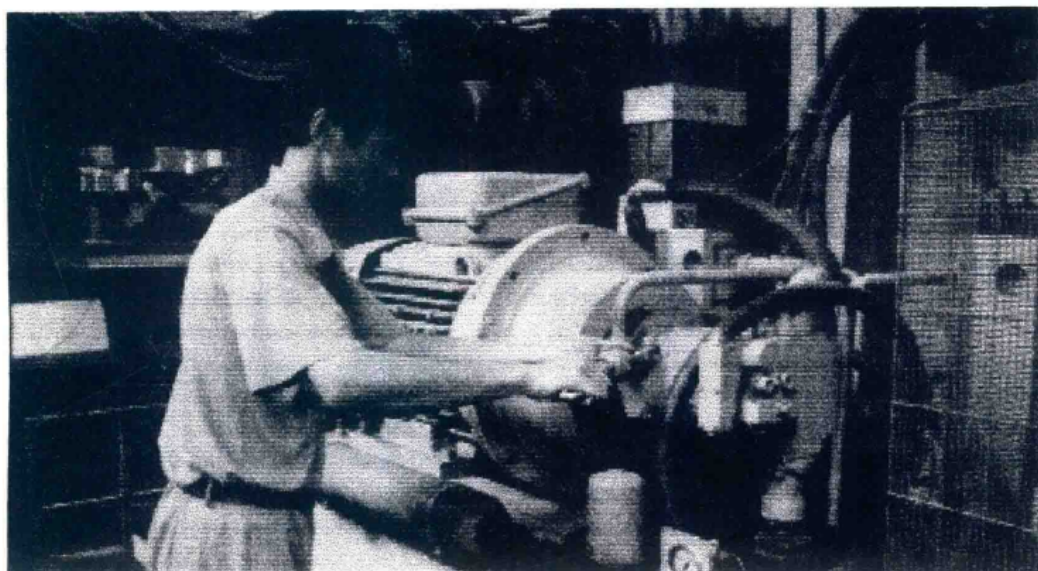


电工中级实操考核指导



广东交通职业技术学院北院实训中心机电实训室

周名侦 编 徐超 审

前言

为了学者更好的学好电工技能实操训练,根据国家职业技能标准和职业技能鉴定规范的要求以及我校实验室现有设备编写而成,与中级电工理论配套使用。编写时既考虑到短期培训特点又注意今后的发展;既有一定理论深度,又注重突出操作技能训练,力求有专业特色。

全书内容包括:仪器仪表使用、电子技术、电动机、常用电气控制线路、常用机械电气线路故障排除五个部分。

编定过程中得到航海系、实训中心的大力支持,在此表示感谢。

由于编写经验不足,不足之处,恳请读者予以批评,指正,以便作进一步的修改和完善。

2002 年 7 月

编者

目录

第一部分常用电工仪表-----	1
第一节万用表-----	1
第二节钳形电流表-----	3
第三节兆欧表和转速表-----	4
第四节接地电阻仪-----	7
第五节功率表-----	8
第二部分电子技术-----	10
第一节常用电子仪表的使用-----	10
第二节电子技术测量-----	13
第三部分电机-----	21
第一节三相电动机-----	21
第二节单相电动机-----	32
第四部分电气控制线路和电机的控制-----	34
第一节电气控制线路及图示法概述-----	34
第二节电动机的控制-----	35
第五部分常用机械电气故障排除-----	48
第一节概述-----	48
第二节控制线路的故障排除-----	48

第一部分 常用电工仪表

电工仪表是电工测量不可少的工具。电工仪表的作用是测量各种电参数，如电流、电压、周期、频率、电功率、功率因数、电阻、电感、电容等。电工通过测量这些电参数量的值，便可以了解电路和电气设备的工作情况，以便进行适当的处理和必要的调整，保证电路正常工作的设备安全运行。因此，电工必须掌握常用电工仪表的结构、原理和使用方法。

第一节 万用表

一、万用表的功用

万用表又称多用表是一种多功能、多量程的测量仪表，一般的万用表可以测量直流电压、直流电流、交流电流、电阻和音频电平等电学量。有些万用表还可以测量交流电流、电容量和电感量以及半导体的一些参数，随着数字显示万用表的出现，测量 更为方便。

二、万用表的结构

万用表由表头、测量电路及转换开关等三个主要部分组成。

1、表头

表头是一只高灵敏度的磁电式直流电流表，有万用表的“心脏”之称，是用以指示被测量的数值，万用表的主要性能指示基本上取决于表头的性能。表头的灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流值，这个值愈小，表头的灵敏度愈高，测量电压时的内阻也就越大，万用表性能就越好。

2、测量电路

测量电路是用来把各种被测量转换到适合表头测量的直流的微小电流，它由电阻，半导体元件及电池组成，它将各种不同的被测电量，不同的量程，经过一系列的处理，如整流、分流等，而统一变成一定量限的直流电流后送入表头进行测量。

3、转换开关

转换开关的作用是用来选择各种不同测量的电路，以满足不同种类和不同量程的测量要求。当转换开关处在不同位置时，它相应的固定触点就闭合，万用表可变为各种量程不同的电工测量仪表。

三、万用表的使用方法

使用前必须将万用表面板上的各控制器的作用，以及标尺结构和各种符号的意义搞清楚，否则容易造成测量错误或损坏电表。

1、 插孔选择要正确-----即红黑两表笔要插在适当的位置。

2、 转换开关位置的选择要正确

根据测量对象，将转换开关转到需要的位置上。有的万用表面板上有两个转换开关，一个选择测量种类，另一个选择测量量程，使用时，应先选择测量种类，然后选择测量量程。选择测量种类时，要特别细心，稍一不慎就有可能造成严重后果。

3、 量程选择要适合-----根据被测量的大至范围，将转换开关转至该种类的适当量程下。

4、 正确进行读数

在万用表的标度盘上有很多条标度尺，它们分别适用于不同的被测对象。所以，测

量时应在对应的标度尺上读数，同时也应注意标度尺读数和量程档的配合，以免差错。

5、 欧姆档的正确使用

(1)、选择合适的倍率档-----测量电阻时，倍率档的选择以使指针停留在刻度线较稀的部分为宜。即指针越接近标度尺的中间，读数越准确。

(2)、调零-----测量电阻之前，应将测试棒碰在一起，同时转动“调零旋钮”，使指针刚好在欧姆标尺的零位上，这一步骤称为欧姆档“调零”。每换一次档都要重复这一步骤。如果指针不能调到零位，说明电池电压不足或仪表电路有问题。

(3)、不能带电测量电阻。

6、 注意操作安全

在使用万用表时，要注意手不可触及测试棒的金属部分，以保证安全和测量的准确性。在测量较高电压或大电流时，不能带电转动转换开关，否则有可能使开关烧坏。万用表用完后，最好将转换开关转到交流电压最大量程档。平时要养成正确使用习惯，每当测试棒接触被测线路前，应再作一次全面的检查，看看各部分是否有误。

四、依给出的设备用万用表按要求测出各种数据，并填于下表：

设备	数值 1	数值 2	性能	型号
电阻				
交流电源（测电压）				
直流电源干电池二个（测电压）				
把干电池和电阻串联测电流				
镇流器（测电感）				
电容				
判断电池的极性				
二极管	锗管	硅管		
三极管	NPN	PNP		
晶闸管				
场效应管				

五、万用表的基本要求：能够正确选档，能准确读出数据。

六、掌握万用表的使用内容

- 1、万用表的组成
- 2、测量电阻、直流电压电流、交流电压
- 3、判断直流电压极性
- 4、判断电容、二极管、三极管的好坏

七、扣分标准

序号	扣分项目	扣分数
1	不能正确选档	15
2	不能正确进行欧姆调零或没有欧姆调零	5
3	读数不准确	10
4	测直流电压时，不能判断其极性	5
5	口述不会或回答不完整	3---5
6	不会判断电容、晶体管、电感的好坏	5

第二节 钳形电流表

一、钳表的功用

钳表就是一种用于测量正在运行的电气线路中电流大小的仪器。

二、钳表的结构

- 1、钳形铁心（钳口）
 - 3、电流表（表头）
 - 5、手柄
- 2、量程转换开关
 - 4、副边线圈

三、钳表的分类

钳表分为钳形交流电流表和钳形交直流表，有的还测量交流电压。

四、表的使用方法

钳形表的使用方法很简单，测量电流时只需将正在运行的待测导线夹入钳表芯口内，然后读取表头指针读数即可。

五、操作钳形电表时注意事项

- 1、测量前不知线路电流多大时，要选择最大量程。
- 2、不要在测量过程中切换量程档。
- 3、读数正确。

- 4、测完大电流后测小电流，钳口要开合几次再测。
- 5、测量完把量程转到最大档。
- 6、钳入导线后，钳口应严密，使导线处于正中。
- 7、测量前看指针是否指示“0”如不，请调“0”。

六、选取钳形电表

根据被测电路的电压与电流选钳形表的电压等级，测高压电路电流选高压钳表，低压电路选低电压钳表。

七、根据给出的钳表测出运行电机的电流填于下表：

A 相	B 相	C 相	AB 相	AC 相	BC 相	ABC 相

八、扣分标准

序号	扣分项目	扣分数
1	测量前不知线路电流多大，没有选择最大档	5
2	测量操作时，未退出导线换档	15
3	读数不正确	10
4	测完大电流后测小电流，钳口没有开合几次	3
5	口述不会或回答不完整	3---5
6	测完没把量程开关转到最大档	5

九、钳形电表要掌握的内容

- 1、 结构
- 2、 在给定线路测量电流值
- 3、 如何选用钳形电流表
- 4、 操作时注意事项

第三节 兆欧表和转速表

一、兆欧表的功用

兆欧表又叫摇表，是一种测量电器设备及电路绝缘电阻的仪表。

二、兆欧表的结构

- 1、手摇直流发电机（有的用交流发电机加整流器）
- 2、磁电式流比计（表头）
- 3、接线柱（L、G、E 三个，其中 G 保护环只有测量电缆时才用）

三、如何选用摇表

根据被测线路或设备的额定电压，选择相对应电压等级的摇表，低压设备或线路选用 500V，测额定电压 500V 以上选 1000V 摇表，高压设备或线路选用 2500V 摇表。

四、兆欧表的使用方法

- （一）使用前的准备工作
 - 1、检查兆欧表是否正常工作
 - 将兆欧表水平放置，空摇表，指针应该指到∞处，再慢慢地摇动手柄，使 L 和 E 两接线柱输出线瞬时短接，指针应迅速指零。注意在摇动手柄时不得让 L 和 E 短接时间过长，否则损坏摇表。
 - 2、检查被电气设备和电路，看是否已全部切断电源。绝对不允许设备和线路带电时用摇表去测量。
 - 3、测量前应对设备和线路先行放电，以免设备或线路的电容放电危及人身安全和损坏摇表，这样还可以减小测量误差，同时注意将被测点擦试干净。

- （二）正确的使用
 - 1、摇表必须水平放置于平稳牢固的地方
 - 2、接线必须正确无误
 - 3、摇表手柄的转速要均匀，一般规定为 120 转/分，允许有±20% 的变化最高不应超过 25%，通常都要摇动一分钟，待指针稳定下来再读数。
 - 4、测量完毕，应对设备充电放电，否则容易引起触电事故。
 - 5、摇表未停止转动之前，切勿用手触及设备的测量部分或摇表接线柱。

五、根据给出的设备，用兆欧表测量绝缘电阻，并与标准值对照是否合格，填于下表：

名称	数值 1	数值 2	合格值
电动机			>0.5MΩ
电流互感器			>10—20MΩ

六、转速表的功用

用来测量各种机器设备的旋转速度或线速度的仪表。

七、转速表的使用

LZ—30 型离心式手持转速范围共分 5 档：1：30—120；2：100—400；3：300--1200；4：1000—4000；5：3000—12000。单位是转/分钟。

测量时应首先将调速盘旋转到所要测量的范围内（即将调速盘上的刻度数值转到

与分度盘处于同一水平面), 便可进行测量。转速表有两圈标度尺, 一条是从 3—12, 一条是从 1---4, 若调速盘的数值在 1、3、5 档, 则测得的转速以分度盘外圈的数字, 分别乘以 10、100、1000。若调盘的数值在 2、4 档, 则测出的数值应以分度盘内圈的数字分别乘以 10、100。

八、使用转速表的注意事项:

- a) 不得以转速表的低速范围测量高转速。
- b) 根据被测轴的形状选择恰当的探头, 安装在转速表的测轴上, 使之与被测轴尽可能密切接触。
- c) 测轴与被测轴接触时, 动作应缓慢, 同时应使二轴保持在一条水平线上, 不要交叉。
- d) 测量时, 测轴与被测轴不应顶得过紧, 以二轴接触不相对滑动为原则。
- e) 转速表不能测量瞬时转速。
- f) 指针偏转方向与被测轴旋转方向无关。
- g) 使用时应加润滑油, 可从外壳及调速盘上的油孔注入。
- h) 测量时, 应等指针稳定后再读数。
- i) 使用转速表, 指针摆动的摆幅不超过 3 mm.

九、用转速表测量电机的转速填于下表:

名称	数值 1	数值 2	标准值
电机			

十、兆欧表和转速表要掌握的内容

- 1、兆欧表的结构
- 2、兆欧表测量前的检查
- 3、用兆欧表测量电机线组对机壳的绝缘电阻
- 4、用转速表测量电机的转速

十一、扣分标准

序号	扣分项目	扣分数
1	测量前摇表没有进行开路和短路检查	5
2	测量线路或负荷绝缘电阻, 没切断电源	15
3	读数不准确	10
4	口述不会或回答不完整	3—5
5	不会使用转速表	5

第四节 接地电阻表

一、接地电阻表的结构

接地电阻表由检流计、手摇发电机、电流互感器、调节电位器组成。

二、接地电阻表的原理

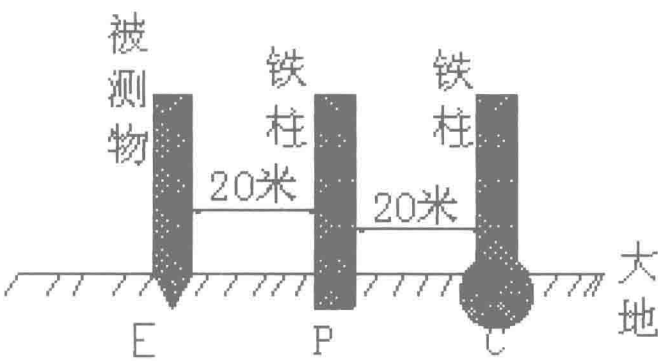
当手摇发电机的摇把以每分钟 120 转的速度转动时，便产生 90—98 周/秒的交流电流，电流经电流互感器一次绕组，接地极、大地和探测针后回到发电机，电流互感器便产生二次电流，检流计指针偏转，借助调节电位器使检流计达到平衡。

三、接地电阻表的功用

此表又称接地摇表，它电一种专门用于直接测量各种电气及避雷接地装置的接地电阻大小的仪器。

四、接地电阻表的使用

- 1、 将接地极与被保护的电气设备断开。
- 2、 将被测接地极 E、电位探测针 P 和电流探测针 C 依直线彼此 20m 排列，且电位探测针 P 插于接地极 E 和电流探测针之间。
- 3、 用导线将 E、P 和 C 接于仪表相应的端钮，如图：



- 4、 将接地电阻表水平稳定放置，检查检流计指针是否指在中心线上，否则将其调整指于中心线。
- 5、 将倍率标度置于最大倍数，然后每分钟 120 转左右，同时调测量标度盘，使指针指于中心线上。
- 6、 如测量标度盘的读数小于 1 时，应将倍率标度置于较小标度倍数，再重新调整测量标度盘，以得到正确读数。
- 7、 用测量标度盘的读数乘以倍率标度盘的倍数即为所测的接地电阻值。

五、扣分标准

序号	扣分标准	扣分数
1	不会正确接线，不会使用仪表	15

2	测量前，没有调整指针对着黑线	15
3	读数不准确	10
4	口述题不会或回答不完整	3--5

六、接地电阻表要掌握的内容

- 1、接地电阻表的结构和原理
- 2、正确接线
- 3、模拟测量地极的接地电阻

第五节 功率表

一、功率表的功用

是一种直接测量功率的仪器。

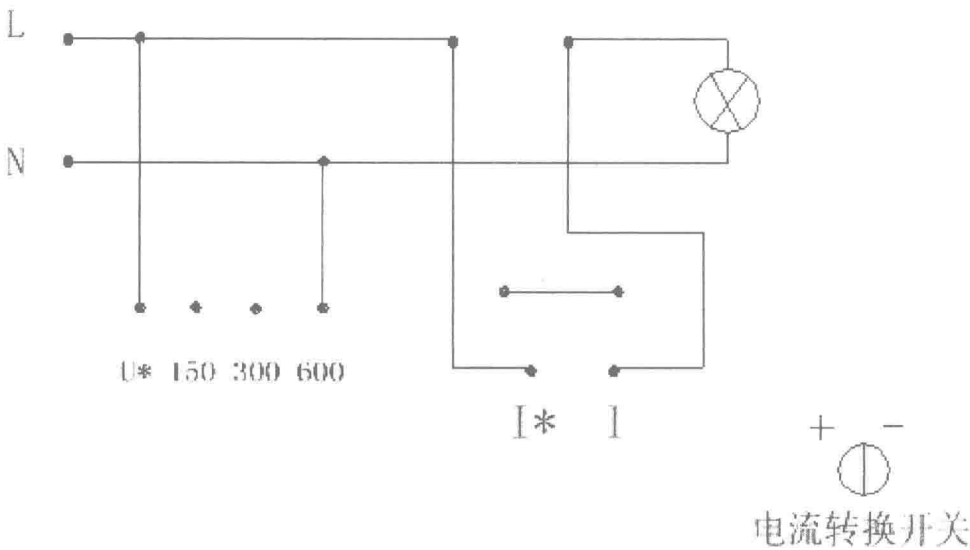
二、功率表的结构

- 1、表头
- 2、电压线圈
- 3、电流线圈

三、单相功率表的使用

1、 正确接线

根据被测负荷的电源电压选择适当的电压量程以及被电流选择电流线圈是串联或并联。如下图接线：



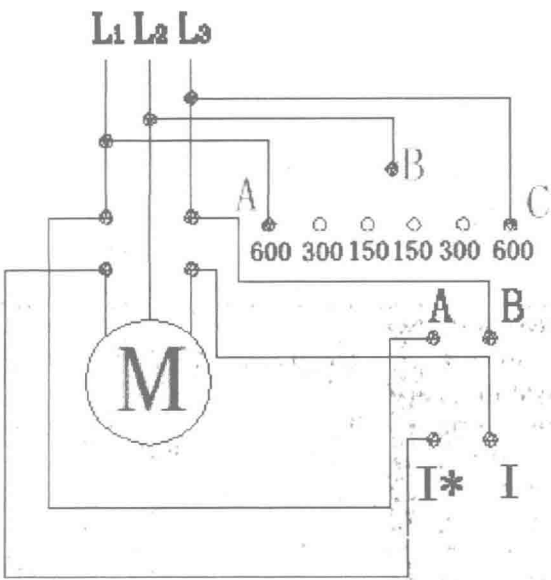
2、 读出数值

每格=300*5/150=10W
实际数值=每格代表的功率*指针指示的格数

四、三相功率表

1、正确接线

根据被测设备的电压和电流选择适当的量程如下图接线：



2、读出数值

每格=600*10/150=40W

实际数值=每格代表的数值乘以指针指示的格数

五、扣分标准

序号	扣分内容	扣分标准
1	不会正确接线	15
2	读数不准确	10
3	口述不会或回答不完整	3--5

六、功率表要掌握的内容

- 1、 接线正确
- 2、 正确选择电表量程
- 3、 正确测量及计算

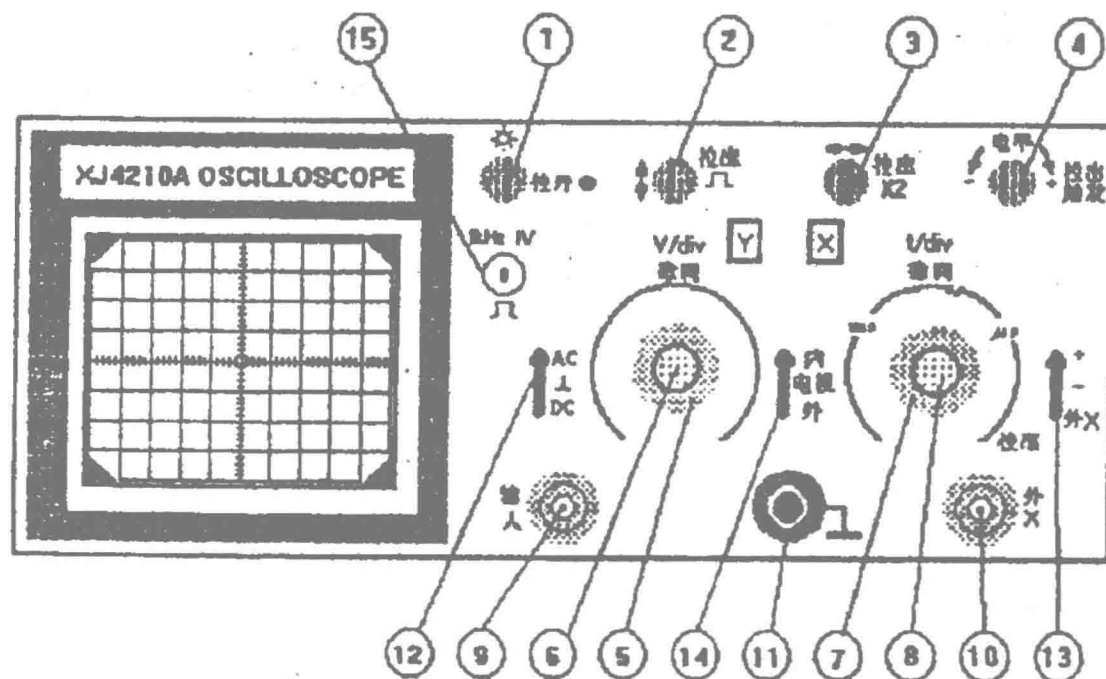
第二部分 电子技术

第一节 常用电子仪表的使用

一、示波器的使用

示波器是一种用途广泛的测量仪器,用它可以直接观察电信号的波形,与其它仪器配合,可以测量电压的大小和频率、相位差、电流、电功率等。一切可转化为电压的电学量和非电学量,都可以用示波器来观察和测量。

(一)、XJ4210 型通用示波器的旋钮布置面板如图 2—1 所示。各种旋钮的作用如下:



1、电源开关和辉度调节旋钮。拉出旋钮,即接通电源,指示灯显红光。顺时针转动旋钮,则辉度增加。

2、垂直移位旋钮。使光点或图形上下移动。拉出旋钮时则有标准信号加到输出端 15,供校准用。

3、水平移位旋钮。使波形左右移动,拉出时水平放大器增益为原来的两倍。

4、调节触发信号触发点相应电平值。

5、垂直输入灵敏度步进式选择开关 (V/div)。可把 Y 轴输入信号按倍率调整。

6、垂直输入信号增益微调旋钮 (与 5 共轴),可以连续调节 Y 轴输入信号的幅值。当“微调”旋钮位于校准位置时,5 所对应的值有效。

7、时基扫描速度步进式选择开关 (t/div)。可以根据被测信号频率的高低选择适当的档级。

8、时基扫描速度微调旋钮 (与 7 共轴)。当 8 旋到校准位置时,“t/div”值即为该档对应的时间灵敏度 (T)。

9、Y 轴信号输入插座,并配有衰减系数为 10:1 的衰减探极。

10、X 轴信号 (或外触发信号) 输入插座。

11、接地端子。

12、Y 轴信号输入耦合方式转换开关。耦合方式分“DC”、“ $\perp$ ”、“AC”三种,“DC”输入端处于直流耦合状态,“AC”输入端处于交流耦合状态,它隔断被测信号中的直流分量。

而合在“⊥”，则便于确定输入端为零电位时光迹在荧屏上的基准位置。

13、触发信号极性开关。当置于“外 X”时，则把 X 轴插座的信号输送到水平偏转偏转板上。

14、触发信号源开关。置“内”时，信号取自垂直放大信号；置“外”时，信号取自 X 外触发信号。

15、校准信号（1KHz，1V）输出端（符号标志 II）。

XJ4210 型示波器的聚焦和辅助聚焦旋钮放在机后板。使用示波器时辉度不宜太大，也不宜经常反复开关电源，否则将会缩短示波管寿命。

(二)、实操步骤

1、熟悉仪器面板各旋钮的作用

(1) 把示波器旋钮 1 顺时针旋足，把 2、3 两旋钮置中间位置，把选择开关旋至 0.5V/div 位置；选择开关 7 置于“1ms”处。把 13 拨向“+”，然后拉出 1，便接通了电源，指示灯亮。预热一会儿，荧屏将显现一横线，调节旋钮 1、2、3，使该扫描线位于屏中部，且亮度适中，既能看清又不太亮。此时，若把拨动开关 13 拨向“外 X”，则屏上只出现一亮光点（请思考其原因）。

注意：不能让亮点停留一处的时间过长，否则容易使示波管屏上的荧光物质老化。

(2) 把示波器的开关 14、12 分别拨向“内”及“AC”，并把“t/div”旋至“0.5ms/div”。然后把“低频信号源”调至 500Hz，接通“低频信号源”电源。将示波器 Y 轴输入“衰减探极”与信号源的“低频输出端”连接（其接地端与示波器探极的屏蔽线相接）。

(3) 此时荧屏将出现正弦波形。分别旋转信号源的“输出衰减”、“输出细调”旋钮和示波器旋钮 5、6，观察荧屏上波形的幅值如何随之而变化。

再使示波器的 7、8 作正、反向转动，观察屏上出现波的数目如何变化。如果把开关 13 打向“外 X”，又如何？试说明其原因。

2、测量“某信号源”输出信号电压的峰——峰值 V_{p-p} 频率 f_y 。可分下面两步进行：

- (1) 校准示波器的“Y 轴”和“时间轴”灵敏度。
- 校准步骤如下：
- ① 把 Y 轴输入探极接在示波器的 15 标准信号输出装置上，拉出旋钮 2，荧光屏上将出现一方波。
- ② 把示波器旋钮 6 和 8 即 V/div 微调 and t/div 微调顺时针旋足到“校准”位置上。
- ③ 把旋钮 5 和 7 分别调至“0.2V/div”和“1 ms/div”位置，此时，如果方波垂直幅值有 5 格，水平轴 10 格内显示 10 个完整的波形，如图 5-15 所示，则说明刻度准确。

因为标准信号电压 $V_{p-p}=1$ 伏，屏上显示 5 格，即每格对应的电压值为 0.2 伏，与刻度（0.2 V/div）相符。又因标准信号频率 $f_s=1\text{KHz}$ ，其周期 $t_s=1/f_s=1(\text{ms})$ ，屏上 10 格显示 10 个完整波形，表示时间轴 10 个分格对应的时间 $T_x=10t_s=10(\text{ms})$ ，故每格代表 1 毫秒，与刻度（1ms/div）相符。

- (2) 测量：
- ① 把探极接回到信号源的输出端，调信号源的“输出调”使输出信号较强。
- ② 调节示波器旋钮 5 和 7，使荧屏上出现（1-2）个稳定的波形，其正峰至负峰间占 Y 轴的分格 H 尽可能多（但 $H < 8$ ），这样可以减少读数误差，如图 5-17 所示，从而可得待测电压峰——峰值为：

$$V_{p-p}=H \cdot S \quad (\text{V}) \dots\dots\dots (1)$$

如果这时信号的一个完整波形在水平轴上占据 L 格,对应旋钮 7 所示的刻度为 T(ms/div),则可知待测信号的周期 Ty 为:

$$T_y = T * L(ms).....(2)$$

频率为:

$$f_y = 1/T_y(kHz).....(3)$$

这种测量方法称为比较法，把上述有关数据记录于表 2-1 中

③改变被信号的频率，并同时改变信号的幅值，重复步骤（2），再测出其有关数值，记于表 2-1。

表 2-1 比较法测信号波形电压及频率的数据记录表

f(Hz)	U(V)	电压测量				频率测量			
		S V/div	H div	Vp-p V	$\frac{Vp-p}{2\sqrt{2}}$	T ms/div	L div	Ty ms	Fy kHz
500	0.5								
1000	1								
20000	2								

二、晶体管毫伏表

使用方法:

1、说明

- (1) 该仪器的电源电压为 220V±22V。
- (2) 被测电压应为纯正的正弦波，若电压波形有过大的失真可引起读数不准。
- (3) 测量前，将电压表放置适当的档级，以免过载太大烧坏晶体管。
- (4) 测量精度以电压表表面垂直放置测试台为准。
- (5) 所测交流电压中的直流分量不得大于 300 伏。
- (6) 用本电压表测量市电，相线接输入端，中线接地，不应接反，测量 36V 以上，注意机壳带电。
- (7) 在 1mV 高灵敏度档级时，零位少许（一小格之内）上升正常，不影响测量使用。

2、交流电压的测量

- (1) 仪器在接通电源之前，先观察指针是否在零位上，如果不在零位上应调到零位。
- (2) 将量程开关预置于 300V 档。
- (3) 接通电源，数秒钟内有所摆动，然后稳定。
- (4) 将被测量信号输入，将量程开关逆时针转动，便可按档级及表针的位置读出被测电压值。

三、信号发生器

使用方法

DX--22 信号发生器的使用方法比较简单，只需注意频率选择和输出调整即可。

1、频率的选择

根据所使用的频率，可把面板上左下方波开关转向相应挡位，然后再用面板上边的三个

频率旋钮，按照十进制原则细调到所需频率。

2、输出调整

仪器的正弦波信号由面板右下方两个接线柱上输出，适当调节面板下方输出衰减、波段和输出细调电位器，便可从输出端得到所需的电压。输出电压在 1---6V 范围内由本机电压表指示。如需小信号，可用粗调衰减器进行适当的衰减，这时的实际输出为该机电压表指示值。

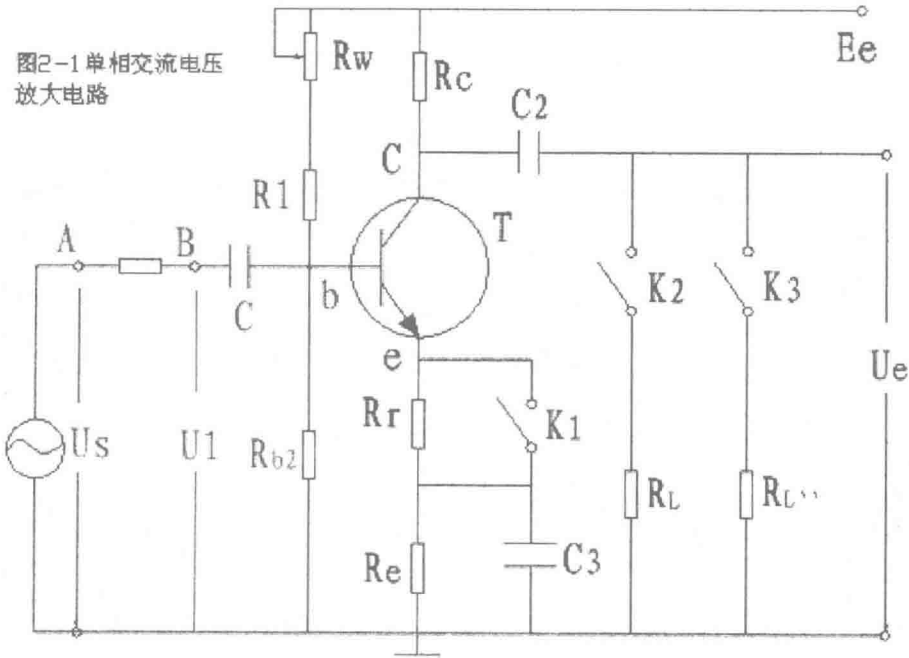
衰减 dB 数	电压衰减的倍数
10	3. 16
20	10
30	31. 6
40	100
50	316
60	1000
70	3160
80	10000
90	3160

第二节 电子技术测量

一、交流电压放大电路的测量

1、实操目的

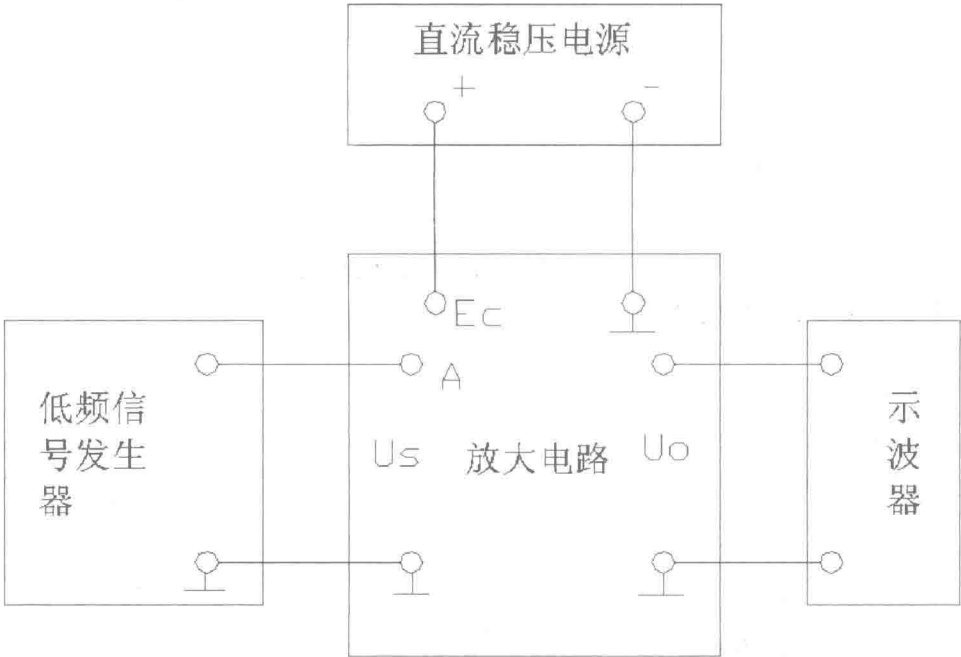
- (1) 理解单管交流电压放大电路的工作原理。
- (2) 掌握放大电路静态工作点的调整技术。
- (3) 掌握交流电压放大电路电压放大倍数的测量技术。
- (4) 理解反馈在放大电路中的作用。



2、实操内容

(1) 静态工作点的调整。

- ① 把直流稳压电源输出电压调到 $E_c=12$ 伏；低频信号发生器的输出电压小于 10 毫伏，频率为 1 千赫兹。
- ② 接通 K2，使负载电阻 R_L 为 $2.7K\Omega$ 。
- ③ 接通 K1，使反馈电阻 R_f 被短接。
- ④ 用示波器监视输出电压 U_o 。
- ⑤ 按下图接线，接通放大电路，逐步增大输入电压 U_i ，注意观察示波器荧光屏上的波形，当发现 U_o 的波形开始失真时，调节电位器 R_w ，改变静态工作点 Q 的位置，使输出恢复正弦波形，然后再加大 U_i 使波形再次失真，又调节 R_w ；-----如此反复多次，直到输出波形无失真且幅值最大为止，此时放大器已调到最佳工作点。



- ⑥ 撤去低频信号源，将放大器输入端短路（电路中 B 点与地短接），用万用表测量三极管各电极对地的电压值 U_b 、 U_c 、 U_e ，把它记录于表 2---2 内，则静态最佳工作点为

$$U_{ce}=U_c-U_e----- (1)$$

$$I_c \approx I_e=U_e/R_e----- (2)$$

表 2---2

U_c (伏)	U_e (伏)	U_b (伏)	U_{ce} (伏)	U_{be} (伏)	I_c (毫安)