

全国技工学校机械类通用教材教学辅导用书

《电工学》实验指导书

劳动部教材办公室组织编写



中国劳动出版社

技工学校机械类通用教材教学辅导用书

《电工学》实验指导书

劳动部教材办公室组织编写

中国劳动出版社

简 介

本实验指导书是根据劳动部原培训司制订的全国技工学校机械类《电工学教学大纲》的教学要求,配合《电工学》内容编写的。全书按章节顺序,由浅入深编排了 18 个实验。供技工学校、职业学校上实验课时使用。

本书由孙书琪、赵景来、宋叔霞编写,洪宝兴审稿。

图书在版编目(CIP)数据

《电工学》实验指导书/劳动部教材办公室组织编写. —北京:中国劳动出版社,1995. 12
ISBN 7-5045-1792-5

I. 电… II. 劳… III. 电工学-实验 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 18481 号

《电工学》实验指导书

劳动部教材办公室组织编写

责任编辑 张 伟

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街 1 号)

中国铁道出版社印刷厂印刷 新华书店总店北京发行所发行

1995 年 12 月第 1 版 1998 年 3 月北京第 5 次印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:3

字数:67 千字 印数:5000 册

定价:4.50 元

前 言

《电工学》是研究电磁的自然规律在工程技术上应用的一门科学,是技工学校机械类专业的一门技术基础课。学习好本课程,可以掌握必要的电工基础知识和基本操作技能,了解一般机械工业常用低压电器的主要功能和用途,获得正确使用、维护电气设备以及安全用电的基础知识。由于本课程具有较强的理论性和实践性,虽然教材中附有部分主要的典型实验,用于检验和巩固所学知识,但考虑到技工学校的教学特点,以及实验条件,我们组织有关人员在原有实验的基础上增添和细划了实验的内容,目的是使学生能够更深入、更广泛地掌握课堂教学内容,增加实验机会,增强动手能力。

本书为《电工学》教材的教学辅助用书,可供技工学校机械类专业实验课教学使用。本书由孙书琪、赵景来、宋叔霞编写,辽宁省抚顺市劳动局高级讲师洪保光同志审稿。本书在组织编写过程中得到了辽宁省劳动厅技工教研室的大力支持与协助,我们表示感谢。

由于时间比较紧促,经验不足,书中的缺点和错误在所难免,希望使用本书的同志提出意见。

劳动部教材办公室

1995年8月

目 录

《电工学》实验课目的和要求	1
实验一:万用表的使用	2
实验二:电阻的串联与并联	4
实验三:直流电源的研究	7
实验四:电路基本定律的研究	10
实验五:戴维南定理的研究	13
实验六:白炽灯和日光灯的安装	15
实验七:RL 和 RC 电路的电压与电流之间的关系	17
实验八:RLC 串联谐振	19
实验九:RLC 并联谐振	22
实验十:提高日光灯电路的功率因数	24
实验十一:三相交流电路的研究	26
实验十二:三相异步电动机绝缘电阻的测量、起动和正反转控制	29
实验十三:晶体二极管伏安特性的测量	31
实验十四:晶体三极管特性测量	33
实验十五:低频小信号电压放大器的安装和调试	35
实验十六:低频推挽功率放大器	37
实验十七:串联型稳压电源的安装	39
实验十八:变压器耦合振荡器	41

《电工学》实验课目的和要求

技工教育的一个重要内容是培养学生具有较强的实验能力和实际操作能力。实验课是帮助学生理论联系实际,验证、消化、掌握课堂讲授的基本理论,获得实验技能和增强操作能力的重要手段。因此,上好实验课是技工学校学生的一个重要环节。

一、实验课的目的

1. 通过实验课的观察与操作,验证课堂讲授知识的正确性,更牢固、更透彻的理解和掌握课堂上所学的知识。
2. 通过实验课逐步培养实事求是、严肃认真的科学态度。
3. 通过实验课逐步培养运用基本理论分析、处理问题的能力。
4. 通过实验课熟悉有关仪表及电气设备的使用方法,掌握实验方法,熟练运用实验技能,逐步培养独立工作能力。

二、实验课的要求

1. 课前预习

每次实验课前必须认真预习实验课的内容,明确实验的目的、任务,理解实验的基本原理,了解实验的内容和步骤,弄清实验所用的各种仪器仪表的使用方法及元件的额定值等参数,清楚实验中要观察哪些现象,记录哪些数据和注意哪些事项。预习不合格者,不得进行实验操作。

2. 进行实验

(1)教师在实验前应讲授实验要求及注意事项。

(2)学生到指定台位上做实验,按实验要求清点仪器设备,做好记录准备工作,搞好实验台的清洁工作。

(3)将各仪器设备及元件按接线图合理布局,再根据要求选取元件的参数和仪表的量程,按线路图接回路,先接主回路后接分支电路,先接无源部分后接有源部分,接好电路经自查无误并请教师复查同意后方能接通电源。

(4)在实验过程中,要认真操作并观察现象,仔细读数、记录和审查数据。

(5)在实验中要特别注意人身和仪器的安全,不得带电操作,改接电路时必须先切断电源。如果发生事故,要迅速切断电源,保持现场,同时报告教师,查明原因。

3. 实验报告

填写实验报告要求做到:文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、结论正确、分析合理、讨论深入。实验报告要填写以下几方面内容:

- (1)实验目的;
- (2)实验原理(简要);
- (3)实验的主要仪器及设备;
- (4)实验步骤;
- (5)实验结果的分析处理(包括结论、分析讨论、收获、疑难问题、意见等);
- (6)思考与解答。

实验一 万用表的使用

万用表是一种可供无线电、电讯仪器和电工等部门广泛应用的测量仪表。一般可测量交、直流电压,直流电流,电阻、电容、电感和音频电平,还能测量晶体管直流放大倍数等。利用万用表的特性,还能做一些其他方面的测试。

一、实验目的

1. 了解万用表的原理、结构、性能及用途;
2. 熟悉误差的概念及表示方法;
3. 掌握万用表测量直流、交流电压,以及电阻、电容的测量方法。

二、实验仪器和设备

万用表一只,干电池一只或学生电源一台,电阻 10K Ω 一只,电容器 0.01 μ F/16V、0.1 μ F/16V 各一只,交流电源。

三、实验步骤

1. 调整表头上的机械调零器,使指针准确地指示在标度尺的零位上,然后将测试棒红、黑二短杆分别插入表盖上的“+”、“-”插孔内。

2. 直流电压的测量

将万用表的选择开关旋至与待测电压相应的量限上,用测试棒跨接于被测电路正、负两端进行测量,将测得数据填入表 1-1 中,并计算误差。然后改变量程,再次测量。

表 1-1

数 据 项 目	量程	测量值	标准值	误差 = $\frac{\text{测量值} - \text{真实值}}{\text{标尺上限值} - \text{下限值}} \times 100\%$
直流电压				
交流电压				
电 阻				
电容器	0.1 μ F			
	0.01 μ F			

注:交流电压的标准值可由教师用一只精度较高的电压表测出,做为该时刻的交流电压标准值。

3. 交流电压的测量

将选择开关旋转至与之待测的交流电压相应的量限上,用测试棒跨接在电路两端进行测试,将测得数据填入表 1-1 内并计算误差。然后改换量程,再次测量。

4. 电阻的测量

将选择开关旋至与待测电阻相应的量限上,并将两个测试棒短路,使指针向满度偏转,然后调节欧姆调零器,使指针指示在“0 Ω ”刻度上(如调节欧姆调零器指针不能调至零位时,表示电池不足,需更换新电池)。将两测试棒分开后即可测量待测电阻。将测量数据填入表 1-1 内,并计算误差。然后改换量程,再次测量。

5. 电容器的测量

将选择开关旋至交流 10V 的量限上,将被测电容器串接一测试棒,然后跨接于 10V 交流电压电路中进行测量。把测得数据填入表 1-1 中,并计算误差。取另一只电容器,重复上述测试过程。

四、注意事项

1. 每次测量前必须核对选择开关是否旋在所即将测量的项目、量限上。
2. 在测试过程中不得随意旋转开关旋钮。
3. 在测试未知量时,应先将选择开关旋至最高量限的位置上,然后再选择适当的量限,以免造成仪表的损坏。
4. 为了提高测量精度,指针所指示的被测量值尽可能指示在刻度中间一段,即全刻度起始的 20%~80%弧度范围内。

五、思考题

1. 同一被测元件物理量在变换量程测量时,所测得的数据是否一致? 为什么?
2. 试分析在测量过程中误差产生的原因。

实验二 电阻的串联与并联

一、实验目的

1. 熟悉电阻的联接方式, 巩固等效电阻的概念;
2. 掌握串联电阻的分压特性及并联电阻的分流特性;
3. 进一步熟悉用万用表测量电阻、电流及电压的方法。

二、实验原理

1. 欧姆定律 $U = IR$ 。
2. 串联电阻的等效电阻(即总电阻) $R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$ 。
3. 并联电阻的等效电阻(即总电阻) $\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$ 。
4. 串联电阻中每个电阻具有分压特性是 $U_n = \frac{R_n}{R} U$, 其中 U_n 为第 n 个电阻的分压, $R_{\text{总}}$ 为串联电阻的等效电阻, R_n 为第 n 个电阻的阻值。
5. 并联电阻中每个电阻具有分流特性。并联支路电阻越小分流特性越强, 反之分流特性越弱。两个电阻并联的分流公式:

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I, \text{ 其中 } I \text{ 为并联电路的总电流, } I_1 \text{ 为流过并联支路 } R_1 \text{ 上的电流。}$$

三、实验仪器和设备

万用表一块, 电压表一只, 直流稳压电源一台或电池组一组, 电阻 3 个, 代用插销 3 只。

四、实验步骤

1. 用万用表测量电阻 R_1 、 R_2 和 R_3 的阻值, 记录并填入表 2-1 中和表 2-2 中。
2. 电阻的串联。按图 2-1 接好电路。调节直流稳压电源的输出电压 3 次(6V、4V、2V), 分别用万用表测出每次的电流和电压值, 填入表 2-1 中。
3. 电阻的并联。按图 2-2 接好电路, 步骤同 2, 将记录结果填入表 2-2 中。

表 2-1

电 阻 的 串 联

实际 测量 数据	R_1			
	R_2			
	R_3			
	U_1			
	U_2			
	U_3			
	U			

续表

实际测量数据	I_1			
	I_2			
	I_3			
	I			
计算数据	$R=U/I$			
	$U_1=IR_1$			
	$U_2=IR_2$			
	$U_3=IR_3$			

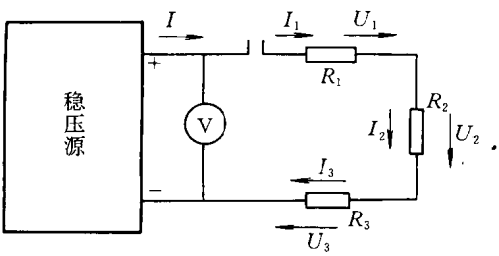


图 2-1

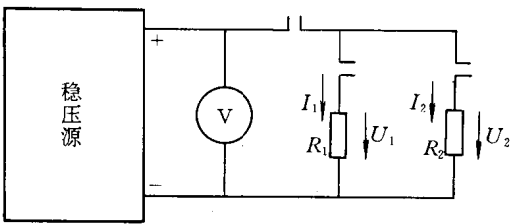


图 2-2

五、思考题

- 1. 从表 2-1 的实际测量数据和计算数据的对比中,请同学自己总结出电阻串联的基本规律有哪些?
- 2. 从表 2-2 的实测数据和计算数据的对比中,请同学自己总结出电阻并联的基本规律有哪些?

表 2-2 电 阻 的 并 联

实际测量数据	R_1			
	R_2			
	I_1			
	I_2			
	I			
	U			

续表

计算数据	$R = \frac{U}{I}$			
	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$			
	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$			
	$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$			

实验三 直流电源的研究

一、实验目的

1. 学习用补偿法测定直流电源的电动势和内阻；
2. 学会测定电源外特性的方法；
3. 分清直流电源的电动势和路端电压。

二、实验原理

1. 实际的直流电源可以看成是理想电源 E 和内阻 r 相串联的形式(见图 3-1)。如何确定直流电源的电动势 E 和内阻 r 呢? 我们知道, 直流电源的电动势 E 即电源的开路电压, 内阻 r 即从 a 、 b 两端看进去的等效电阻。如果用直流电压表直接去测量直流电源的开路电压, 由于电压表具有内阻, 因此在测量时就改变了被测电路的工作状态, 给测计结果带来了一定的误差, 这样测量的电压并不是直流电源的电动势 E (请同学考虑这是什么原因)。为减小误差, 我们采用补偿法来测量。

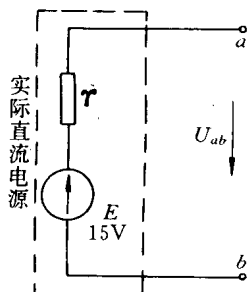


图 3-1

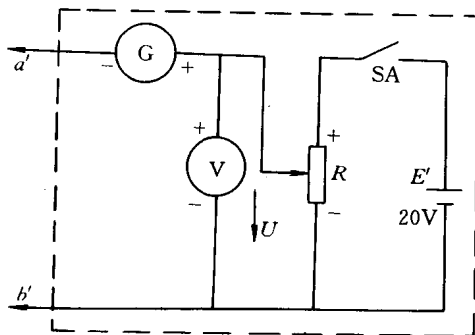


图 3-2

补偿电路如图 3-2 所示。 E' 为补偿电路的电源(可用稳压源), R 为滑线变阻器, G 为灵敏检流计, V 为电压表。补偿法实际上是个分压器电路, 在测量直流电源开路电压 U_{ab} 时, 将补偿电路的 a' 、 b' 分别与 a 、 b 相接。调节分压器电压 U , 使检流计 G 的指示为零。这时补偿电路的接入不影响被测电路的工作状态。此时, 电压表的读数就是直流电源的开路电压 $U_{ab} = E$ 。用补偿法测定 E 后, 在开路 a 、 b 间接一负载 R_{fz} , 测出负载两端电压 U_{fz} 。因为 $U_{fz} = U_{ab} \cdot \frac{R_{fz}}{r + R_{fz}}$, 所以 $r = \left(\frac{U_{ab}}{U_{fz}} - 1 \right) R_{fz}$, 用这种方法可计算出内阻 r 。

2. 全电路欧姆定律指出, 电路的总电流与电源的电动势 E 成正比, 与整个电路的总电阻成反比。

$$I = \frac{E}{R_{fz} + r}$$

r ——电源内阻；

R_{fz} ——负载。

或： $E = IR_{fz} + Ir$ ，其中电源的路端电压 $U = IR_{fz}$ ，所以 $E = U + Ir$ 或 $U = E - Ir$ 。改变负载 R_{fz} 的值测出电流 I 及路端电压 U ，即可作出电源的外特性曲线，也就是电源端电压与电流间的关系。

三、实验仪器和设备

直流被测电源一个(电池组 15V)，稳压电源一台，万用表一块，灵敏检流计一只，滑线变阻器一个，电阻箱一个，电压表一只。

四、实验步骤

1. 测量直流电源的电动势和内阻

按图 3—2 接好补偿电路。用补偿法测量直流电源的电动势 E 和内阻 r (用补偿法时注意补偿电源的电动势 E' 较被测电源的电动势要大； a 与 a' ， b 与 b' ，应是同极性电位点)。再用直接测量法测量直流电源的电动势和内阻。直测法就是直接用万用表测 a 、 b 间的电压 $U_{ab} = E$ ，再在 a 、 b 间接一负载 R_{fz} ，测出负载两端的电压 U_{fz} ，则直流电源内阻 $r = \left(\frac{E}{U_{fz}} - 1 \right) R_{fz}$ 。将两次测量结果填入表 3-1 中。

2. 测绘直流电源的外特性

按图 3-3 接好线路。改变电阻箱的阻值 R_{fz} ，记录下不同的 R_{fz} 值对应的电流和电压数值填入表 3-2 中。

表 3-1

内 容 方 法	电动势	内阻
补偿法	$E =$	$r =$
直测法	$E =$	$r =$

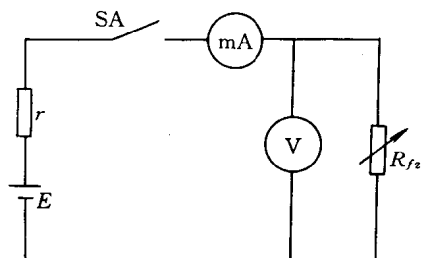


图 3-3

表 3-2

次 数 内 容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U(V)$												
$I(mA)$												

根据实验原理 2，路端电压 U 和电路总电流 I 的函数关系式 $U = E - Ir$ ，利用表 3-2 中不同 R 值下对应的电流 I 和电压 U ，用描点法画出电源外特性曲线即 $U—I$ 曲线，见图 3-4。

3. 将图 3—3 中的电压表位置移到电流表前面去测量(方法与步骤 2 相同)记录其结果。

五、注意事项

1. 电源绝不允许短路,在做外特性实验时 R_{fz} 值应从最大逐渐减少,决不许减少为零,避免短路烧坏电源。

2. 联接电路时注意仪表的极性和量程。

六、思考题

1. 用补偿法和直测法测量的电源电动势和内阻有何不同? 为什么?
2. 实验步骤 2 和 3 电压表的位置不同,测量的结果有何不同? 分析其原因。
3. 从实验中分析电源电动势和路端电压有何不同?



图 3-4 特性曲线

实验四 电路基本定律的研究

一、实验目的

1. 验证欧姆定律;
2. 验证基尔霍夫电流定律;
3. 验证基尔霍夫电压定律。

二、实验原理

1. 电路中的电流就是有规则运动着的电荷,而电荷是服从守恒定律的,电路中的电场力或非静电力只能使电荷移动,而不能将其随意制造或消灭。在直流电路中,电流、电位都是不随时间而变化的,即有一个稳定的数值。所以,在电路中的任一点,每当有一定的电量进入时,同时必有等量的电量移出。

2. 在直流电路中,任意点的电位是不随时间变化的。因此,从任意点搬运单位正电荷沿任意闭合路径回到该点时,电荷所具有的能量是不变化的即电场力和非静电力对单位正电荷所做的功的代数和等于零。

三、实验仪器和设备

直流稳压电源两台,万用表一块,毫安表(量程:0~200mA)三只,固定电阻三只(100Ω/1W,200Ω/1W,300Ω/1W)。

四、实验步骤

1. 欧姆定律的验证

按图 4-1 接好电路。调节稳压源电压值($U_1=8V, U_2=6V, U_3=4V, U_4=2V, U_5=1V$),从毫安表上读出每次通过负载 R_{fx} 的电流,将每次对应的电压与电流相除的商填入表 4-1。再用万用表测量 R_{fx} 中的阻值,和上述计算的商值比较。根据表 4-1 绘出负载 R_{fx} 伏安特性曲线,见图 4-2。

表 4-1

$U_1=8V$	$U_2=6V$	$U_3=4V$	$U_4=2V$	$U_5=1V$
$I_1=$	$I_2=$	$I_3=$	$I_4=$	$I_5=$
$\frac{U_1}{I_1}=$	$\frac{U_2}{I_2}=$	$\frac{U_3}{I_3}=$	$\frac{U_4}{I_4}=$	$\frac{U_5}{I_5}=$
$R_{fx}=$				

2. 基尔霍夫电流(电压)定律的验证

按图 4-3 接好电路,先将稳压电源的输出电压调到 11V,检查无误后接通电源。分别记下

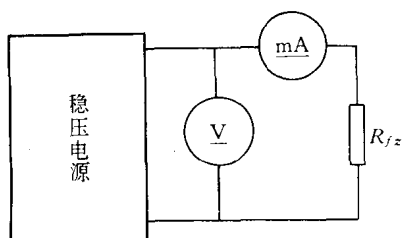


图 4-1

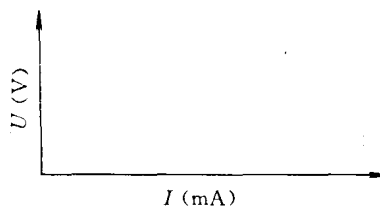


图 4-2 负载的伏安特性曲线表

三个电流表的读数和 U_{AB} 、 U_{CB} 、 U_{BD} 的数值。然后适当调整 E_1 和 E_2 的数值,再分别记下三个电流表的读数和 U_{AB} 、 U_{CB} 、 U_{BD} 的数值,并填入表 4-2 中,最后,对上述实测的数据分别按基尔霍夫第一定律和第二定律进行计算,以验证其正确性。

表 4-2

E_1 (V)	E_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{CB} (V)	U_{BD} (V)
11	11						
10	12						
12	10						

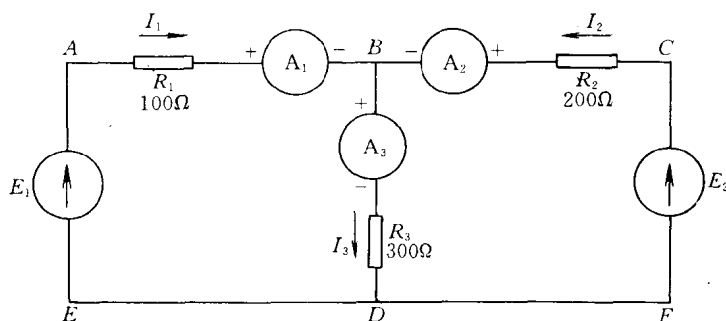


图 4-3

五、注意事项

1. 测量前注意选择仪表的量程和正负极性。
2. 表 4-2 中的电流应根据假定的正方向,在测量结果的数据前面分别标出正负号。

六、思考题

1. 以表 4-1 中的数据为根据,说明欧姆定律的正确性并叙述欧姆定律的内容,写出其数学表达式。
2. 从负载的伏安特性曲线上,你能说明什么问题?
3. 以表 4-2 中的实验数据,请同学写出节点 B 的电流方程式和闭合回路 ABDEA 的回路电压方程式,并结合实验数据叙述基尔霍夫两个定律的内容,写出数学表达式。

4. 基尔霍夫定律表达了电路的什么本质问题?
5. 不规定电流的正方向和回路绕行方向能否用基尔霍夫定律列节点方程和回路电压方程?
6. 在实验中若出现误差请分析其原因。