# 附录I aces-2 实验台简介

#### 1. 概述

配合自动化专业课程教学改革,现已推出 ACES-II 型实验台,更贴近自控实验的要求,更适合教学实验使用。现将 ACES-II 自动控制综合实验设备投入教学实验,三年来自控原理教学实验效果表明,调动了学生做实验的积极性和主动性,提高了教学实验水平。

# 2. 产品配置

# ACES—II 实验台+配套连线+计算机(选购配件)

体积: 长 1400mm 宽 700mm 高 1445mm 重量: 小于 150Kg 电源: AC220V

**功耗**:小于 350W 通过多年来积累的自动控制原理课程教学经验和实验教学的具体实践,结合以往自控原理实验台的优缺点,

# 3。ACES-II 系统特点

ACES-II 实验台在完善功能的基础上,设计重点考虑了实验的可靠性、易操作性和安全性等问题。ACES-II 系统采用开放式和模块化结构设计,在保证系统实验功能的基础上,避免了连线及接插部件易于损坏等问题,实验电路搭接方便可靠,非常适合于频繁操作和反复使用。图 1 是 ACES-II 自动控制综合实验台外形图。



图 1 ACES-II 自动控制综合实验台

# ACES-II 自动控制综合实验台的主要特点如下:

#### ◇ 功能参数设置合理,紧密配合教学

直接由我院自控原理教学组老师提出实验台功能要求和设计参数,由多年从事实验教学的老师提出实验台结构要求和功能分区,并经反复考核和验证,因此,实验台结构功能设计合理,非常适合学生教学实验使用。

#### ◆ 拨动开关实现参数选择和切换

实验电路区所有实验参数选择和设定均通过拨动开关实现选择和切换,大大简化了电路连接,增加系统可靠性。ACES-II 实验系统是目前市场上唯一采用拨动开关实现参数切换的设备。通过开关选择不同的电阻电容,实现参数调整,实验区中提供的阻容参数可以完成实验指导书中的各种实验。实验区输入和反馈环节均提供电位器,可使用户使用灵活的电位器调节方式,完成自行设计的多种实验。

#### ◆ 控制对象实现内外两种控制方式

所有控制对象均具有内部和外部两种控制方式。内部接口提供计算机对控制对象的控制;外部接口提供使用者对控制对象的控制,使用者可利用实验电路区搭建各种控制回路,实现对控制对象的控制。使用者可通过两种控制方式,进行理论和实际电路的对比验证。ACES-II实验系统是目前市场上唯一实现控制对象内外两种控制方式的设备。

#### ◆ 理论和实验对比,加深学生理解

配套应用软件中设置与 Matlab 软件平台接口,同时配套相关自控原理和计算 机控制的子程序。学生利用上述接口和子程序可观测设计实验的理论结果,实现和 实际电路实验结果的对比。

#### ◆ 设备配置合理,安全可靠,易于维修

实验台所有连接线均采用带硬弹簧 φ 4mm 连接头的 2.5mm² 连线,连接接触可靠,不宜损坏。功能区全部采用模块结构,统一借口,易于维护和更换。

#### ◆ 具有可靠保证的售后和技术支持

作为研制开发单位,我们同时又是使用者,自控原理作为全校公共课,我院每学年给我校近 50 个学生班提供实验。ACES-II 实验系统作为我院《自控原理》和《计算机控制课程》的主要实验设备,在教学实践中得到充分的使用和验证,对发现的软硬件中问题,我们会随时予以改正。软件升级后,我们将以邮寄光盘的形式,为我们的客户升级。

#### 4. ACES-II 分区功能介绍

如图 1 所示,ACES-II 实验台的核心是系统三大实验区:信号源区、实验电路区、控制对象区,图 2a~图 2c 分别为三个实验区的示意图。

ACES-II 实验台三大实验区功能介绍如下。

#### 4.1 信号源区

信号源区包括了信号源、基准电压和虚拟示波器接口等 10 个功能区,各部分功能 如下。

a) 阶跃信号源

可以产生  $0V\sim5V$ , $-5V\sim+5V$  的阶跃信号;  $0V\sim5V$  可调阶跃信号;  $-5V\sim+5V$  对称可调阶跃信号。

b) 标准信号源

提供频率从 0.1Hz~400Hz 可调和幅度可调的正弦波、方波和三角波信号。

c) 函数发生器

可以产生周期可调(2mS~6S)的周期性的阶跃信号、斜波信号、抛物线信号和脉冲干扰信号。

d) 非线性信号源

将线性信号转换为有死区(-4V~+4V)的非线性信号。

e) 采样保持器

两路采样周期不同的零阶采样保持器和采样脉冲发生器。

f) 基准电压源:

+5V、-5V 两个可调基准电压源。

g) 可调电压源

提供从-10V~+10V连续可调的电压源, 手动调节电位器实现。

h) 虚拟示波器接口

这个接口供学生在实验中将需要观测的信号接入单片机数据处理系统,送上位机显示处理,这部分电路也包括基准电压信号和定时、中断等其它所有的接口信号。

i) AD 转换输入口

两路 AD 转换,输入电压范围可通过切换开关选择,0~12V 输入或-12V~+12V输入。

i) DA 转换输出口

DA 输出通道一个,不同的输出电压范围  $0\sim5$ V,-5V $\sim+5$ V 和-10V $\sim+10$ V 分别独立引出。

#### 4.2 实验电路区

实验电路区提供 10 个独立的电路环节: 六个常规实验环节、四个备用实验环节。

为方便学生在实验中构建各种电路环节,实验台提供了六个常规实验电路区。每个实验区的电路都是典型的运放反相放大器结构,反相输入端所接元件和反相输入端与输出端所

接反馈元件通过开关选择,输入元件和反馈元件各有八种不同的组合形式可供选择,而且输入和反馈均有一个可调电位器可供选择,便于灵活实现不同的实验参数设置和调节,为自行设计实验提供方便。如图 3 为电路区 1 功能面板示意图。

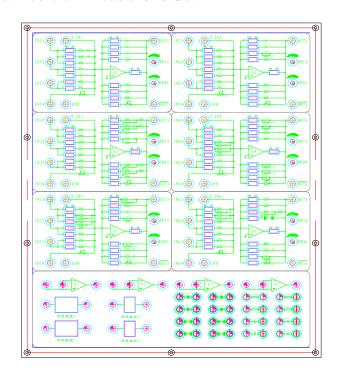
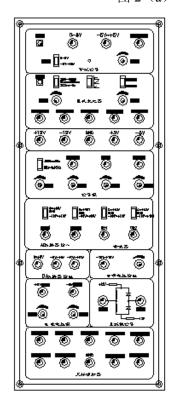


图 2 (a) ACES-II 实验台实验区和备用区



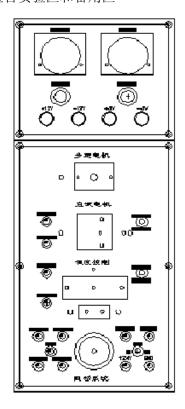


图 2 (b) ACES-II 实验台信号源区

图 2(c) ACES-II 实验台电源指示和控制元件区

输入端有四个独立的输入点,一个求和点,输出端有一个输出点与一个经过内部运放 反相 1: 1 放大的反相输出点,这个反相输出端在搭建反馈电路需要信号反相时很有用,不 仅可以省去一个电路环节的搭建,而且相当于增加了电路环节,简化了电路连接。如果六个 常规实验区在实验中都使用到反相器时,相当于有 12 个实验电路环节。从实验电路的结构 上可以看到,六个实验电路区由运放和阻容元件,组成各种基本环节,如比例、微分、积分、 PID 和惯性等环节,对不同的实验,可以通过开关选择不同的电阻电容,实现参数调整,实验区中提供的阻容参数可以完成实验指导书中的各种实验。用户又可以使用灵活的电位器调节方式,完成自行设计的多种实验。

在备用实验电路区中,提供四个独立的运放,每个运放的同相输入端、反相输入端和输出端都独立引出,用户可以自由使用,搭建自己设计的电路。在备用区,分别有两个可以数字调节的电阻和电容,两个数字电阻的电阻值调节档值是  $1.0 \text{K}\Omega$ ,调节范围是  $1.0 \text{K}\Omega$ 至  $999 \text{K}\Omega$ ,两个数字电容器的调节档值是 1.0 F,调节范围是 1.0 F 至 10 F 。另外提供了一些常用的稳压二极管、普通二极管、电阻和电容等。所有这些为自行设计多种多样的实验提供了极大的方便,供学生在组建特殊实验电路时引用,开发自己设计的实验,便于课程设计、自制实验等灵活性较大的教学活动。

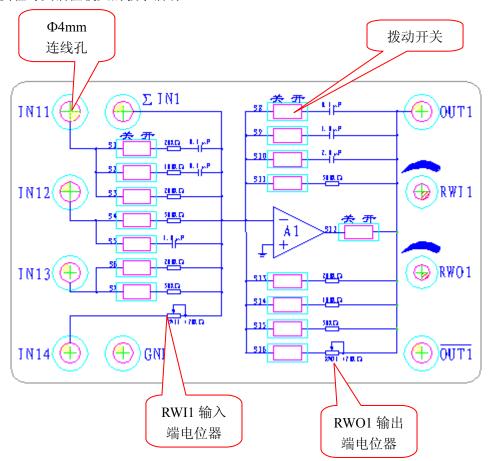


图 3 实验电路区 1 功能面板示意图

在我们设计的实验电路区,实现常规的二阶、三阶系统实验,非线性二阶、三阶系统实验都是很容易的,如果设计合理,利用所有的实验环节,可以搭建实现八阶以上的高阶系统。我们的实验电路区设计的最大特点就是电路搭建极其灵活。

#### 4.3 控制对象区

控制对象区包含三个控制对象:步进电机、直流电机和温控模块,同时保留随动系统接口。可实现步进电机的正反转控制和速度控制;直流电机空载运行时速度控制;温控元件的加热和散热控制,实现热元件的恒温控制。对这些控制对象的控制,既可以使用实验系统内部提供的控制方案,也可以自己设计控制方案,两种控制方式的选择是灵活的。为了满足需要,我们提供了随动系统实验的接口,由于随动系统的造价很高,在自动控制综合实验系统中不做为必选的配置,可以根据不同的用户要求进行选择性的配置。

# 5. ACES-II 系统设计思想

根据自动控制理论教学的实际需求, ACES-II 实验系统满足以下基本功能要求:

- a) 典型环节的模拟验证。包括比例、积分、微分、比例积分、比例积分、比例积分微分、惯性和二阶振荡等八个典型环节的模拟验证。每个环节均有输入输出,便于连接,其中六个环节以运放组成基本的比例、微分、积分和 PID 等环节参数可调,提供能满足基本要求的阻容元件供实验时选取。另有两个环节提供可变参数的电阻电容及固定参数的电阻电容和几个单运放,供学生在组建特殊实验电路时引用。
- b) 二阶系统特征参数对系统性能的影响,其中四个参数 K, A,  $\xi$ ,  $\omega$ <sub>n</sub> 的取值要求是
  - $\xi$ ,  $\omega$ , 对系统动态性能的影响:

$$\omega_n$$
 = 12.5 时,  $\xi$  = 0.2, 0.4, 0.8;  $\xi$  = 0.4 时, $\omega_n$  = 6.25, 12.5, 25.0

▶ K, A 对系统稳态误差的影响:

- c) 附加零点、极点对系统性能的影响
  - ▶ 附加闭环零点、极点对系统性能的影响
  - ▶ 附加开环零点、极点对系统性能的影响
  - ▶ 开环增益变化对系统性能的影响
  - > 改善系统动态性能的验证,反馈校正与前馈校正
- d) 频率特性测试实验

带宽频率 $\omega_{k}$ ;

- ▶ 一阶系统、二阶系统、高阶系统的频率特性测试:
- ightharpoons 闭环系统频率特性指标的测定,包括谐振频率 $\omega_r$ ,谐振峰值 $M_r$ ,转折频率,

- ▶ 输入幅值 A 与系统频率特性的关系
- e) 频率法串联校正实验

系统校正实验要求能实现超前校正、迟后校正、PD校正和超前与迟后校正。

- f) 离散系统实验
  - ▶ 采样开关位置对系统输出的影响;
  - ▶ 采样周期对系统性能的影响;
  - > 零阶保持器对系统的影响

#### ACES-II 实验系统精度满足以下要求:

- a) 系统稳态误差理论上为零时,输出稳态值应与输入值相同;
- b) 二阶系统 $\xi \ge 1$ 时,系统阶跃响应不应出现超调; $0 < \xi < 1$ 时,阶跃响应有超调,

且超调量应随 $\xi$ 减小而增大;超调量、峰值时间和调节时间计算误差<5%;

- c) 频率特性幅值、相角测量误差 < 5%:
- d) 系统动态指标、稳态指标计算误差 < 5%。

ACES-II 实验系统设计了阶跃信号、斜波信号、抛物线函数、正弦函数、方波信号和三角波信号等信号源电路,其中的周期信号频率幅值均可调节。所有的信号都可以经过 AD 转换采样输入到单片机数据采集系统,用于后续处理。在满足上述自控原理基本实验功能要求的基础上,考虑系统的功能扩展,我们同时设计了温度、调速电机、步进电机和随动系统等计算机控制对象功能模块,可用于完成计算机控制课程的实验。

#### 6. ACES-II 系统软件设计

ACES-II 系统应用软件设计平台,采用目前流行的虚拟仪器软件设计框架 LabWindows/CVI。配套应用软件主要包含了三大功能模块:虚拟示波器、仿真对比区和控制元件运行控制观测区。虚拟示波器供学生在实验中观测信号;仿真对比部分为学生提供 Matlab 接口及子程序,学生可观测不同参数和条件下,控制电路执行结果的理论曲线,供学生与实验结果进行对比;控制元件运行观测区对实验台上的温度、调速电机、步进电机和 随动系统等控制执行元件进行控制和对运行结果进行观测。应用软件和实验台硬件结合可满足自控原理和计算机控制课程的通用实验要求。

#### 1. 联系方式

自动化教学实验中心电话: 029-88431383 独立设课实验指导书编写: 李爱军, 郑 新, 高佩霞

实验指导书联系电话: 萧共萌 电话 15339030698