

电工 原理 实验

常向荣 庞大勇

天津教育出版社

电工原理实验

常向荣 庞大勇 编

天津教育出版社

(津)新登字 006 号

电 工 原 理 实 验

常向荣 庞大勇 编

*

天津市教育出版社出版发行

(天津市湖北路 27 号)

天津市宁河县印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开 5.25 印张 2 插页 132 千字

1992 年 1 月第 1 版

1992 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—3000

ISBN 7-5309-1406-5

TM · 1 定价:4.80 元

说 明

电工实验是电工基础和电工学课程教学中一个重要的组成部分。通过实验,学生可以获得必要的感性认识,进一步巩固所学电工理论知识;通过实验,学习基本电路的联接方法和常用电气设备及电工仪表的使用方法,培养从事科学实验的技能、技巧,提高学生分析问题和解决问题的能力。

完成电工实验的首要条件是必须具备实验用的电源、电路元件、电工测量仪器仪表、电路控制保护装置和联接导线及实验用桌等设备。目前,国内各类学校电工实验设备大都是分体的,也有部分学校根据教学需要自制了各种形式的实验台或实验箱。由于加工批量少,受自身加工能力的限制,加工工艺粗糙,功能不全,满足不了实验要求,也容易发生人身及设备事故。我们根据多年从事电工实验教学的经验,吸取国外同类实验设备的优点,与校办工厂合作研制并生产了“TS—B型通用电工实验台”。

该实验台集多种实验电源、实验用电路元件单元板、实验用测量仪表、实验保护电路及实验用桌于一体,结构新颖、美观大方。实验屏采用铝型材滑道结构,实验单元板在滑道中移动方便、互换性强。电源箱上电源配备齐全(单、三相电源、单相可调电源,直流可调电源,脉冲信号源和正弦波信号源)并带有短路、过载、漏电等保护装置。线路连接采用自锁紧累接插头座,确保电路联接的可靠性。是各类高、中等学校电工实验理想的教学设备。该实验台已在世界银行贷款职业技术教育项目招标中为中标产品(TCBW—903010)。

为了各类学校使用本实验台方便,我们编写了与本实验台相

配套的实验指导书。书中除介绍了二十六个基本电工实验的实验目的、实验原理及实验方法和步骤等内容,还简略介绍了实验台的功能和结构。因 TS—B 型通用电工实验台和本指导书全部采用了新颁布的电路图符标准,现行教材中还没有来得及修改,故在指导书中将在实验中涉及到的电路及电器图形符号的新旧标准以列表的方式给出,以便于师生对照使用。

对书中所介绍的实验内容,各学校可根据自己的需要取舍,也可根据需要组合新的实验。对于指导书中各实验给出的数据,仅供实验时参考。

由于我们水平有限,指导书中定有差错与不足之处,望各院校师生批评指导。

编 者

1991 年 11 月

目 录

电工实验概述	(1)
实验一 电工测量仪表的使用	(7)
实验二 线性与非线性元件伏安特性的测定	(20)
实验三 直流电路中电位及其与电压关系的研究	(25)
实验四 基尔霍夫定律的验证	(29)
实验五 迭加原理与互易定理的验证	(33)
实验六 戴维南定理和诺顿定理实验	(36)
实验七 电压源与电流源的等效变换	(41)
实验八 受控源特性的研究	(47)
实验九 一阶电路实验	(54)
实验十 二阶电路的过渡过程实验	(58)
实验十一 研究 LC 元件在直流电路和交流电路中的特性 实验	(62)
实验十二 交流电路参数的测定	(67)
实验十三 正弦交流电路中 RLC 的特性实验	(71)
实验十四 RL 和 RC 串联电路实验	(76)
实验十五 串联谐振电路实验	(81)
实验十六 改善功率因数实验	(86)
实验十七 互感电路实验	(91)
实验十八 三相电路及功率的测量	(96)
实验十九 R—C 选频网络实验	(103)
实验二十 无源二端口网络实验	(107)
实验二十一 单相变压器实验	(112)

实验二十二	三相异步电动机的使用和起动·····	(118)
实验二十三	异步电动机继电——接触控制的基本电路实 验·····	(126)
实验二十四	三相异步电动机 Y— Δ 起动控制实验·····	(134)
实验二十五	三相异步电动机顺序控制实验·····	(140)
实验二十六	三相异步电动机能耗制动控制实验·····	(144)
附录 I	常用电气图形新旧符号对照表·····	(148)
附录 II	TS—B 型通用电工实验台功能及结构介绍 ·····	(151)

电工实验概述

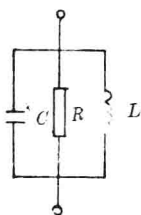
一、实验前的准备工作

1. 认真预习实验指导书及教材中的有关部分,通过预习,充分了解本次实验的目的、原理、步骤和仪器的使用方法,并将实验目的、基本原理、实验电路、实验数据填写的表格写画在实验报告上。

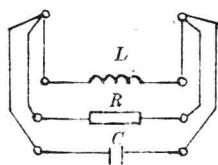
2. 进入实验室后,要熟悉 TS—B 型通用电工实验台的结构及电源配备情况,选中本实验所用电源及接通电源时各开关动作顺序。按指导书所列仪器清单,挑选所用实验电路板及测量仪表单元板并将它们安放在实验框架便于接线的位置上;检查所用其他仪器设备是否齐全和符合实验要求。

二、根据实验电路图,联接实验电路

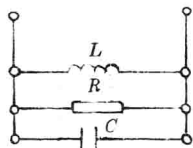
1. 导线的长短和两端接头种类的选择要合适,联接导线应尽可能少用,并力求简捷、清楚,尽量避免导线间的交叉。接头要插紧,每个接线柱上最好不要多于二个插头。图 0—1 画出了实验电路图及两种不同的接线方法,显然图 0—1(c)接线方法较好。



(a) 电路图



(b) 布线不好



(c) 布线较好

图 0—1 两种接线方式的比较

2. 一般应先接串联电路,后接并联回路;或先接主电路,后接辅助电路,最后接通电源电路。

3. 任何负载应先经过开关和保险才能和电源联接,并根据负载电流的大小选择保险丝。

4. 线路接好后,先由同组同学做好复查工作,再经教师检查,方可接通电源。

5. 实验过程中,如需改变接线,必须先切断电源,待改完线路并再次进行检查后,方可接通电源继续进行实验。

6. 为避免电路过渡冲击电流表和功率表电流线圈而损坏仪表,一般电流表和功率表电流线圈并不接死在电路中,而是通过电流测量插口来代替它。这样既可以保护仪表不受意外损坏,并且可以提高仪表的利用率。电流测量的插口是专门为电流表方便地串入电路而设计的。插口两极是用弹性铜片制成,平时两极是闭合的;测量插头是由互相绝缘的双面复铜板制成,焊接在两面的二根引线接电流表。当将电流表插头插入插口时,插头的绝缘层将电路切断,又通过电流表将电路接通,从而达到测量电路电流的目的。当将插头拔出插口时,电路又自动闭合。测量原理如图 0—2 所示。

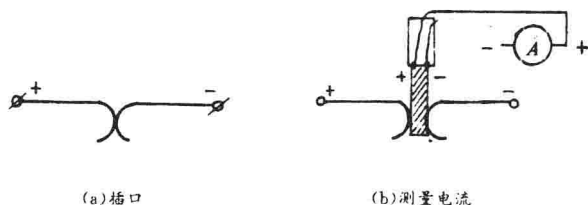


图 0-2 电流测量插口

三、数据的观测与记录

观测并记录实验中的现象和数据是实验过程中最主要的步

步骤,必须认真仔细地进行。

1. 测量数据前的试做检查

为保证实验结果的正确,接通电路以后,不要忙于马上测量数据,而要先大致试做一遍,主要观察各被测量的变化情况和出现的现象是否与理论预料结果相符,如果出现非正常情况,应及时找出原因进行处理。试做过程还可以发现仪表种类的量程选择是否合适,设备的放置及操作是否方便等。若有问题都应在正式实验之前解决。

2. 数据的测量与记录。

试做无问题就可以读取数据,如果要测某一变化曲线,测量点的数目和间隔应选得合适。被测量的最大值或最小值相应的点一定要测出;在变化曲线的较弯曲处,测量点应选得密一些,变化曲线较平滑处,测量点可取得稀一些。测量点要分布在所研究的整个范围内,不要仅局限于某一小部分。测量点的选择,在试做时就要给予考虑。图 0—3 是合理选择测量点的一个例子。

利用指针式仪表测量数据时,目光应正对仪表(对有反射镜的仪表,在看到指针与它在镜中的影像重合时方可读数)。一般指针式仪表可读出三位有效数字,末位数字根据指针在小格中的位置来估计。

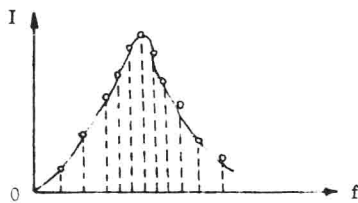


图 0—3 测量点的选择

实验数据应记在事先列好的数据表格中,一定要注明被测量的名称、单位。保持定值的量可单独记录。

四、安全用电

1. 实验中应严肃、认真、细心地进行测试,因电压一般在 220 ~ 380 伏左右,所以不得用手触及未经绝缘的电源或电路中的裸露部分。在接线、拆线和改接线路时均应切断电源。

2. 闭合或断开闸刀开关时应迅速果断,同时用目光监视仪表和电机设备有无异常现象。例如,有无指针反偏或超量程现象;有无发热、冒烟、电机转速过高现象。如果有这些现象应立即切断电源,停止实验,并进行检查。

3. 电源接通后,应培养单手操作习惯,能用单手操作的尽量不用双手操作,以防双手触及线电压电路。

4. 万一出现某种事故,应迅速切断电源。本实验台上有一桔红色“急停”按钮,按下此钮将会迅速切断电源(在正常情况下不要随便动此钮,以影响实验的正常进行)。

五、实验总结与报告

1. 实验后,应先核对实验数据是否齐全、合理,并经教师审核,以便在电路拆除前有核对和重新测量的机会。拆除线路前应首先切断所有电源,然后逐一拆除线路,并将仪器、工具、导线放置整齐。

2. 实验报告的内容应包括:

(1)实验目的与要求。

(2)实验原理(主要画出实验电路及写出计算公式)。

(3)整理实验数据,计算实验结果及绘制特性曲线。实验曲线应绘制在坐标纸上,并标明坐标所代表的物理量、单位。绘制曲线时,应用光滑细线条连接,不用曲折线连接,不要强求曲线通过所有实验数据点。图 0—4 给出了二种绘制实验曲线的方法,其中图 0—4(a)的绘制方法是正确的。

(4)回答实验指导书中提出的问题;总结实验中的心得体会和对实验的改进意见。

3. 实验报告与上述要求相差较大时,指导教师可退还学生,并指定学生重做。实验报告应在做下一个实验前交给指导教师批阅,逾期不交者应停止参加下一个实验。

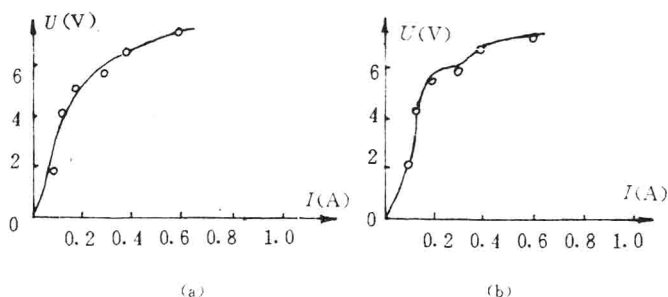


图 0-4 实验曲线的绘制

六、关于有效数字及实验数据的运算处理

在许多情况下,测量仪表的指示位置不一定恰好与表盘刻度线相符合,这就需要用估计法来读取最后一位数,这个估计出来的数字称为存疑数字(或欠准数字),超过一位存疑数字的估计是没有意义的。存疑数字前面的几位数字称为可靠数字。可靠数字加上末位的存疑数字称为有效数字。在记录有效数字时应注意以下几点:

1. 有效数字的位数与小数点无关。例如 1326 与 13.26 都是四位有效数字。

2. “0”在数字之间或数字之末,均算作有效数字,在数字之前不算作有效数字。例如 1.05、4.50 都是三位有效数字,而 0.45、0.015 只是二位有效数字。还要注意 3.5 和 3.50 的意义是不同的,前者中的“3”是可靠数字,“5”是存疑数字;后者“3”和“5”均是可靠数字,“0”是存疑数字。故 3.50 中的“0”是不能省略的。

3. 对于较大的数,有效数字的记法采用指数形式,以 10 的方次前面的数字代表有效数字。例如: 4.5×10^3 , 5.80×10^3 等分别为二位及三位有效数字 5.80×10^3 不能写成 5.8×10^3 。对于很小的数,例如: 0.0036 可写成 3.6×10^{-3} 。

4. 进行数字计算时 应注意只保留一位存疑数字,它后面数字完全可以省去,在去掉第二位存疑数字时要用四舍五入的方法。

例 1. $44.6 + 3.67 = ?$

式中第一个数的“6”是存疑数字,第二个数的“7”是存疑数字(在数字下面加一横表示),做加法时有

$$\begin{array}{r} 44.\underline{6} \\ \times 3.\underline{6}\underline{7} \\ \hline 48.\underline{2}\underline{7} \end{array}$$

因为 44.6 中的“6”是存疑数字,所以“6”加“6”进位后的“2”也一定是存疑的,而它后面的“7”更是存疑数了。舍去第二位存疑数字时,按四舍五入的原则,“7”应进上一位,故

$$44.6 + 3.67 = 48.3。$$

例 2. $12.36 \times 1.35 = ?$

$$\begin{array}{r} 12.36 \\ \times 1.\underline{3}\underline{5} \\ \hline \underline{6}\underline{1}\underline{8}\underline{0} \\ 370\underline{8} \\ \hline 1236 \\ \hline 16.6860 \end{array}$$

式中存疑数字有四位,应只保留一位,去掉第二位存疑数字“8”时,应进上一位 故

$$12.36 \times 1.35 = 16.7。$$

一般说来,几个数相乘或相除时,最后结果的有效数字位数与几个数中有效数字位数最少的那个数相同。

实验一 电工测量仪表的使用

一、实验目的

电工测量仪表的正确使用是完成全部电工实验的基础,本实验的目的在于:

1. 学习常用机电式电工仪表的工作原理及分类。
2. 掌握使用常用电工仪表测量电流、电压、功率及电阻的基本方法。

二、实验说明

在生产斗争和科学实验中,为保证生产过程的顺利进行和用电设备的正常工作,常常需要对各种电磁量进行测量,确定它们的数值,以便更好地对它们进行控制和研究它们之间的内在联系。电工测量就是应用电磁现象的基本规律对电压、电流、电阻和电功率等电磁量进行的测量,测量所使用的工具就是电工仪表。由于电工测量有很多突出的优点,如:测量仪表精度高,测量范围广,体积小,容易实现遥测、遥控,容易进行连续测量和自动测量等。因此,电工测量在生产和科学研究等各方面都得到广泛应用。电工测量不仅用于测量电磁量,而且也常被用于测量非电磁量。

电工仪表按测量方式不同可分为两大类:一类是直读式仪表,能直接指示被测量的大小;另一类是比较式仪表,需将被测量与标准量进行比较才能得知其大小。常用电工测量仪表以直读式机电仪表最为普遍。

机电式直读仪表通常是依据电磁相互作用原理,使仪表指针产生机械偏转而制成的。主要由电磁相互作用机构、与电磁力矩相平衡的反力矩机构、可形成阻尼力矩的阻尼装置和调零装置等部分组成。

1. 直读式机电仪表的分类和符号。

仪表的分类方法有多种,主要可从以下几个方面进行分类:

(1)按被测量的种类分,可分为电流表、电压表、功率表、频率表、相位表等(见表 1—1)

表 1—1

被测量种类	仪表名称	符 号
电 流	安培表、毫安表、微安表	$\textcircled{A}$ $\textcircled{mA}$ $\textcircled{\mu A}$
电 压	伏特表、毫伏表	$\textcircled{V}$ $\textcircled{mV}$
电 阻	欧姆表	$\textcircled{\Omega}$
电功率	功率表	$\textcircled{W}$
电 能 量	电度表	$\boxed{\text{Wh}}$
功率因数	功率因数表	$\textcircled{\cos\varphi}$
频 率	赫兹表	$\textcircled{Hz}$

(2)按作用原理分,可分为磁电式、电磁式、电动、磁电整流式等(见表 1—2)。

表 1—2

仪表型式	符 号	用 途
磁电式		直流电压、电流、电阻
电磁式		直流及工频交流电压、电流
电动式		直流及交流电压、电流、功率、功率因数
整流式		工频或较高频正弦电压、电流
铁磁电动式		工频电压、电流、功率
感应式		交流电能

(3)按仪表准确度分,可分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、4.0 等级。

在仪表的刻度盘上,除标有被测量种类符号和仪表原理型式符号外,还标有适用电流是直流还是交流、仪表耐压能力、准确度等级等符号,为正确使用本仪表提供条件。

现将仪表上常用的符号及其含义列表于 1—3。

表 1—3

表盘上符号	所代表的意义
—	适用直流
~	交 流
$\approx$ (或 3~)	三相交流
↑(或⊥)	代表垂直放置
→(或—)	代表水平放置
	代表与水平成 30° 放置
	准确度 0.5 级
 2kV	代表绝缘经 2000 伏耐压试验
	代表防外磁场等级

2. 几种常用电工仪表型式的工作原理。

(1) 磁电式仪表

磁电式仪表结构如图 1—1 所示。

它由一个固定的永久磁铁和一个带有指针及带弹簧的活动线圈所组成。当被测电流通过可动线圈时，载流线圈与永久磁铁的磁场相互作用产生转动力矩，带动指针偏转，在与其弹簧的反作用力矩达到平衡时，指针停留的位置即为被测量的指示值，指针离开平衡位置的偏转角与通过的电流

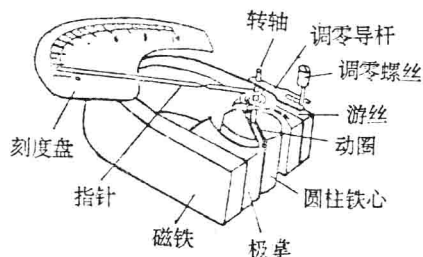


图 1—1 磁电式仪表结构原理

指针偏转，在与其弹簧的反作用力矩达到平衡时，指针停留的位置即为被测量的指示值，指针离开平衡位置的偏转角与通过的电流