# 自动控制原理实验

商丘师范学院物理与信息工程采编

第一章	硬件资源	1
第二章	软件安装及使用	3
第三章	实验系统部分	8
2	实验一 控制系统典型环节的模拟	8
2	实验二 二阶系统瞬态响应分析	10
2	实验三 PID 控制器的动态特性	14
2	实验四 自动控制系统的动态校正	17
14 14 14	实验五 典型环节频率特性测试	21
27	实验六(非)线性系统的频率特性测试	25
附录 A	D/DA 卡调试说明	27

目 录

# 第一章 硬件资源

EL-AT-III 型实验系统主要由计算机、AD/DA 采集卡、自动控制原理实验箱、打印机(可选)组成如图 1,其中计算机根据不同的实验分别起信号产生、测量、显示、系统控制和数据处理的作用,打印机主要记录各种实验数据和结果,实验箱主要构造被控模拟对象。



图 4 头视

下面主要介绍实验箱的构成:

#### 一、系统电源

EL-AT-III 系统采用本公司生产的高性能开关电源作为系统的工作电源,其主要技术性能指标为:

- 1. 输入电压: AC 220V
- 2. 输出电压/电流: +12V/0.5A,-12V/0.5A,+5V/2A
- 3. 输出功率: 22W
- 4. 工作环境: -5℃~+40℃。

#### 二、 AD/DA 采集卡

AD/DA 采集卡如图 3 采用 EZUSB2131 芯片做为主控芯片,负责数据采集和 USB 通信,用 EPM7128 作为 SPI 总线转换, AD 为 TL1570I 其采样位数为 10 位,采样率为 1KHz。DA 为 MAX5159 转换位数 为 10 位,转换速率为 1K。 AD/DA 采集卡有两路输出(DA1、DA2)和两路输入(AD1、AD2),其 输入和输出电压均为-5V~+5V。



#### 三、实验箱面板

实验箱面板布局如图 4

AD/DA 卡 输入输出		实验模块1	实验模块 2		电源模块
模块		二极			模拟开关
EL-CAT-II					
实验模块 3		电阻、电容、二极管区			实验模块 4
		变阻箱、变容箱模块			
实验模块 5		实验模块 6 实验模块 7			实验模块 8

#### 图 4 实验箱面板布局

实验箱面板主要由以下几部分构成:

1. 实验模块

本实验系统有八组由放大器、电阻、电容组成的实验模块。每个模块中都有一个由 UA741 构成的放大器和若干个电阻、电容。这样通过对这八个实验模块的灵活组合便可构造出各种型式和阶次的模拟环节和控制系统。

- 二极管,电阻、电容、二极管区
   这些区域主要提供实验所需的二极管、电阻和电容。
- AD/DA 卡输入输出模块 该区域是引出 AD/DA 卡的输入输出端,一共引出两路输出端和两路输入端,分别是 DA1、 DA2, AD1、AD2。有一个按钮复位,按下一次对 AD/DA 卡进行一次复位。20 针的插座用来 和控制对象连接。
- 4. 电源模块

电源模块有一个实验箱电源开关,有四个开关电源提供的 DC 电源端子,分别是+12V、-12V、+5V、GND,这些端子给外扩模块提供电源。

变阻箱、变容箱模块
 变阻箱、变容箱是本实验系统的一个突出特点,只要按动数字旁边的"+"、"-"按钮便可调
 节电阻电容的值,而且电阻电容值可以直接读出。

# 第二章 软件安装及使用

#### 一、软件安装

软件安装(分两大部分)

- 一、安装应用软件
- 1. 按照软件提示,一步一步完成安装



图1进入安装界面



图 3 单击 Install

图 4 安装完毕界面

图 2 选择安装路径

- 2. 完成应用软件的安装;应用软件会自动出现在"开始一>程序"列表中。
- 二、USB 驱动安装(操作系统不同安装步骤有差别)

Windows 2000 操作系统下:

1. 通过 USB 硬件接口,连接实验箱与计算机,计算机将自动显示图 5

	找到新的硬件回导
找到新的硬件向导 欢迎使用找到新硬件向导	<b>安装硬件设备驱动程序</b> 设备驱动程序是可使硬件设备与操作系统工作的软件程序。
此向导帮助您为硬件设备安装驱动程序。	该向导将完成这个设备的安装:
	设备驱动程序指一份可以使硬件设备工作的软件程序。Windows 需要您的新设 备的驱动程序文件。欲找到驱动程序文件的位置并完成安装, 请单击 "下一 岁"。
	您期望向导做什么? 使素适于我的设备的驱动程序(推荐)(S)。
要继续,请单击"下一步"。	C 显示已如设备她动程序的列表,从中选择特定她动程序 (D)。
 <上一步 (2) 「 <b>下一步 (2) &gt;  取消</b>	<u>〈上─歩⑧</u> │下─歩⑧ 〉 取消

图 5 进入安装界面

图 6 选择单选按钮后,单击下一步

2. 图 6 的驱动安装文件在第一步安装的应用程序文件中,所以应选择第一步安装应用程序的路径和文 件名,然后单击"确定",系统将会自动查找驱动安装文件。

找到新的硬件向导 <b>找到新的硬件向导</b> (你想让 Windows 在社会地方言地取动程度文件)	找到新的硬件向导	x
为下列硬件设备搜索驱动程序文件:	请在选定驱动器中插入厂商的安装盘,然后单击	È
USB Device 向导在您的计算机驱动程序数据库和所指定的下列可选搜索地址中搜索合适的 驱动程序。		ă
单击"下一步"开始搜寻。如果在软盘或CD-ROM 驱动器搜寻,在单击"下一步"前,插入软盘或CD。 可述的搜索位置: 「 按盘驱动器 m )		
「 CD-RAM, 税助器 C) ▼ 指定一个位置 C) 「 Microsoft Windows Vpdate (U)	厂商文件复制来源 (C):	
	G:\Setup\自动控制实验	)

图 7 选择如图的复选按钮后,单击下一步 图 8 选择驱动安装文件路径

找到新的硬件向导	找到新的硬件向导
<b>驱动程序文件查找结果</b> 向导为您的硬件设备找到了驱动程序文件。	完成找到新硬件向导
向导为下列设备找到了驱动程序:	理工达盛科技USB 数据采集卡 Windows ビ完成安装这个设备的软件。
▼ Windows 无法为这个设备找到一个驱动程序。要在另一个位置寻找,诸单击" 上一步",或者选择一个选项然后单击"完成"。 g:\setup\if算机控制实验\erusbdrv.inf	
	单击"完成"关闭此向导。
< 上一步 (B)   下一步 (B) >   取消	<上一步(2) 完成 取消 取消

图 9 单击下一步

图 10 安装完成界面

Windows XP 操作系统下:

•

1. 通过 USB 硬件接口,连接实验箱与计算机,计算机将自动显示图 1

2. 图 2 的驱动安装文件在第一步安装的应用程序文件中,所以应选择第一步安装应用程序的路径和文 件名,然后单击"确定",系统将会自动搜索驱动安装文件。

找到新的硬件向导	
	欢迎使用找到新硬件向导
	这个向导帮助您安装软件:
	Cypress EZ-USB Sample Device
	● 如果您的硬件带有安装 CD 或软盘,请现在将 其孤入。
	您期望向导做什么?
	○ 自动安装软件(推荐)(L) ● 以列表或指定位置安装(高级)(S)
	要继续,请单击"下一步"。
	< 上一步 (8) 下一步 (8) 入 取消

图 11 选择如图的单选按钮后,单击下一步 图 12 选择驱动安装文件路径

法法保留的	か物表和な非体質
诸匹并怒出	
① 在这	此位書と捜索最佳販売程序で)。
(正心	工具工具工具示或工具研究工具专门 想要,有任大加股级的可致动植体,全实物地。
到的	「沙山泉西山市の町の一度れい渡来」とコールの町はれらのの来や。云文表文 最佳記动程序。
V	] 搜索可移动媒体(软盘、CD-ROM)(组)
	在搜索中包括这个位置 (0):
	G:\Setup\i+質机控制实验
○ 不要	搜索。我要自己选择要安装的驱动程序 (2)。
选择 动程	这个选项以便从列表中选择设备驱动程序。Windows 不能保证您所选择的驱 序与您的硬件最匹配。
	< 上一步(2) 下一步(2) >



图 13 单击"仍然继续"

图 14 安装完成界面

应用软件和 USB 驱动都安装完成后,可以运行实验系统.

Windows 98 操作系统下:

1. 通过 USB 硬件接口,连接实验箱与计算机,计算机将自动显示图 1



图1 进入安装界面

图 2 选择如图的单选按钮后,单击下一步

2. 图 3 的驱动安装文件在第一步安装的应用程序文件中,所以应选择第一步安装应用程序的路径和文件名,然后单击"下一步",系统将会自动搜索驱动安装文件。

添加新硬件向导	
	<ul> <li>Windows 裕在硬盘的如下选定位置的形动程序数据库 中搜索新贴动程序。请单击"下一步"以开始搜索。</li> <li>「 搜索 YL 型动动器 (2)</li> <li>「 搜索 CD-ROM 驱动器 (2)</li> <li>「 Microsoft Windows Update (0)</li> <li>ジ 指定位置 (1):</li> <li>[?:\WGA\Chipset\Wga\win9x\Graphics\Win9 ▼</li> <li>[浏览 (2)</li> </ul>
	< 上一步 @) 下一步 > 取消

图 3 选择驱动安装文件路径



图 4 单击下一步



图 5 安装完成界面

## 二、软件启动与使用说明

1. 软件启动

在 Windows 桌面上或"开始一程序"中双击"快捷方式 到 Cybernation\_A. exe"快捷方式,便可 启动软件如图 15

2. 实验前计算机与实验箱的连接

用实验箱自带的 USB 线将实验箱后面的 USB 口与计算机的 USB 口连接, 启

- 动"Cybernation\_A"软件。
- 3. 软件使用说明

本套软件界面共分为三个组画面

- A. 软件说明和实验指导书画面(如图15)
- B. 数据采集显示画面(如图16)



图 15



图 16

#### 下面介绍软件具体操作和功能:

一:工具栏按钮:

- 1. 点击 《或按F1》可以选择实验项目作为当前实验项目,系统在指导书窗口显示相应的实验指导书,在实验进行过程中处于禁止状态。
- 2. [9] 点击 【或按F2】 切换回"指导书"窗口。
- 3. ① 点击 〖或按F3〗 切换到"示波器"窗口。
- 4. < 点击 〖或按F4〗切换到"频率特性"窗口。
- 5. ▶ 点击 〖或按F5〗开始 / 放弃当前实验项目,在没有选择任何实验项目的时候为禁止状态。
- 6. [2] 点击 〖或按F6〗弹出"关于"对话框,显示程序信息、版本号和版权信息。
- 二: 示波器操作:
  - 1.测量 在"示波器"窗口单击鼠标右键,在弹出菜单中选择"测量"打开测量游标(重复前述步骤隐藏测量游标),拖动任一游标到感兴趣的位置,图表区下方会显示当前游标的位置和与同类的另一游标之间距离的绝对值。如果想精确定位游标只需用鼠标左键单击相应的游标位置栏并在编辑框中输入合法值回车即可。
  - 2. 快照 在"示波器"窗口单击鼠标右键,在弹出菜单中选择"快照"将当前图像复制到剪贴板,以便粘贴到画图或其他图像编辑软件中编辑和保存。
- 3. 打印 目前尚不支持。
- 4.线型 在"示波器"窗口单击鼠标右键,在弹出菜单中可点击"直线"、"折线"或"点线"
   来选择数据点和数据点之间的连接方式,体会各种连接方式的差异。
- 5. 配色 用鼠标左键双击图表区除曲线之外的元素会弹出标准颜色对话框,用户可以更改 相应元素的颜色(比如将网格颜色改成与背景相同颜色)。
- 6. 缩放 用鼠标左键单击图表区刻度区的边界刻度并在编辑框中输入和法值回车即可改 变当前显示范围。

# 第三章 实验系统部分

# **实验一** 控制系统典型环节的模拟

## 一、实验目的

- 1. 掌握控制模拟实验的基本原理和一般方法。
- 2. 掌握控制系统时域性能指标的测量方法。

## 二、实验仪器

- 1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台
- 2. 计算机一台

#### 三、实验原理

1. 模拟实验的基本原理:

控制系统模拟实验采用复合网络法来模拟各种典型环节,即利用运算放大器不同的输入网络 和反馈网络模拟各种典型环节,然后按照给定系统的结构图将这些模拟环节连接起来,便得到了 相应的模拟系统。再将输入信号加到模拟系统的输入端,并利用计算机等测量仪器,测量系统的 输出,便可得到系统的动态响应曲线及性能指标。若改变系统的参数,还可进一步分析研究参数 对系统性能的影响。

2. 时域性能指标的测量方法:

超调量 Ó %:

(1) 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。

(2)检查 USB 线是否连接好,在实验项目下拉框中选中任实验,点击 按钮,出现参数设置对话框设置好参数按确定按钮,此时如无警告对话框出现表示通信

正常,如出现警告表示通信不正常,找出原因使通信正常后才可以继续进行实验。

(3) 连接被测量典型环节的模拟电路。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1

输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。

(4) 在实验项目的下拉列表中选择实验一[典型环节及其阶跃响应]。

(5) 鼠标单击 按钮,弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果。

(用软件上的游标测量响应曲线上的最大值和稳态值,代入下式算出超调量:

$$\sigma\% = \frac{Y_{\text{max}} - Y_{\infty}}{Y_{\infty}} \times 100\%$$

Tr与Ts:

利用软件的游标测量水平方向上从零到达最大值与从零到达 95%稳态值所需的时间值,便可得到  $T_P$ 与  $T_s$ 。

#### 四、实验步骤

1. 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。

测试计算机与实验箱的通信是否正常,通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

#### 比例环节

- 3. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 1-1)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
- 4. 在实验项目的下拉列表中选择实验一[一、典型环节及其阶跃响应]。
- 5. 鼠标单击 按钮,弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置 相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果
- 6. 观测计算机屏幕显示出的响应曲线及数据。
- 7. 记录波形及数据(由实验报告确定)。

惯性环节

- 8. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 1-2)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
- 9. 实验步骤同 4~7

积分环节

- 10. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 1-3)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。
- 11. 实验步骤同 4~7

#### 微分环节

- 12. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 1-4)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
- 13. 实验步骤同 4~7

#### 比例+积分环节

- 14. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 1-6)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将积分电容连在模拟开关上。检查无误后接通电源。
- 15. 实验步骤同 4~7
- 16. 测量系统的阶跃响应曲线,并记入下表。

## 五、数据处理

	阶跃响应曲线	Ts(秒)			
			理论值	实测值	
		比例环节			
R1=R2=		惯性环节			
100K		积分环节			
C=1uf		微分环节			
K=1		比例+微分环节			
T=0.1S		比例+积分环节			
		比例环节			
R1=100K		惯性环节			
R2=200K		积分环节			
C=1uf		微分环节			
K=2		比例+微分环节			
T=1S		比例+积分环节			

曲线图作出后附在实验报告上

实验数据测试表(学生填写)

# 六、问题思考

- 1. 测量曲线图如何操作才能得到较为准确的数据?
- 2. 重复做微分环节、积分环节和比例+积分环节实验时应注意哪些问题?

# **实验二** 二阶系统瞬态响应分析

## 一、实验目的

- 1. 研究二阶系统的特征参数, 阻尼比 $\zeta$ 和无阻尼自然频率 $\omega_n$ 对系统动态性能的影响。定量分析  $\zeta$  和  $\omega_n$ 与最大超调量 Mp 和调节时间 ts之间的关系。
- 2. 进一步学习实验系统的使用方法
- 3. 学会根据系统阶跃响应曲线确定传递函数。

## 二、实验仪器

1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台

2. 计算机一台

#### 三、实验原理

1. 模拟实验的基本原理:

控制系统模拟实验采用复合网络法来模拟各种典型环节,即利用运算放大器不同的输入网络 和反馈网络模拟各种典型环节,然后按照给定系统的结构图将这些模拟环节连接起来,便得到了 相应的模拟系统。再将输入信号加到模拟系统的输入端,并利用计算机等测量仪器,测量系统的 输出,便可得到系统的动态响应曲线及性能指标。若改变系统的参数,还可进一步分析研究参数 对系统性能的影响。

2. 域性能指标的测量方法:

超调量 Ó%:

- (1) 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。
- (2)检查 USB 线是否连接好,在实验项目下拉框中选中实验,点击 ┙ 按钮,出 现参数设置对话框设置好参数,按确定按钮,此时如无警告对话框出现表示通信正常,如出 现警告表示通信不正常,找出原因使通信正常后才可以继续进行实验。
- (3)连接被测量典型环节的模拟电路。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输
- 出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将两个积分电容连在模拟开关上。检查无误 后接通电源。
- (4)在实验项目的下拉列表中选择实验二[二阶系统阶跃响应]。
- (5) 鼠标单击 送 按钮, 弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果
- (6)利用软件上的游标测量响应曲线上的最大值和稳态值,代入下式算出超调量:

$$\acute{0}\%=\underbrace{\begin{array}{c}Y_{MAX}-Y_{\infty}\\Y_{\infty}\end{array}}_{Y_{\infty}}\times100\%$$

Tp与Tp:

利用软件的游标测量水平方向上从零到达最大值与从零到达 95%稳态值所需的时间值,便可得到  $T_P$ 与  $T_P$ 。

#### 四、实验步骤

- 1. 连接被测量典型环节的模拟电路。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将两个积分电容得两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。
- 2. 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。
- 3. 测查 USB 线是否连接好,在实验项目下拉框中选中任实验,点击 按钮,出现参数设置对话框设置好参数按确定按钮,此时如无警告对话框出现表示通信 正常,如出现警告表示通信不正常,找出原因使通信正常后才可以继续进行实验。
- 4. 在实验项目的下拉列表中选择实验二[二阶系统阶跃响应], 鼠标单击 按钮, 弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示

实验结果

- 5. 取ω<sub>n</sub>=10rad/s, 即令 R=100KΩ, C=1µf; 分别取ζ=0.5、1、2, 即取 R1=100KΩ, R2 分别等于 100KΩ、 200KΩ、400KΩ。输入阶跃信号,测量不同的ζ时系统的阶跃响应,并由显示的波形记录最大超调 量 Mp 和调节时间 Ts 的数值和响应动态曲线,并与理论值比较。
- 6. 取ζ=0.5。即电阻 R2 取 R1=R2=100KΩ; ωn=100rad/s,即取 R=100KΩ,改变电路中的电容 C=0.1µf(注意:二个电容值同时改变)。输入阶跃信号测量系统阶跃响应,并由显示的波形记录最大超调量 σp 和调节时间 Tn。
- 7. 取 R=100KΩ;改变电路中的电容 C=1µf, R1=100KΩ,调节电阻 R2=50KΩ。输入阶跃信号测量系统阶 跃响应,记录响应曲线,特别要记录 Tp 和σp 的数值。
- 8. 测量二阶系统的阶跃响应并记入表中:

## 五、实验数据

实验结果		σ%	t <sub>p</sub> (ms)	t <sub>s</sub> (ms)	阶跃响应曲线
参数			r		
	<b>R</b> <sub>1</sub> =100K				
	R2=0K				
	ζ=0				
	R <sub>1</sub> =100K				
D 100W	R <sub>2</sub> =50K				
R = 100K	ζ =0.25				
$C = I \mu I$	R <sub>1</sub> =100K				
$\omega_n = 101 a d/s$	R <sub>2</sub> =100K				
	ζ=0.5				
	R <sub>1</sub> =50K				
	R <sub>2</sub> =200K				
	ζ =1				
	$R_1 = 100K$				
	R <sub>2</sub> =100K				
R <sub>1</sub> =100K	ζ=0.5				
$C_1 = C_2 = 0.1 \ \mu f$	R <sub>1</sub> =50K				
$\omega_n = 100 \text{ rad/s}$	R <sub>2</sub> =200K				
	ζ =1				

## 六、问题思考

- 1. 画出二阶系统的模拟电路图, 讨论典型二阶系统性能指标与ζ, ω<sub>n</sub>的关系。
- 2. 把不同 $\zeta$ 和 $\omega_n$ 条件下测量的 Mp 和 ts 值列表,根据测量结果得出相应结论。
- 3. 画出系统响应曲线,再由 ts 和 Mp 计算出传递函数,并与由模拟电路计算的传递函数相比较。

# **实验三** PID 控制器的动态特性

## 一、实验目的

- 1. 研究 PID 控制器的参数对系统稳定性及过渡过程的影响。
- 2. 研究采样周期 T 对系统特性的影响。
- 3. 研究 I 型系统及系统的稳定误差。

## 二、实验仪器

- 1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台
- 2. 计算机一台

## 三、实验原理

1. 系统结构图如 3-1 图。



#### 图 3-1 系统结构图

图中

2. 开环系统(被控制对象)的模拟电路图如图 3-2 和图 3-3,其中图 3-2 对应 GP1 (s),图 3-3 对应 Gp2 (s)。



图 3-2 开环系统结构图 1

图 3-3 开环系统结构图 2

 被控对象 GP1(s)为"0型"系统,采用 PI 控制或 PID 控制,可使系统变为"I型"系统,被 控对象 Gp2(s)为"I型"系统,采用 PI 控制或 PID 控制可使系统变成"II 型"系统。

4. 当r(t)=1(t)时(实际是方波),研究其过渡过程。

5. PI调节器及 PID调节器的增益

式中

不难看出 PI 调节器的增益 K=KpKi,因此在改变 Ki 时,同时改变了闭环增益 K,如果不想改变 K,则应相应改变 Kp。采用 PID 调节器相同。

6. "II 型"系统要注意稳定性。对于 Gp2(s), 若采用 PI 调节器控制, 其开环传递函数为

 $G(s) = Gc(s) \cdot Gp2(s)$ 

=K (Tis+1) /s • 1/s (0.1s+1)

为使用环系统稳定,应满足 Ti>0.1,即 K1<10

7. PID 递推算法 如果 PID 调节器输入信号为 e (t), 其输送信号为 u (t), 则离散的递推算法如下:

u (k) =u (k-1) +q0e (k) +q1e (k-1) +q2e (k-2)

其中 q0=Kp (1+KiT+ (Kd/T))

q1 = -Kp (1 + (2Kd/T))

q2=Kp (Kd/T)

T--采样周期

## 四、实验步骤

- 1. 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。
- 测试计算机与实验箱的通信是否正常,通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以 继续进行实验。
- 3. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 3-2)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入。检查无误后接通电源。
- 4. 在实验项目的下拉列表中选择实验三[三、数字 PID 控制], 鼠标单击 → 按钮, 弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果
- 5. 输入参数 Kp, Ki, Kd (参考值 Kp=1, Ki=0.02, kd=1)。
- 6. 参数设置完成点击确认后观察响应曲线。若不满意,改变 Kp, Ki, Kd 的数值和与其相对应的性能指标σp、ts 的数值。
- 7. 取满意的 Kp, Ki, Kd 值, 观查有无稳态误差。
- 8. 断开电源,连接被测量典型环节的模拟电路(图 3-3)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出, 电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将纯积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通 电源。
- 9. 重复 4-7 步骤。
- 10. 计算 Kp, Ki, Kd 取不同的数值时对应的 op、ts 的数值,测量系统的阶跃响应曲线及时域性能指标,记入表中:

## 五、数据处理

实验结	課			
		δ%	Тр	阶跃响应曲线
Ki	Kd			
	实验结 Ki	实验结果 Ki Kd	实验结果 Ki Kd	实验结果     δ%     Tp       Ki     Kd

1. 画出所做实验的模拟电路图。

3. 总结一种有效的选择 Kp, Ki, Kd 方法,以最快的速度获得满意的参数。

## 六、问题思考

1. 熟悉 PID 控制器系统的组成。

2. 熟悉 PID 控制器的参数对系统稳定性的影响。

<sup>2.</sup> 当被控对象为 Gp1(s时)取过渡过程为最满意时的 Kp, Ki, Kd, 画出校正后的 Bode 图, 查出相 稳定裕量γ和穿越频率ωc。

# **实验四** 自动控制系统的动态校正

## 一、实验目的

- 1. 加深理解串联校正装置对系统动态性能的校正作用。
- 2. 对给定系统进行串联校正设计,并通过模拟实验检验设计的正确性。

## 二、实验仪器

- 1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台
- 2. 计算机一台

## 三、实验原理

1. 串联超前校正

(1)系统模拟电路图如图 4-1,图中开关 S 断开对应未校情况,接通对应超前校正。



图 4-1 超前校正电路图

(2) 系统结构图如图 4-2



#### 图 4-2 超前校正系统结构图



Gc2(s) =

 $\frac{Gc1 (s) = 2}{2 (0.055s+1)}$ 0.005s+1

2. 串联滞后校正

(1) 模拟电路图如图 4-3,开关 s 断开对应未校状态,接通对应滞后校正。



图 4-3 滞后校正模拟电路图

#### (2) 系统结构图示如图 4-4



图 4-4 滞后系统结构图

图中

$$Gc2 (s) = \frac{Gc1(s) = 10}{10 (s+1)}$$

- 3. 串联超前一滞后校正
  - (1) 模拟电路图如图 4-5, 双刀开关断开对应未校状态, 接通对应超前一滞后校正。



图 4-5 超前一滞后校正模拟电路图

(2) 系统结构图示如图 4-6。



图 4-6 超前一滞后校正系统结构图

图中

Gc1 (s) = 6  $Gc2 (s) = \frac{6 (1.2s+1) (0.15s+1)}{(6s+1) (0.05s+1)}$ 

## 四、实验步骤

- 1. 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。
- 测试计算机与实验箱的通信是否正常,通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

#### 超前校正:

3. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 4-1)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将将纯积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。

4. 开关 s 放在断开位置。-

- 5. 在实验项目的下拉列表中选择实验四[四、连续系统串联校正]。鼠标单击 → 按钮,弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果,并记录超调量 σp 和调节时间 ts。
- 6. 开关 s 接通, 重复步骤 5, 将两次所测的波形进行比较。并将测量结果记入下表中:

超前校正系统指标	校正前	校正后
阶跃响应曲线		
δ %		
Tp (秒)		
Ts(秒)		

滞后校正:

- 7. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 4-3)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将纯积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。
  8. 开关 s 放在断开位置。
- 9. 在实验项目的下拉列表中选择实验四[四、连续系统串联校正]。鼠标单击 → 按钮,弹出实验课题参数设置对话框,在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果,并记录超调量 σp 和调节时间 ts。
- 10. 开关 s 接通, 重复步骤 9, 将两次所测的波形进行比较。并将测量结果记入下表中:

滞后校正系统 指标	校正前	校正后
阶跃响应曲线		
δ %		
Tp (秒)		
Ts(秒)		

超前---滞后校正

- 11. 连接被测量典型环节的模拟电路(图 4-5)。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将纯积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。
  12. 开关 s 放在断开位置。
- 13. 在实验项目的下拉列表中选择实验四[四、连续系统串联校正]。鼠标单击 シ 按钮,弹出实验

课题参数设置对话框,在参数设置对话框中设置相应的实验参数后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果,并记录超调量**o**p和调节时间 ts。

14. 开关 s 接通, 重复步骤 13, 将两次所测的波形进行比较。并将测量结果记入下表中:

## 五、数据处理

超前-滞后系统 指标	校正前	校正后
阶跃响应曲线		
δ %		
Tp(秒)		
Ts(秒)		

1. 计算串联校正装置的传递函数 Gc(s)和校正网络参数。

2. 画出校正后系统的对数坐标图,并求出校正后系统的 $\omega'$  c 及 v '。

3. 比较校正前后系统的阶跃响应曲线及性能指标,说明校正装置的作用。

## 六、问题思考

1. 校正前后系统传递函数计算方法如何?

2. 计算串联超前校正装置的传递函数 Gc(s)和校正网络参数应注意哪些问题?

## 实验五 系统频率特性测试

一、实验目的

- 1. 加深了解系统及元件频率特性的物理概念。
- 2. 掌握系统及元件频率特性的测量方法。
- 3. 掌握利用"李沙育图形法"测量系统频率特性的方法。

## 二、实验仪器

- 1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台
- 2. 计算机一台

#### 三、实验原理

频率特性的测量方法:

1. 将正弦信号发生器、被测系统和数据采集卡按图 5-1 连接起来。



#### 5-1 频率特性测量电路

- 2. 通过 AD/DA 卡产生不同频率和幅值的正弦信号,并输入到被测系统中。
- 3. AD/DA 卡采集被测系统的输出信号,并显示在计算机屏幕上。通过比较输入信号和输出信号的不同,可以得到系统的频率响应特性。

#### 四、实验步骤

1. 连接被测量典型环节的模拟电路。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、D/A 卡的 AD1 输入,将将纯积分电容两端连在模拟开关上。检查无误后接通电源。

 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。测试计算机与实验箱的通信是 否正常,通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以继续进行实验。

#### 李沙育图

 3. 在实验项目的下拉列表中选择实验五[五、系统频率特性测量],鼠标单击 → 按钮,弹出实验 课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数并选择李沙育图,然后鼠标单 击确认等待屏幕的显示区显示实验结果,如图 5-2 所示。

#### 测频率图

 4. 在实验项目的下拉列表中选择实验五[五、系统频率特性测量],鼠标单击 → 按钮,弹出实验 课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数并选择时间电压图,然后鼠标 单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果,如图 5-3 所示。

#### 测波特图

 5. 在实验项目的下拉列表中选择实验五[五、系统频率特性测量], 鼠标单击<sup>▶▶</sup>按钮, 弹出实验 课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数并选

自动选项,然后鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果。如图 5-2 所示



6. 待数据采样结束后点击 送按钮即可以在显示区内显示出所测量的波特图。

#### 测奈氏图

7. 在完成步骤 6 后,在显示区单击鼠标右键,即出现奈氏图。

8.按下表所列频率,测量各点频率特性的实测值并计算相应的理论值。

五、数据处理

	理论值			实测值					
F (Hz)	ω (rad/s)	L (ω)	φ (ω)	2Xm	2yo	2ym	L(ω)	φ (ω)	李沙 育 形

## 六、问题思考

1. 讨论李沙育图形法测量频率特性的精度。

2. 李沙育图形经侧量引起理论值与实测值的误差有哪些?

## 七、测量数据的说明

F 实验时信号源的频率

 $\omega = 2\pi F$  信号源的角频率

- L(\mu) 输出幅值随 \mu 变化的函数。
- $\phi(\omega)$  输出相位随  $\omega$ 变化的函数
- 2X<sub>m</sub> 信号源峰谷值之差
- 2Y<sub>m</sub> 输出信号的峰谷值之差
- 2Y<sub>0</sub> 当信号源输出为零时对应输出信号的正负幅值之差。

其中  $\phi(\omega)$ 可以通过测量时间来得到, $T(\alpha)$ 实验中是时间量,通过计算可以转化为。

 $\phi(\omega)$ 





理论计算公式如下:

$$L(\omega) = \frac{\omega_n^2}{\sqrt{(\omega_n^2 - \omega^2)^2 + (2\zeta\omega_n\omega)^2}}$$

$$\phi(\omega) = -\operatorname{arctg} \frac{2\zeta\omega\omega_n}{\omega_n^2 - \omega^2}$$

# 实验六 (非)线性系统的频率特性测试

一、实验目的

- 1. 了解非线性环节的特性。
- 2. 掌握非线性环节的模拟结构。

## 二、实验仪器

- 1. EL-AT-III 型自动控制系统实验箱一台
- 2. 计算机一台

## 三、实验原理

1. 非线性特性的测量方法

非线性特性的测量线路如 6-1 所示。三角波发生器的输出 AD1 接至被测非线性环节的输入端,而 非线性环节的输出接至 AD/DA 卡的采集输入端 DA1。这样运行软件,可以从软件界面上看到输入和输出 波形。



图 6-1 非线性特性的测量电路

2. 三角波信号的产生

三角波信号如图 6-2 所示,是由软件编程后通过 D/A 转换后从 DA1 端输出,是一个周期从-5 到+5V, 然后从+5V 到-5V 变化的波形。



## 四、实验步骤

- 1. 启动计算机,在桌面双击图标 [自动控制实验系统] 运行软件。
- 测试计算机与实验箱的通信是否正常,通信正常继续。如通信不正常查找原因使通信正常后才可以 继续进行实验。
- 3. 连接被测量典型环节的模拟电路。电路的输入 U1 接 A/D、D/A 卡的 DA1 输出,电路的输出 U2 接 A/D、

D/A 卡的 AD1 输入, 检查无误后接通电源。1. 饱和特性、继电器特性和滞环继电器特性模拟电路及输出特性曲线。改变 R1、R2、R3、R4 的阻值, 使 a 的值大于、等于、小于 1, 即可得到不同的模拟继电器特性。



图 6-3 非线性环节特性

- 4. 在实验项目的下拉列表中选择实验六 [六、非线性实验]。
- 5. 鼠标单击 → 按钮,弹出实验课题参数设置对话框。在参数设置对话框中设置相应的实验参数后 鼠标单击确认等待屏幕的显示区显示实验结果结果。

6. 观测显示的波形及数据(由实验报告确定),记入表 6-1 中。

7. 死区特性模拟电路及输出特性曲线。改变 R1、R2 的阻值可改变死区宽度 M。

重复实验步骤(3-6)将实验数据记入表 6-1 中。



图 6-4 死区特性

## 五、数据处理

#### 表 6-1

参数	Di				特性曲线		
非线性环节	R1	<b>R</b> 2	R3	R4	理论值	实测值	
理想继电器特性							
饱和特性							
滞环特性							
死区特性							

## 六. 问题思考

1. 画出非线性典型环节的模拟电路图及实测特性曲线。

2. 调节电路参数,观测并讨论参数对非线性特性的影响。

## 附录 USB AD/DA 卡调试说明

1:将 U5 的芯片安装好,此时程序已经写在 24C64 中,将 J2 的跳线帽同 VCC 连接。

2: 连接 USB 线,此时 U1 将加载 24C64 中的程序。

3: 当系统找到 USB 设备时,即可运行 USB 的应用程序,现以运行"测试 AD\_DA.EXE"为例。运

行"测试 AD\_DA"程序,在实验项目的下拉列表中选择[测试 DA 输出和 AD 采样],鼠标单击 2/按 钮,弹出测试 DA 输出和 AD 采样参数设置对话框,先选择通道一,设置目的电压为 5000Mv,然后选择 通道二,设置目的电压为 5000mV,鼠标单击确定按钮。

4: 调节可变电阻器 VR3, 使得 DA1 的输出为 5V, 调节可变电阻器 VR2, 使得 DA2 的输出为 5V.

5:调节可变电阻器 VR1,使得 LM336 输出电压为 2.5,即 T9 点的电压为 2.5V。

6: 将 AD1 和 DA1 连在一起, DA2 和 AD2 连在一起, 重复第 3 步, 但设置通道一和通道二的目的 电压为 0V,调节 VR4,使得 AD1 采回来的数等于零伏,即通道一的采样曲线同通道一的理论曲线重合, 调节 VR5, 使得 AD2 采回来的数等于零伏, 即通道二的采样曲线同通道二的理论曲线重合。

7: 重复第3步,但设置通道一和通道二的目的电压为2500mV,调节VR1使得通道一和通道二采回来的数都等于