

电工电子技术实验

(非电专业)

南京航空航天大学电工电子实验中心

2004.5.

前 言

《电工电子技术实验》按非电专业《电工技术》、《电子技术》课程教学基本要求编写而成,考虑到非电类专业电类课程教学的时数和教学要求不断提高,本讲义对实验内容进行了较大的更新和扩充。本讲义由上、下两篇组成,上篇共有 30 个实验,其中电工技术部分(包括 PLC 内容)共有 14 个实验,模拟电路部分有 7 个实验,数字电路部分有 8 个实验;下篇包括常用仪器、仪表的使用,常用元、器件的标志法,集成电路引出端功能图等内容。各专业可根据教学要求和实际学时选择使用。本讲义由范玉萍、邢丽冬、葛红娟、任为民分工执笔。由于我们水平有限,改编时间又比较匆促,讲义中一定有错误和不妥之处,恳请使用本讲义的老师同学批评指正,以便今后修改。

电工电子实验中心

2001. 3

目 录

前言

实验须知..... 1

上篇 电工、电子技术实验

实验一 元件的伏安特性.....	3
实验二 叠加原理.....	7
实验三 单相交流电路.....	11
实验四 三相交流电路.....	15
实验五 RC 电路的过渡过程.....	17
实验六 单相变压器.....	21
实验七 三相异步电动机的继电接触控制(一).....	25
实验八 三相异步电动机的继电接触控制(二).....	28
实验九 三相异步电动机的变频调速.....	30
实验十 FP 编程器及 PC 计算机编辑命令练习.....	37
实验十一 基本指令实验.....	43
实验十二 定时指令与计算指令的应用.....	46
实验十三 十字路口交通灯的控制.....	49
实验十四 三层楼电梯自动控制.....	53
实验十五 单管交流放大电路.....	58
实验十六 集成运算放大器(一).....	63
实验十七 集成运算放大器(二).....	65
实验十八 整流、滤波、稳压电路.....	69
实验十九 曝光定时电路	
——模拟电路综合实验之一.....	74
实验二十 函数发生器	
——模拟电路综合实验之二.....	76
实验二十一 交流电源过压欠压保护电路	
——模拟电路综合实验之三.....	78
实验二十二 集成逻辑门电路及组合电路.....	80
实验二十三 译码器、编码器和译码显示电路.....	83
实验二十四 触发器.....	86
实验二十五 中规模集成计数器.....	88
实验二十六 555 集成定时器及其应用.....	91
实验二十七 数模转换器和模数转换器.....	94

实验二十八 数字频率计	
——数字电路综合实验之一	97
实验二十九 数字钟	
——数字电路综合实验之二	99
实验三十 通用阵列逻辑 GAL 实验	101

下篇 常用仪器、仪表及元器件

第一章 常用电测量仪表的介绍	106
一、电测量指示仪表的基本知识	106
二、磁电系、电磁系和电动系仪表	108
三、万用表的原理与使用	112
四、数字万用表	116
第二章 常用仪器设备与使用	118
一、直流稳压电源	118
二、单相调压变压器	118
三、示波器	119
四、函数发生器	125
五、交流毫伏表	127
六、模拟电子电路实验系统	129
七、数字电子技术实验系统	129
第三章 常用电子元器件	133
一、电阻器	133
二、电容器	135
三、电感器	137
四、集成电路引出端功能图	138

实验须知

一、实验课目的要求：

本实验课要求学生在教师指导下完成教学大纲规定的实验任务。通过实验熟悉常用仪器仪表；掌握电工实验的基本操作技能；培养学生分析实验现象总结实验结果的能力。

二、预习要求

每次实验前学生必须认真预习，对实验的内容、方法、步骤、原理等做到心中有数，为此，必须复习有关的教学内容，仔细阅读实验讲义以及实验所用仪器的说明，列出所需的分析计算公式。

对预习不充分的学生，教师可暂停其实验。

三、实验报告要求：

1. 实验报告应按规定格式书写，格式如下：

实验 × × × × ×

- 1) 实验目的
- 2) 仪器设备
- 3) 实验线路及步骤
- 4) 实验数据、曲线
- 5) 讨论分析

2. 实验结果处理

要列表写出记录数据和计算结果，并举例说明所用的计算方法，画曲线时一律用坐标纸，为了减少测量误差，一般应使被测量值在仪表量程的 $\frac{1}{2}$ 以上，至于测量误差与所选量程的关系，曲线绘制的方法及有效数字的处理等问题，请同学们复习物理实验的有关内容。

3. 讨论分析：可包括

- (1) 首先根据实验目的，实验结果和思考题作出简单明确的结论。
- (2) 分析误差，写出心得、问题、改进意见等。

记录实验中的异常现象和事故。

四、实验操作规定

1. 按实验要求查核仪器设备，然后对照仪表说明书熟悉使用方法，弄懂使用方法方可动手使用。

2. 合理放置各实验器材，以便接线、查线、操作和读数。

3. 按电原理图独立接线,接线后每人均应检查线路(用三用表)以熟悉电路,并培养检查线路的能力,经指导教师检查无误后接通电源,通电时同组学员密切配合注意安全。

4. 通电后首先应观察电路工作是否正常,如发现火花、冒烟、臭味、保险丝熔断、仪表失灵、指示超量程、电阻过热等异常情况应立即切断电源,维持原状和指导教师一起寻找原因排除故障。

5. 通电后一切正常,一般可以先观察一下实验全过程,了解其规律性,然后确定应该观察、记录哪些数据和图形。

6. 对记入表格内的数据应按公式粗略估算一下,对要求描绘的曲线粗略描出,以判断实验数据的正确性。记录数据应经指导教师审阅,有误应立即重做,无误方可拆线。

7. 实验完毕应整理好所用的元件、导线和仪器设备,有损坏的设备应立即向指导教师说明情况,养成严肃认真有始有终的良好作风。

五、安全用电

1. 进实验室首先应了解本实验室有哪几种电源,然后按实验要求正确选用本次实验要用的电源。电源使用前还应检查有无保险丝,保险丝规格选得是否适宜,如不合要求,应予更换。

2. 在接线和拆线时,必须断开电源,切忌带电操作,实验过程中改接线路时更应注意这点,以免损坏仪器设备和触电。

3. 仪器设备的使用规范和操作方法必须严格按说明书规定正确使用,防止因误操作造成的损坏。接通电源后,培养用单手操作的习惯。

4. 做电机实验时旋转部分周围不应放置杂物,在桌上的电机应稳妥放置。

5. 对不熟悉的实验设备或本次实验不用的设备不能擅自操作,要学习使用时应征得教师同意。

实验一 元件的伏安特性

一、实验目的:

1. 学习使用直流电压表、电流表、三用表、滑线变阻器及直流稳压电源。
2. 测定线性电阻元件和非线性电阻元件的伏安特性。
3. 测定电压源、电流源的外特性。

二、实验仪器设备

	名称	规格、型号	数量
1	直流电流表	C ₆₅ , 0~500 mA	1 只
2	直流电压表	C ₆₅ , 0~30 V	1 只
3	三用表	MF47	1 只
4	直流稳压电源	DF1731 SC 2A	1 台
5	滑线变阻器	BX7D-1 型, 100Ω/1.3 A	1 只
		BX7D-1 型, 45Ω/2 A	1 只
6	可调恒流电压	10~100 mA	1 台
7	金属膜电阻	10 kΩ/0.5 W	1 只
8	金属膜电阻	20 kΩ/2 W, 100 Ω/2 W, 40 Ω/2 W	各 1 只
9	钨丝灯泡	24 V/8 W	1 只

三、实验原理与说明

1. 电阻元件分线性电阻和非线性电阻。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。线性电阻的特点是其参数(阻值)不随电压或电流而变,所以它的伏安特性,在 $U-I$ 坐标平面上是条通过原点的直线,且符合欧姆定律,即 $R=\frac{U}{I}=\text{常数}$ 。对于非线性电阻来说,它的伏安特性不能简单地用欧姆定律来描述,而是遵循某种特定的非线性的函数关系,它的伏安特性在 $U-I$ 坐标平面上是一条通过原点的曲线。

2. 线性电阻和非线性电阻元件,其伏安特性都可用图 1-1(a)或图 1-1(b)电路测得。图中直流稳压电源与滑线变阻器配合,可以得到连续可变的直流电压,以便实验。若电流表的内阻不为零,电压表的内阻不为无穷大,在图 1-1(a)测量电路中,电流表的读数除了有电阻元件的电流外还包含了流经电压表的电流。而对图 1-1(b)测量电路中,电压表的读数中还

包含了电流表两端的电压。显然无论采用哪种电路都会引起测量的误差,这种因测量方法引进的误差称为方法误差。但若合理选择测量电路,则可使误差减小。譬如当电阻 R_x 的数值远小于电压表的内阻 R_V 时,则用图 1-1(a) 电路带来的方法误差就很小,甚至可以忽略不计。类似地,当 R_x 的数值远大于电流表内阻 R_A 时,则采用图 1-1(b) 电路时引进的方法误差就可以很小。

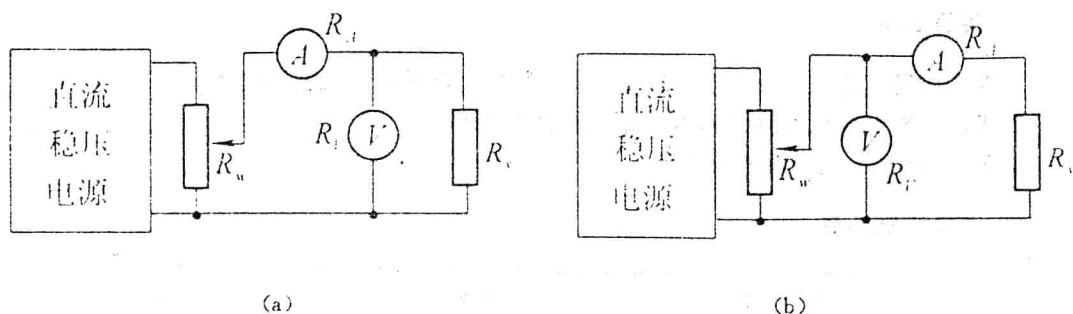


图 1-1

3. 电源两端电压与流经电源的电流间的关系称为电源的外特性。用电压表、电流表测量电源的外特性时,也会因电表的内阻引起方法误差,例如用图 1-2(a) 电路测量内阻很小的电压源的外特性时,流经电压表的电流可以忽略不计,因而引起的误差就比较小。反之如采用图 1-2(b) 所示电路,因电压表的读数包含了电流表上的压降,若电源内阻上的压降与电流表的压降相差不大时,方法误差就比较大了。当然,若已知电压表及电流表的内阻,在求元件的伏安特性和电源外特性时,可对测得的数值进行修正,以消除方法误差,本室所用电流表的内阻约为 $0.1 \sim 1 \Omega$,电压表各档的内阻由“每伏欧姆”(也称电压灵敏度)乘以该档量程而得,实验所用 C65-V 型直流电压表的“每伏欧姆”的数约为 $1.3 \text{ k}\Omega$ 。

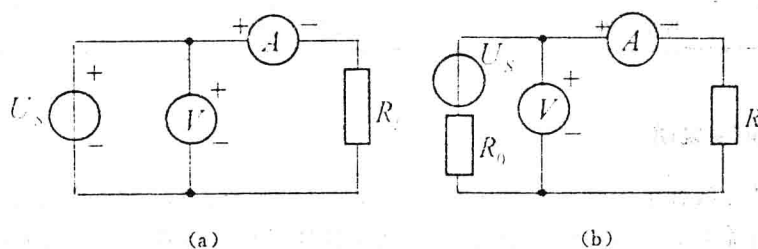


图 1-2

四、实验任务与方法

1. 测定 $10 \text{ k}\Omega$ 电阻的伏安特性

分别采用图 1-1(a) 和 1-1(b) 电路进行测量。直流稳压电源的输出可调在 27 V , 调节电位器 R_w 改变电压, 读取电压值、电流值, 将数据记入表 1-1 中。

表 1-1

电压 $U(V)$	5	10	15	20	25	30
电流 $I(mA)$						
图 1-1(a) 电路						
$R=U/I(K\Omega)$						
电流 $I(mA)$						
图 1-1(b) 电路						
$R=U/I(K\Omega)$						

2. 测定钨丝灯泡的伏安特性

在图 1-1(a) 和 1-1(b) 电路中选定一个电路, 改变电压, 记录电压、电流值, 将数据填入表 1-2 中。

表 1-2

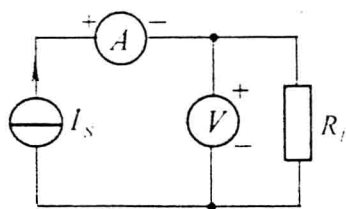
电压 $U(V)$	0.5	1.0	2.0	4.0	10	15	24
电流 $I(mA)$							
$R(\Omega)$							

3. 测量电压源的外特性

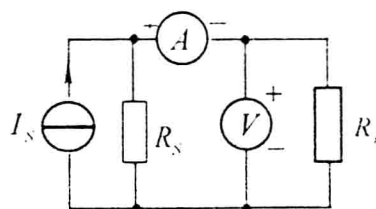
用图 1-2(a) 和 1-2(b) 电路测量理想电压源和实际电压源的外特性, 实验时取 $U_S=5V$, $R_S=100\Omega$ 。改变 R_L 值, 将测量数据记入表 1-3。

表 1-3

$R_L(\Omega)$		∞	150	40	0
图 1-2(a)	$U(V)$				
	$I(mA)$				
图 1-2(b)	$U(V)$				
	$I(mA)$				



(a)



(b)

图 1-3

4. 测定电流源的外特性

用图 1-3(a) 和 1-3(b) 电路测量电流源外特性, 实验时取 $I_S=50\text{ mA}$, $R_S=100\Omega$ 。(即电导 $G_S=0.01\text{ S}$)。改变 R_L 值, 测量数据记入表 1-4 中。

表 1-4

$R_L(\Omega)$		∞	150	40	0
图 1-3(a)	$U(V)$				
	$I(mA)$				
图 1-3(b)	$U(V)$				
	$I(mA)$				

五、实验报告要求

1. 根据测量数据在坐标纸上绘出电阻 R 和钨丝灯泡的伏安特性曲线, 并比较二者有何区别, 为什么?

2. 根据测量数据在坐标纸上绘出待测电压源、电流源的外特性曲线, 并由特性曲线求出电压源、电流源的内阻。

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. 加深对等效概念的理解

二、实验仪器设备

	名称	规格,型号	数量
1	直流电流表	C ₆₅ , 0~500 mA	1只
2	直流电压表	C ₆₅ , 0~30 V	1只
3	三用表	MF-47	1只
4	直流稳压电源	DF 1731 SC 2A	2台
5	金属膜电阻器	20 Ω, 20W; 30 Ω, 20 W; 51 Ω, 20 W; 100 Ω, 20 W	各一只

三、实验原理说明

1. 在线性电路中,任一支路中的电流(或电压)等于电路中各个电源分别单独作用时在该支路内产生的电流(或电压)的代数和,这就是叠加原理。在应用叠加原理时,不能改变电路的结构。实验中,在某一电源单独作用时,若其他电源的内阻不能忽略,则其他电源的内阻要用与之相等的电阻代替。本实验用晶体管稳压电源模拟内阻为零的理想电压源,所以可用短接线代替(注意:不能直接短接稳压源的输出端)。

实验电路如图 2-1 所示。

2. 任何一个线性有源二端网络,如图 2-2(a)所示,对外部电路来说总可以用一个理想电压源、电阻串联组合来代替,如图 2-2(b)所示。其理想电压源的电压等于有源二端网络的开路电压 U_{oc} ,电阻等于原网络中所有独立电源为零时的入端等效电阻 R_o 。

对于参数 U_{oc} 、 R_o 、及有源二端网络的短路电流 I_{sc} 可用实验方法测定。最简单的方法是对有源二端网络进行开路、短路实验,即测出其开路电压 U_{oc} ,及短路电流 I_{sc} ,则 R_o 可由下

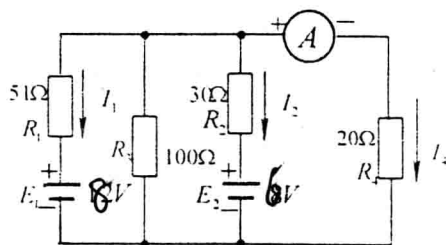


图 2-1

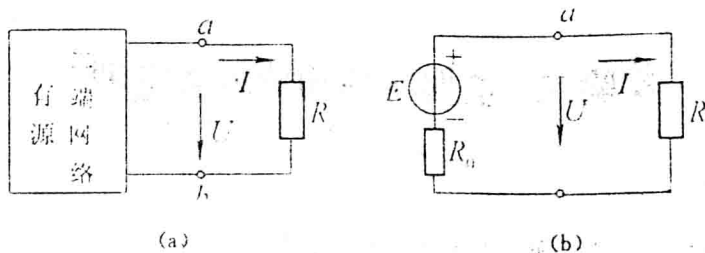


图 2-2

式算出

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}} \quad (1)$$

本实验中待测的有源二端网络(如图 2-3 左边虚线框内的电路),在设计时考虑可以短路,可直接测出短路电流。但某些有源二端网络不允许直接短路,这有可能因短路电流太大而损坏内部元件。现介绍几种其他测定的方法。

(1)首先测出开路电压 U_{oc} ,然后在端口处接上一个负载电阻 R ,测出 R 上的电压 U 及流过 R 上的电流 I ,因为

$$U = U_{oc} - R_0 I$$

$$\therefore R_0 = \frac{U_{oc} - U}{I} \quad (2)$$

(2)先测出开路电压 U_{oc} ,然后在端口处接上一个已知阻值的负载电阻 R ,测出负载电阻的端电压 U ,因为

$$U = \frac{U_{oc}}{R_0 + R} \cdot R$$

$$R_0 = \left(\frac{U_{oc}}{U} - 1 \right) R$$

(3)把有源二端网络中的所有独立电源置零,然后在端口处用伏安法测定其入端电阻,便是 R_0 (这种方法的缺点是电源的内阻无法保留)。

四、实验任务

1. 验证叠加原理

(1)接通直流稳压电源,调节输出旋钮,使两组电压源的输出分别为 $E_1=12\text{ V}$, $E_2=8\text{ V}$ (用万用表直流电压档测出),然后关闭稳压电源,待用。

(2)按图 2-1 接线。图中 $R_1=51\ \Omega$, $R_2=30\ \Omega$, $R_3=100\ \Omega$, $R_4=20\ \Omega$ 。

(3)测量下列三种情况下各电流值和电压值,并将数据填入表 2-1 中。

表 2-1

测 量 项 目	测量值				计算值			
	电 流	电 压			电 流	电 压		
	I_4 (mA)	U_{R_1} (V)	U_{R_2} (V)	U_{R_4} (V)	I_4 (mA)	U_{R_1} (V)	U_{R_2} (V)	U_{R_4} (V)
E_1 单独作用	44.2	5.58	1.87	1.75				
E_2 单独作用	48.6	2.04	3.61	1.91				
E_1 与 E_2 同时作用	72.8	2.23	0.41	2.87				

2. 验证戴维南定理

(1) 调节直流稳压电源, 使两组电源的输出分别为 $E_1 = 12\text{ V}$, $E_2 = 8\text{ V}$ (用万用表测定), 然后关闭电源, 待用。

(2) 按图 2-3(a) 接线, 测出线性有源二端网络的开路电压 U_{oc} , 再按图 2-3(b) 接线, 测出线性有源二端网络的短路电流 I_{sc} , 求出该网络的戴维南等效电阻 R_0 (也可从实验原理所介绍的方法中所选一种来测定 R_0 的值), 将所测数据填入表 2-2 中。

(3) 按图 2-4(a) 接线, 测出电阻 R_4 所在支路的电流 I_{R_4} , 数据填入表 2-2 中。

(4) 按图 2-4(b) 接线, 测出钨丝灯支路电流 $I_{灯}$, 数据填入表 2-2 中。

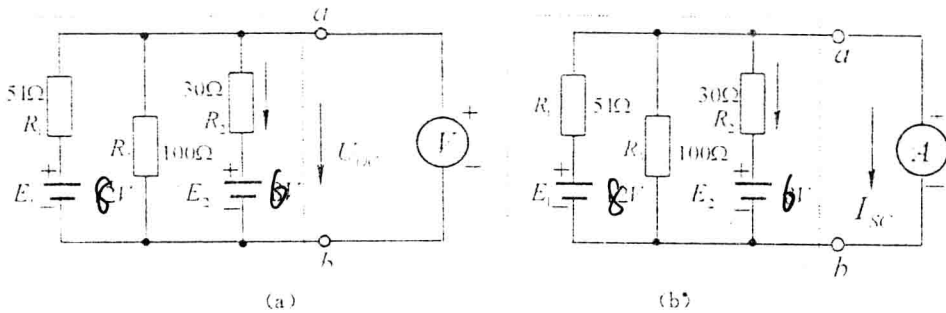


图 2-3

表 2-2

	U_0 (V)	I_{sc} (mA)	R_0 (Ω)	I_{R_4} (mA)	$I_{灯}$ (mA)
原网络测量					
等效电路测量					
理论计算					

* (5) 测定戴维南等效电路的外特性

将稳压电源的输出电压调至 U_{oc} 值, 关闭电源待用。将可变电阻 ($100\ \Omega/2\text{ A}$) 调到 R_0 值 (用三用表电阻档测定)。按图 2-2(b) 接线, 由 U_{oc} 与 R_0 组成一个新的电压源, 它是图 2-3 电路中有源二端网络的戴维南等效电源。该电源分别接上 R_4 电阻和钨丝灯泡, 重复任务 (2)、(3)、(4) 数据填入表 2-2 中。

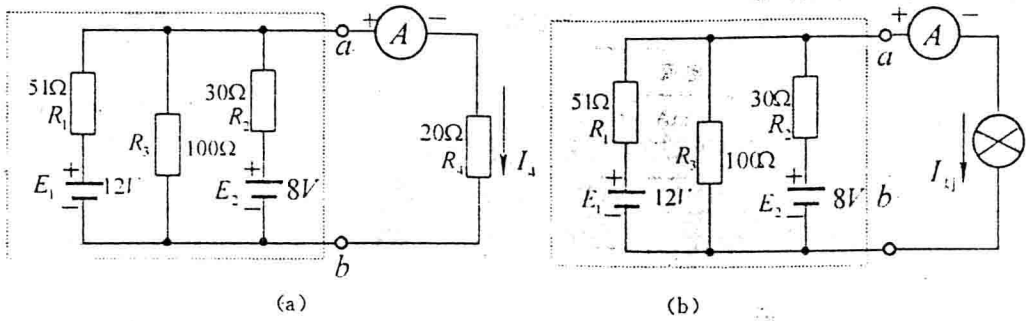


图 2-4

五、报告讨论问题

1. 将实测的各电流值、电压值相比较,看是否相符,并用实测值说明叠加原理的正确性。
2. 用实测电流 I_{R_4} 值及电阻 R_4 值(关断稳压源后用三用表电阻档测定),计算 R_4 所消耗的功率为多少?能否用叠加原理计算?为什么?试用具体数据说明之。
3. 有源二端网络中含有非线性元件(或负载中含有非线性元件)时,戴维南定理是否适用?

实验三 单相交流电路

一、实验目的：

1. 学习使用自耦调压变压器和功率表。
2. 研究阻抗串并联电路中电压、电流及功率三者的关系。
3. 研究感性负载提高功率因数的意义和方法。
4. 了解日光灯原理和接线。

二、实验仪器设备

	名称	规格、型号	数量
1	自耦调压变压器	2KVA, 220V/0~250 V	1 只
2	交流电压表	0—75—150—300—450 V	1 只
3	交流电流表	0—0.5—1A	
4	低功率因数瓦特表	0—0.5—1 A, 0—75—150—300 V	1 只
5	空芯线圈	二组线圈顺接 ($L_{\text{总}}=0.45 \text{ H}, R_L=35 \Omega$)	1 只
6	固定电阻	51 Ω , 100 W	1 只
7	电容箱	0—85 μF	1 只
8	日光灯实验板	包括镇流器, 启辉器, 灯管	1 套
9	插座板	自制	1 只

三、实验原理

1. 电感线圈参数的测量

一个实际的线圈不仅具有电感, 而且有一定的电阻。下面介绍三表法(交流电压表、交流电流表、功率表)测定线圈的电感和电阻值的实验方法。

测量电路如图 3-1 所示, 电路中有电阻消耗功率, 因此功率表测出的功率数值就是电阻 R_L 上消耗的功率, 那么线圈的电阻为

$$R_L = \frac{P}{I^2}$$

线圈的电感为:

$$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - R_L^2}$$

实验中所用的线圈的电阻较小,

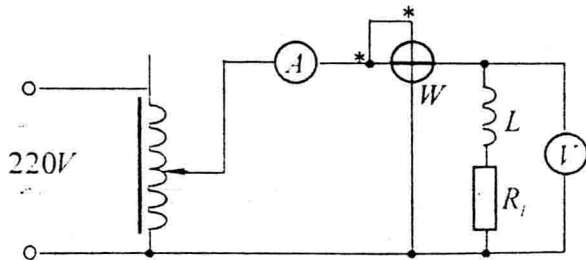


图 3-1

且线圈额定电流也较小,所测量的功率值就比较小,功率表的指针偏转很小,为减小测量误差,测量电路中将线圈和已知阻值的电阻 R 相串联,而电流仍维持原数值 I ,测得的功率为 P' ,电压为 U' ,那末线圈的电阻和电感为

$$R_L = \frac{P'}{I^2} - R$$

$$L = \frac{1}{2\pi f} \sqrt{\left(\frac{U'}{I}\right)^2 - (R + R_L)^2}$$

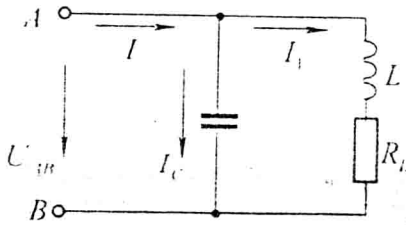


图 3-2

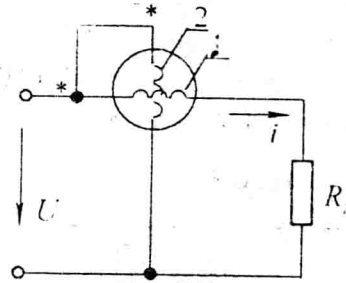


图 3-3

2. 感性负载电路功率因数的提高

用电设备有很多是电感性负载,其等效电路可用 R, L 串联电路来表示。由于有电感性负载,使电路的功率因数较低。从供电的角度来看,在同一电压下输送给负载一定大小的有功功率时,功率因数低,所需的电流就较大($P = IU \cos \varphi$)。反之,该线路功率因数提高,所需的电流就可小些。因此线路的功率因数高即可提高电源设备的利用率(用较小的电流输送同样的功率),又可减小线路的能量损失。提高功率因数常采用的方法是在感性负载上并联电容器,电路如图 3-2 所示。当并联电容后,对于原感性负载来说,所加电压和负载的参数均未改变,因而负载的工作情况不改变,但电路的总电流减小了。

3. 电路消耗的功率的测量

电路消耗的功率可用功率表来测量。功率表内有两组线圈,线圈 1 为电流线圈,工作时与负载串联;线圈 2 为电压线圈,工作时与负载并联。测量负载功率时,接线原理如图 3-3 所示。被测电路的功率 P 可按下式计算:

$$P = C\alpha(W)$$

式中: α 为功率表读数(即指示数); C 为倍率(即每格所代表之瓦特数),它与功率表在测量时所选择的额定电压和额定电流有关。

本实验采用 $D64-W$ 型功率表,其倍率与额定电压和额定电流的关系见表 3-1。

表 3-1

额定电压 (V)	额定电流 (A)	每分格瓦特数			
		75V(W)	150V(W)	300V(W)	450V(W)
75—150—300—450	0.5	0.05	0.1	0.2	0.3
	1	0.1	0.2	0.4	0.6

四、实验任务和步骤

1. 用三表法(电压表、电流表、瓦特表)测定空芯线圈的参数。

按图 3-4 接线,自耦调压变压器输入输出公共端 1、3 接电源零线,输入端 2 接 220 V 电源相线,输出 3、4 接向负载,合上电源前将手柄调置于零位,每次用完后必须退回零位。瓦特表的接法如图 3-3 所示,电流线圈的接法和电流表相同,应和负载串联;电压线圈的接法和电压表相同,应与被测负载并联。两线圈标有 * 号的端点相连接。电压线圈、电流线圈的量程必须大于负载端电压及负载电流。 $L_{\text{顺}}$ 指两组线圈顺向串联。

(1) 断开电容箱开关 K , 使实验电路接成 R, L 串联电路的形式。

(2) 接通电源,转动调压器手柄,使输出电压 U 增加,且使电流表读数为 0.5 A, 测量此时的 U, P 的值,并记入表 3-2 中,列出有关的计算公式,根据测量值计算被测元件的参数值。

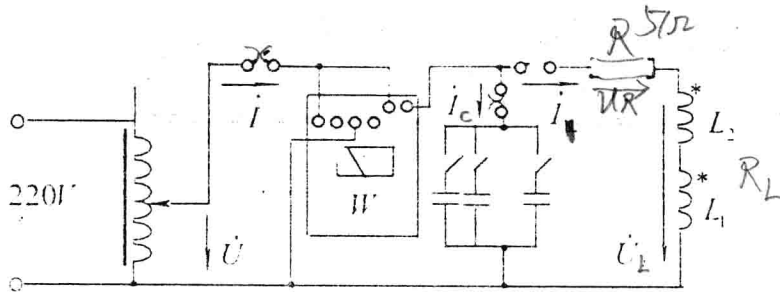


图 3-4

表 3-2

测量数据			计算数据				
$P(W)$	$I_1(A)$	$U(V)$	$R_L(\Omega)$	$Z_L(\Omega)$	$X_L(\Omega)$	$L(H)$	$\cos\varphi$
111	0.5	82V					

2. 保持 U 的大小不变,合上电容箱开关 K , 调节电容 C , 使电路的总电流值 I 为最小,记下此状态下的电容值 C_0 , 并测量相应的电流和有功功率值,记入表 3-2 中。

表 3-3

	$U(V)$	$P(W)$	$I(A)$	$I_1(A)$	$I_C(A)$	$\cos\varphi$
$C = 8 \mu f$	82V	112	0.35	0.5	0.20	
$C_0 = 16 \mu f$	82V	113	0.29	0.5	0.41	
$C = 28 \mu f$	82V	116	0.42	0.5	0.72	

3. 日光灯电路

按图 3-5 接线,合上电源。慢慢转动调压器手柄使电压表读数为 220 伏。日光灯应点燃发光。若不能起燃,用电压表检查故障,直至点燃为止,记下镇流器及灯管二端的电压(灯管工作电压)。

镇流器两端电压 $U_{\text{镇}} = 202$ 伏