

© 秦辉 / 主编

DIAN GONG DIAN ZI SHI YAN JI SHU

电工电子

实验技术

中国建材工业出版社

电工电子实验技术

秦 辉 主编

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验技术/秦辉主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2007.5

ISBN 978-7-80227-263-7

I. 电... II. 秦... III. ①电工技术—实验—高等学校—教材②电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TM-33 TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 045101 号

内 容 提 要

本书是《电工电子技术》、《模拟电路》和《数字电路》等课程的实验指导书, 全书共分四部分。第一部分是电工实验技术; 第二部分是模拟电路实验技术; 第三部分是数字电路实验技术; 第四部分是附录。

本书内容丰富, 图文并茂, 融科学性、系统性、实用性于一体, 可作为电子类、电气类、计算机类以及相近专业的电子技术基础课程的实验教材, 也可供有关教师及科技工作者参考。

电工电子实验技术

秦 辉 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地 址: 北京市西城区车公庄大街6号

邮 编: 100044

经 销: 全国各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 10.25

字 数: 251千字

版 次: 2007年5月第1版

印 次: 2007年5月第1次

书 号: ISBN 978-7-80227-263-7

定 价: 20.00元

本社网址: www.jccbs.com.cn

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 88386906

本书编委会

主 编：秦 辉

副主编：韩 冰 刘艳霞

主 审：张启林

前 言

本书以《高等学校电子技术基础课程教学基本要求》(1993年6月修订)中确定的教学实验要求为基础,包括了《电子技术基础》课程的全部实验内容。不同层次不同需要的学校可根据本专业教学要求选择。

实验,是学习电子技术的一个重要环节,对巩固和加深课堂教学内容,提高学生实际工作技能,培养科学作风,为学习后续课程和从事实践技术工作奠定基础具有重要作用。实验课具有两方面重要意义。第一,学生通过做实验,可以加深对课程内容中重点、难点的理解。例如,在学习负反馈对放大电路性能的影响时,学生对某些结论理解不深,若在做实验时对这些结论加以验证,可以在直观、生动的感性认识中深刻理解这些结论。实验课的第二个重要意义在于,学生动手做实验的体会不仅有利于对课程内容本身的理解,更有助于实践工作能力的提高。

实验课的目的不仅仅在于使学生会做几个固定内容的实验,而在于给学生一个动手的机会,通过做实验使学生掌握一些基本的电路测量知识和技能;使学生能够正确地使用一些最基本的电工、电子测量仪器;使学生能将理论的分析方法和实际测量的手段结合起来,学会正确地选择测量仪器及进行必要的误差分析。学生参考有关的书籍和资料,自己动手去设计一个合理的试验电路是要求较高、较困难的题目,在条件允许的情况下,希望学生这方面的能力也有所培养和提高。

在做实验之前,学生应根据实验内容仔细地阅读本实验指导书和附录部分,做好实验的预习,以明确实验的目的与要求,弄懂实验原理与电路,明了实验的操作方法与步骤,了解电路元件、仪器设备的性能和使用方法,以及实验的注意事项。实验时,必须亲自动手,认真做好接线、操作、测量和记录。对实验中出现的现象,应以科学的态度认真思考和分析,做出正确的解释,对有疑问之处,应及时请教老师。要注意安全,遵守实验规则。实验之后,要认真整理、分析和总结数据结果,写好实验报告。实验报告应每人一份,目的是训练和培养对数据的处理和分析能力。在一份实验报告中通常应包括:实验目的、实验设备、实验内容及电路图、实验数据记录和整理结果与分析,以及通过实验所得到的收获与体会等。通过以上步骤,可以全面完成每一个实验任务,达到实验要求。

还应指出,本书是实验课参考、指导书。各实验指导教师可以根据实际情况,选择、调整部分实验内容,以期达到更好的实验效果。

本书是在河北北方学院电子技术教研室多年实验教学的基础上,参阅了国内兄弟院校实验指导书统编而成的。由秦辉、韩冰、刘艳霞三位同志分工编写,秦辉负责主编和定稿。韩冰同志撰写了电工实验技术和附录A;刘艳霞同志撰写了模拟电路实验技术和附录B;秦辉同志撰写了数字电路实验技术和附录C。张启林教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见。

物理系的王秀清、王世华和教材科的郭建等同志为本书出版给予了多方面的指导和帮助。在此一并致以衷心感谢。

由于编写时间仓促和水平所限，书中的错误和不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2007年1月7日

目 录

I 电工实验技术

实验一	叠加原理	1
实验二	戴维宁定理和诺顿定理	4
实验三	测量日光灯的功率及提高电路的功率因数	9
实验四	三相负载的接法	14
实验五	三相功率的测量	17
实验六	三相异步电动机的继电器接触器控制的直接启动	20
实验七	三相异步电动机的继电器接触器控制的正反转控制电路	23
实验八	单相供电电路的安装	27
实验九	RLC 串联谐振电路	31

II 模拟电路实验技术

实验一	电子元件的认识和测量	34
实验二	常用电子仪表的使用	39
实验三	放大器静态工作点和放大倍数的测量	44
实验四	单管放大器幅频特性及输入输出电阻的测量	47
实验五	射极跟随器的性能测试	50
实验六	负反馈放大器性能的测量	53
实验七	集成运算放大器的应用	57
实验八	RC 正弦波振荡器	60
实验九、十	“OTL” 电路焊接和性能测试	66
实验十一	直流稳压电源	70

III 数字电路实验技术

实验一	常用仪器设备的使用及 TTL 门电路逻辑功能测试	75
实验二	TS 门与 OC 门的功能测试及应用	80
实验三	组合逻辑电路的设计与测试	84
实验四	显示译码器的功能与应用	86
实验五	集成译码器和数据选择器的功能与应用	89
实验六	触发器的逻辑功能测试	92
实验七	计数器的功能测试	97
实验八	任意进制计数器的构成	100

实验九 移位寄存器的功能与应用	103
实验十 555 集成定时器及其应用	106
实验十一 CMOS 门电路测试	109
实验十二 TTL、CMOS 各系列电路之间的接口	112
实验十三 组合逻辑电路的分析与测试	117
实验十四 译码器和数据选择器	121
实验十五 CMOS 计数器、寄存器及译码显示电路	124
实验十六 数字表	126

IV 附 录

附录 A	128
附录 A1 电工实验要求	128
附录 A2 DD862-4 型单相电度表	130
附录 A3 DZ47LE-32 型漏电保护器	132
附录 B	134
附录 B1 SG1651A 函数信号发生器	134
附录 B2 GB-9B 型电子管毫伏表	139
附录 B3 TPE-A5 (II) 型电子线路学习机使用说明	141
附录 C	144
附录 C1 实验规则	144
附录 C2 TPE-D3A 数字电路实验箱使用说明	145
附录 C3 数字电路的调试	147
附录 C4 数字电路故障的诊断与排除	151
参考文献	155

I 电工实验技术

实验一 叠加原理

一、实验目的

验证叠加原理，以加深对它们的理解。

二、实验器材（表1）

表 1

名 称	型 号	数 量	用 途
线性直流电路实验板	自制	1	实验连接使用
直流电流表	C31-A	1	测量直流电流
双路直流稳压电源	WYJ-30B ₂	1	为实验提供电源
万用表	MF64	1	测量直流电压

三、实验原理和步骤

（一）叠加原理

叠加原理不仅适用于线性直流电路，还适用于线性交流电路，我们用线性直流电路来验证它。

叠加原理可以简述如下：在几个电动势共同作用的线性电路中，任意支路的电流等于各电动势单独作用时在该支路所产生的电流的代数和。例如，在如图 1 所示的电路中，AB 支路的电流在 E_1 单独作用下为 I'_{AB} ，在 E_2 单独作用下为 I''_{AB} ，那么，在 E_1 和 E_2 共同作用下该支路的电流应为 I'_{AB} 与 I''_{AB} 的代数和，即 $I_{AB} = I'_{AB} + I''_{AB}$ 。若 I'_{AB} 和 I''_{AB} 的实际方向相同，则应该相加；反之，则应该相减。

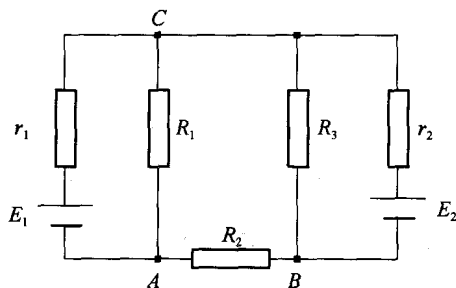


图 1

【注】本校电工实验室的线性直流电路实验板上的电阻值分别为： $r_1 = 51\Omega$ ， $r_2 = 30\Omega$ ， $R_1 = 500\Omega$ ， $R_2 = 300\Omega$ ， $R_3 = 250\Omega$ 。实验电路板如图 2 所示。

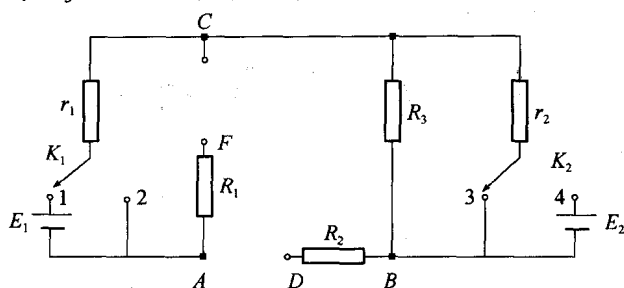


图 2

(二) 叠加原理的实验步骤

首先将电流表选取合适的量程（本实验选取满偏 0.75A 电流档），实验时应注意电流从电流表“+”端流入，从“-”端流出。

(1) 将如图 3 所示的实验板上的开关 K_1 拨到 2 处， K_2 拨到 3 处。调节双路直流稳压电源的输出电压，使一路的输出电压 15V 作为 E_1 ，使另一路的输出电压 10V 作为 E_2 。

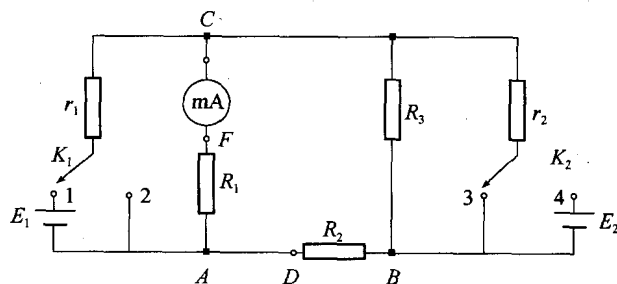


图 3

(2) 将 K_1 接到 1 处， K_2 仍接在 3 处，短接 AD 端，CF 支路串入电流表，测量在 E_1 单独作用下 CFA 支路的电流 I'_{CA} 。

(3) 将 K_1 接到 2 处， K_2 接到 4 处，测量在 E_2 单独作用下 CFA 支路的电流 I''_{CA} 。

(4) 将 K_1 接到 1 处， K_2 仍接在 4 处，测量在 E_1 和 E_2 共同作用下 CFA 支路的电流 I_{CA} 。

(5) 将如图 4 所示的实验板上的开关 K_1 接到 1 处， K_2 接在 3 处，短接 CF 端，AD 支路串入电流表测量在 E_1 单独作用下 AFB 支路的电流 I'_{AB} （根据电路图判断出 AFB 支路的电流方向之后，确定电流表的“+”或“-”极性应接在 A 点）。

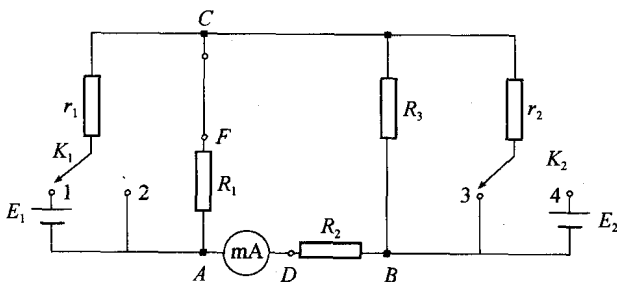


图 4

(6) 将 K_1 接到 2 处, K_2 接到 4 处, 测量在 E_2 单独作用下 AFB 支路的电流 I''_{AB} (同样要首先确定电流表的 “+” 或 “-” 极性应接在 A 点之后, 再把电流表接入电路)。

(7) 将 K_1 接到 1 处, K_2 仍接在 4 处, 测量在 E_1 和 E_2 共同作用下 AFB 支路中的电流 I_{AB} 。

将上面的测量结果记录在表 2 中并进行计算。

表 2 叠加原理实验记录表

E 的单位为:

I 的单位为:

测 量 结 果								计 算 结 果	
E_1	E_2	I'_{CA}	I''_{CA}	I_{CA}	I'_{AB}	I''_{AB}	I_{AB}	$I'_{CA} + I''_{CA} = I_{CA}$	$I'_{AB} + I''_{AB} = I_{AB}$

实验二 戴维宁定理和诺顿定理

一、实验目的

- (1) 验证戴维宁定理的正确性，加深对该定理的理解。
- (2) 掌握测量有源二端口网络等效参数的一般方法。

二、实验器材 (表 1)

表 1

名 称	型 号	数 量	用 途
线性直流电路实验板	自制	1	实验连接使用
直流电流表	C31-A	1	测量直流电流
双路直流稳压电源	WYJ-30B ₂	1	为实验提供电源
万用表	MF64	1	测量直流电压

三、实验原理

(一) 戴维宁定理和诺顿定理

(1) 戴维宁定理 (图 1): 一个线性有源二端网络, 可以用一个理想电压源 E_0 和内阻 R_0 串联电路来表示, 该电压源的电压 E_0 等于这个有源二端口网络的开路电压 U_0 , 其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零 (理想电压源短路, 理想电流源开路) 时的等效电阻, E_0 和 R_0 称为有源二端口网络的等效参数。

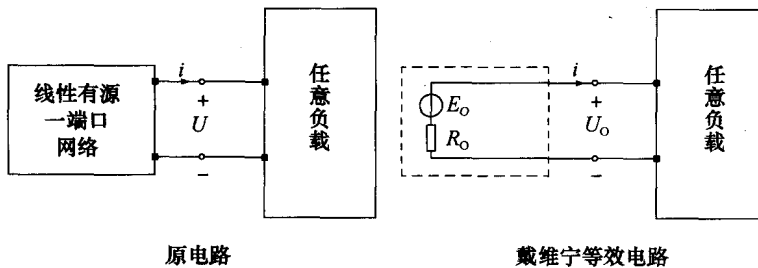


图 1

(2) 诺顿定理 (图 2): 一个线性有源二端网络, 可以用一个理想电流源 I_0 和内阻 R_0 并联电路来表示, 该电流源的电流 I_0 等于这个有源二端口网络的短路电流, 其内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零 (理想电压源短路, 理想电流源开路) 时的等效电阻, I_0 和 R_0 称为有源二端口网络的等效参数。

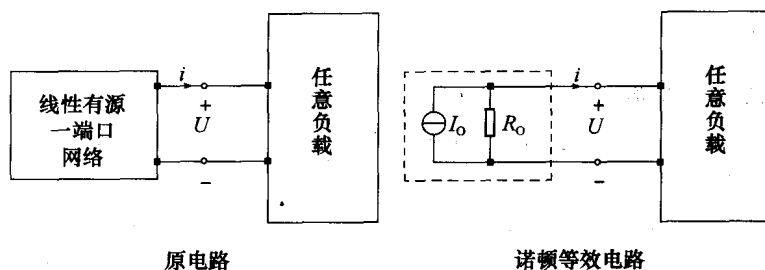


图 2

(二) 有源二端口网络内阻 R_0 参数的测量方法

(1) 开路电压、短路电流法

在有源二端口网络输出端开路时，用电压表直接测其输出端的开路电压 U_0 ，然后再将其输出端短路，测其短路电流 I_s ，则等效内阻 R_0 为

$$R_0 = \frac{U_0}{I_s}$$

短路电流 I_s 就是 I_0 ，即 $I_s = I_0$ 。

若有源二端口网络的内阻很低时，则不宜测其短路电流。

(2) 伏安法

一种方法是用电压表、电流表测出有源二端口网络的外特性，如图 3 所示。根据外特性曲线求出图中斜率显然为 $\tan\varphi$ ，则内阻为

$$R_0 = \tan\varphi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{E_0}{I_0}$$

若二端口网络的内阻很低时，则不宜测其短路电流，可采用伏安法测量开路电压 U_0 及电流为额定值 I_N 时的输出电压值 U_N ，则内阻为

$$R_0 = \frac{U_0 - U_N}{I_N}$$

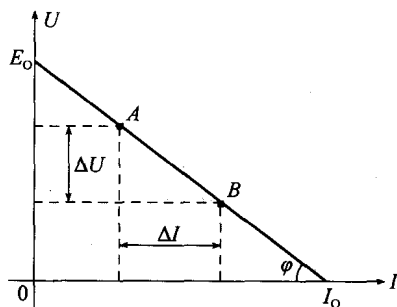


图 3

(3) 半电压法

当负载电压为被测网络开路电压的一半时，负载电阻即为被测有源二端口网络的等效内阻值，电路如图 4 所示，即

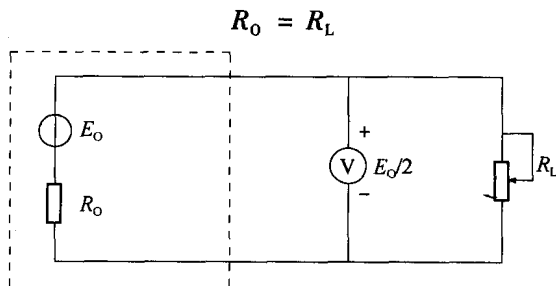


图 4

四、实验步骤

(一) 本实验采用开路电压、短路电流法测量电路戴维宁等效电路

将如图 5 所示的电路中的电阻 R_2 断开, 以 A, B 两点作为输出端, 则形成一个含源二端口网路。根据戴维宁定理, 很容易算得等效的电动势 E_0 和内阻 R_0 分别为

$$E_0 = \frac{R_1 E_1}{r_1 + R_1} - \frac{R_3 E_2}{r_2 + R_3} \quad (1)$$

$$R_0 = \frac{r_1 R_1}{r_1 + R_1} + \frac{r_2 R_3}{r_2 + R_3} \quad (2)$$

E_0 和 R_0 也可以分别用空载和短路实验测得, 当外电路 (AB 支路) 开路时, 相当于等效电源空载, 测量 AB 两点之间的电压即为 E_0 , 将 A, B 两点断开并串入电流表, 测其短路电流 I_s , 则等效电源内阻即为 (内阻等效电路如图 6 所示)

$$R_0 = \frac{E_0}{I_s} \quad (3)$$

【注】本校电工实验室的线性直流电路实验板上的电阻值分别为: $r_1 = 51\Omega$, $r_2 = 30\Omega$, $R_1 = 500\Omega$, $R_2 = 300\Omega$, $R_3 = 250\Omega$ 。

戴维宁定理的实验步骤如下:

本实验在如图 7 所示的实验板上进行, 选择电阻 R_2 作为研究对象。

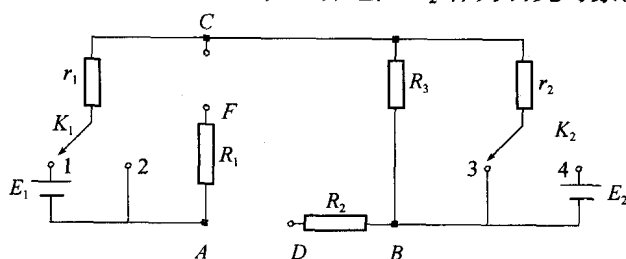


图 7

(1) 将图 7 中 CFA 用导线接通, 将 ADB 支路的电流表处接通, 将 R_2 去掉后, 使 AB 之间成为断路。测 A 和 B 之间的开路电压 U_{01} , 即得等效电源的电动势 E_{01} (接法如图 8 所示)。

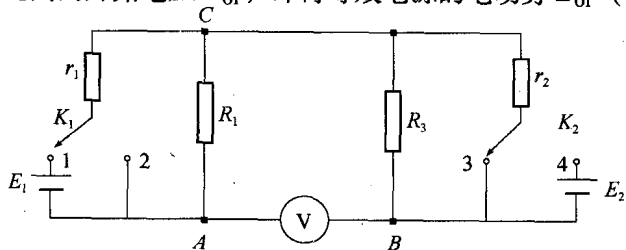


图 8

(2) 根据实验板上各元件的数据, 估计短路电流的大小和实际方向, 然后选择适当量程的电流表, 并将其跨接在 A 和 B 之间, 测出短路电流 I_s , 根据式 (3) 计算 R_{01} (接法如图 9 所示)。

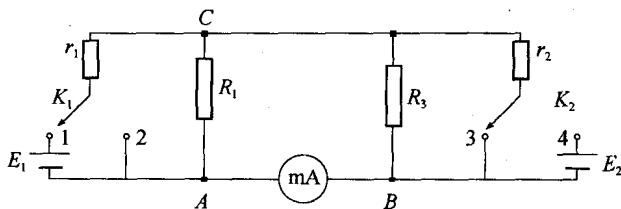


图 9

(3) 将各元件的数值记入表 2 中, 按照公式 (1) 和 (2) 计算 E_{01} 和 R_{01} , 并与实验值进行比较。

表 2 戴维宁定理实验数据

R 的单位为:					E 的单位为:		I 的单位为:		
已 知 数 据					测 得 结 果 1				
r_1	r_2	R_1	R_2	R_3	E_1	E_2	U_{O1}	I_{S1}	$R_{O1} = \frac{U_{O1}}{I_{S1}}$

(二) 用伏安法测等效电阻 R_{02} , 选择电阻 R_1 作为研究对象

(1) 将图 7 中的 ADB 支路用导线接通, 将 R_1 去掉后, 使 C, A 之间成为断路。测 C 和 A 之间的开路电压 U_{02} , 即得等效电源的电动势 E_{02} (接法如图 10 所示)。

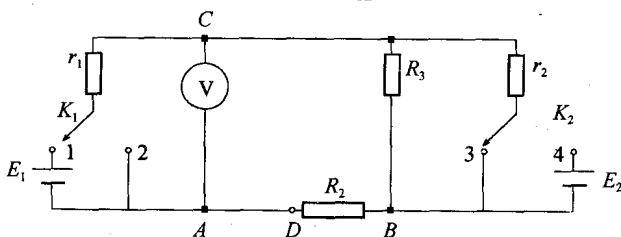


图 10

(2) 将图 7 中的 CFA 支路接入电流表, 将 ADB 支路接通, 测量 CFA 支路的正常工作电流 I_N , 然后用万用表测量 C, A 两点之间的电压 U_N , 根据公式 $R_0 = \frac{U_0 - U_N}{I_N}$ 计算 R_{02} (接法如图 11 所示)。

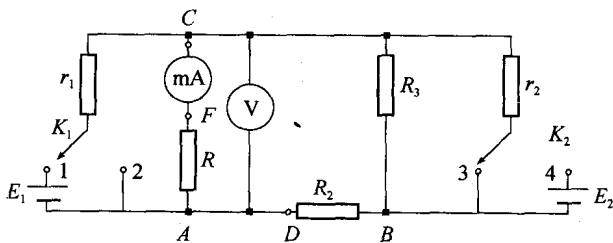


图 11

(3) 将各元件的数值记入表 3 中, 由公式计算 E_{02} 和 R_{02} , 并与实验值进行比较。

表 3 戴维宁定理实验数据

R 的单位为:

E 的单位为:

I 的单位为:

测 得 结 果 2					计 算 结 果 1		计 算 结 果 2	
E_1	E_2	U_{02}	U_{N2}	$R_{02} = \frac{U_{02} - U_{N2}}{I_{N2}}$	E_{01}	R_{01}	E_{02}	R_{02}

【注】要求在实验报告上反映计算 E_0 和 R_0 的过程。

(三) 诺顿定理实验步骤

(1) 确定将 R_2 作为研究对象, 测量短路电流 I_s 。

根据实验板上各元件的数据, 估计短路电流的大小和实际方向, 然后选择适当量程的电流表, 并将其跨接在 A 和 B 之间, 测出短路电流 I_s (接法如图 12 所示)。

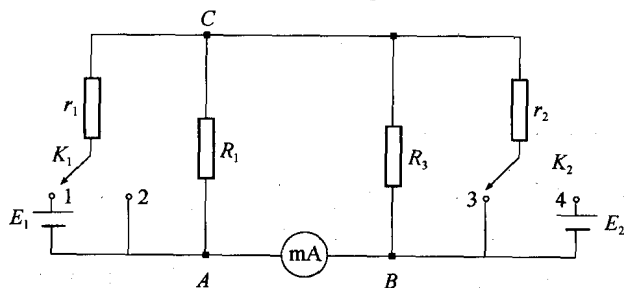


图 12

(2) 将 K_1 接 2, K_2 接 3。

用万用表欧姆档测 A, B 间的电阻值, 就是 R_0 (图 13)。

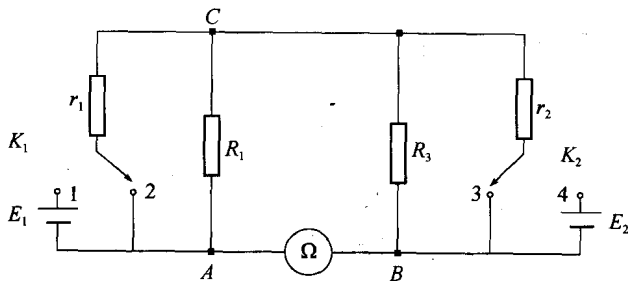


图 13

诺顿等效电路如图 14 所示。

流过电阻 R_2 的电流为

$$I_2 = I_s \frac{R_0}{R_0 + R_2}$$

I_2 的值应与实验一中 I_{AB} 值相等; 若不相等, 分析原因, 写出报告。

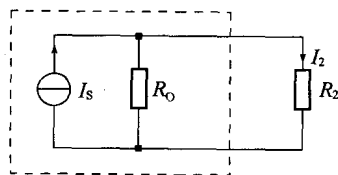


图 14

实验三 测量日光灯的功率及提高电路的功率因数

一、实验目的

- (1) 了解日光灯电路的工作原理及提高功率因数的方法。
- (2) 通过测量日光灯电路所消耗的功率，学会使用功率表。
- (3) 学会测量与计算日光灯管及镇流器的等效电阻。

二、实验器材（表 1）

表 1

名 称	型 号	数 量	用 途
日光灯电路实验板	自制	1	实验连接使用
功率表	D34-W	1	测量日光灯功率
交流安培表	T32-VA	1	测量交流电流
万用表	MF64	1	测量交流电压

下面对功率表的使用进行简要说明。

下面电路系功率表用于测量交流电路的有功功率。其接线图如图 1 所示。

图 1 中圆圈内的粗线表示电流线圈，细线表示电压线圈。电流线圈要与负载串联，电压线圈要与负载并联。标有 * 号（或 ±）的两个接线柱要接在一起，接到电源一边。若把电流线圈的两个接头接反了，则电流相位要改变 180° ，此时电流与电压相位差变为 $180^\circ - \varphi$ （图 2），则功率表指针的偏转角为负值：

$$\alpha = kIU\cos(180^\circ - \varphi) = -kIU\cos\varphi$$

这时电流表指针会反转。

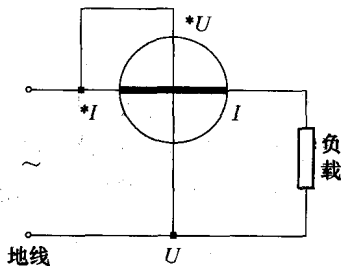


图 1

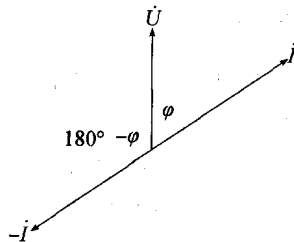


图 2

功率表有多种类型，不同类型的功率表的电压量程和电流量程的大小也不相同，图 3 是 D34-W 型低功率因数瓦特表在测量负载功率时的接线图。这种功率表的电压量程有三个，分别是 150V，300V 和 600V，*U 为公共接头。

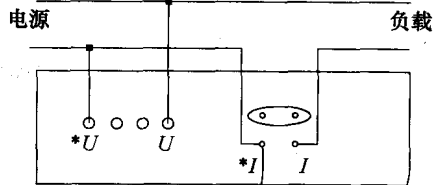


图 3