



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

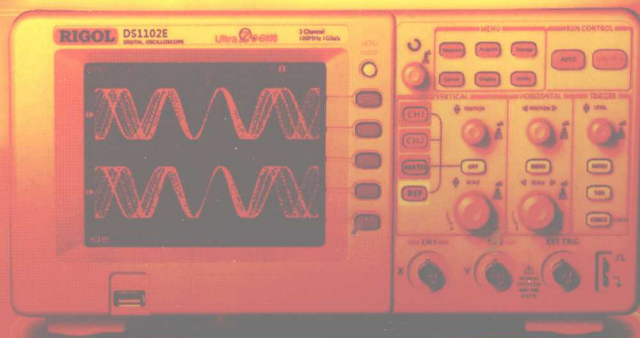
电子测量仪器

(第3版)

肖晓萍 主编

本书配有电子教学参考资料包

电子技术
应用专业



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

中等职业教育国家规划教材(电子技术应用专业)

电子测量仪器

(第3版)

電子工業出版社.

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以电子仪器为线索安排各项目内容,全书共 17 个项目。书中介绍的仪器有模拟电压表、数字电压表、数字万用表、低频信号发生器、高频信号发生器、函数发生器、电子计数器、通用示波器、数字存储示波器、万用电桥、高频 Q 表、晶体管特性图示仪、失真度测试仪、扫频仪、频谱分析仪、逻辑分析仪和虚拟仪器。同时介绍了基本电参量(电压、电流、频率、时间等)和派生电参量(波形、增益、频响、调制、失真、频谱等)的测量原理及方法。

本书编写思路清晰、内容翔实、图文并茂、文句流畅、通俗易懂,利于教学,便于学生自学与训练。本书既可以作为电子信息类中等职业教育的教材,也可以作为从事电子信息技术和计量测试人员的参考书。

为方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案和习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有,侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子测量仪器/肖晓萍主编.—3 版.—北京:电子工业出版社,2010.3

中等职业教育国家规划教材.电子技术应用专业

ISBN 978-7-121-10173-1

I. 电… II. 肖… III. 电子测量设备—专业学校—教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 000282 号

策划编辑:蔡 葵

责任编辑:李 蕊 文字编辑:李雪梅

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:326.4 千字

印 次:2010 年 3 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:21.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn

服务热线:(010) 88258888

前 言

本教材是在前两版的使用基础上,根据当前电子测量仪器的发展和教育部对中等职业教育教材的要求修订的。与前两版相比,此次修订的第3版有如下变化:

- (1) 教材采用面向学生为主体的“项目教学”模式。
- (2) 尽量采用符合当前发展水平的仪器取代过时的仪器。

本教材是按照教育部中等职业学校国家规划教材《电子测量仪器》教学大纲的要求而编写的,供电子信息类专业及其相关专业使用。针对本课程实践性强的特点及中等职业教育特色,编写时进一步降低了理论深度。一个项目包含一种仪器类型的基本理论知识和操作应用,分为知识目标、能力目标、知识链接、思考与练习、技能训练、综合训练6部分。

教材内容层次分明:知识目标、能力目标概括项目要求的基本概念和理论及能力训练要求;知识链接简明扼要,充分反映新知识、新技术和新方法,具有先进性,通俗易懂,打破了原有教材的编写习惯,便于学生掌握基本概念和基础理论;技能训练培养学生的基本技能;综合训练以培养学生分析问题、解决问题的综合能力为目标,注重和强调实践。各项目的内容具有相对独立性,适于不同的课时安排和学生自学。

经过7年的中职教学使用和两次修订,能更好地适应中等职业学校教学的需求。既能够使学生具备一定的理论基础,又培养一定的技能,力求做到“理论-实践”一体化。

本教材修订由江西财经大学电子学院肖晓萍担任主编,同时江西财经大学电子学院邓海参与修订工作,完成项目十七的编写任务。在此还要感谢前两版的参编者西安铁路运输学校的赵连城和河北师大职业技术学院的杨亚平。

电子科技大学测控仪器专业的陈长龄、古天详两位教授为第2版教材的编写提出了许多宝贵的意见,部分厂家为教材编写提供了许多帮助,各学校领导也给予了大力支持,因此能顺利完成本教材的修订任务,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏乃至不妥之处,欢迎广大师生批评指正。

为了方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版)。请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者
2010年2月

目 录

项目一 模拟电压表	1
知识链接一 模拟电压表的分类	1
思考与练习 1	2
知识链接二 交流电压的基本参数	2
思考与练习 2	3
知识链接三 直流电子电压表的结构原理	4
思考与练习 3	5
知识链接四 模拟交流电压表的结构原理	5
思考与练习 4	7
技能训练 YB2173 交流电压表的使用	7
综合训练 直流稳压电源纹波系数的测量	9
项目二 数字电压表	11
知识链接一 数字电压表的主要技术指标	11
思考与练习 1	13
知识链接二 数字电压表的类型和组成原理	13
思考与练习 2	14
技能训练 DS-26A 型双积分式数字电压表的使用	14
综合训练 直流稳压电源的输出指示准确度的测量	17
项目三 数字万用表	19
知识链接一 数字万用表的组成	19
思考与练习 1	20
知识链接二 数字万用表的转换电路	20
思考与练习 2	22
技能训练 DT890 + 数字万用表的使用	22
项目四 低频信号发生器	25
知识链接一 正弦信号发生器的性能指标	25
思考与练习 1	26
知识链接二 低频信号发生器的基本组成	26
思考与练习 2	27

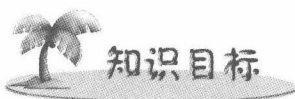
知识链接三 通用 RC 振荡器的工作原理	27
思考与练习 3	28
技能训练 MAG-203D 音频信号发生器的使用	28
项目五 高频信号发生器	31
知识链接一 高频信号发生器的基本组成和分类	31
思考与练习 1	32
知识链接二 高频信号发生器的基本工作原理	32
思考与练习 2	34
技能训练 AS1053 射频信号发生器的使用	35
项目六 函数发生器	38
知识链接一 函数发生器的基本组成	38
思考与练习 1	40
知识链接二 函数发生器的工作原理	40
思考与练习 2	41
技能训练 YB1636 函数信号发生器的使用	41
项目七 电子计数器	44
知识链接一 通用电子计数器的组成和主要技术性能	44
思考与练习 1	46
知识链接二 电子计数器的基本测量原理	46
思考与练习 2	49
技能训练一 E-312A 型通用电子计数器的使用	49
技能训练二 FC-1000 型数字频率计的使用	53
综合训练 交流信号基本参数的测量	55
项目八 通用示波器	58
知识链接一 示波器的显示原理	58
思考与练习 1	63
知识链接二 通用示波器的组成原理	63
思考与练习 2	68
知识链接三 通用示波器的主要技术性能指标	69
思考与练习 3	70
技能训练 YB4320 通用示波器的使用	70
综合训练一 示波器的一般应用	76
综合训练二 示波器的特殊应用	77
综合训练三 各种交流电压的测量	79

项目九 数字存储示波器	82
知识链接一 数字存储示波器的组成原理	82
思考与练习 1	84
知识链接二 数字存储示波器的技术性能	84
思考与练习 2	86
知识链接三 数字存储示波器的显示方式	86
思考与练习 3	88
技能训练 DS3012B 数字存储示波器的使用	88
综合训练 数字存储示波器的应用	93
项目十 万用电桥	96
知识链接一 电桥的分类及平衡条件	96
思考与练习 1	97
知识链接二 万用电桥的组成和工作原理	97
思考与练习 2	98
技能训练 QS18A 型万用电桥的使用	98
项目十一 高频 Q 表	103
知识链接一 谐振法测量基本原理	103
思考与练习 1	104
知识链接二 高频 Q 表的组成和工作原理	104
思考与练习 2	105
技能训练 QBG-3 型高频 Q 表的使用	106
项目十二 晶体管特性图示仪	109
知识链接一 晶体管特性图示仪的组成	109
思考与练习 1	110
知识链接二 晶体管特性图示仪的工作原理	110
思考与练习 2	111
技能训练 QT-14 型晶体管特性图示仪的使用	112
综合训练 晶体管特性图示仪的应用	114
项目十三 失真度测试仪	118
知识链接一 失真度的基本概念和测量	118
思考与练习 1	119
知识链接二 基波抑制法	119
思考与练习 2	120
技能训练 BS1 型失真度测量仪的使用	120

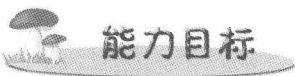
项目十四 扫频仪	124
知识链接一 扫频测量法	124
思考与练习 1	126
知识链接二 扫频仪的电路组成及工作原理	126
思考与练习 2	130
知识链接三 扫频仪的主要技术指标	130
思考与练习 3	131
技能训练 BT-3C 型频率特性测试仪的使用	132
综合训练 频率特性测试仪的应用	134
项目十五 频谱分析仪	136
知识链接一 信号频谱分析的基本概念	136
思考与练习 1	137
知识链接二 外差式频谱分析仪的组成和基本工作原理	137
思考与练习 2	140
知识链接三 频谱分析仪的应用	140
思考与练习 3	145
技能训练 HM5010 型频谱分析仪的使用	145
项目十六 逻辑分析仪	149
知识链接一 数据域测量的基本概念	149
思考与练习 1	153
知识链接二 逻辑分析仪的组成和工作原理	153
思考与练习 2	156
知识链接三 逻辑分析仪的显示方式	156
思考与练习 3	158
技能训练 TEK1230 型逻辑分析仪的使用	158
综合训练 逻辑分析仪的应用	165
项目十七 虚拟仪器	170
知识链接一 虚拟仪器的基本概念	170
思考与练习 1	172
知识链接二 LabVIEW 8.5 编程基础	172
思考与练习 2	178
综合训练一 基于 NI 数据采集卡的虚拟双踪示波器设计	178
综合训练二 基于计算机声卡的虚拟信号发生器设计	188
参考文献	193

项目一

模拟电压表



了解模拟电压表的类型；理解交流电压的基本参数；理解直流电压表的基本结构；理解交流电压表的结构原理。



掌握交流电压表的正确使用；理解直流稳压电源纹波系数的测量原理。

电压是表征电信号能量的三个基本参数（电压、电流、功率）之一。在电子电路中，电路的工作状态，如谐振、平衡、截止、饱和以及工作点的动态范围，通常都以电压形式表现出来。电子设备的控制信号、反馈信号及其他信号也主要表现为电压量。电路中其他电参数，如电流和功率、信号的调幅度、波形的非线性失真系数、元件的 Q 值、网络的频率特性和通频带，以及设备的灵敏度等，都可以视为电压的派生量，通过电压测量获得其量值。因此电压测量是电子测量中最基本、最常用和最重要的内容之一。

电压测量仪器主要指各类电压表。在一般工频（50Hz）和要求不高的低频（低于几万赫兹）测量时，可使用万用表电压挡，其他大都使用电子电压表。

按显示方式不同，电子电压表分为模拟电压表和数字电压表两类。

知识链接一 模拟电压表的分类

模拟电压表是以模拟电表显示测量结果的仪器，其结构简单、价格较便宜，频率范围宽。

模拟电压表一般有模拟直流电压表和模拟交流电压表。模拟直流电压表又分普通直流电压表和直流电子电压表。模拟交流电压表的类型较多，一般分类如下。

（1）按电压表工作频段分：超低频（10Hz 以下）、低频（1MHz 以下）、视频（30MHz 以下）、高频（射频）（300MHz 以下）和超高频（300MHz 以上）电压表。

（2）按测量电压的量级分：电压表（基本量程为伏特量级）和毫伏表（基本量程为毫伏量级）。



(3) 按刻度特性分：线性刻度、对数刻度、指数刻度和非线性刻度。

(4) 按电路组成不同分：放大—检波式、检波—放大式、调制式、外差式和热电转换式。

另外，还可以按检波原理分为平均值型、峰值型、有效值型电压表。



思考与练习 1

按照不同的情况说说模拟电压表的类型有哪些？

知识链接二 交流电压的基本参数

交流电压除可以用具体的函数关系式表达其随时间的变化规律外，通常还可以用峰值、幅值、平均值、有效值等参数来表征。

一、峰值

周期性交变电压 $u(t)$ 在一个周期内偏离零电平的最大值称为峰值，用 U_p 表示，正、负峰值不等时分别用 U_{p+} 和 U_{p-} 表示，如图 1-1 (a) 所示。 $u(t)$ 在一个周期内偏离直流电平分量 U_0 的最大值称为幅值或振幅，用 U_m 表示，正、负幅值不等时分别用 U_{m+} 和 U_{m-} 表示。在图 1-1 (b) 中， $U_0 = 0$ ，且正、负幅值相等。

二、平均值

如图 1-1 (a) 虚线所示，周期性电压 $u(t)$ 在一个周期之内的平均值为直流分量 U_0 。

在电子测量中，平均值通常指交流电压检波（也称整流）以后的平均值，又可分为半波整流平均值（简称半波平均值）和全波整流平均值（简称全波平均值），如图 1-2 (a) 所示为未检波前的电压波形，图 1-2 (b)、图 1-2 (c) 分别为半波整流和全波整流后的波形，平均值记为 $\bar{U}$ 。

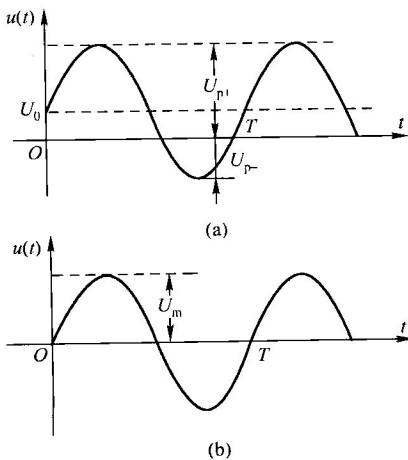


图 1-1 交流电压的峰值和幅值

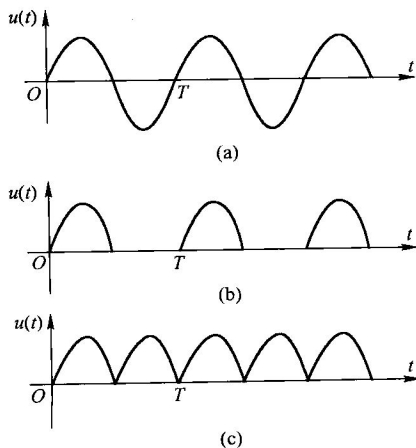
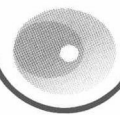


图 1-2 交流电压半波整流和全波整流后的波形



三、有效值

有效值是根据电热效应来规定的, 让一个交流电压和一个直流电压分别加在阻值相同的电阻上, 如果在相同时间内产生的热量相等, 那么就把这一直流电压的数值叫做这一交流电压的有效值, 记为 U 。 U 实质上是按数学上的均方根定义的, 因此电压有效值有时也可写成 U_{rms} 。

四、波形系数和波峰系数

交流电压的有效值、平均值和峰值之间的关系, 可分别用波形系数及波峰系数表示。波形系数 (或波形因数) 定义为交流电压的有效值与平均值之比。

$$K_F = \frac{U}{\bar{U}} \quad (1-1)$$

波峰系数 (或波峰因数) 定义为交流电压的峰值与有效值之比。

$$K_p = \frac{U_p}{U} \quad (1-2)$$

不同电压波形, K_p 、 K_F 值不同, 表 1-1 列出几种常见交流电压的波形与参数。

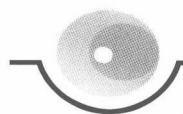
表 1-1 交流电压的波形与参数

名 称	波 形 图	波形系数 K_F	波峰系数 K_p	有效值 U	平均值 $\bar{U}$
正弦波		1.11	1.414	$\frac{A}{\sqrt{2}}$	$\frac{2A}{\pi}$
全波整流		1.11	1.414	$\frac{A}{\sqrt{2}}$	$\frac{2A}{\pi}$
三角波		1.15	1.73	$\frac{A}{\sqrt{3}}$	$\frac{A}{2}$
方波		1	1	A	A



思考与练习 2

- (1) 交流电压的平均值、峰值、有效值是如何定义的?
- (2) 交流电压的平均值与其直流分量有何区别?



知识链接三 直流电子电压表的结构原理

一、普通直流电压表

普通直流电压表采用动圈式高灵敏度直流电流表串联适当的电阻构成，如图 1-3 所示。

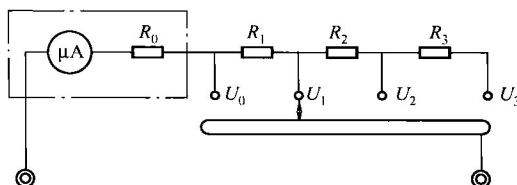


图 1-3 普通直流电压表电路

设电流表的满偏电流（或满度电流）为 I_m ，电流表的内阻为 R_e ，串联电阻为 R_n （ $n=0\cdots\cdots N$ ），所构成电压表的满度电压为

$$U_m = I_m (R_e + R_0 + R_1 + \cdots + R_n) \quad (1-3)$$

电压表的内阻为

$$R_V = R_e + R_0 + R_1 + \cdots + R_n = U_m / I_m \quad (1-4)$$

图 1-3 有四个量程 U_0 、 U_1 、 U_2 、 U_3 ， U_0 （ $=I_m R_e + I_m R_0$ ）为基本量程， U_1 、 U_2 、 U_3 为扩展量程。根据所需的扩展量程，不难估算出三个扩展量程电阻的阻值。

$$R_1 = (U_1 - U_0) / I_m$$

$$R_2 = (U_2 - U_1) / I_m$$

$$R_3 = (U_3 - U_2) / I_m$$

通常把内阻 R_V 与量程 U_m 之比（每伏欧姆 Ω/V 数）定义为电压表的电压灵敏度。

$$K_V = R_V / U_m = 1 / I_m \quad (1-5)$$

“ Ω/V ”数越大，表明为使指针偏转同样角度所需驱动电流越小。“ Ω/V ”数一般标在磁电式电压表的表盘上，可根据它推算出不同量程的电压表内阻，即

$$R_V = K_V U_m \quad (1-6)$$

例如，电压表的“ Ω/V ”数为 $20k\Omega/V$ ，则 $5V$ 量程和 $25V$ 量程时电压表内阻分别为 $100k\Omega$ 和 $500k\Omega$ 。

动圈式直流电压表结构简单，使用方便，一般误差在 $\pm 1\%$ 左右，精密电压表可达 $\pm 0.1\%$ 。主要缺点是灵敏度不高、输入电阻小。

二、直流电子电压表

如图 1-4 所示，直流电子电压表常由磁电式表头加装跟随器（以提高输入阻抗）和直流放大器（以提高测量灵敏度）构成，当需要测量高直流电压时，输入端接入由高阻值电阻构成的分压电路。直流放大器的零点漂移限制了电压灵敏度的提高，因此电子电压表中常采用斩波式放大器或称调制式放大器，以抑制零点漂移，使电子电压表能测量微伏级的电压。

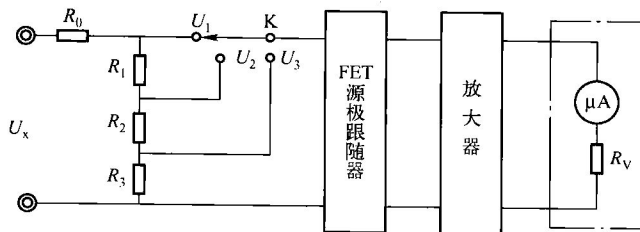


图 1-4 直流电子电压表的结构原理



思考与练习 3

某电压表的电压灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，试确定电压表 20V 量程时的内阻。

知识链接四 模拟交流电压表的结构原理

测量交流电压主要是通过交-直流转换器将被测的交流电压转换为与之成比例的直流电压后，再进行直流电压的测量。

目前在模拟交流电压表中，大都采用各种形式的检波器（整流）将交流信号转换为直流信号，再以其平均值驱动指示器，给出有效值读数。

另外还有热电转换法和公式法，热电转换法是通过热电偶将交流电压有效值转换成直流电压；公式法是根据有效值公式，经过模拟平方器、积分器、开方器等环节得到直流电压。

检波的原理有平均值型、有效值型和峰值型，模拟交流电压表分为平均值电压表、有效值电压表和峰值电压表。

一、平均值电压表

平均值电压表的读数与被测电压的平均值成正比。但电压表刻度盘是以正弦波的有效值定度的，这就是说，一个有效值为 U 的正弦电压加到平均值电压表时指示值为 U 而不是 $\bar{U}$ 。由式 (1-1) 可知，只有将指示值 U_α 除以正弦信号的波形系数 K_F ($K_F = 1.11$) 才能得到被测正弦电压的平均值 $\bar{U}$ 。

如果被测信号是非正弦波，则必须进行“波形换算”，由指示值 U_α 通过计算可得被测信号的平均值。

$$\bar{U} = \frac{U_\alpha}{1.11} = 0.9 U_\alpha \quad (1-7)$$

再根据被测信号的波形系数得到被测电压的有效值 U_{rms} 。

$$U_{\text{rms}} = 0.9 K_F U_\alpha \quad (1-8)$$

显然，如果被测信号是非正弦波时，直接将电压表的指示值作为被测电压的有效值，必将带来较大的误差，通常称为“波形误差”或“指示值误差”，由上式可得，波形误差的计算公式为

$$\gamma = \frac{U_{\alpha} - 0.9K_F U_{\alpha}}{U_{\alpha}} \times 100\% = (1 - 0.9K_F) \times 100\% \quad (1-9)$$

【例 1-1】 用全波均值型电压表测量正弦波、方波、三角波，电表指示值都为 1V，问被测电压的有效值分别为多少？波形误差分别为多少？

解：根据式 (1-7)，正弦波、方波、三角波的平均值为

$$\bar{U} = 0.9U_{\alpha} = 0.9 \times 1 = 0.9V$$

查表 1-1， $K_{F_{\sim}} = 1.11$ ， $K_{F_{\Delta}} = 1.15$ ， $K_{F_{\square}} = 1$

正弦波有效值： $U = K_{F_{\sim}} \bar{U} = 1.11 \times 0.9V = 1V$

三角波有效值： $U = K_{F_{\Delta}} \bar{U} = 1.15 \times 0.9V = 1.04V$

方波有效值： $U = K_{F_{\square}} \bar{U} = 1 \times 0.9 = 0.9V$

根据式 (1-9) 计算波形误差。

测量正弦波时

$$\gamma = (1 - 0.9 \times 1.11) \times 100\% = 0.1\%$$

测量三角波时

$$\gamma = (1 - 0.9 \times 1.15) \times 100\% = -4\%$$

测量方波时

$$\gamma = (1 - 0.9) \times 100\% = 10\%$$

可见，用均值型电压表测量正弦交流电压是准确的，测量其他波形电压时有较大波形误差，需换算。

二、峰值电压表

峰值电压表的读数与被测电压的峰值成正比。电压表刻度盘同样是以正弦波的有效值定度的，这就是说，一个有效值为 U 的正弦电压加到峰值电压表上时指示值为 U 而不是 U_p 。由式 (1-2) 可知，只有将指示值 U_{α} 乘以正弦信号的波峰系数 K_p ($K_p = \sqrt{2}$) 才能得到被测正弦电压的峰值 U_p 。

如果被测信号是非正弦波，则必须进行“波形换算”，由指示值 U_{α} 通过计算得出被测信号的峰值为

$$U_p = \sqrt{2}U_{\alpha} \quad (1-10)$$

再根据被测信号的波峰系数得到被测电压的有效值 U_{rms} 。

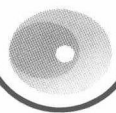
$$U_{rms} = \frac{U_p}{K_p} = \frac{\sqrt{2}}{K_p} U_{\alpha} \quad (1-11)$$

显然，如果被测信号是非正弦波时，直接将峰值电压表的指示值作为被测电压的有效值带来的波形误差为

$$\gamma = \frac{U_{\alpha} - \sqrt{2}U_{\alpha}/K_p}{U_{\alpha}} \times 100\% = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{K_p}\right) \times 100\% \quad (1-12)$$

【例 1-2】 用峰值电压表分别测量方波及三角波电压，电表指示值为 1V，问被测电压的峰值、有效值各为多少？波形误差各为多少？

解：由式 (1-10) 计算方波、三角波的峰值为



$$U_p = \sqrt{2}U_a = 1.414V$$

查表 1-1 得, $K_{PA} = \sqrt{3}$, $K_{PL} = 1$ 。

方波的有效值为

$$U = \frac{U_p}{K_{PL}} = \frac{1.414}{1}V = 1.414V$$

三角波的有效值为

$$U = \frac{U_p}{K_{PA}} = \frac{1.414}{\sqrt{3}}V = 0.816V$$

由式 (1-12) 计算波形误差。

测量三角波时的波形误差为

$$\gamma = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}\right) \times 100\% \approx 18\%$$

测量方波时的波形误差为

$$\gamma = \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{1}\right) \times 100\% \approx -41.4\%$$

可见, 用峰值电压表测量非正弦波时, 波形误差比平均值电压表的波形误差更大。

三、有效值电压表

有效值电压表测量交流电压时, 指示值就是被测交流信号的有效值。



思考与练习 4

- (1) 用平均值电压表分别测量正弦波、方波和三角波三种电压, 指示值都为 1V, 问:
 - ① 对每个波形来说, 读数代表何意义?
 - ② 它们的峰值、平均值、有效值各为多少?
- (2) 用峰值电压表分别测量正弦波、方波和三角波三种电压, 指示值都为 1V, 回答 (1) 题相同的问题?
- (3) 用有效值电压表分别测量正弦波、方波和三角波三种电压, 指示值都为 1V, 回答 (1) 题相同的问题?

技能训练 YB2173 交流电压表的使用

1. 实训目的

掌握模拟交流电压表的使用方法。

2. 实训仪器

YB2173 交流毫伏表一台。

3. 技术性能指标

- ① 电压测量量程 $300\mu V \sim 100V$ (分贝范围 $-70dB \sim +40dB$)。

共分 12 个量程: $300\mu\text{V}/-70\text{dB}$; $1\text{mV}/-60\text{dB}$; $3\text{mV}/-50\text{dB}$; $10\text{mV}/-40\text{dB}$; $30\text{mV}/-30\text{dB}$; $100\text{mV}/-20\text{dB}$; $300\text{mV}/-10\text{dB}$; $1\text{V}/0\text{dB}$; $3\text{V}/10\text{dB}$; $10\text{V}/20\text{dB}$; $30\text{V}/30\text{dB}$; $100\text{V}/40\text{dB}$ 。

② 工作频率范围: $5\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$ (双路)。

③ 电压误差: $\leq \pm 3\%$ (基准频率 1kHz)。

④ 频率响应误差。

在 $20\text{Hz} \sim 200\text{kHz}$ 挡 $\leq \pm 3\%$; 在 $5 \sim 20\text{Hz}$, $200\text{kHz} \sim 2\text{MHz}$ 挡 $\leq \pm 10\%$ 。

(以上误差均为满度值之比)

⑤ 输入阻抗 $1\text{M}\Omega$, 输入电容 50PF 。

⑥ 最大输入电压: $300\mu\text{V} \sim 1\text{V}$ 量程时 300V ; $3 \sim 100\text{V}$ 量程时 500V 。

⑦ 分贝刻度: $-20\text{dB} \sim 1\text{dB}$ ($0\text{dB} = 1\text{V}$); $-20\text{dBm} \sim 3\text{dBm}$ ($0\text{dBm} = 1\text{mW}$, 在 600Ω 负载上)。

⑧ 电源电压: 额定电压 220V (50Hz)。

4. 使用方法

(1) YB2173 交流毫伏表的前面板配置图, 如图 1-5 所示。

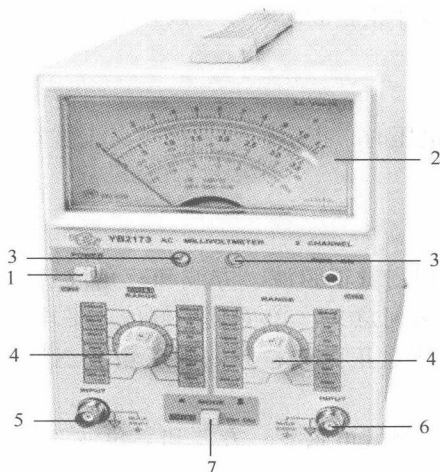


图 1-5 YB2173 交流毫伏表的前面板配置图

① 电源 (POWER) 开关。

② 显示窗口: 黑、红色指针分别指示 CH1、CH2 输入信号的交流有效值。

③ 机械调零电位器。

④ 量程旋钮: 左边为 CH1 量程旋钮, 右边为 CH2 量程旋钮。

⑤ 输入 (INPUT) 端口。

⑥ 输出 (OUTPUT) 端口。

⑦ 方式开关 (MODE): 弹出时, CH1 和 CH2 量程旋钮分别控制 CH1 和 CH2 量程。按下时, CH1 量程旋钮同时控制 CH1 和 CH2 量程。

(2) 操作训练

① 将电压表水平放置在桌面上, 检查电源电压, 将电源线插入交流插孔。在未接通电



源时电压表应进行机械调零,即调节表头上的机械调零电位器,使表针指准零位。量程旋钮应在最大量程处。然后接通电源,预热几分钟,将量程调到最大位置,进行电气调零,即短路两根输入表笔,调节电气“零位调整”旋钮,使表针指准零位。使用过程中,当变换量程后还需重新调零。

② 接入信号:用同轴电缆将输出端口(OUTPUT)的输出信号送入电压表输入端口(INPUT)。同轴电缆的外层为接地线。当被测电压的范围不知道时,应将量程开关放到量程最大的挡位上,逐渐降低量程直至合适为止,以免打坏表针。所谓“合适”量程是指表针指在满度的 $\frac{2}{3}$ (至少 $\frac{1}{3}$)以上的量程。

③ 读数:根据指针位置和量程挡位读数,记下电压值。

④ 测量完毕,最后将量程旋钮置于最大量程处。

5. 思考题

模拟交流电压表在使用前,如何进行机械调零和电气调零?

综合训练 直流稳压电源纹波系数的测量

1. 实训目的

掌握直流稳压电源纹波系数的测量方法。

2. 实训仪器

YB2173 交流毫伏表一台; YB1719 型直流稳压电源(多输出、有输出指示)一台; $10\mu\text{F}$ 电容一个。

3. 实训内容和步骤

1) 测量原理

纹波系数是反映直流稳压电源输出中交流成分大小的物理量,若用 U_1 、 U_2 分别表示直流稳压电源输出的总电压、交流电压有效值,则纹波系数定义为

$$\gamma = \frac{U_2}{U_1} \quad (1-13)$$

纹波系数越小,说明直流输出的特性越好。

2) 实验步骤

- ① 对 YB2173 交流毫伏表进行使用前的调节和校正;
- ② 按如图 1-6 所示连接测量电路;
- ③ 将稳压电源输出置于低电压位置,电压表量程置适当的挡位;
- ④ 接通稳压电源开关,将输出 U_1 分别调至 1V、5V、10V、15V;
- ⑤ 在交流毫伏表适当的挡位上,分别记下交流毫伏表的读数 U_2 ,填入表 1-2 中;
- ⑥ 计算每次测量的纹波系数 γ ,最后计算 γ 的平均值。