

电工学实验指导

丁继盛 主编

哈尔滨工业大学出版社

电 工 学 实 验 指 导

丁 继 盛 主 编

哈 尔 滨 工 业 大 学 出 版 社

电 工 学 实 验 指 导

丁继盛 主编

●
哈尔滨工业大学出版社出版
新华书店首都发行所发行
哈尔滨建筑工程学院附属印刷厂印刷
●

开本787×1092 1/16 印张8.375 字数170 000

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

印数1—2000

ISBN-7-5603-0386-2/TM·10 定价: 2.40元

前 言

本实验指导是在校内使用的《电工学实验指导书》的基础上修订编写而成的。内容包括电工技术和电子技术两大部分。此书与秦曾煌教授主编的《电工学》第四版教材配套。

为适应新的教学要求，我们调整了电路与电机的实验内容，充实了电子技术实验内容，增加了具有知识性和实用性的新实验与选做实验。在增强学生的实验兴趣、调动实验积极性和加强实践能力的培养等方面，做了一些新的尝试。

参加本书编写以及实验装置设计与调试的人员有丁继盛（电工学实验的目的、方法和要求、实验一至三、七至十二）、刘松霞（实验四、五）、秦桂馨（实验六）、顾宝珍（实验十三、十四及附录）、赵克（实验十五、十六）、毕淑娥（实验十七至十九）、姜三勇（实验二十至二十三）、李晓文（实验二十四、二十五）等同志，由丁继盛主编。由于时间仓促以及作者学识水平所限，本实验指导难免存在缺点和错误，请使用本书的同学和老师予以批评指正。

本实验指导在修改和编写过程中，得到了编者所在教研室和实验室的大力支持，秦曾煌教授提出了许多指导性意见并主审了全部书稿。在此，我们一并表示深切的谢意。

编 者

1991年10月

目 录

电工学实验的目的、方法和要求	(1)
----------------	-----

第一部分 电工技术

实验一 电工仪表的使用及电阻元件伏安特性的测定	(4)
实验二 叠加原理和戴维南定理	(9)
实验三 RLC串联交流电路	(13)
实验四 串联谐振和并联谐振	(17)
实验五 RC电路的频率特性	(21)
实验六 RC电路的暂态过程	(28)
实验七 三相电路	(34)
实验八 变压器	(37)
实验九 三相鼠笼式电动机的直接起动控制及顺序控制线路	(42)
实验十 三相鼠笼式电动机的正反转控制线路	(46)
实验十一 鼠笼式电动机的Y- Δ 起动控制线路	(49)
实验十二 并励直流电动机	(51)

第二部分 电子技术

实验十三 电子仪器的使用及单管交流放大电路的测试	(56)
实验十四 阻容耦合放大电路	(60)
实验十五 集成运算放大器的线性运用	(63)
实验十六 集成运算放大器的非线性运用	(69)
实验十七 互补对称功率放大电路	(73)
实验十八 与非门及组合逻辑电路	(78)
实验十九 组合逻辑电路的应用	(81)
实验二十 触发器	(86)
实验二十一 触发器的应用	(89)
实验二十二 中规模计数译码及显示电路	(93)
实验二十三 555定时器的应用	(99)
实验二十四 整流电路与直流稳压电源	(103)
实验二十五 晶闸管及其整流电路	(108)

附录 实验仪器与设备的使用说明

一、电流插座和插头	(113)
二、瓦特计	(113)
三、MF-30型万用表	(114)
四、GD-168型数字万用表	(115)

五、DA-16型晶体管毫伏表	(116)
六、YB-1631型功率函数发生器.....	(117)
七、直流稳压稳流电源.....	(118)
八、YB4322型双踪示波器	(120)
九、BS303-2型逻辑教学仪.....	(124)

电工学实验的目的、方法和要求

一、实验目的

1. 通过实验巩固并加深理解《电工学》课程的基本理论，培养用理论知识分析与解决实际问题的能力。
2. 通过实验训练以下几方面的基本技能：
 - (1) 能正确使用常用的电工仪表、电子仪器及常用的电机、电器等设备。
 - (2) 能正确选用熔断器、导线、常用仪表和电子器件等。
 - (3) 能阅读简单的电气设备原理电路图。
 - (4) 能按预定要求独立安排和操作较简单的电工实验。
 - (5) 能准确地读取数据，测绘波形和曲线，分析实验结果，编写出整洁的实验报告。
 - (6) 掌握一般的安全用电常识，遵守操作规程。
3. 通过实验培养严肃认真的实验习惯和严谨的科学工作作风，树立辩证唯物主义观点。

二、实验的预习

每次实验前，应充分预习准备，复习理论，并认真阅读实验指导。否则，实验的进行将事倍功半，而且有损坏仪器和发生人身事故的危险。为了确保达到预习要求，每次实验前，教师将对学生口头或书面检查。凡没有达到预习要求的学生，均不得参加本次实验。

预习的主要要求是：

1. 明确实验的内容，掌握与实验有关的基本理论，了解实验仪器和设备的使用方法，知道实验的操作程序以及注意事项等。
2. 简要写出实验的预习报告。内容包括：实验内容、实验电路、实验仪器、实验步骤、计算公式、数据记录表、注意事项以及对本次实验存在的疑问等。

三、实验的进行

良好的工作方法和正确的操作程序是实验顺利进行的有效保证。为此，可参照下列程序进行实验：

1. 按实验指导清点仪器设备，了解其使用方法。检查仪表的测量装置是否在应有

的位置(例如零位),否则,应加以调整,以免产生测量误差。

2. 实验台要合理布局,仪器设备的摆放位置既要整齐美观、易于接线,又要便于观察操作和读取数据。

3. 联接电路是实验的重要工作,有它的规律性和技巧:

(1) 根据电路的结构特点,采取合理的接线步骤。一般按“先串联后并联”,“先接主电路后接辅助电路”的顺序进行,以避免遗漏和重复。以实验一中图 1-2 所示电路的接线为例:先从电源的正端出发,经过毫安计、负载电阻,回到电源的负端,形成一个串联的闭合回路(主电路);然后再联接伏特计这个并联电路(辅助电路)。检查电路时,也应按这样的顺序进行。

(2) 电路的走线位置要合理,导线的粗细长短要合适,接线柱要接触良好并避免联接三根以上导线(可将其中的导线分散到同电位的其它接线柱上)。

(3) 接线完毕,养成自查的习惯。无误,再请指导教师复查,经同意方可接通电源。

4. 实验操作,观察现象,测量数据:

(1) 电路接通后,不要急于测量数据。首先应将实验过程完整操作一遍,概略地观察全部现象以及各仪表的读数变化范围。然后开始逐项实验,有选择地读取几组数据(为便于检验和临时计算,实验时应带计算器)。

(2) 测量某一组数据时,应尽可能在同一瞬间读取各仪表的读数,以免由于其中某一数据可能发生变化而引起误差。数据的记录要清楚完整,力求表格化。

(3) 如果需要绘制曲线,则至少要读取 5 组数据,而且在曲线的弯曲部分应多读几组数据,这样得出的曲线就比较平滑准确。

(4) 测得的数据经自审无误,送指导教师复核,同意后方可拆掉电路。以免因数据错误,还需重新接线,花费不必要的时间。

5. 实验结束后,做好仪器设备和导线的整理以及环境的清洁工作,即可离开实验室。

四、安全及注意事项

实践证明,人体触电时,通过的电流为 50mA 就有生命危险,通过 100mA 则能致人于死地。电工学实验经常使用 220V 和 380V 电源,实验中如有不慎,就可能发生触电和损坏仪器设备的严重事故。因此,在实验中一定不要麻痹大意,必须严格遵守安全操作规程。

1. 人身安全方面

(1) 不准擅自接通电源,不允许人体触及带电部位。严格遵守“先接线后通电”,“先断电后拆线”的操作顺序。

(2) 接通电源或起动电机时,应先告知全组的人员。

(3) 电机转动时,要防止人身碰到电机的旋转部分,佩戴的围巾及女同学的长辫

子当心不要被电机转轴绞住。

(4) 电源切断后电机尚在旋转时,不要用手或脚去制动电机。

2. 设备安全方面

(1) 爱护国家财产,移动仪器时要轻拿轻放。

(2) 使用电子仪器时应先阅读仪器说明书(或实验指导),熟悉使用方法,了解各旋钮的作用。使用仪表时应选择适当量程。使用电机与电器设备时应符合它们铭牌上规定的额定值。

(3) 不要粗心地将电流表当作电压表测量电压,或将万用表的电流挡和欧姆挡当作电压挡测量电压。

(4) 实验中随时注意有无异常现象。例如电路中电流过大、设备过热、绝缘烧焦发出异味、电机转动声音不正常,以及电源短路保险丝熔断发出响声等等。出现上述情况不要惊慌失措,致使事故扩大,而应立即拉开电源开关,报告指导教师,共同分析事故原因,尽快排除故障,继续实验。

总之,实验中应当认真细致,反应灵敏。因此,不得大声说话和嬉笑,要保持实验室应有的和谐与宁静的气氛。

五、实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,它是教师考核学生实验成绩的主要依据。实验报告要用规定的实验报告纸书写,要求语言通顺、图表清晰、分析合理、讨论深入,由课代表收齐,于下一次实验前统一交到实验室的指定地点。

实验报告的内容包括以下各项:

1. 实验名称,学生姓名(包括同组人姓名),班号和实验日期。
2. 实验目的,实验电路图,实验设备的名称、规格和铭牌数据。
3. 实验数据和计算结果(包括计算公式)。有的实验还要求绘出曲线。
4. 分析实验结果,讨论实验指导中提出的思考题,写出心得与体会。
5. 关于绘制实验曲线的说明:

(1) 曲线要用曲线板绘制在方格纸上,方格纸不小于 $8 \times 8\text{mm}$ 。

(2) 坐标轴上要标出量名(例如电压 U)、单位(例如 V 或 mV)、数值和比例尺。

(3) 比例尺的选择,应使每一格代表 1×10^n 、 2×10^n 或 5×10^n 的单位数值(其中 n 为正整数或负整数)。绘制频率特性曲线时要采用半对数坐标纸(横坐标频率取对数比例尺)。

(4) 实验测出的各个数据点应在曲线上表示出来(可用“ $\times$ ”或“ $\circ$ ”画出),由各点绘出平滑的曲线。测量和计算存在误差,个别点可能分布在曲线的两边。

第一部分 电工技术

实验一 电工仪表的使用及电阻元件伏安特性的测定

一、实验目的

1. 测定线性电阻元件和非线性电阻元件的伏安特性；
2. 了解安培计、伏特计和万用表的使用方法，并熟悉电工仪表的表示符号、准确度等级与测量误差；
3. 学习直流稳压电源及三端变阻器的使用方法。

二、预习要求

1. 阅读实验指导，了解本次实验的内容和步骤。
2. 复习教材中直流电路及电阻分压器的有关理论。
3. 预习教材中电工测量仪表的有关内容。
4. 预习附录三和附录七，了解万用表和直流稳压电源的使用方法。
5. 阅读实验指导“电工学实验的目的、方法和要求”，了解如何进行电工实验及应注意的问题。

三、电工仪表的一般介绍

电工仪表是用来测量电流、电压、电功率、功率因数、电阻等物理量，以便了解电气设备的特性和运行情况。

电工仪表按其测量机构的不同，可分为磁电式、电磁式、电动式、整流式等多种型式，其表示符号如表1-1所示。

在仪表的表盘上，除标有仪表的型式外，一般还标有仪表所测电流的种类、仪表绝缘耐压强度、仪表放置位置以及仪表的准确度等等符号，如表1-2所示。

为了反映电工仪表的测量精度，我国直读式仪表的准确度分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0七个级别。通常0.1级和0.2级仪表当作标准表使用并可进行精密测量，0.5级至1.5级仪表用于实验室测量，1.5级至5.0级仪表一般用于工程测量及指示电气设备的运行状况。

表1-1

电工仪表的主要型式

型 式	符 号	测 量 对 象
磁 电 式		直 流 (电流、电压、电阻)
电 磁 式		交、直 流 (电流、电压)
电 动 式		交、直 流 (电流、电压、电功率、电能、功率因数)
整 流 式		交 流 (电流、电压)

表1-2

表盘上的其他主要符号

符 号	意 义
—	直 流
~	交 流
≈	交 直 流
3 ~ 或 ≈	三 相 交 流
 2kV	仪表绝缘试验电压2000V
↑	仪表直立放置
→	仪表水平放置
∠60°	仪表倾斜60° 放置
Ⓛ	仪表准确度为1.5级

仪表的准确度是根据仪表的相对额定误差来分级的。所谓相对额定误差，就是指仪表在正常工作条件下进行测量可能产生的最大绝对误差（由于仪表本身结构的不精确所产生） ΔA 与仪表的满刻度量程 A_m 之比，以百分数表示则准确度为

$$\alpha = \frac{\text{最大绝对误差}(\Delta A)}{\text{满刻度量程}(A_m)} \times 100\%$$

仪表测量时，相对误差可用下式表示

$$\gamma_m = \frac{\text{最大绝对误差}(\Delta A)}{\text{被测量的实际值}(A)}$$

$$= \text{准确度等级}(\alpha) \times \frac{\text{满刻度量程}(A_m)}{\text{被测量的实际值}(A)}$$

由上式可见：当被测量的实际值一定时，相对误差决定于仪表的准确度等级 α 与其满刻度量程 A_m 的乘积。若仪表量程相同，准确度等级愈高（ α 值愈小），则相对误差愈小；若仪表准确度相同，量程愈小，则相对误差愈小。

例如：某直流电源电压 $U=100\text{V}$ 。今用一块0.5级的多量程伏特计的150V挡和300V挡分别进行测量时，产生的相对误差如下：

（1）用150V量程测量100V时，产生的相对误差

$$\gamma_m = \alpha \times \frac{A_m}{A} = \pm 0.5\% \times \frac{150}{100} = \pm 0.75\%$$

（2）用300V量程测量100V时，产生的相对误差

$$\gamma_m = \pm 0.5\% \times \frac{300}{100} = \pm 1.5\%$$

由上例可以看出，即使采用同一块电压表测量同一被测电压，不同的电压挡次所产生的相对误差也是不同的。被测量值愈是接近所选挡次的满刻度量程，产生的相对误差就愈小，测量的结果就愈准确。所以，同学们在以后的实验过程中，应根据被测量值的大小选择适当的仪表量程，使仪表的读数尽可能接近满刻度量程，以减少测量误差。

四、伏特计、安培计和三端变阻器的使用方法

1. 伏特计应当并联于被测电路中，而安培计则应当串联于被测电路中。若是直流仪表，还应注意“+”、“-”极性，而交流仪表无此要求。

2. 测量时应当注意仪表量程的选择。为了保证测量精度，仪表指针的指示值不得小于整个量程的三分之二。如果不知被测量的大小，在使用多量程仪表时，应先用高量程挡，如不合适则逐次减小量程，直到合适的量程为止。读取数据时，为消除读数时的视差，应使眼睛、表针及表针镜象三者在一水平直线上。

3. 一般的交流电工仪表频率适用范围为0~400Hz，如果频率太高，则测量精度降低，不适宜用此种仪表测量。

4. 使用电工仪表之前，首先应注意表针是否指零，如不指零，则需通过调零装置把表针调到零位。

5. 万用表的使用方法及注意事项见附录三。

6. 滑线变阻器有三个端钮（两个固定，一个联接在滑动触头上），可接成固定电阻、可变电阻或分压器使用。本实验将滑线变阻器作为分压器使用：首先将电源电压加到它的两个固定端钮上（整个变阻器承受全压），然后在滑动端钮和一个固定端钮之间

取用部分电压送到负载上。这就构成了分压器，移动滑动触头就可改变分压器的输出电压。滑线变阻器铭牌上标有电阻值和额定电流值 I_N ，使用时变阻器电流不得超过额定电流 I_N ，以免变阻器过热，甚至烧坏。

五、电阻元件的伏安特性

电阻元件的特性，是以该元件两端的电压 U 及流过该元件的电流 I 之间的关系来表征，常以伏安特性 $U=f(I)$ 或 $I=f(U)$ 来表示。一般，伏安特性曲线常以电流为横坐标，但在电子技术中，半导体器件的伏安特性曲线习惯上以电压为横坐标。本次实验我们首先测试线性电阻元件，它的伏安特性是通过坐标原点的一条直线，符合欧姆定律，

即 $R = \frac{U}{I} = \text{常数}$ 。然后我们测试半导体稳压管，这是一种特殊的电阻元件，它的电阻

是非线性的，即 $\frac{U}{I} \neq \text{常数}$ ，其伏安特性曲线如图1-1所示。显然，稳压管的电阻值不但随电压和电流的大小而改变，还与电流的方向有关。半导体器件的伏安特性对分析电子电路和确定工作点，具有重要意义。

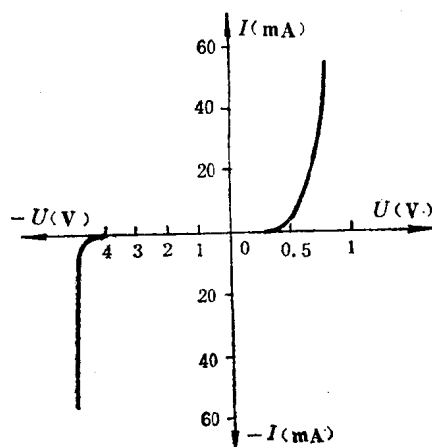


图 1-1

六、实验仪器与设备

- | | |
|------------------------|----|
| 1. 晶体管直流稳压电源 | 一台 |
| 2. 直流毫安计 (量程0—25—50mA) | 一块 |
| 3. 直流伏特计 | 一块 |
| 4. MF-30型万用表 | 一块 |
| 5. 三端滑线变阻器 | 一个 |

七、实验内容与步骤

1. 检查电阻元件和稳压管

(1) 从万用表的 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 等各挡中选取合适的挡次测定电阻元件的阻值。

(2) 从万用表的 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 等各挡中选取合适的挡次测定稳压管正、反向电阻的阻值。

2. 线性电阻元件伏安特性的测定

将稳压电源的输出调至零伏，按图1-2联接电路，然后按表1-3所列数值改变稳压电源的输出电压，测出相应的电流值记入表1-3中。

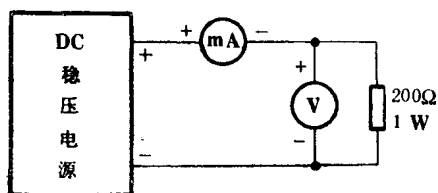


图 1-2

表1-3

$U(V)$	0	2	3	6	9
$I(mA)$					

3. 稳压管伏安特性的测定

(1) 正向特性

(a) 将稳压电源粗调旋钮置于6V挡，按图1-3接线，然后将分压器滑动触头移至零位（注意：何处是零位？）。

(b) 将稳压电源的输出电压调至6V，移动分压器的滑动触头，使电流由零值开始上升，在0~50mA范围内取5~6组数据。将测得的稳压管正向电压值及相应电流值记入表1-4中。

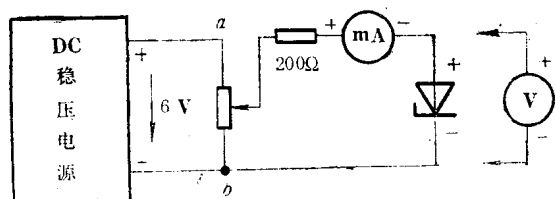


图 1-3

表1-4

$U(V)$					
$I(mA)$					

(2) 反向特性

(a) 将稳压电源粗调旋钮置于10V挡，按图1-4接线（只需将图1-3中稳压管反接即可），分压器滑动触头至零位。

(b) 将稳压电源的输出电压调至10V，移动分压器滑动触头，逐渐增大稳压管的反向电压，观察电流表的读数变化，直到电流突然增加时为止。将测得的稳压管反向电压值和相应的电流值记入表1-5中（此时应注意记录反向电流突然增加时电压的数值）。

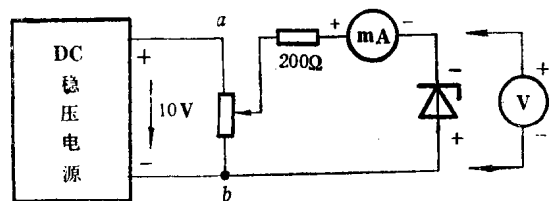


图 1-4

表1-5

$U(V)$					
$I(mA)$					

注意：

在进行图1-3和图1-4所示两项实验时，应结合下面的思考题2和3，考虑伏特计如何接入电路才能获得较准确的测量结果。

八、思考题

1. 当用万用表的电阻挡测稳压管正、反向电阻时，为什么不同量程有不同的读

数? 量程应如何选择为好?

2. 当 $R_V \gg R_L$ 和 $R_V \ll R_L$ 时, 试分析图 1-5(a)、(b) 哪种电路测量结果较为准确 (R_V 为电压表内阻)?

3. 图1-4 所示电路测定稳压管 反向特性曲线的起始段时, 电流甚小, 因而通常用微安计代替毫安计。试分析此时伏特计应如何接入电路测量结果才较准确? 如果伏特计与测量正向特性时那样接入电路, 对反向特性曲线的起始段有何影响 (设伏特计的灵敏度为 $20\text{k}\Omega/\text{V}$, 微安计的内阻为 $3\text{k}\Omega$)?

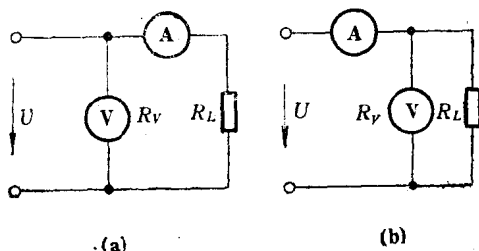


图 1-5

九、实验报告要求

1. 实验报告的写法参照“电工学实验的目的、方法和要求”的实验报告项。报告要求语言通顺, 书写整洁, 认真分析和讨论实验的中问题。以后各次实验报告, 要求与此相同, 不再重复。

2. 根据实验所测数据, 在方格纸上选取适当比例尺, 绘出线性电阻元件的伏安特性曲线和稳压管的正、反向伏安特性曲线。

3. 讨论线性电阻和非线性电阻伏安特性有何不同?

十、注意事项

1. 在实验过程中, 如需改接电路, 或出现故障时, 都应先拉开电源开关, 严禁带电操作。

2. 分压器电路的滑动触头, 每次实验之前, 应置于输出电压为零的那一端。

3. 万用表使用完毕, 应将旋钮置于高压挡。

以上注意事项也适合于今后的实验, 参加每次实验都要有科学态度和安全意识, 逐步养成良好的实验习惯。

实验二 叠加原理和戴维南定理

一、实验目的

1. 通过实验验证并加深理解叠加原理和戴维南定理;
2. 进一步熟悉直流安培计、万用表、直流稳压电源的使用方法。

二、预习要求

1. 复习叠加原理和戴维南定理，能简述它们的基本要点。
2. 看懂实验电路图2-1，根据所给参数，预先用叠加原理计算出各支路电流和各电阻的电压（标出正方向），填入表2-1、表2-2、表2-3中。
3. 看懂实验电路图2-2，根据所给参数，预先用戴维南定理计算出ab之间的有源二端网络的开路电压 U_0 、等效内阻 R_0 ，同时算出短路电流 I_s ，填入表2-4中。
4. 阅读附录一，了解电流插座和插头的结构，以及它们配合安培计测量电流的原理。
5. 实验时携带坐标纸，以备实验过程中使用。

(一) 叠加原理

1. 实验仪器与设备

- | | |
|-----------------------|----|
| (1) 电阻板 | 三块 |
| (2) 电流插座 | 三个 |
| (3) 电流插头 | 一个 |
| (4) 单刀双投开关 | 二个 |
| (5) 双路直流稳压电源 | 一台 |
| (6) 直流毫安计 (0—25—50mA) | 一块 |
| (7) MF-30型万用表 | 一块 |

2. 实验内容与步骤

(1) 使双路稳压电源处于工作准备状态，将电压粗调旋钮置于适当挡次，调节细调旋钮，使其一路输出电压为 $E_1 = 9V$ ，另一路输出电压为 $E_2 = 6V$ （用万用表的直流电压挡测定），然后关闭稳压电源，待用。

(2) 按图2-1所示实验电路接线。

(3) 按以下三种情况进行实验：

① E_1 单独作用时，分别测出各支路电流 I'_1 、 I'_2 、 I'_3 及各电阻上电压 U'_1 、 U'_2 、 U'_3 之值，填入表2-1中。

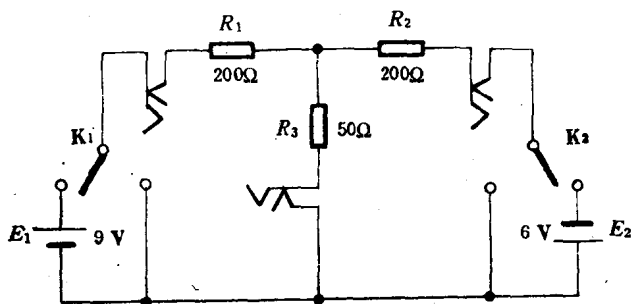


图 2-1

表2-1

项 目 顺 序	测 量 值						计 算 值					
	电 流 (mA)			电 压 (V)			电 流 (mA)			电 压 (V)		
	I'_1	I'_2	I'_3	U'_1	U'_2	U'_3	I'_1	I'_2	I'_3	U'_1	U'_2	U'_3
E_1 单独作用												

② E_2 单独作用时, 分别测出相应的电流 I_1'' 、 I_2'' 、 I_3'' 及电压 U_1'' 、 U_2'' 、 U_3'' 之值, 填入表2-2中。

表2-2

项目 顺序	测 量 值						计 算 值					
	电流(mA)			— 电压(V)			电流(mA)			电压(V)		
	I_1''	I_2''	I_3''	U_1''	U_2''	U_3''	I_1''	I_2''	I_3''	U_1''	U_2''	U_3''
E_2 单独作用												

③ E_1 、 E_2 共同作用时, 分别测出相应的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及电压 U_1 、 U_2 、 U_3 之值, 填入表2-3中。

表2-3

项目 顺序	测 量 值						计 算 值					
	电流(mA)			电压(V)			电流(mA)			电压(V)		
	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3
E_1 、 E_2 共同作用												

3. 注意事项

(1) 进行上面三项实验时, 开关 K_1 、 K_2 应扳到哪一边? 电流插座的正、负极性应如何考虑? 操作之前要心中有数。

(2) 注意安培计和伏特计量程的选择。

4. 实验报告要求

将实验所测数据与理论计算值进行比较, 分析误差原因, 验证叠加原理的正确性。

(二) 戴维南定理

1. 实验仪器与设备

- | | |
|-----------------------|----|
| (1) 电阻板 | 六块 |
| (2) 双路稳压电源 | 一台 |
| (3) 直流毫安计 (0—25—50mA) | 一块 |
| (4) MF-30型万用表 | 一块 |

2. 实验内容与步骤

(1) 先使双路稳压电源处于工作准备状态, 将粗调旋钮置于适当挡次, 调节微调旋钮使其一路输出电压为 $E_1 = 9V$, 另一路输出电压为 $E_2 = 5V$ (用万用表测定)。然后关闭电源, 待用。

(2) 按图2-2所示实验电路接线。

(3) 用实验方法测定有源二端网络的开路电压 U_0 及等效内阻 R_0 。

① 方法一

将图2-2中的 R_L 支路断开, 得一有源二端网络, 用电压表测电压 U_{ab} 即为开路电压 U_0 。等效内阻 R_0 的测定: 若有源二端网络内各电源是理想电压源, 可将电源取下, 而