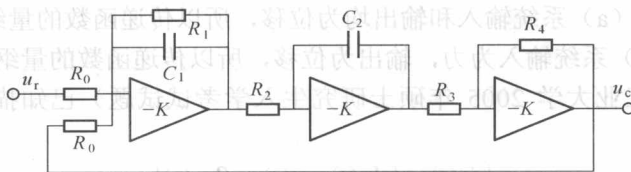


图 1-11

其中的运算放大器认为是理想放大器 ( $K \rightarrow \infty$ )，试求该系统的闭环传递函数。

解：设中间变量  $u_1$ 、 $u_2$ ，则控制系统模拟电路如图 1-12 所示。

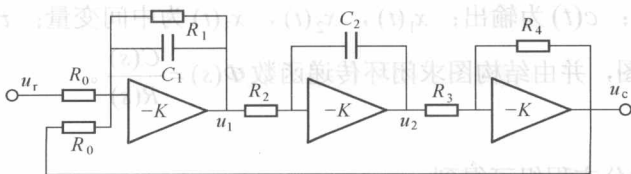


图 1-12

根据理想运放的相关知识可得到:

$$u_1 = \frac{R_1}{R_1 + \frac{1}{C_1 s}} \left( -\frac{u_r}{R_0} - \frac{u_c}{R_0} \right) \quad (1)$$

又可知:

$$\frac{u_c}{u_2} = -\frac{R_4}{R_3}$$

$$\frac{u_2}{u_0} = -\frac{1}{R_2 C_2 s}$$

整理得:

$$u_2 = -\frac{R_3}{R_4} u_0 \quad (2)$$

$$u_1 = -R_2 C_2 s u_2 \quad (3)$$

联①、②、③式得到系统的闭环传递函数:

$$\frac{u_c}{u_r} = \frac{R_1 R_4}{R_0 R_1 R_2 R_3 C_1 C_2 s^2 + R_0 R_2 R_3 C_2 s + R_1 R_4}$$

【1-11】(浙江大学 2006 年硕士研究生入学考试试题) 一有源电网络如图 1-13 所示。图中  $u_1$ 、 $u_2$  分别为输入、输出量,  $i_1$ 、 $i_2$  和  $u_3$  为中间变量。

- (1) 写出系统的微分方程。
- (2) 求系统的传递函数。
- (3) 说明此网络在校正中的作用。

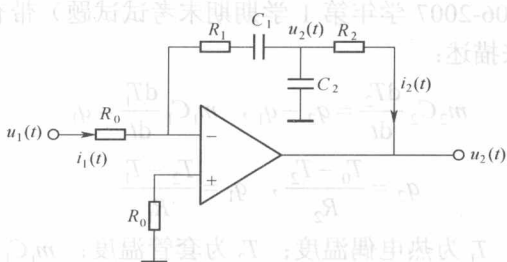


图 1-13

解:

(1) 为了求解系统的微分方程, 可先求出系统的传递函数。由题图所示的有源电网络图可得:

$$i(s) = \frac{u_1(t)}{R_0}$$

$$u_3(t) = -i_1 \left( R_1 + \frac{1}{s C_1} \right) = -\frac{u_1(t)}{R_0} \left( R_1 + \frac{1}{s C_1} \right)$$

变换后, 则有:



$$i(t) = \frac{0 - u_3(t)}{\frac{1}{sC_2}} = \frac{u_1(t) \left( R_1 + \frac{1}{sC_1} \right)}{\frac{1}{sC_2}} = \frac{R_1 C_2 u_1(t)}{R_0} s + \frac{C_2}{R_0 C_1} u_1(t)$$

$$i_2(t) = i + i_1(t) = \frac{u_3(t) u_2(t)}{R_2}$$

分离  $u_1(t)$ 、 $u_2(t)$  可得:

$$u_2(t) = -\frac{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2) s + 1}{R_1 s C_1} u_1(t)$$

这样, 可求得系统的传递函数为:

$$\frac{u_2(t)}{u_1(t)} = -\frac{R_1 s C_1}{R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 + (R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2) s + 1}$$

即有:

$$R_1 R_2 C_1 C_2 s^2 u_2(t) + (R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2) s u_2(t) + u_2(t) = -R_1 C_1 s u_1(t)$$

由上述传递函数, 不难求得系统的微分方程为:

$$R_1 R_2 C_1 C_2 \ddot{u}_2(t) + (R_1 C_1 + R_2 C_1 + R_2 C_2) \dot{u}_2(t) + u_2(t) = -R_1 C_1 \dot{u}_1(t)$$

(2) 系统的传递函数如 (1) 所示。

(3) 由题意可知, 题图所示电网为有源 PID 校正装置, 因此, 此网络在校正中的作用是滞后-超前校正装置。

### 1.3 名校期末考试真题详解

【1-12】(重庆大学 2006-2007 学年第 1 学期期末考试试题) 带有保护套管的热电偶的传热过程可用如下的方程组来描述:

$$m_2 C_2 \frac{dT_2}{dt} = q_2 - q_1, \quad m_1 C_1 \frac{dT_1}{dt} = q_1$$

$$q_2 = \frac{T_0 - T_2}{R_2}, \quad q_1 = \frac{T_2 - T_1}{R_1}$$

式中,  $T_0$  为介质温度;  $T_1$  为热电偶温度;  $T_2$  为套管温度;  $m_1 C_1$  为热电偶热容;  $m_2 C_2$  为套管热容;  $R_1$  为套管与热电偶间的热阻;  $R_2$  为介质与套管间的热阻;  $q_1$  为套管向热电偶传递的热量;  $q_2$  为介质向套管传递的热量。

选定  $T_0$  作为输入,  $T_1$  作为输出, 完成以下问题:

(1) 根据所给方程组, 画出该过程的动态结构图。

(2) 整理出  $T_0$  和  $T_1$  之间的传递函数。

解:

(1) 首先将题中方程转化为频域方程, 并画出相应部分的结构图模块, 如图 1-14 所示。

$$m_2 c_2 s T_2(s) = Q_2(s) - Q_1(s) \Rightarrow T_2(s) = \frac{1}{m_2 c_2 s} [Q_2(s) - Q_1(s)] \quad \textcircled{1}$$