



新世纪高等院校精品教材

DIANGONGDIANZIXUE
SHIYAN

电工电子学 实验

浙江大学电工电子基础教学中心电工学组 编

贾爱民 张伯尧 等 编著



浙江大学出版社

新世纪高等院校精品教材

电工电子学实验

浙江大学电工电子基础教学中心电工学组 编

贾爱民 张伯尧 等 编著

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子学实验 / 贾爱民等编著. —杭州:浙江大学出版社, 2004.5

新世纪高等院校精品教材

ISBN 7-308-03675-8

I. 电... II. 贾... 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. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 040349 号

责任编辑 杜希武 王大根

封面设计 俞亚彤

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 德清第二印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 11.5

字 数 295 千

版 次 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

印 数 0001—3000

书 号 ISBN 7-308-03675-8/TM·030

定 价 18.00 元



《电工电子学实验》是面向 21 世纪课程教材《电工电子学》(浙江大学电工电子基础教学中心电工学组编,叶挺秀,张伯尧主编,高等教育出版社出版)的配套实验教学用书,是工科非电类专业学生学习电工电子系列课程的实验指导书。它是在原电工电子学实验讲义的基础上修改而成的,是浙江大学电工电子基础教学中心电工学组通过几年的教学改革和实践的成果。

本实验教材的内容涉及电路、模拟电子技术、数字电子技术、变压器、电动机及其继电接触控制、可编程序控制器等,共选编实验 27 个,其中综合性大型实验 2 个。根据专业及学时的不同,可对实验内容进行不同的组合,以满足不同专业、不同学时对电工电子学实验教学的需要。

本次编写力求理论联系实际,使学生受到电工电子学的基本技能训练,以培养学生分析问题和解决问题的能力。其中实验一至实验四、实验六由王玉芬执笔,实验五、七、十二、十三、十四、十七、十八由张伯尧执笔,实验八、九、十、十一、十五、十六由贾爱民执笔,实验十九、二十六、二十七由张兆祥执笔,实验二十至二十五由潘丽萍执笔,附录由黄海龙执笔,最后由贾爱民和张伯尧定稿。本次编写得到了浙江大学电工电子基础教学中心电工学组同志的支持,在此深表感谢。限于编者的水平和时间,书中不妥和错误之处,恳请批评指正。

编 者
2004 年 3 月

目 录

总 则	1
实验一 基本电工仪表的使用	3
实验二 单相交流电路及功率因数的提高	9
实验三 串联谐振电路	12
实验四 三相交流电路	15
实验五 常用电子仪器的使用	18
实验六 一阶 RC 电路的研究	23
实验七 单管电压放大电路	27
实验八 门电路、触发器及其应用	31
实验九 计数、译码和显示	35
实验十 串行累加器	39
实验十一 数据选择器和数据分配器	44
实验十二 集成运算放大器应用(一) ——模拟信号运算电路	48
实验十三 集成运算放大器应用(二) ——波形发生及脉宽调制电路	52
实验十四 正弦波振荡电路	56
实验十五 集成定时器及其应用	58
实验十六 A/D 和 D/A 转换	62
实验十七 扩音机电路	67
实验十八 直流稳压电源	74
实验十九 单相变压器	78
实验二十 三相异步电动机的直接起动和正反转控制	82
实验二十一 常用继电器接触控制电路	87
实验二十二 可编程控制器和手持式编程器的使用	90
实验二十三 编程软件 RSLogix500 的使用	99
实验二十四 可编程控制器应用(一)	106
实验二十五 可编程控制器应用(二)	109
实验二十六 综合实验(一) 低压直流电动机转速控制、测量和显示	112
实验二十七 综合实验(二) 数字式频率计	120
附 录 常用仪器设备介绍	
附录 1 电阻器和电容器简介	124
附录 2 MS8200G 型数字万用表	129
附录 3 HY3003D-3 型可调式直流电源	134

附录 4	XJ1631 型数字函数信号发生器	137
附录 5	DF2172B 型交流毫伏表	141
附录 6	XJ4318A 型二踪示波器	143
附录 7	MDZ-2 型模拟电子技术实验箱	149
附录 8	SDZ-2 型数字电子技术实验箱	152
附录 9	DG-X 型现代电工、电子综合实验系统	156
附录 10	GDS-2 型高级电工系统实验装置	161
附录 11	MicroLogix1000 可编程序控制器	167
参考书目		178

电工电子学实验课是非电类专业学生进行电工电子学基本技能训练的课程,是十分重要的教学环节。

一、实验目的

1. 进行实验基本技能的训练。
2. 巩固、拓宽和加深体会所学的理论知识,培养分析、解决实际问题的能力。
3. 培养实事求是、严肃认真、踏实细致的科学作风和良好的实验习惯。

二、实验要求

通过实验,学生在实验技能方面应达到以下要求:

1. 能正确地选用常用电工仪表、电子仪器、电工和电子元器件。
2. 能独立操作课程要求的实验电路,分析和解决实验中的一些问题。
3. 能仔细观察实验现象,正确地读取数据并分析实验结果,正确书写实验报告。

三、实验步骤

1. 课前预习

1) 认真阅读实验指导书和有关资料,明确实验目的,了解实验内容和实验所用仪器设备,搞懂相关原理。

2) 完成有关实验的数据估算和预习思考题。

3) 必要时设计原始数据记录表格,以备实验记录和课后整理用。

2. 课堂操作

1) 合理布置实验桌上所用仪器、仪表,正确、可靠地接线。

2) 接线完毕必须仔细检查,确认无误并经指导老师同意后才能接通电源。接通电源后应注意电路和各仪表、仪器工作情况是否正常。

3) 进行预操作。其目的是:看看电路运行是否正常;了解所测数据变化趋势,以便确定实验取点;熟悉操作步骤。

4) 实验操作时要端正姿势,胆大心细,一丝不苟。认真读取和记录每一个数据与结果。如发现异常现象,应关掉电源,查找原因。

5) 每次接线和拆线都必须关断电源再进行操作。

6) 实验完毕,应及时整理所用仪器、设备及导线等。

3. 实验报告

实验报告应书写在专用的实验报告纸上,曲线应画在方格纸上,每人一份,整齐装订,它是评定学生实验成绩的重要依据之一。

实验报告内容要求如下:

- 1) 实验目的;
- 2) 实验原理、电路和课前完成的预习内容;
- 3) 实验所用仪器设备;
- 4) 实验数据表格及处理;
- 5) 实验总结、问题讨论、心得体会、新的设想和建议。

四、注意事项

1. 遵守实验室规章制度, 听从实验指导老师及实验室工作人员的指导。
2. 爱护实验设备, 严格按使用方法操作。不得擅自挪用与本实验无关的设备。损坏仪器设备必须立即向老师报告, 并按学校规定酌情赔偿。
3. 发生事故时, 要保持镇定, 并迅速切断电源, 保持现场, 报告老师。
4. 保持实验室整洁、安静。

基本电工仪表的使用

一、实验目的

1. 了解基本电工仪表的结构和工作原理。
2. 掌握直流电路中电压和电流的测量方法。
3. 掌握用万用表判断电路的通断情况以及对电阻、电容、晶体二极管和晶体三极管进行初测的方法。
4. 掌握伏安特性的测量方法。

二、概述

在电工测量中需要使用各类电工仪表,测量仪表接入被测电路后,应对被测电路的工作影响尽可能小,这是对测量仪表最基本的要求。

测量电压时,电压表应并联在被测电路两侧,如图 1-1(a)所示。为了减小对被测电路工作状态的影响,电压表内阻要远大于被测电路的电阻。当需要用一只电压表测量电路中多处电压时,电压表不固定接在电路某处,而是用活动的测试棒进行测量,如图 1-1(b)所示。

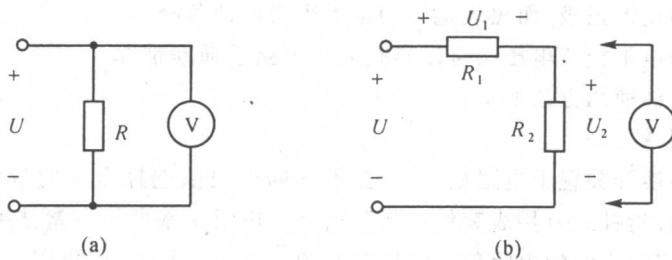


图 1-1

测量电流时,电流表应串联在被测电路中,如图 1-2(a)所示。为了减小对被测电路工作状态的影响,电流表的内阻一般很小,可忽略不计。当需要用一只电流表测量电路中多处电流时,电流表不固定接在电路某处,而是利用电流插座和插头来实现,如图 1-2(b)所示。

测量仪表的量程选择要适当,量程过大,读数偏小,引起的误差较大;量程太小,仪表将过载而损坏。此外,直流电表在使用时还要注意其正(+)、负(-)极性,切不可接反,否则会使指针反偏而无法测量,甚至损坏电表。

万用表可用来测交、直流电压,直流电流,电阻以及音频电压;有的还能测量交流电流、电

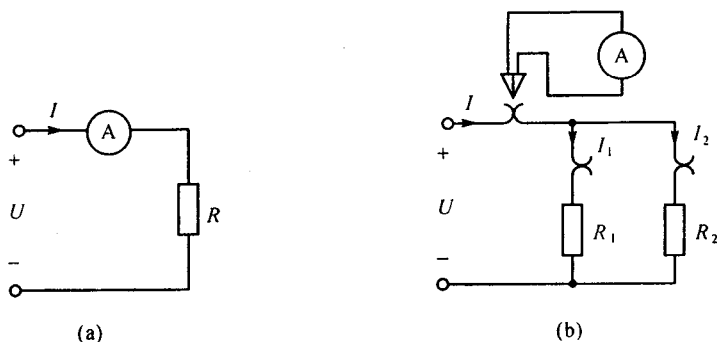


图 1-2

容、电感、温度、频率、晶体二极管的极性以及晶体三极管的电流放大系数等。不同的测量对象和量程的选择可通过表上的转换开关来实现。

万用表在给定的准确度等级下,若量程接近被测量的数值,则测量结果的误差就小。用万用表电压档测量电压时,在被测电路的等效电阻值较大时,若使用指针式万用表,则选择较大电压量程来测量(但必须能读数)反而比较准确。因为指针式万用表电压档的内阻以每伏量程多少欧姆(Ω/V)计,量程大,总内阻就大,对被测电路的影响就小,测量准确度就高。数字式万用表则因其内阻在各个量程时恒定且数值较大($M\Omega$ 级)而具有很高的测量准确度。

用万用表电阻档可以对电阻、电容、晶体二极管和晶体三极管进行粗测。指针式万用表电阻档的等效电路如图 1-3 所示,图中 M 表示表头; E_0 为表内电池。一般,当万用表处于 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 和 $R \times 1K$ 档时, E_0 为 1.5V;而处于 $R \times 10K$ 档时, E_0 值还要大(如 9V、15V 等)。 R_0 为等效内阻(也称中值电阻),不同档位有不同的 R_0 值。需要记住的是,对于指针式万用表来说,红表笔

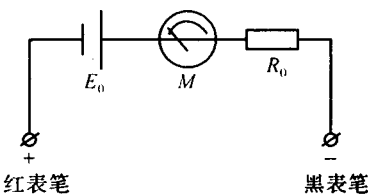


图 1-3

(+)接于表内电池负极,而黑表笔(-)接于表内电池正极。对于数字式万用表来说,则是红表笔(+)接于表内电池正极,而黑表笔(-)接于表内电池负极。

用万用表的电阻档或电压档可以检查判断电路的通断情况。

万用表的具体使用方法如下:

1) 电阻的测量

将万用表转换开关置于电阻档,并根据不同的电阻值选择合适的量程档级。将被测电阻接于两表笔之间,指针式万用表表针所指数值乘以电阻倍率即为测量结果;而数字式万用表则直接显示红、黑表笔之间的电阻值。测量时必须注意三点:①在测电阻之前或是改变量程档级之后指针式万用表应先调零;②不允许在被测电阻处于带电状态时测量电阻;③被测电阻应与其余电路断开。

2) 电压、电流的测量

在测量电压时,应把转换开关拨至电压档,选取适当量程,将两表笔与被测电路并联即可。在测量电流时,应把转换开关拨至电流档,选取适当量程,将两表笔串接于被测电路中即可。在测量直流电压和直流电流时,必须注意电压极性和电流方向。

3) 电路(导线)通断的检查

在实际工作中,经常需要检查电路中的导线是否断开或电路是否存在短路等。在电路不

带电的情况下,可用万用表的电阻档测量电路中导线(或两点间)的电阻,若测得电阻很小或接近于零,则说明导线是通的(或两点间是短路的),否则导线已断开(或两点间是开路的)。当电路带电时,可用万用表的电压档测量电路中导线两端电压,一般情况下,若测得导线两端电压为零,则说明导线是通的,否则导线已断开。

4) 电容的测量

电容一般应借助于专门的仪器(如电桥)来测量。但是,利用数字式万用表可以粗略测量电容的容量,而利用指针式万用表则可以粗略地测量电容的漏电情况和是否失效。

测量前先将电容的两引出线短接一下,使其释放所充的电荷。将万用表转换开关置于 $R \times 1K$ 档,两表笔接触电容的两端(对于有极性电容,万用表的黑表笔接电容的正极,万用表的红表笔接电容的负极),在正常情况下,可以看到表头指针先是产生较大偏转(向零欧姆方向),以后逐渐向起始位置(高阻值处)返回。这反映了电容在充电过程中电流的变化。

一般来说,表头指针偏转愈大、返回速度愈慢,说明电容的容量愈大。指针最终所指示的电阻值即为电容器的漏电阻。对于合格的电容器,漏电阻通常在 $500k\Omega$ 以上。对于失效的电容器,表头指针偏转很小,甚至不偏转。已经被击穿的电容器,其漏电阻接近零值。

检测容量较小的电容器时,转换开关应置于 $R \times 100K$ 档,但由于电容容量小,表头指针偏转很小,返回速度又很快,实际上难以用此方法进行性能检测,而只能检查它们是否短路或断路。

5) 晶体二极管极性的判别

晶体二极管的正向电阻小,反向电阻很大,利用这一特性就可以用万用表来判别其极性。

使用数字式万用表时,将转换开关置于二极管处,当红表笔连接二极管阳极、黑表笔连接二极管阴极时,二极管处于正向偏置,仪表显示二极管正向压降的近似值。如果表笔反向连接,则二极管处于反向偏置,仪表显示“1”。

使用指针式万用表时,将转换开关置电阻档,量程选择 $R \times 100$ 或 $R \times 1K$ 档,将两表笔与二极管两电极接触,若黑表笔所接电极为阳极、红表笔所接电极为阴极,则二极管处于正向偏置,测得的电阻值应较小;若黑表笔所接电极为阴极、红表笔所接电极为阳极,则二极管处于反向偏置,测得的电阻值应较大。通过交换两表笔与两电极的接触,比较两次测得的阻值大小,就可以判别二极管的极性。

如果正向、反向电阻均为无穷大,则表明二极管断路;如果正向、反向电阻均很小,则表明二极管已被反向击穿(短路)。

6) 晶体三极管类型和电极的判别

使用指针式万用表,可以判别晶体三极管的类型和电极。

a. 类型和基极的判别

晶体三极管的结构可以看作是两个背靠背的 PN 结,对 NPN 型管来说,基极是两个 PN 结的公共 P 极;对 PNP 型管来说,基极是两个 PN 结的公共 N 极。据此原理,结合二极管(PN 结)极性的判别方法,就可用万用表的电阻档(量程选 $R \times 1K$)找出公共极——基极。若公共极为 P 极,则该三极管为 NPN 型三极管,反之为 PNP 型三极管。

b. 发射极和集电极的判别

为使三极管具有电流放大作用,必须使发射结正向偏置、集电结反向偏置,如图 1-4 所示。

图 1-4(a)为 NPN 型三极管,集电极接正电源;图 1-4(b)为 PNP 型三极管,集电极接负电源。当三极管的基极 B 确定以后,就可以根据以上原理来判别集电极 C 和发射极 E,同时还可以

大致了解穿透电流 I_{CEO} 和电流放大系数 β 的大小。

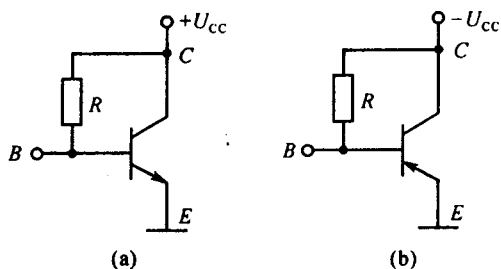


图 1-4

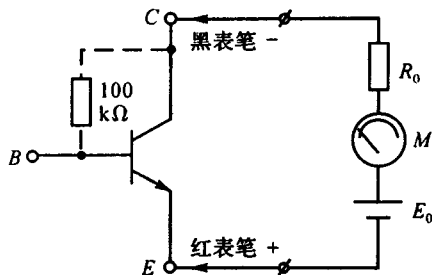


图 1-5

以 NPN 型三极管为例,若黑表笔(对应表内电池正极)接集电极 C ,红表笔接发射极 E (相当于 $C-E$ 极间电源正确接法),如图 1-5 所示,这时万用表指针摆动很小,它指示的电阻值反映了三极管穿透电流 I_{CEO} 的大小(阻值大,表示 I_{CEO} 小)。如果再在 $C-B$ 极间跨接一只 $100k\Omega$ 的电阻,则万用表指针将有较大摆动,它指示的电阻值反映了集电极电流的 I_C 大小,阻值愈小(I_C 愈大),表示 β 愈大。如果 $C-E$ 极接反(相当于 $C-E$ 极间电源极性接反),则三极管的电流很小,万用表指针摆动很小。因此,比较 $C-E$ 极电源极性的两种不同接法所带来的不同结果,便可以判别出集电极 C 和发射极 E 。

三、实验设备

1. 实验电路板(含电阻、电容、二极管等)
2. 直流稳压电源
3. 万用表
4. 直流毫安表

四、预习要求

1. 阅读附录中相关内容。
2. 根据图 1-6 和图 1-7 参数估算各电压和电流大小,并准确选择测量仪表的量程。
3. 使用指针式万用表 $R \times 100$ 和 $R \times 1K$ 档测量二极管的正向电阻时,其值有何不同?为什么?
4. 使用指针式万用表测量电阻(尤其是高阻值的电阻)时,用两手把表笔和电阻两端捏紧,对测量结果有何影响?为什么?

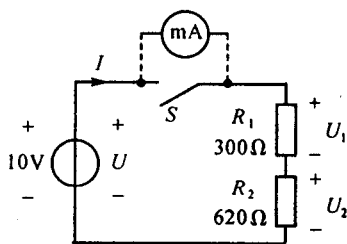


图 1-6

五、实验内容

1. 直流电压、电流和电阻的测量

- 1) 按图 1-6 接线(10V 直流电源由直流稳压电源提供),用万用表判断开关 S 的通断位置。
- 2) 接通电源和开关 S ,用万用表的直流电压档测量电源电压 U 和电阻电压 U_1 、 U_2 ;断开开关 S ,接入直流毫安表(或万用表的直流电流档)测量电流。将上述测量结果记入表 1-1。
- 3) 断开电源,用万用表电阻档测量 R_1 、 R_2 的电阻值,记入表 1-1。

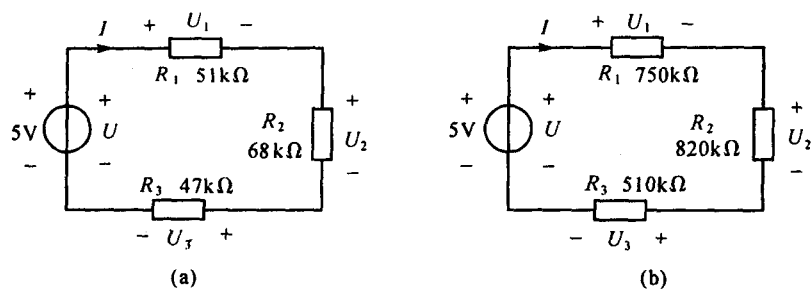


图 1-7

表 1-1

$U(V)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$I(mA)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$

2. 指针式万用表内阻对电压测量准确度的影响

按图 1-7(a)接线,用指针式万用表的直流电压 10V 档测定电源电压为 5V,并测量 U_1 、 U_2 、 U_3 ;再用直流电压 2.5V 档测量 U_1 、 U_2 、 U_3 ;断开电源后用万用表电阻档测量各电阻值。将上述测量结果记入表 1-2。

表 1-2

	量程	$U(V)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$R_1(k\Omega)$	$R_2(k\Omega)$	$R_3(k\Omega)$
指针式表	10V 档							
	2.5V 档							

3. 数字式万用表不同量程档对电压测量准确度的影响

按图 1-7(b)接线,用数字式万用表的直流电压 20V 档测定电源电压为 5V,并测量 U_1 、 U_2 、 U_3 ;再用直流电压 2V 档测量 U_1 、 U_2 、 U_3 ;断开电源后用万用表电阻档测量各电阻值。将上述测量结果记入表 1-3。

表 1-3

	量 程	$U(V)$	$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$R_1(k\Omega)$	$R_2(k\Omega)$	$R_3(k\Omega)$
数字式表	20V 档							
	2V 档							

4. 电容、二极管、三极管等元件的检测

1) 电容的检测

测量前用导线将电容的两引出线短接一下,使其释放所储存的电荷。用数字式万用表测量电容器的容量记入表 1-4。

表 1-4

电容编号	C_1	C_2	C_3
电容标称值(μF)			
电容测量值(μF)			

2) 二极管极性的判别

用指针式万用表的电阻档或数字式万用表的二极管档判别出给定二极管的极性。

3) 三极管电极的判别

利用指针式万用表对三极管进行判别, 将三极管的型号和类型(NPN 或 PNP)以及各电极的判别结果记入表 1-5。

表 1-5

型号及类型			
电极排列图 (底视图)			

5. 电路元件伏安特性的测定

本实验中被测元件分别为线性电阻(620Ω)、白炽灯泡(6.3V)和二极管。测试电路如图 1-8 所示。图中 U_s 采用可调直流恒压源; R 为限流电阻, 被测元件为线性电阻和白炽灯泡时可不接入。缓慢调节恒压源的输出电压, 分别测出各元件的电压和电流值。将测量结果记入表 1-6。

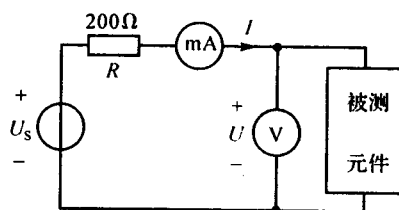


图 1-8

表 1-6

线性电阻, (620Ω)	$U(\text{V})$	0 1 2 4 6 8 10 ...
	$I(\text{mA})$	
白炽灯泡 (6.3V)	$U(\text{V})$	0 1 2 3 4 5 6 6.3(最大值)
	$I(\text{mA})$	
二极管	$U(\text{V})$	0 0.2 0.4 0.45 0.5 0.55 0.6 0.65 0.7 0.75 ...
	$I(\text{mA})$	

六、实验总结

1. 根据表 1-1 中电压、电流的测量数据计算各电阻值, 并与各电阻的测量值作比较。
2. 根据表 1-2 和 1-3 数据分析、说明万用表不同电压量程对测量结果的影响, 并比较测量结果的准确性。
3. 根据表 1-6 数据, 画出各元件伏安特性曲线, 并作比较。

单相交流电路及功率因数的提高

一、实验目的

1. 学会使用交流仪表(电压表、电流表、功率表)。
2. 掌握用交流仪表测量交流电路电压、电流和功率的方法。
3. 了解电感性电路提高功率因数的方法和意义。

二、概述

交流电路中常用的实际无源电路元件有电阻器、电感器(互感器)和电容器,利用交流电压表、交流电流表、功率表测量有关的电压、电流和功率,可以算得被测电路的有关参数。交流电路中的负载通常有电阻负载,如白炽灯、电阻加热器等,也有电感性负载,如电动机、变压器、线圈等。工业上大量的设备均为电感性负载,由于电感性负载存在较大的阻抗,因而电路的功率因数较低。

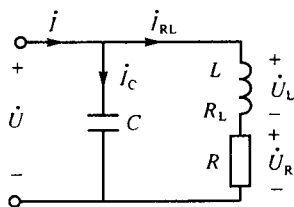


图 2-1

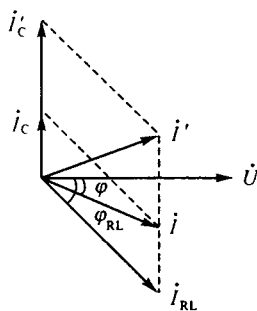


图 2-2

对于电感性负载,可以采用并联电容器的方法来提高电路的功率因数,从而提高电源设备的利用率,降低输电线路中的损耗。图 2-1 为电感线圈与电阻相串联的感性电路与电容并联的电路,图中 R_L 为电感线圈的电阻。在外加正弦交流电压 $\dot{U}$ 的作用下,各支路电流的关系为

$$\dot{I} = \dot{I}_{RL} + \dot{I}_C$$

其电压、电流相量图如图 2-2 所示。由图可知,并联容量适当的电容 C 后,电容电流 $\dot{I}_C$ 补偿了电流 $\dot{I}_{RL}$ 的部分无功分量,使得电路总电流 $\dot{I}$ 的数值减小, $\dot{U}$ 与 $\dot{I}$ 间的相位差 φ 减小,功率因数提高。但是,如果并联电容的容量过大,总电流 $\dot{I}$ 又会增大,功率因数下降,所以,与

感性电路并联的电容量要适当。

交流电路所消耗的功率可以用功率表(也称瓦特表)来测量。功率表内有两组线圈,线圈 1 为电流线圈,工作时与负载相串联,线圈 2 为电压线圈,工作时与负载相并联。测量负载功率时,功率表的接线原理如图 2-3 所示。

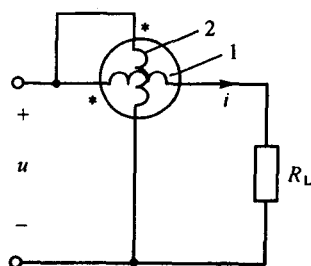


图 2-3

三、实验设备

1. 实验电路板
2. 单相交流电源(220V)
3. 交流电压表或万用表
4. 交流电流表
5. 功率表
6. 电流插头、插座

四、预习要求

1. 根据表 2-1 被测参数,列出图 2-4 中电阻、电感串联支路功率因数 $\cos\varphi_{RL}$ 以及元件参数 R 、 R_L 、 X_L 、 L 的计算式。
2. 测量图 2-4 功率时,功率表应如何连接?
3. 如何选择各测量仪表的量程?

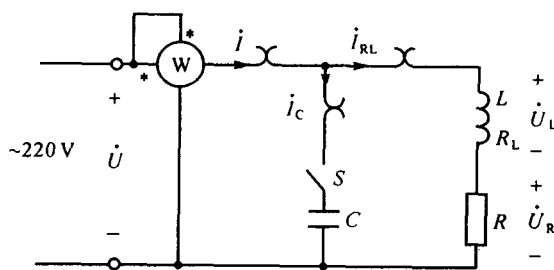


图 2-4

五、实验内容

按图 2-4 接好实验电路。

1. 测量不接电容时电感、电阻串联支路的电流 I_{RL} 和电源实际电压 U 、电感线圈两端电压 U_L 、电阻两端电压 U_R 及电路功率 P , 记入表 2-1。

表 2-1

测量值					计算值
$U(V)$	$U_L(V)$	$U_R(V)$	$I_{RL}(A)$	$P(W)$	$\cos\varphi_{RL}$

2. 测量并联不同电容量时的总电流 I 和各支路电流 I_{RL} 、 I_C 及电路功率 P , 记入表 2-2。

表 2-2

并联电容 $C(\mu\text{F})$	测量值				计算值	判断电 路性质
	$I(\text{A})$	$I_C(\text{A})$	$I_{RL}(\text{A})$	$P(\text{W})$	$\cos\varphi$	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

六、实验总结

1. 根据表 2-1 中的测量数据按比例画出电感、电阻串联支路的电压、电流相量图, 并计算出电路参数 R 、 R_L 、 X_L 、 L 。
2. 根据表 2-2 的数据, 按比例画出并联不同电容量后的电源电压和各电流的相量图, 并判别相应电路是感性还是容性。
3. 讨论电感性负载用并联电容器的方法来提高功率因数的方法和意义。