

江苏省高等教育自学考试委员会组编
高等教育自学考试农村实验区辅导丛书

机电类专业自学指导

自动检测技术

主编 刘贤兴

ZIDONG
JIANCE
JISHU

东南大学出版社

高等教育自学考试农村实验区辅导丛书
机电类专业自学指导

自动检测技术

(附考试大纲)

东南大学出版社

内容提要

本书重点介绍了检测技术的基本知识,传感器种类、原理及应用。每章均列有内容提要、重点难点释疑、练习题和参考答案等四个部分,要求读者通过学习基本掌握各种传感器的原理、信息处理及干扰抑制技术,为实际运用打下良好的理论基础。

本书主要面向农村自学考试机电工程类专业的读者,也可供自动检测专业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测技术/刘贤兴主编. —南京:东南大学出版社,2001.5

(高等教育自学考试农村实验区机电类专业自学指导丛书)

ISBN 7-81050-749-4

I. 自... II. 刘... III. 自动检测-技术-高等教育:乡村教育-自学考试-自学参考资料 IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 027116 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民
南京京新印刷厂印刷

开本:850mm×1168mm 1/32 印张:6.5 字数:163 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

定价:10 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

编写说明

本书是根据江苏省高等教育自学考试委员会《关于编写面向农村自学考试实验区自学教材的意见》和《关于编写面向农村自学考试实验区课程自学考试大纲的意见》精神及机电工程类专业农村电气信息技术方向的培养目标和要求编写的。编者在深入研究了该课程自学教材《自动检测技术(第2版)》(马西秦主编,机械工业出版社)的基础上,结合专业要求,制订了《自动检测技术》自学考试大纲。根据教材内容和自学考试大纲的要求,编写了该自学指导书,旨在帮助读者更好地学习和掌握该课程的内容,并顺利通过自学考试。

本书各章分为内容提要、重点难点释疑、练习题和参考答案四个部分。

内容提要给出了自学本章内容的目的,总结归纳了本章的重点和难点。

重点、难点释疑是对本章的重点、难点进行剖析,力求做到深入浅出,简明扼要,帮助读者理解和掌握本章的重要内容,为实际应用打下良好的理论基础。

练习题是根据本章的内容,采用不同的形式,一方面帮助读者加深和巩固基本知识,另一方面培养学生独立分析和解决问题的能力。

参考答案用来帮助读者自行检查学习效果。

全书共分十三章,前十一章介绍了检测技术的基本

知识、各种传感器种类、测量原理及应用。后两章介绍了检测装置的信号处理技术及干扰抑制技术。通过学习,要求读者掌握各种传感器的原理及应用、信号处理技术和抗干扰技术,为今后实际应用打下一定的理论基础。由于本书涉及的知识面很宽,且传感器的应用性很强、范围很广,完全掌握教材所介绍的内容有一定的难度。因此,本指导书充分考虑了自学特点,侧重于基本概念,具体应用留给读者在生产实践中去领会和掌握。

编者

2001年3月

目 录

第一部分 学习方法概论	(1)
第二部分 自学指导	(2)
第一章 检测技术的基本知识	(3)
内容提要	(3)
重点、难点释疑	(3)
一、检测技术	(3)
二、检测系统的基本特性	(5)
三、误差	(7)
四、随机误差的处理方法	(9)
练习题	(11)
参考答案	(13)
第二章 电阻式传感器	(15)
内容提要	(15)
重点、难点释疑	(15)
一、电阻应变式传感器	(15)
二、固态压阻式传感器	(19)
三、热电阻式传感器	(19)
四、气敏电阻	(20)
五、湿敏电阻	(21)
练习题	(21)
参考答案	(23)
第三章 电容式传感器	(25)
内容提要	(25)

重点、难点释疑	(25)
一、电容式传感器的工作原理	(25)
二、电容式传感器的类型及特性	(25)
三、电容式传感器的测量电路	(29)
练习题	(31)
参考答案	(33)
第四章 电感式传感器	(34)
内容提要	(34)
重点、难点释疑	(34)
一、自感式电感传感器	(34)
二、差动变压器	(39)
三、电涡流式传感器	(42)
练习题	(44)
参考答案	(46)
第五章 压电式传感器	(47)
内容提要	(47)
重点、难点释疑	(47)
一、压电式传感器的工作原理	(47)
二、压电材料	(51)
三、压电元件的结构形式	(52)
四、压电式传感器的等效电路	(53)
五、压电式传感器的测量电路	(54)
练习题	(55)
参考答案	(56)
第六章 磁电式传感器	(57)
内容提要	(57)
重点、难点释疑	(57)
一、磁电式传感器的工作原理	(57)

二、磁电式传感器的结构和应用	(58)
练习题	(60)
参考答案	(60)
第七章 热电偶传感器	(62)
内容提要	(62)
重点、难点释疑	(62)
一、热电偶工作原理	(62)
二、热电偶的基本定律	(65)
三、热电偶材料、结构及种类	(66)
四、热电偶的冷端补偿	(68)
五、热电偶测温线路	(71)
练习题	(73)
参考答案	(76)
第八章 光电传感器	(78)
内容提要	(78)
重点、难点释疑	(78)
一、光电效应	(78)
二、光电器件	(79)
三、光电传感器与光电检测	(84)
四、光导纤维传感器	(89)
练习题	(90)
参考答案	(91)
第九章 霍尔传感器	(93)
内容提要	(93)
重点、难点释疑	(93)
一、霍尔效应	(93)
二、温度特性及补偿	(95)
三、零位特性及补偿	(97)

四、集成霍耳传感器	(97)
五、霍耳传感器的应用	(98)
练习题	(99)
参考答案	(99)
第十章 数字式传感器	(101)
内容提要	(101)
重点、难点释疑	(101)
一、光栅传感器	(101)
二、磁栅传感器	(107)
三、感应同步器	(107)
练习题	(108)
参考答案	(109)
第十一章 其他传感器	(111)
内容提要	(111)
重点、难点释疑	(111)
一、超声波传感器	(111)
二、红外传感器	(117)
三、激光传感器	(120)
练习题	(122)
参考答案	(123)
第十二章 检测装置的信号处理技术	(125)
内容提要	(125)
重点、难点释疑	(125)
一、信号的放大与隔离	(125)
二、信号在传输过程中的变换技术	(131)
三、信号的非线性补偿技术	(133)
练习题	(134)
参考答案	(134)

第十三章 检测装置的干扰抑制技术	(136)
内容提要	(136)
重点、难点释疑	(136)
一、干扰的来源	(136)
二、干扰的耦合方式及传输途径	(137)
三、差模干扰和共模干扰	(139)
四、干扰抑制技术	(142)
练习题	(149)
参考答案	(151)
第三部分 应试指导	(153)
第四部分 模拟试题及答案	(154)
综合模拟试题(一)	(154)
综合模拟试题(二)	(159)
考试大纲	(165)
后记	(197)

第一部分 学习方法概论

一、先修课程

《自动检测技术》课程以物理、电路和电子技术为基础,选修该课程前,应先修《物理》、《电路》和《电子技术》这三门课程,否则会增加自学的难度。

二、理论与实践相结合

《自动检测技术》是一门实践性很强的专业课,在学习过程中,一定要将理论与实践相结合,学习的目的在于应用,要尽力将所学知识应用于工、农业生产的实践之中。

三、学习方法

《自动检测技术》各章节内容相对独立,但概念性较强。学习过程中,将全书分成三大部分。第一部分为检测技术的基本知识,学习这部分内容必须掌握检测系统的组成、非电学量电测法的特点、动静态性能指标、误差的种类及处理方法。第二部分为常用传感器的介绍,学习这部分内容,必须掌握各种传感器的测量特点及应用场合。第三部分为检测装置的信号处理技术和抗干扰,学习这部分内容,必须掌握信号的放大与隔离、信号在传输过程中的变换技术、信号的补偿技术、干扰的来源、干扰的耦合方式及传输途径、干扰的抑制技术,这对自动检测装置的性能好坏起到关键的作用。

学习过程中可采用如下方法:

1. 在学习某一章时,首先对教材进行粗看,以了解本章介绍的内容。然后看自学指导书,掌握本章的重点、难点。

2. 学习考试大纲,以了解考核知识点及考核目的。

3. 重点掌握本章的重点和难点。

4. 做指导书中的练习题,以巩固所学知识。

5. 学习过程中不要死记硬背,要在理解中记忆,如能在实践中应用,就更能加深对知识的理解。

6. 在学习中遇到问题,要虚心向人请教。学习过程中,要认真做笔记,每章学完以后,及时进行总结。

每个人都有各自的情况,要结合自身条件和特点,不断探索,总结出适合自己的学习方法。

第二部分 自学指导

第一章 检测技术的基本知识

内容提要

检测技术即自动检测技术,是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信号处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。检测系统或检测装置通常由传感器、测量电路和显示记录装置等部分组成。检测系统的基本特性为静态特性和动态特性两种。测量误差可分为系统误差、随机误差和粗大误差,系统误差的大小表明测量结果的准确度,随机误差的大小表明测量结果重复一致的程度,即测量结果的分散性。本章首先介绍检测系统的基本概念、组成及特性,然后介绍误差的概念,随机误差的处理方法和系统误差的消除方法。

重点、难点释疑

本章是全课程的基础,所讨论的检测技术的基本概念及误差理论适用于本课程涉及的全部内容。所以要学好《自动检测技术》这门课,必须牢固掌握本章的基础知识。本章概念较多,要掌握误差理论的计算分析方法。

一、检测技术

1. 概念

检测技术是以信息的获取、转换、显示和处理为主要内容,是人们为了对被测对象所包含的信息进行定性的了解和定量的掌握所采取的一系列技术措施。

2. 组成

一个完整的检测系统或检测装置通常由传感器、测量电路和显示记录装置等部分组成,分别完成信息获取、转换、显示和处理等功能。检测系统的组成框图如图 1-1 所示。

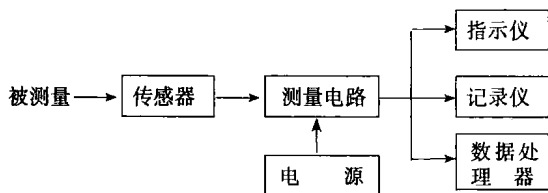


图 1-1 检测系统的组成框图

传感器把被测量转变为有用电量,是检测系统与被测对象直接发生联系的部分,为检测系统提供必需的原始信息,是整个检测系统最重要的环节。

测量电路将传感器的输出信号转换成易于测量的电压或电流信号,可以进行阻抗匹配、微分、积分、线性化补偿等信号处理工作。

显示记录装置使人们了解检测数值的大小或变化过程,是检测人员和检测系统联系的主要环节。常用的有模拟显示、数字显示和图像显示三种。

3. 非电学量电测法的优点

对各种被测量的测量,通常的做法是通过传感器将其转换为电学量,从而使我们能够使用丰富、成熟的电子测量手段对传感器输出的电信号进行各种处理和显示记录。这种非电学量电测法构成了检测技术中最重要的内容,其主要优点如下:

(1) 能够连续、自动地对被测量进行测量和记录。

(2) 电子装置精度高、频率响应好,不仅适用于静态测量,选用适当的传感器和记录装置还可以进行动态测量甚至瞬态测量。

(3) 电信号可以远距离传输,便于实现远距离测量和集中控制。

(4) 电子测量装置能方便地改变量程,因此测量的范围广。

(5) 可以方便地与计算机相联,进行数据的自动运算、分析和处理。

二、检测系统的基本特性

检测系统的特性一般分为静态特性和动态特性两种。

1. 静态特性

当被测量不随时间变化或变化很慢时,可以认为检测系统的输入量和输出量都和时间无关。表示它们之间关系的是一个不含时间变量的代数方程,在这种关系的基础上确定的检测装置性能参数通常称为静态特性。

静态特性参数常用灵敏度与分辨率、线性度、迟滞、测量范围与量程、精度等级等表示。

(1) 灵敏度与分辨率

灵敏度是指传感器或检测系统在稳态下输出量变化和引起此变化的输入量变化的比值。可表示为

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad \text{或} \quad S = \frac{dy}{dx}$$

它是输入—输出特性曲线的斜率。一般希望灵敏度 S 在整个测量范围内保持为常数。这样,可得均匀刻度的标尺,使读数方便,也便于分析和处理测量结果。

如果系统的输出和输入之间有线性关系,则灵敏度 S 是一个常数。否则,它将随输入量的大小而变化。

如果检测系统由多个环节组成,各环节的灵敏度分别为 S_1 、 S_2 、 S_3 ,而且各环节以如图 1-2 所示的串联方式连接,则整个系统的灵敏度可用下式表示:

$$S = S_1 S_2 S_3$$

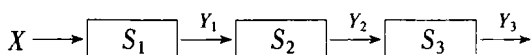


图 1-2 串联系统示意图

提高灵敏度,可以得到较高的测量精度,但灵敏度愈高,往往测量范围愈窄,稳定性愈差。

分辨率是指检测仪表能够精确检测出被测量的最小变化的能力。灵敏度愈高,分辨率愈好。

(2) 线性度

线性度是用实测的检测系统输入—输出特性曲线与拟合直线之间的最大偏差与满量程输出的百分比来表示,即

$$E_f = \frac{\Delta m}{Y_{FS}} \times 100\%$$

(3) 迟滞

迟滞特性表明检测系统在正向(输入量增大)和反向(输入量减小)行程期间,输入—输出特性曲线不一致的程度。其值为输出值在正、反行程期间的最大差值 Δm 与满量程输出 Y_{FS} 的百分比。即

$$E_t = \frac{\Delta m}{Y_{FS}} \times 100\%$$

(4) 测量范围与量程

测量范围是指正常工作条件下,检测系统仪表能够测量的被测量值的总范围。通常以测量范围的下限值和上限值来表示。

量程是测量范围上限值与下限值的代数差。

(5) 精度等级

检测系统或仪表精度等级的表示和其引用误差有关。

2. 动态特性

当被测量随时间变化很快时,就必须考虑输入量和输出量之间的动态关系。这时,表示它们之间关系的是一个含有时间变量

的微分方程。由此引出的检测系统针对快速变化的被测量的响应特性称为动态特性。

动态特性常用阶跃信号和正弦输入信号来分析。

三、误差

检测结果和被测量的客观真值之间存在一定的差值,这个差值称为测量误差。测量误差的主要来源可以概括为工具误差、环境误差、方法误差和人员误差等。人们通常把测量误差从不同角度进行分类,按照误差的表示方法可以分为绝对误差和相对误差;按照误差出现的规律,可以分为系统误差、随机误差和粗大误差;按照被测量与时间的关系,可以分为静态误差和动态误差等。

1. 绝对误差与相对误差

(1) 绝对误差是仪表的指示值 X 与被测量的真值 X_0 之间的差值,记作 δ ,

$$\delta = X - X_0$$

可见,绝对误差有符号和单位,它的单位与被测量相同。引入绝对误差后,被测量真值

$$X_0 = X - \delta = X + C$$

式中 $C = -\delta$,称为修正值或校正量,它与绝对误差的数值相等,符号相反。

(2) 相对误差是仪表指示值的绝对误差 δ 与被测量真值 X_0 的比值,常用百分数表示,即

$$r = \frac{\delta}{X_0} \times 100\% = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\%$$

在实际测量中,由于被测量真值是未知的,而指示值又很接近真值。因此,可以用指示值 X 代替真值 X_0 来计算相对误差。

(3) 引用误差是绝对误差 δ 与仪表量程 L 的比值,通常用百分数表示,即