

电工电子实习指导书

电工电子实验中心

二〇〇三年七月

前 言

实验教学是一种培养人的活动,它可以帮助学生感受与理解知识的产生和发展,掌握必要的工程技术、测量方法、先进设备和学科的基本研究方法,培养学生的科学精神和创造性思维习惯,以及收集处理信息和分析问题,解决问题的能力。从一定意义上说,没有实验就没有现代科学技术,忽视实验教学就难以培养出高素质的创新人才。

为实现这一培养目标,实验教学内容的更新与提高是关键。我校自98级起对“电气技术与自动控制”各专业统一开设了“电工电子实习”这门课程,本课程计划1个学分(1周),其中约1/5学时为讲课,4/5学时为实践操作。根据实验教学的基本要求,我们编写了这本讲义,它包含以下内容:

- (一)常用电测量仪表的介绍
- (二)常用电子元器件的检测
- (三)供电与安全用电
- (四)元器件的装配与焊接技术

本讲义经98、99两届学生试用后,现对部分内容加以扩充和修改,主要有沈晓帆、任为民等同志参与编写。由于编者的水平有限,书中难免存在一些不当之处,敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 常用电测量仪表的介绍	(1)
第一节 电测量指示仪表的基本知识	(1)
第二节 磁电式、电磁式和电动式仪表	(3)
第三节 万用表的原理和使用	(7)
第四节 电桥的原理和使用	(14)
第二章 常用电子元器件的检测	(16)
第一节 电阻器、电位器	(16)
第二节 电容器	(19)
第三节 电感器	(22)
第四节 晶体管与集成电路	(23)
第三章 供电与安全用电	(28)
第一节 发电与输电概述	(28)
第二节 配电系统	(29)
第三节 安全用电	(36)
第四节 日光灯	(43)
第四章 元器件的装配与焊接技术	(46)
第一节 印制电路板的设计与制作	(46)
第二节 元器件的装配与焊接	(47)
第三节 电子组装技术简介	(52)
附实验一 直流电流表、直流电压表的使用	(54)
实验二 常用元器件的识别与检测	(56)
实验三 日光灯电路的安装	(57)

第一章 常用电测量仪表的介绍

用来测量电流、电压、功率、相位、频率、电阻、电容及电感等电量的电工仪表(指针式或模拟式),称作电测量仪表。电测量仪表不仅能测量各种电参量,它与各种变换器相结合,还可以用来测量非电量,例如温度、压力、速度等。因此,几乎所有科学和技术领域中都要应用各种不同的电测量仪表。它是目前经常采用的一种基本测量仪表。

本章主要介绍电测量仪表的工作原理及其使用方法,使同学们能根据测量的需要合理选用电测量仪表和正确理解仪表指示数值的含义,并熟悉电测量仪表的实际应用。

第一节 电测量指示仪表的基本知识

电测量仪表的主要用途是借助它来比较被测电量与测量单位的关系,所以按不同的比较方法,将电测量指示仪表分成指示式和比较式两大类。

指示式仪表又称直读式仪表。应用直读式仪表测量时,测量结果可直接由仪表的指示器读出,因此有测量迅速、使用方便、结构简单及便宜等优点。

用比较式仪表测量时,是将被测测量与某些标准量进行比较而测出其数值,如电桥、电位差计等,与直读式仪表比较,其准确度高,但操作不够简便。

一、电测量指示仪表的分类

电测量指示仪表的种类繁多,分类的方法也很多,常见的分类方法有下面几种:

1. 按作用原理分为:磁电系、电磁系、电动系、静电系、整流系等。
2. 按被测量对象分为:电流表、电压表、功率表(瓦特表)、电能表(电度表)、相位表(功率因数表)、欧姆表和万用表等等。
3. 按仪表所测的电量性质分为:直流仪表、交流仪表及交直流两用表。
4. 按仪表准确度等级分为:0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0七级。

二、仪表的误差与准确度

任何一个仪表在测量时都有误差,它说明仪表的指示值和被测量的实际值之间的差异程度,误差越小,准确度越高。

1. 基本误差

这是指仪表本身所固有的误差,是由仪表在结构上和制作上不完善而引起的误差。也就是仪表在正常工作条件下进行测量时所具有的误差,称为基本误差。

仪表正常工作条件通常是指:

- (1) 仪表指针调整到机械零位;
- (2) 仪表按规定的工作位置安放;
- (3) 除地磁场外没有外来电磁场;

(4) 仪表在规定的温度、湿度下工作；

(5) 对于交流仪表，电流的波形是正弦波，频率为仪表的正常工作频率。

2. 附加误差

仪表在偏离正常工作条件下使用时所产生的误差(除基本误差外)称为附加误差。如温度、或外磁场、或频率不符合仪表正常工作条件时都会引起附加误差。

仪表的准确度说明仪表的指示值与被测量的实际值接近的程度，所以仪表的准确度越高其测量误差越小。当然，若其他条件配合不当，高准确度的仪表也未必一定得到高准确的测量结果。

测量时选用仪表的等级要根据测量的性质和其对准确度的要求来确定。如果为校正仪表或者是进行要求较高的精密测量就应选用 0.1 级和 0.2 级的仪表，在实验室中多选用 0.5~1.5 级的仪表。对一般性要求不高的测量，可选用 1.0~5.0 级的仪表。

各级仪表的基本误差如表 1-1-1 所示。当仪表在规定条件下正确工作时，相应的基本误差不超过表中所规定的数值。

表 1-1-1 各级仪表的基本误差

仪表准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差(%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5.0

三、仪表的正确使用

使用电测量指示仪表时，必须使仪表有正常的工作条件，否则会引起一定的附加误差。此外，在读取仪表的指示值时，应该使观察的视线与仪表标尺的平面垂直。如仪表标尺面上带有镜子，在读数时，就应该使指针盖住镜子中的指针影子，这样可以大大减小和消除读数误差，提高读数的准确性。

读数时，如果指针所指位置在两条分度线之间，应估计出一位数字。若追求读出更多的位数，超出仪表准确度的范围，是没有意义的。反之，如果记录数太少，以致低于测量仪表所能达到的准确度，也是不对的。

为了充分利用仪表的准确度，应根据被测量的大小合理选择仪表的量限，一般应使指针偏转超过满量限的 1/2~2/3 为宜。

在每一个测量仪表的表面(标度盘)上，都有许多标志符号，它们表征了该仪表的主要技术特性及仪表的型号、被测量的单位、准确度等级、正常工作位置、防御外磁场的等级、绝缘强度等。

常见的仪表表面标记如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2

意 义		符 号	意 义		符 号
一、仪表工作原理	磁 电 系		六、标度尺位置	垂 直	⊥或↑
	电 磁 系			水 平	┌ 或 →
	电 动 系			与水平倾斜 60°	∠60°
	整 流 系		七、绝缘强度	不进行试验	
二、仪表名称	电 流 表	A		试验电压 500 伏	
	电 压 表	V		试验电压 2 千伏	
	功 率 表	W	八、防外磁场	I 级(磁电系)	
	电 阻 表	Ω		I 级	
	兆 欧 表	MΩ		II 级	
	频 率 表	Hz		IV 级	
三、电流种类	直 流	—	九、防外电场	I 级(静电系)	
	交 流(单相)	~		I 级	
	交直流两用	≈		II 级	
四、仪表型号	磁 电 系	C		IV 级	
	电 磁 系	T	十、温度、湿度条件	A 组	
	电 动 系	D		B组	
	整 流 系	L		C 组	
五、准确度等级	以标度尺的量程百分数表示,例如 1.5 级	1.5			
	以标度尺的长度百分数表示,例如 1.5 级	1.5/			
	以指示值的百分数表示,例如 1.5 级				

第二节 磁电系、电磁系和电动系仪表

一、磁电系仪表

磁电系仪表获得了较为广泛的应用,如直流电流表、直流电压表、直流检流计以及万用表的表头几乎都是属于此类仪表。

1. 结构、工作原理和仪表的形成

磁电系仪表是利用电流在磁场中受力效应的原理构成的,其基本结构如图 1-2-1 所示。它主要由永久磁铁 3、极掌 5、铁心 6、活动线圈 7、游丝 4、指针 2 及标尺 1 等组成。铁心是圆柱形的,它可使极掌与铁心之间的气隙产生一个均匀磁场。活动线圈绕在铝框上,其两端各连接一个半轴,半轴轴尖支持在宝石轴承里,可以自由转动。指针被固定在半轴上。

活动线圈上装有两个游丝,用来产生反作用力矩,同时还用作动圈电流的引线。

铝框的作用是用来产生阻尼力矩。这一力矩的方向总是与动圈转动的方向相反,能够阻止动圈来回摆动,使与其相连的指针迅速地静止在某一位置上。但这种阻尼力矩只有动圈转动时才产生,动圈静止时它也随之消失了,所以它对测量结果并无影响。

当活动线圈中有电流通过时,电流与气隙中磁场相作用,产生了转矩 M ,该转矩与通过线圈的电流 I 及气隙中不变的磁感应强度 B 成正比,可用下式表达:

$$M_1 = K'_1 IB$$

由于 K'_1 和 B 都是常量,上式又可表示为:

$$M_1 = K_1 I$$

在这个转矩作用下线圈的指针发生偏转,同时迫使与动圈固定在一起的游丝发生变形而产生阻止线圈转动的阻转矩 M_2 ,这个反抗转矩与转角 α 成正比,即

$$M_2 = K_2 \alpha$$

直到这两个转矩大小相等时,可动部分便停止转动。这时

$$M_1 = M_2 \text{ 亦即 } \alpha = \frac{K_1}{K_2} I = KI$$

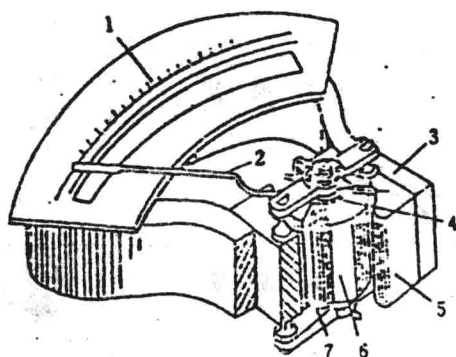
这就是磁电系仪表的工作特性。从上式中可以看出仪表线圈的偏转角 α 与流经线圈的电流 I 成正比,因此这种仪表标尺刻度是均匀的。

不能用磁电系仪表测交流。如果将这种仪表接入变化较快的交流电路中,转动部分因机械惯性很大,跟不上变化很快的交流,线圈中虽有电流通过,实际上转动部分仍然处在静止状态,如果电流过大,可能烧坏仪表! 因此,这种磁电系仪表只适用于测量直流。

2. 特点

主要优点:

- (1) 准确度高 可达 0.1 至 0.05 级;
- (2) 灵敏度高 因为磁电式测量机构内部的磁场很强,动圈只需要通过很小的电流(微安数量级,甚至 10^9A 数量级)就能产生足够大的转动力矩;
- (3) 受外界磁场及温度的影响小;



1—标尺 2—指针 3—永久磁铁 4—游丝
5—极掌 6—铁心 7—活动线圈

图 1-2-1 磁电系仪表的结构

- (4)功率消耗小;
- (5)磁电式电流表、电压表的刻度均匀、读数方便。

主要缺点:

- (1)过载能力差。因为被测电流通过游丝(或悬丝或张丝)和动圈,游丝和动圈的导线都很细,若电流过载,容易引起游丝过热而产生弹性系数变化或损坏动圈;
- (2)不能直接测量交流量;
- (3)结构复杂,成本较高。

二、电磁系仪表

电磁系仪表是测量交流电流与交流电压最常用的一种仪表。电磁系仪表的测量机构是利用一个或几个载流线圈的磁场对一个或几个铁磁元件作用。它的可动部分一般是一个铁片,铁片是由软磁材料制成的。

这类仪表在结构上有三种不同的形式,即吸引式、推(排)斥式及排斥与吸引综合式。而用得最广的是前两种形式的结构。

现以排斥式结构为例来说明其结构与工作原理。

1. 结构、工作原理和仪表的形成

它的主要结构如图 1-2-2 所示。它具有一个固定线圈 1,一个固定线圈内壁的静铁片 2,一个固定于转轴的动铁片 3,当线圈中通过电流后,静铁片和动铁片同时磁化,它们具有相同的极性,使动铁片受静铁片排斥,产生了转动力矩 M 。

如果线圈中通过是交流电,那么磁场是交变的,静动二铁片极性也是交变的,但相应端的极性总是一致的,所以二者总是存在着排斥力。转动力矩的方向不变。

由于转动部分的惯性,其指针偏转决定于转动力矩的平均值,且平均值正比于线圈中电流有效值的平方,简证如下。

因为某一瞬间的力矩 $m \propto B_2 \cdot B_3$,这里 B_2, B_3 分别为静片、动片被磁化后的磁感应强度。而 $B_2 \propto i, B_3 \propto i$ 。 i 为线圈中电流的瞬时值。

$$\therefore m \propto i^2$$

平均转动力矩

$$M = \frac{1}{T} \int_0^T m dt \propto \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt = I^2$$

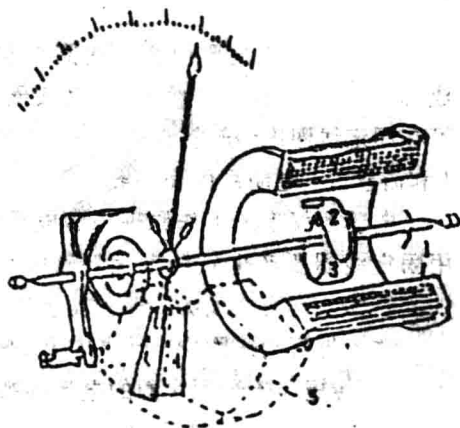
$$\therefore M \propto I^2$$

设 K 为比例系数, K 与线圈匝数,静片和动片的形状及相对位置有关,则 $M = KI^2$ 。

电磁式仪表中的反抗力矩 $M_{\text{反}}$ 也是由弹簧产生,即 $M_{\text{反}} = D\alpha$ 。

所以转动部分达到平衡时,即力矩平衡: $M = M_{\text{反}}$

$$KI^2 = D\alpha \quad \therefore \alpha = \frac{K}{D} \cdot I^2$$



1. 固定线圈 2. 静铁片 3. 动铁片
4. 阻尼片 5. 阻尼盒

图 1-2-2

可见这种仪表的刻度不均匀,将静片和动片做成特定的形状,可以使仪表刻度的后半段接近均匀。

2. 特点

从上述原理和结构可知,电磁系仪表有如下特点:

1. 偏转角 α 与被测电流的有效值平方成正比,因而电表的刻度是不均匀的;
2. 电磁系仪表可测交流,也可以测量直流,常作为交直流两用表。接入端钮不分极性;
3. 灵敏度不高。因为固定线圈必须通过足够大的电流时,所产生的磁场才能使铁片偏转,仪表本身的功率损耗也较大;
4. 抗外磁场干扰的能力较弱,测量的准确度不高;
5. 被测电流直接通入线圈,不经游丝或弹簧,所以过载能力较强;
6. 由于采用了铁磁元件,受元件的磁滞、涡流影响,频率误差较大。

三、电动系仪表

1. 结构、工作原理和仪表的形成

电动系仪表的工作原理是基于两个带电线圈间的相互作用。仪表的结构如图 1-2-3 所示。

电动系仪表主要由固定线圈 1 和可动线圈 2 组成,固定线圈由粗导线绕成,可动线圈由细导线绕成,可在固定线圈内绕转轴自由转动。转轴上还附有指针 4 和游丝 3。电动系仪表一般采用空气阻尼器 5。

电动系仪表的工作原理与磁电系仪表相似,只是用固定线圈所产生磁场来代替磁电系仪表中永久磁铁的磁场。当两个线圈中通过电流时,固定线圈所产生的磁场与可动线圈中电流相作用,使可动线圈产生偏转,其转矩和流经两线圈的电流的乘积成正比

$$M_1 = K_1 I_1 I_2$$

阻转矩是由游丝产生,与活动线圈的偏转角 α 成正比,即

$$M_2 = K_2 \alpha$$

当 $M_1 = M_2$ 时,可动部分静止,这时

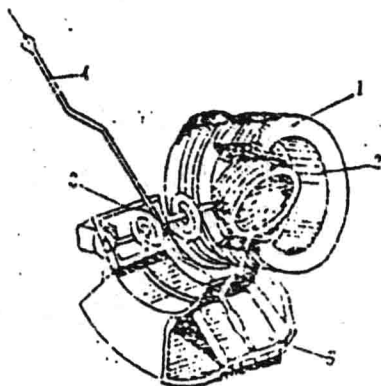
$$\alpha = \frac{K_1}{K_2} I_1 I_2 = K I_1 I_2$$

电动系仪表可以交直流两用。在测量直流时,仪表的偏转角是与流经两线圈电流乘积成比例;而在测交流时,仪表的偏转角是决定于一周期中转矩的平均值,即决定于流经两个线圈交流电流的有效值及两个电流间相角差的余弦

$$\alpha = K I_1 I_2 \cos \varphi$$

电动系仪表可制成交直流的电流表、电压表和功率表。电流表和电压表主要作为交流标准表(0.2级以上)用,而电动系功率表则应用的极为普遍。

2. 特点



1—固定线圈 2—可动线圈 3—游丝
4—指针 5—空气阻尼器

图 1-2-3 电动系仪表的结构

交直流两用是电动系仪表的优点,同时由于没有铁心,因此可以制成灵敏度和准确度均较高的仪表,它的准确度可达到0.1级。电动系仪表的缺点是本身磁场弱,转矩小,易受外磁场影响,同时由于可动线圈和游丝截面都很小,故对过载敏感性大。

3. 功率表的使用与读数

(1)接线时,电流线圈要与负载串联,电压线圈要与负载并联,不能接错。

(2)电压线圈与电流线圈的接线柱中各有一个标记“*”,称为极性端。接线时把极性端连接在一起,并且一定要接在电源端,否则会造成较大的测量误差。如图1-2-4所示。

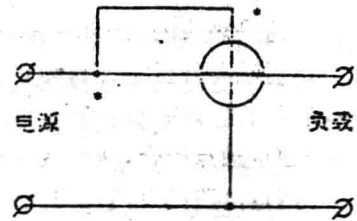


图1-2-4

如功率表指针反转,以致无法读数时,把电流线圈端钮换接,而不允许换接电压线圈的端钮。

(3)电流线圈的电流以及电压线圈的电压都不能超过规定值。所以测量时,应同时接上安培计和伏特计以观察电路的电流与电压。

(4)功率表所测量的值等于指针所指的格数(刻度)乘仪表的常数 c ,即:实际瓦数= $c \times$ 指针刻度。普通功率表常数

$$c = \frac{U_N I_N}{\alpha_m} [\text{瓦} / \text{分格}]$$

式中 U_N 和 I_N 是功率表所用的电压和电流量限, α_m 是刻度盘的分格数。

低功率因数瓦特表的常数:

$$c = \frac{U_N I_N \cos \varphi_N}{\alpha_m} [\text{瓦} / \text{分格}]$$

式中 $\cos \varphi_N$ 的值在仪表上标明。例如D64型单相瓦特表的 $\cos \varphi_N = 0.2$ 。

表1-2-1 D64型单相瓦特表常数

电压量限 \ 电流量限	75V	150V	300V	450V
0.5A	0.05	0.1	0.2	0.3
1A	0.1	0.2	0.4	0.6

以D64型单相瓦特表为例,对于不同的电压、电流量限,其常数 c 的数值就不同,见表1-2-1,例如,电压量限 $U_N = 150\text{V}$,电流量限 $I_N = 1\text{A}$,读数为80格时,则实际瓦数=读数 $\times c = 80 \times 0.2 = 16$ 瓦

注:仪表上标明的额定功率因数 $\cos \varphi_N$ 并非为被测量负载的功率因数,而是仪表在刻度时,在额定电流、额定电压下使指针满刻度(全偏转)时的功率因数。

第三节 万用表的原理和使用

万用表是一种多功能的便携式仪表,其特点是用途广、量程多、使用方便。它是一切从事

电气维修、试验和研究人員必備和必須掌握的測量工具之一。

萬用表既可以測量直流電流和電壓，又可以測量交流電壓，還可以測量直流電阻和音頻電平，有的甚至於還能夠測量功率、交流電流、電感、電容等。

萬用表主要由表頭、轉換裝置和測量電路三部分組成。表頭一般都採用靈敏度高，準確度好的磁電式微安表。它是萬用表的关键部件。表頭的基本參數包括表頭內阻、靈敏度和直線性，這是表頭的三項重要技術指標。

轉換裝置是用來選擇測量項目和量限的。主要由轉換開關、接線柱、旋鈕、插孔等組成。轉換開關是由固定觸點和活動觸點兩大部分組成。當轉換開關轉到某一位置時，可動觸點和某個固定觸點閉合，從而接通相應的測量電路。

測量電路是萬用表的重要部分，有了它，才使萬用表成了多量程電流表、電壓表、歐姆表的組合體。萬用表測量電路主要由電阻、電容、轉換開關和表頭等部件組成。在測量交流電量的電路中，使用了整流器件，將交流電變換成為脈沖直流電，從而實現對交流電量的測量。

一、工作原理

實用的萬用表雖然結構各式各樣，但它的基本原理是一致的，這裡以目前使用最多的模擬式萬用表為例，來介紹各種測量電路。

1. 測量直流電流的電路

萬用表測量直流電流的電路實際上是一種多量限的直流電流表，其分流電阻用分線開關來轉換。電路接法一般有兩種形式，一種是開路置換式，如圖 1-3-1 所示；另一種是閉路抽頭式，如圖 1-3-2 所示。前者換線方便但分線開關接觸不良易燒毀表頭，因此實際中採用後者較多。

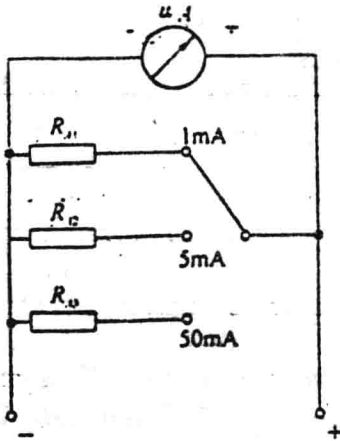


圖 1-3-1 開路置換式電路

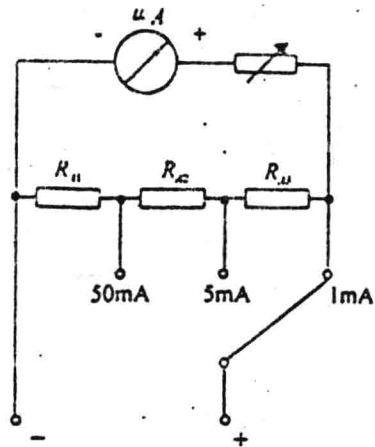


圖 1-3-2 閉路抽頭式電路

2. 測量直流電壓的電路

萬用表測量直流電壓的電路是一種多量程的直流電壓表。

多量程電壓表的倍率器用分線開關來轉換。電路接法有兩種形式：一種是單個式倍率器如圖 1-3-3 所示；另一種是疊加式倍率器如圖 1-3-4 所示。

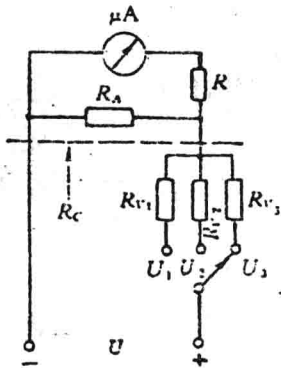


图 1-3-3 单个式倍率器

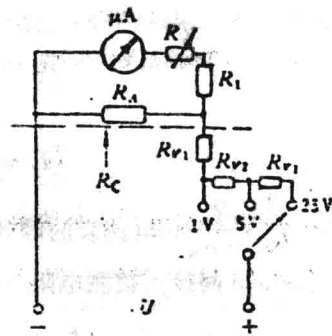


图 1-3-4 叠加式倍率器

3. 测量交流电压的电路

测量交流电压的电路实际上是一种整流系电压表。它是磁电系仪表和整流器的组合。整流器的作用是将交流变为直流。整流电路有半波整流和全波整流两种，分别如图 1-3-5 和图 1-3-6 所示。整流器的工作原理无需再述，但需要说明的是流过仪表的电流是个脉动的直流，故其所产生的转矩大小也是随时间变化的。由于仪表指针有惯性，它来不及随电流及其产生的转矩而变化，因而指针的偏转角 α 将正比于转矩或整流电流在一个周期内的平均值，即

$$\alpha \propto M \quad \alpha \propto I$$

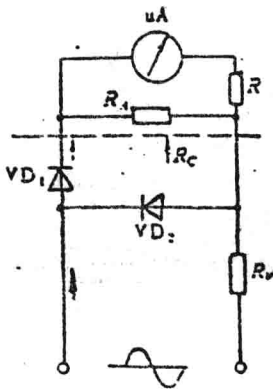


图 1-3-5 半波整流电路

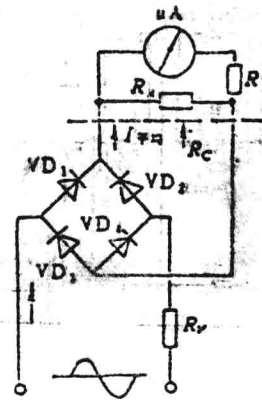


图 1-3-6 全波整流图

实际上交流量的大小都用其有效值来表示，故仪表的标尺只能按有效值划分，而不能按其平均值来划分。

整流系仪表的标尺是按正弦量有效值刻度的，其读数就是正弦量的有效值，因此它只能用来测量正弦交流电。若用它来测量非正弦交流电，则会产生很大的误差。

4. 测量电阻的电路

万用表测量电阻的电路是一个串联式欧姆表。它是由磁电测量机构根据欧姆定律的原理配以适当的电路而构成的，其原理电路如图 1-3-7 所示。

图中表头并联分流电阻 R_p 后即相当一个电流表，设此电流表的量程为 I_0 。被测电阻

R_x 、电源 E 、可变电阻 R 同电流表组成闭合的串联电路。

若将 a 、 b 两端短接(即 $R_x=0$)，调节 R 使表针指示满偏转，这时即

$$I_0 = \frac{E}{R + r_0}$$

式中 $r_0 = \frac{R_p R_m}{R_p + R_m}$ 为电流表的等效电阻。

若在 a 、 b 间接入被测电阻 R_x ，设此时电流表指示为 I ，则

$$I = \frac{E}{R_x + R + r_0}$$

在上式中当 E 、 R 、 r_0 一定时，电流 I 仅与 R_x 有关，可以根据 I 的大小决定 R_x 之值，在表盘标尺上不按电流而按相应的电阻值刻度读数便成为欧姆表。

将上述各种测量电路加以综合便构成了万用表的总电路，如图 1-3-8 所示 MF-47 型万用表的原理电路图。

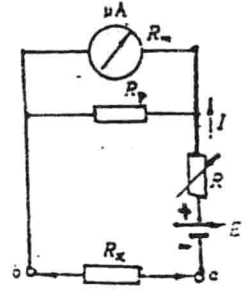


图 1-3-7 欧姆表原理图

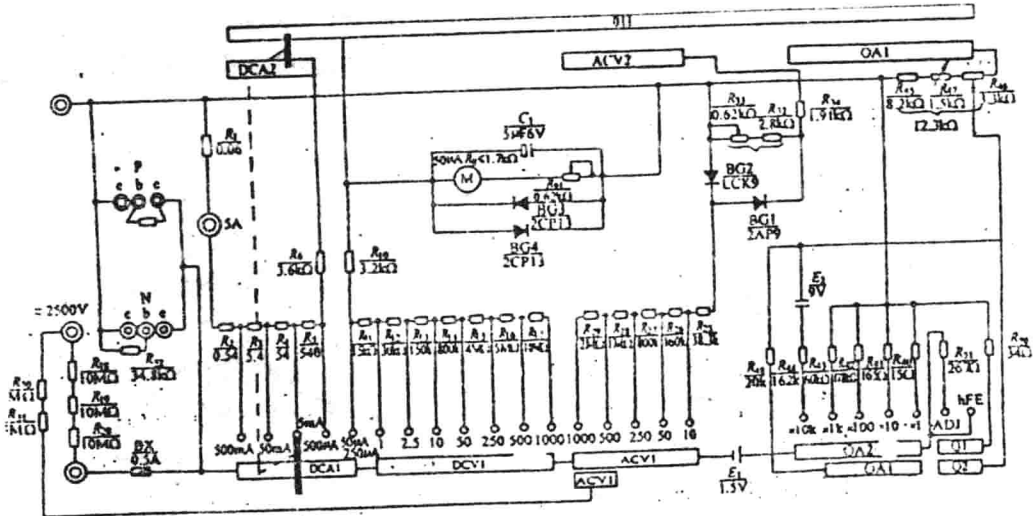


图 1-3-8 MF47 万用电原理图

二、使用方法

以 MF47 型万用表的使用方法为例。

1. 调整零点

万用表在使用前，应注意水平放置时指针是否指在零位。若不指在零位，则应调整表头上的零位调节装置(机械调零装置)，使指针指零。

2. 直流电压测量

将测试表笔插入“+”、“-”插孔中，将量程转换开关旋到“V”相应的量程上。测量电压时需将电表并联在被测电路上，并注意正负极性。

3. 交流电压测量

将转换开关旋至“V”相应量程上进行测量。如果不知被测电压的大致数值,需将转换开关旋至“V”最高量程上预测,然后再旋至“V”相应量程上测量。

4. 直流电流测量

万用表必须按照电路的极性正确地串接在电路中,转换开关旋至“ μA ”或“mA”相应的量程上,特别需要注意的是,切勿用电流挡去测电压,以免烧坏电表。

5. 电阻测量

(1)将转换开关旋至“ Ω ”挡适当量程上,将两支表笔短路,指针向零欧姆处偏转,调节零欧姆调整器,使指针恰好指在零欧姆点。然后分开表笔并将其与被测电阻两端接触。注意:每变换一次量程,欧姆挡的零点都需要重新调整一次。

(2)测量电阻时,被测电阻不应处在带电状态,即使电容器上有充电电荷,事先也应放掉,否则相当于用电阻挡去测量电压,容易使电表损坏。

(3)当不能确定被测电阻有没有并联电阻存在时,应把电阻的一端从电路中断开,然后才能进行测量。否则并联电阻将使测量值小于实际值。

(4)测量电阻时,不应双手同时接触被测电阻的两端,否则会把人体电阻并联在被测电阻上,引起测量误差。

6. 电容器好坏的判别

用万用表的电阻挡来检查电容器的好坏。具体操作是先将万用表置于电阻挡的适当量程,用表笔接待测电容两端进行测量。若该电容是未充过电的,则在刚开始测量时,由于电容器的充电,指针先向 0Ω 方向偏转一个数值,然后逐渐返回,最后停留在某一电阻值上。指针偏转越大,说明该电容器的容量越大;指针最后停留处的阻值越大,说明电容器的漏电越小;若指针最后停留在 ∞ 处,说明此电容器基本不漏电;若指针偏转后不返回,说明电容器内部已短路;若指针不偏转,则说明电容器内部已开路,或其电容量非常小,可以用正常的同一标称容量的电容器进行比较,以大致判断出该电容器的电容量及漏电情况。对于电容量很小的电容器(几皮法~几百皮法),仅能用此法检查其漏电及短路故障。

当检查电解电容器漏电电阻时,可转动开关至 $R\times 1k$ 挡,黑色测试笔(接表内电源正极的表笔)接电容器正极,红色测试笔(接表内电源负极的表笔)接电容器负极。

7. 电感器好坏的判别

用万用表的电阻挡可测出电感元件的通断及其直流电阻值(一般很小),从而判断其好坏。

8. 二极管极性的判别

测试时选 $R\times 100$ 或 $R\times 1k$ 挡,用两测试笔分别测量二极管的正、负向电阻值,小的即为正向电阻值。当测正向电阻时,黑测试笔所接的一极为正极。

9. 三极管管脚的判别

用电阻挡测定三极管的管脚时,应用 $R\times 1k$ 挡进行。

(1)先判断基极b,从b到c、到e分别是两个PN结,它的反向电阻很大,而正向电阻很小。测试时可任意取晶体管的一脚假定为基极。将红测试笔接“基极”,用黑测试笔分别去接触另两个管脚。如测的都是低阻值,则红测试笔所接的管脚为基极b,并且是PNP型管(即P型管);如用上法测得的都是高阻值,则为NPN型管(即N型管)。若测量时两个PN结的阻

值差异很大,可另选一个管脚为假定基极,直至满足上述条件为止。

(2)判定发射极 e 和集电极 c

确定基极之后,再测量 e、c 极间电阻,然后交换表笔重测一次,两次电阻值应不相等,其中电阻值较小的一次为正常接法。正常接法时,对于 PNP 型管,黑表笔接的是 e 极,红表笔接的是 c 极;对于 NPN 型管,红表笔接的是 e 极,黑表笔接的是 c 极。

判别理由:按正常接法,e、c 之间通过的电流较大,测出的电阻值就较小。由于管子内部结构并不是完全对称的,故表笔接反了测出的电阻值较大。

三、使用万用表注意事项

1. 万用表不用时将转换开关旋至最高电压档(交流、直流均可),以防下次使用时忘记将转换开关与测试项目相对应,误测高电压而烧坏电表。

2. 每次测量前,应核对转换开关的位置是否符合要求,以防错误。

3. 在测量高电压或大电流时,不能旋转转换开关,以防产生电弧烧坏开关的触点。

4. 电表长期不用时应把电池取出,以免电池变质漏液而腐蚀其它元件。

5. 测量高压时,需站在干燥的绝缘板上,并一手操作,防止触电事故。

6. MF47 型万用表虽有超载保护装置,但仍应按使用方法正确使用,以免不必要的损失。

四、数字万用表

数字万用表是采用集成电路模/数转换器和液晶显示器,将被测量的数值直接以数字形式显示出来的一种电子测量仪表。

数字万用表主要特点:

- 数字显示,直观准确,无视觉误差,并具有极性自动显示功能。
- 测量精度和分辨率都很高。
- 输入阻抗高,对被测电路影响小。
- 电路的集成度高,便于组装和维修,使数字万用表的使用更为可靠和耐久。
- 测试功能齐全。
- 保护功能齐全,有过压、过流保护,过载保护和超输入显示功能。
- 功耗低,抗干扰能力强,在磁场环境下能正常工作。
- 便于携带,使用方便。

1)组成与工作原理

数字万用表是在直流数字电压表的基础上扩展而成的。为了能测量交流电压、电流、电阻、电容、二极管正向压降、晶体管放大系数等电量,必须增加相应的转换器,将被测电量转换成直流电压信号,再由 A/D 转换器换成数字量,并以数字形式显示出来。数字万用表的基本结构如图 1-3-9 所示。它由功能转换器、A/D 转换器、LCD 显示器(液晶显示器)、电源和功能/量程转换开关等构成。

常用的数字万用表显示数字位数有三位半、四位半和五位半之分。对应的数字显示最大值分别为 1999、19999 和 199999,并由此构成不同型号的数字万用表。

2)数字万用表的使用

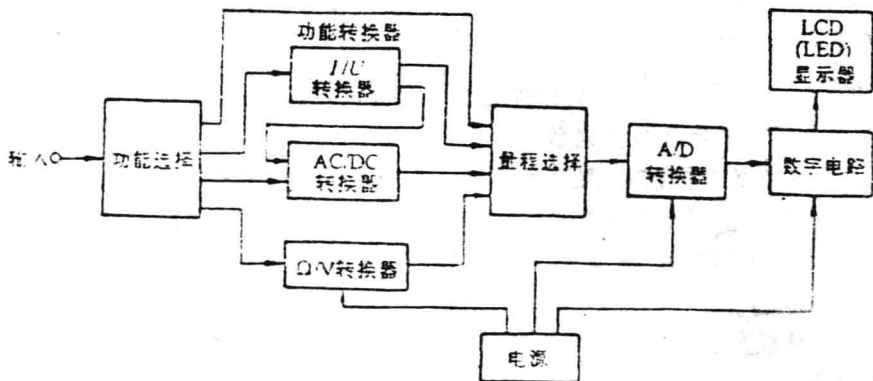


图 1-3-9 数字万用表的基本结构

以 UNI-7 51 型数字万用表为例,其面板图为 1-3-10 所示。具体操作如下:

(1)测直流电压

量程开关拨至 V-(或 DCV)范围内的合适量程。红表笔插入“V·Ω”孔;黑表笔插入“COM”孔。当测量值显示前有“-”号时表示黑表笔测试端为高电位,红表笔测试端为低为位,反之,测量值显示前无“-”号。

(2)测交流电压

量程开关拨至 V~(或 ACV)范围内的合适量程,表笔接法同上。但显示前不会有“-”号。

(3)测直流电流

量程开关置 A-(或 DCA)范围内的合适量程,黑表笔接在“COM”孔。当待测量小于 2A 时,红表笔接“A”孔;当测量值大于 2A,小于 10A 时,红表笔接“10A”孔。当测量值显示前有“-”号时表示电流方向是从黑表笔流进,红表笔流出。

(4)测交流电流

量程开关置 A~(或 ACA)范围内的合适量程,表笔接法同(3)。

(5)测电阻

量程开关量 Ω 量程,红表笔接“V·Ω”孔,黑表笔插入“COM”孔。

(6)二极管测试及蜂鸣器的连续性测试

a. 将黑表笔插入“COM”孔,红表笔插入“V·Ω”插孔(红表笔极性为“+”),将量程开关置“ \rightarrow 、•)))”档,并将表笔连接到待测二极管,读数为二极管正向压降的近似值。

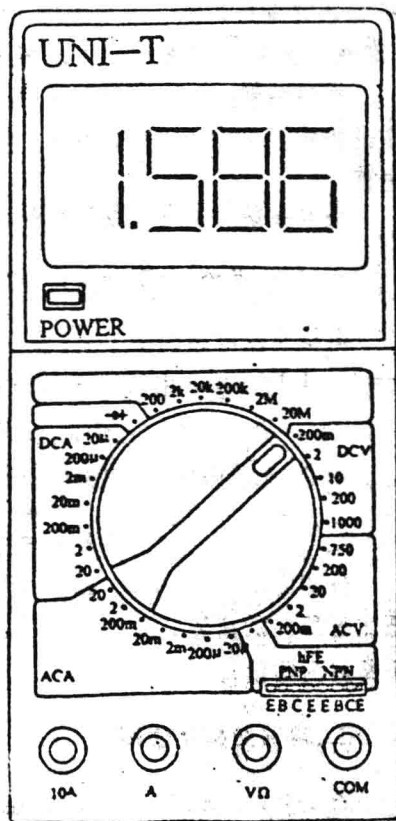


图 1-3-10

b. 将表笔连接到待测线路的两端,如果两端之间电阻值低于约 70Ω ,内置蜂鸣器发声。

(7)测晶体管的电流放大倍数

根据晶体管是 *NPN* 或 *PNP* 将量程拨至相应挡位,将晶体管直接插入 *E*、*B*、*C* 的各个相应插孔,即可直接读出其电流放大倍数。

注意:(1)当测量值超过量程时,最高位显示“1”,而其它各位无显示。

(2)当显示的最高位前显示电池符号时,表示电池供电不足,这时需更换电池。

(3)测试笔插孔旁边的“ \triangle ”符号,表示输入电压或电流不应超过值,这是为了保护内部线路免受损伤。

(4)测试之前,量程开关应置于你所需要的量程。使用完毕,切记将电源开关关断。长期不同时,应取出电池。

第四节 电桥的原理和使用

电桥属于比较式仪器,在电工测量中常用到,其特点是灵敏度和准确度都很高。电桥分为直流电桥和交流电桥两大类,直流电桥主要用来测量电阻,根据结构的不同又分为单臂电桥和双臂电桥两种。单臂电桥(即惠斯登电桥)适用于测量 $1\Omega\sim 10^6$ 的中值电阻;双臂电桥(即凯尔文电桥)主要适用于测量 1Ω 以下的低值电阻。

交流电桥主要用于对电感器、电容器进行精确测量。因实际的电感器、电容器还存在一定的损耗,不是纯电感、纯电容,而应看成是感性阻抗或容性阻抗,所以交流电桥也叫做阻抗电桥。

本节主要介绍直流电桥的原理和使用方法。

一、直流电桥(惠斯登电桥)的原理

电桥原理电路如图 1-4-1 所示。当流过检流计 *G* 的电流 $I_x = 0$ 时,电桥平衡。电桥平衡条件为:

$$R_1 R_3 = R_2 R_4$$

若 R_1 为待测电阻,用 R_x 表示,即有

$$R_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_4$$

待测电阻 R_x 可由 R_2 和 R_3 的比率与 R_4 乘积来决定。通常把比率所在的桥臂叫做比率臂(又称倍率臂),而把单独的一个桥臂称为测量臂。

二、电路结构及使用

图 1-4-2 为便携式 QJ-23 型电桥的内部电路,此电桥是把 R_2 和 R_3 做成一定值,改变 R_4 ,使电桥达到平衡,改变 R_2/R_3 的值,可改变电桥测量范围,故 R_2/R_3 是比率臂, R_4 是测量臂。测量范围为 $1\sim 9999000$ 欧姆。

QJ-23 型电桥的面板如图 1-4-3 所示。其中:右边四个旋钮是测量臂,各挡读数分别为 $\times 1000$, $\times 100$, $\times 10$, $\times 1$,四个旋钮指示数的总和为测量臂(R_4)的读数。倍率(比率)臂旋钮

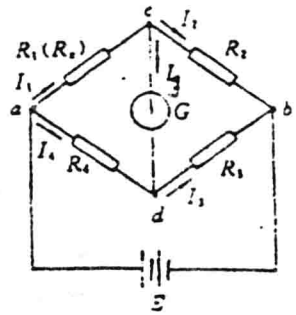


图 1-4-1 电桥原理电路