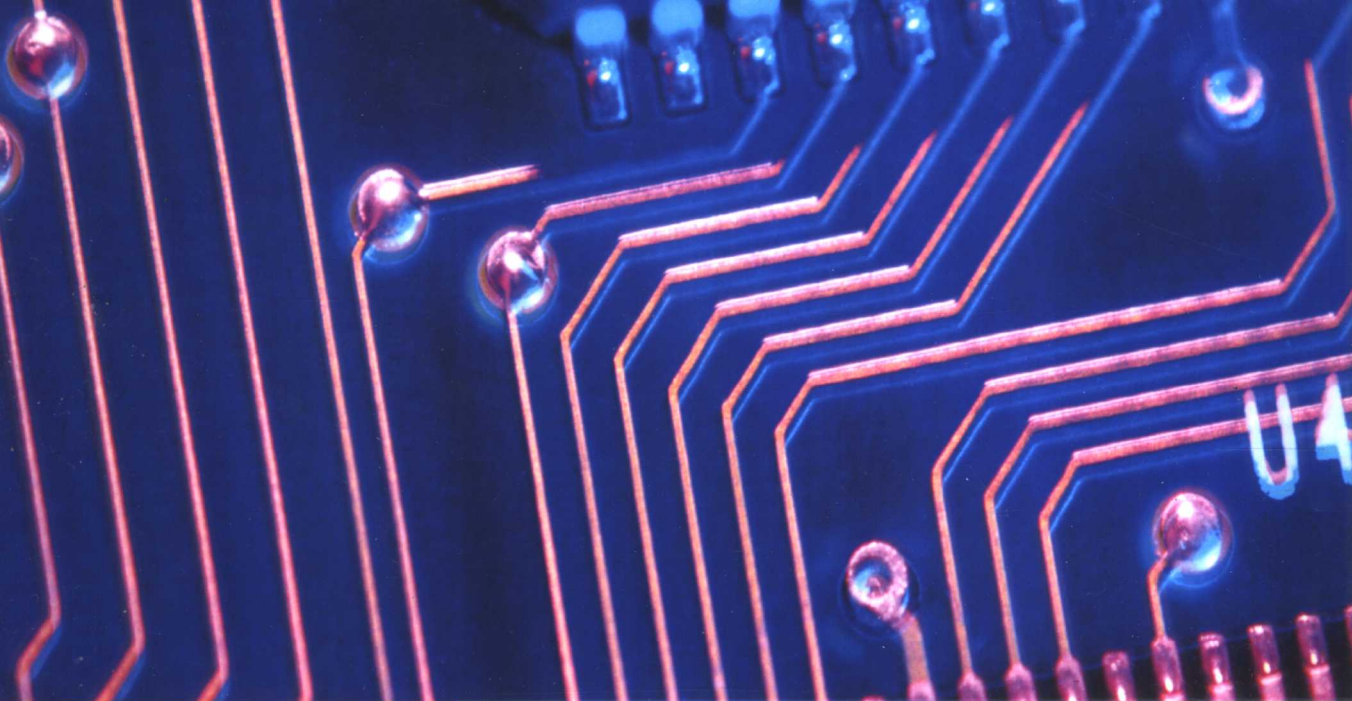




吴根忠 顾伟骊 等 编著

电工学 实验教程

清华大学出版社



吴根忠 顾伟骊 等 编著

电工学实验教程

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是为高等院校非电类专业开设电工学实验课而编写的实验教学用书。全书分两篇:第一篇为实验内容,第二篇为仪器设备的使用说明。

第一篇共有 15 个实验,其中保留了电工学中比较经典的一些实验,如直流电路实验、正弦稳态交流电路实验、三相交流电路实验、三相异步电动机及继电器接触控制、集成运算放大器、RC 正弦波振荡器、TTL 与非门和触发器、单管电压放大器等。同时也增加了一些学生比较感兴趣的、与电工学课程又关系密切的设计性、综合性实验,如步进电机控制电路的研究、自动开启延时照明电路、直流稳压电源、可控硅调光电路、单相变压器等。

第二篇主要介绍了实验室常用的仪器设备,包括双通道示波器、交流毫伏表、信号发生器、数字式万用表、单相电量仪表板、兆欧表、数字式光电转速表等,其中对双通道示波器的使用方法进行了特别详细的介绍。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验教程/吴根忠等编著. —北京:清华大学出版社,2007.7

ISBN 978-7-302-15051-0

I. 电… II. 吴… III. 电工学—实验—高等学校—教材 IV. TM1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 053588 号

责任编辑:王敏稚 陈国新

责任校对:李建庄

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:9.25 字 数:218 千字

版 次:2007 年 7 月第 1 版 印 次:2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:16.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:024385-01

本书是为高等院校非电类专业开设电工学实验课而编写的实验教学用书。本书编写过程中参考了由盛华同志主编的《电工学实验教程》，并在此基础上，结合目前电工学教学内容的改革和电工电子新技术的发展趋势，对实验内容做了较大幅度的调整和补充。

全书共分为两篇。第一篇为实验内容，第二篇为实验中常用仪器仪表的使用说明。在实验内容上，保留了一些经典的验证性、操作性和设计性实验(实验一～实验九)，同时根据实际情况，增加了学生比较感兴趣的综合性实验(实验十～实验十五)。在第二篇中，结合浙江工业大学电工电子实验教学中心的建设和实验教学经验，对实验中常用的仪器仪表的使用做了介绍，其中对 GOS-6021 双通道示波器做了特别详细的说明，希望学生通过实验基本掌握双通道示波器的使用方法。

本书第一篇(实验内容)中，实验一～实验三、实验五、实验六、实验八～实验十一、实验十三和实验十四由盛华同志执笔，实验四和实验七由毛兰若同志执笔，实验十二由王涌同志执笔。实验十五和第二篇(常用仪器仪表使用说明)由吴根忠同志执笔。全书由吴根忠、顾伟骊同志修改定稿，由中国计量学院谢岳教授、浙江工业大学钟德刚副教授审稿。在本书的编写过程中，得到了盛华、王涌、毛兰若、李剑清、龙胜春、周文委等老师的大力支持和帮助，在此表示最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之时间比较仓促，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 6 月

目 录

第一篇 电工学实验

实验一	直流电路	1
实验二	正弦稳态交流电路相量的研究	6
实验三	三相交流电路	11
实验四	三相异步电动机及继电器接触控制	16
实验五	常用电子仪器的使用练习	23
实验六	单管电压放大器	29
实验七	直流稳压电源	36
实验八	集成运算放大器	41
实验九	RC 正弦波振荡器的研究	48
实验十	TTL 与非门和触发器	52
实验十一	计数、译码和显示	58
实验十二	步进电机特性测试实验	65
实验十三	可控硅调光电路	78
实验十四	自动开启延时照明电路	84
实验十五	单相变压器	90

第二篇 常用仪器仪表使用说明

第 1 章	DF1641C 函数信号发生器使用说明	95
第 2 章	GDM-8135 数字式万用表使用说明	101
第 3 章	DF2170A 交流毫伏表使用说明	105
第 4 章	GOS-6021 双通道示波器使用说明	109
第 5 章	MC1098 单相电量仪表板使用说明	133
第 6 章	兆欧表使用说明	135
第 7 章	DM-6234P 数字式光电转速表使用说明	137
参考文献		139

第一篇 电工学实验

实验一 直流电路

一、实验目的

1. 加深理解叠加原理和戴维南定理。
2. 学习基本电工仪表和直流电源的使用方法。
3. 学习测定有源二端网络等效内阻的方法。
4. 加深对等效电路概念的理解。

二、实验原理概述

1. 叠加原理

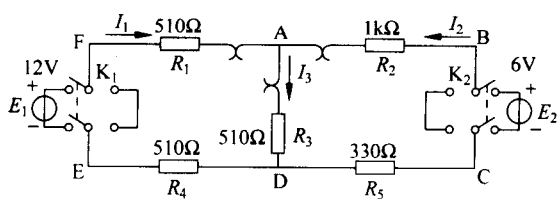
在有几个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是由每一个独立源单独作用时,在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

图 1-1-1(a)为叠加原理实验电路,图中 E_1 、 E_2 为直流稳压电源,其内阻可近似看作零。 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 均为线性电阻。该电路在 E_1 、 E_2 共同作用时(K_1 打向左边, K_2 打向右边)所产生的各支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 及各电阻上的电压 U_{AB} 、 U_{CD} 、 U_{AD} 、 U_{DE} 、 U_{FA} ,应该等于电路中仅有 E_1 作用时(K_1 、 K_2 都打向左边)所产生的各支路电流 I'_1 、 I'_2 、 I'_3 及各电阻上的电压 U'_{AB} 、 U'_{CD} 、 U'_{AD} 、 U'_{DE} 、 U'_{FA} ,与仅有 E_2 作用时(K_1 、 K_2 都打向右边)所产生的各支路电流 I''_1 、 I''_2 、 I''_3 及各电阻上的电压 U''_{AB} 、 U''_{CD} 、 U''_{AD} 、 U''_{DE} 、 U''_{FA} 的代数和。

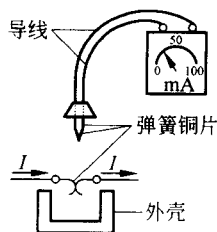
实验电路图中“ $\times$ ”为电流表插座。测量电流时,只要把电流表两个测量端接上电流插头,然后把插头插入插座,电流表即自动串入该支路,如图 1-1-1(b)所示。

2. 戴维南定理

对于任何一个线性有源网络,如果仅研究其中一条支路的电压和电流,则可将电路的其余部分看作是一个线性有源二端网络,如图 1-1-2(a)所示。



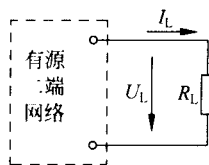
(a) 叠加原理实验电路



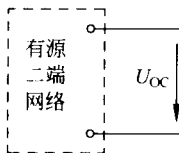
(b) 电流表插座示意图

图 1-1-1 叠加原理实验电路

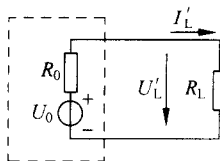
戴维南定理指出：对于任何一个线性有源二端网络，就外部特性来说，可以用一个电压为 U_0 的电压源和阻值为 R_0 的电阻的串联组合等效置换。等效电压源的电压 U_0 等于原有源二端网络的开路电压 U_{OC} ，如图 1-1-2(b) 所示。内阻 R_0 等于原有源二端网络除去全部独立源后的等效电阻。该串联组合即为戴维南等效电路，如图 1-1-2(c) 所示。



(a) 线性有源二端网络



(b) 开路电压



(c) 戴维南等效电路

图 1-1-2 戴维南定理

用实验的方法直接测出有源二端网络的开路电压 U_{OC} ，即为该网络等效电压源的电压 U_0 。

内阻 R_0 可以通过以下几种实验方法求出。

方法一：在网络可以除源的情况下（除去理想电压源后，电路中电压源两端短路；除去理想电流源后，电路中电流源两端开路），直接用万用表的电阻档测量除源后网络二端的电阻。本实验的电源近似于理想电源，所以可采用这种方法测量网络内阻。

方法二：在网络允许短路的情况下，用电流表测出该有源二端网络的短路电流 I_{SC} ，则内阻为

$$R_0 = \frac{U_0}{I_{SC}}$$

方法三：若二端网络内阻很低，不允许短路，可分别测出网络的开路电压 U_{OC} 和该网络接上负载 R_L 后，负载二端的电压 U_L ，如图 1-1-2(a) 所示。

因为 $U_L = \frac{R_L}{R_0 + R_L} \cdot U_0$ ，所以可求得内阻 R_0 为

$$R_0 = \frac{U_0 - U_L}{U_L} \cdot R_L$$

此方法中，若负载 R_L 为可调电阻，当调节负载电阻 R_L ，使得负载电压 U_L 为网络开路电压 U_{OC} 的一半，此时负载电阻 R_L 的阻值就等于被测有源二端网络的等效内阻 R_0 。此法称为半电压法。

表 1-1-3 各电阻电压的计算值

计算值	U_{AB}	U'_{AB}	U''_{AB}	U_{CD}	U'_{CD}	U''_{CD}	U_{AD}	U'_{AD}	U''_{AD}
单位	V	V	V	V	V	V	V	V	V
E_1, E_2 极性如图									

3. 根据实验电路图 1-1-3(a) 计算二端网络的戴维南等效电路 1-1-3(b) 中的参数并填入表 1-1-4 中。

表 1-1-4 戴维南等效电路参数的计算值

计算项目	U_0 (V)	I_{sc} (mA)	R_0 (Ω)
电源极性			
电源极性如图			
改变 E_s 极性			

4. 写出测量二端网络等效电压源的电压 U_0 、短路电流 I_{sc} 的操作步骤。

5. 本实验可用哪几种方法测出二端网络的等效电阻？

五、实验步骤

1. 验证叠加原理

E_1 为 +6V、+12V 切换电源, 取 $E_1 = +12V$, E_2 为可调直流稳压电源, 调至 +6V。按实验电路图 1-1-1(a), 把电源 E_1, E_2 接至电路中, 完成表 1-1-5 及表 1-1-6 的内容。

表 1-1-5 各支路电流的测量值

测量项目	I_1	I'_1	I''_1	I_2	I'_2	I''_2	I_3	I'_3	I''_3
电源极性	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA	mA
E_1, E_2 极性如图									
改变 E_2 极性									

表 1-1-6 各电阻电压的测量值

测量项目	U_{AB}	U'_{AB}	U''_{AB}	U_{CD}	U'_{CD}	U''_{CD}	U_{AD}	U'_{AD}	U''_{AD}
电源极性	V	V	V	V	V	V	V	V	V
E_1, E_2 极性如图									
改变 E_2 极性									
测量项目	U_{DE}	U'_{DE}	U''_{DE}	U_{FA}	U'_{FA}	U''_{FA}			
电源极性	V	V	V	V	V	V			
E_1, E_2 极性如图									
改变 E_2 极性									

2. 验证戴维南定理

按图 1-1-3(a) 接好线路, 用开路电压、短路电流法, 测定该有源二端网络的戴维南等效

电路参数 U_0 、 R_0 ，填入表 1-1-7。

表 1-1-7 戴维南等效电路参数的测量值

测量项目	U_0 (V)	I_{sc} (mA)	计算 R_0 (Ω)
电源极性			
电源极性如图			
改变 E_s 极性			

3. 测量二端网络的外特性

按表 1-1-8 的要求，调节电路图 1-1-3(a)中负载电阻 R_L (电阻箱)的阻值。测出相应的负载端电压 U_L 与流过负载的电流 I_L ，填入表 1-1-8。

表 1-1-8 二端网络与等效电源电路的外特性

负载电阻		0	100 Ω	200 Ω	400 Ω	520 Ω	2k Ω	30k Ω	∞
测量项目									
二端网络	U_L (V)								
	I_L (mA)								
等效电源	U'_L (V)								
	I'_L (mA)								

4. 测量等效电压源的外特性

取步骤 2 中的 U_0 和 R_0 (其中 U_0 取较大的一组)，按图 1-1-3(b)接线，组成二端网络的等效电源电路，改变负载电阻 R_L 的阻值，测出相应的负载电压 U'_L 与负载电流 I'_L ，完成表 1-1-8 中的内容。

六、实验总结

1. 总结用实验求线性有源二端网络的戴维南等效电路的方法。
2. 将 U_0 、 R_0 的实测值与计算值相比较，分析其产生误差的原因。
3. 在同一坐标上分别绘出图 1-1-3(a)和图 1-1-3(b)的外特性 $U_L = f(I_L)$ 、 $U'_L = f(I'_L)$ ，验证戴维南定理的正确性。

七、实验注意事项

1. 直流稳压源不允许短路、直流恒流源不允许开路。
2. 接线及测量时，以电路图所标的电流方向为参考方向。

实验二 正弦稳态交流电路相量的研究

一、实验目的

1. 掌握正弦交流电路中电压、电流相量之间的关系。
2. 掌握功率的概念及感性负载电路提高功率因数的方法。
3. 了解日光灯电路的工作原理,学会日光灯电路的连接。
4. 学会使用功率表。

二、实验原理简述

1. RC 串联电路

在单相正弦交流电路中,用交流电流表测得各支路的电流值,用交流电压表测得回路各元件两端的电压值,它们之间的关系应满足相量形式的基尔霍夫定律,即

$$\sum \dot{I} = 0 \quad \text{和} \quad \sum \dot{U} = 0$$

实验电路为 RC 串联电路,如图 1-2-1(a)所示,在正弦稳态信号源 $\dot{U}$ 的激励下,有

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_C = \dot{I} \cdot (R - jX_C)$$

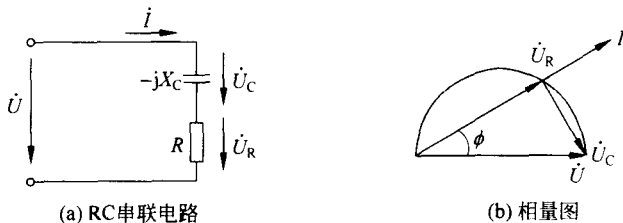


图 1-2-1 RC 串联电路及相量图

从上述相量关系表达式可以得到相应的相量图,如图 1-2-1(b)所示。 $\dot{U}$ 、 $\dot{U}_R$ 与 $\dot{U}_C$ 3 个相量构成一个直角三角形。当阻值 R 改变时, $\dot{U}_R$ 与 $\dot{U}_C$ 始终保持着 90° 的相位差,所以 $\dot{U}_R$

的相量轨迹是一个半圆。从图中可知,改变 C 值或 R 值可改变 $\dot{U}_R$ 与 $\dot{U}$ 之间的夹角 ϕ 的大小,从而达到移相的目的。

2. 日光灯电路及其功率因数的提高

日光灯实验电路如图 1-2-3(a) 所示,日光灯电路由灯管、镇流器和启辉器三部分组成。

灯管是一根普通的真空玻璃管,管内壁涂上荧光粉,管两端各有一根灯丝,用以发射电子。管内抽真空后充氩气和少量水银。在一定电压下,管内产生弧光放电,发射一种波长很短的不可见光,这种光被荧光粉吸收后转换成近似日光的可见光。

镇流器是一个带铁芯的电感线圈,启动时产生瞬时高电压,促使灯管放电,点燃日光灯。在点燃后又限制了灯管的电流。

启辉器(如图 1-2-2(a)所示)是一个充有氖气的玻璃泡,其中装有一个不动的静触片和一个用双金属片制成的 U 形可动触片,其作用是使电路自动接通和断开。在两个电极间并联一个电容器,用以消除两触片断开时产生的火花对附近无线电设备的干扰。

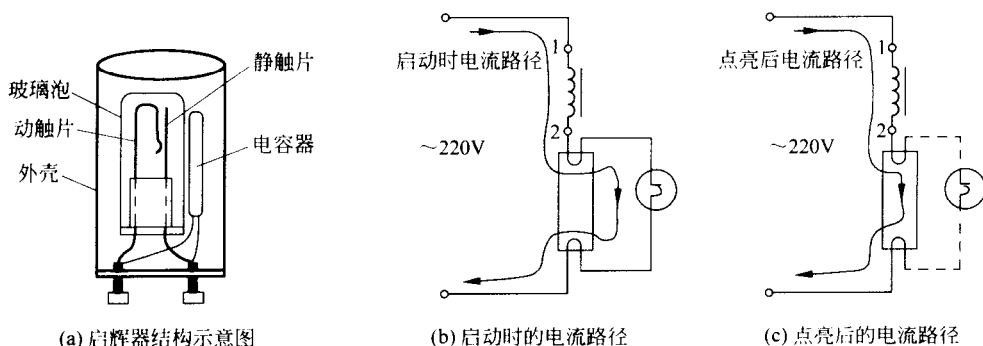


图 1-2-2 启辉器示意图和日光灯点燃过程

日光灯的点燃过程如下:当日光灯刚接通电源时,灯管尚未通电,启辉器两极也处于断开位置。这时电路中没有电流,电源电压全部加在启辉器的两个电极上,使氖管产生辉光放电而发热,可动触片受热变形,于是两触片闭合,灯管灯丝通过启辉器和镇流器构成回路,如图 1-2-2(b)所示。灯丝通电加热后发射电子,当氖管内两个触片接通后,触片间不存在电压,辉光放电停止,双金属片冷却复原,两触片脱开,回路中的电流瞬间被切断。这时镇流器产生相当高的自感电压,它和电源电压串联后加在灯管两端,促使管内氩气首先电离,氩气放电产生的热量又使管内水银蒸发,变成水银蒸汽。当水银蒸汽电离导电时,激励管壁上的荧光粉而发出近似日光的可见光。

灯管点燃后,镇流器和灯管串联接入电源,如图 1-2-2(c)所示。由于电源电压部分降落在镇流器上,使灯管两端电压(也就是启辉器两触片间的电压)较低,不足以引起启辉器氖管再次产生辉光放电,两触片仍保持断开状态。因此,日光灯正常工作后,启辉器在日光灯电路中不再起作用。

日光灯实验电路如图 1-2-3(a)所示。日光灯点燃后的等效电路如图 1-2-3(b)所示,其

中灯管可近似看作是电阻负载 R , 镇流器可用小电阻 r 和电感 L 串联来等效。

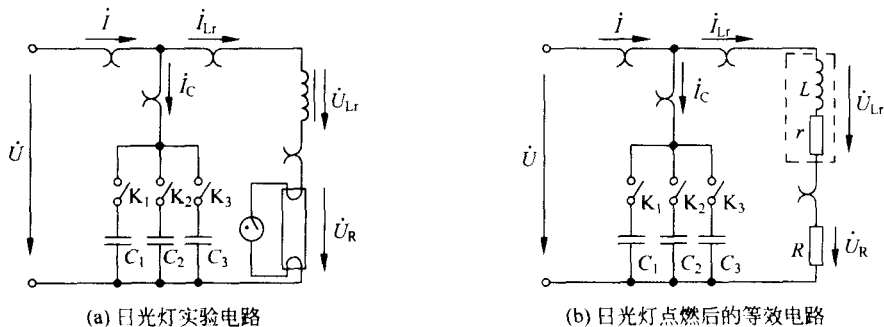


图 1-2-3 日光灯实验电路及等效电路

若用数字功率表测得镇流器所消耗的功率 P_{Lr} , 也就是等效电阻 r 所消耗的功率; 又用电流表测得通过镇流器的电流 I_{Lr} , 则可求得镇流器的等效电阻 r 。

由于

$$P_{Lr} = I_{Lr}^2 \cdot r$$

则

$$r = \frac{P_{Lr}}{I_{Lr}^2}$$

再用数字功率表的交流电压档测得镇流器的端电压 U_{Lr} , 根据 $U_{Lr}^2 = I_{Lr}^2 \cdot (X_{Lr}^2 + r^2)$ 可求得镇流器的感抗 X_{Lr} 为

$$X_{Lr} = \sqrt{\left(\frac{U_{Lr}}{I_{Lr}}\right)^2 - r^2}$$

则镇流器的等效电感为

$$L = \frac{X_{Lr}}{2\pi f}$$

其中, $f=50\text{Hz}$ 。

日光灯灯管 R 所消耗的功率为 P_R , 电路消耗的总功率为 $P = P_R + P_{Lr}$ 。只要测出电路的总功率 P 、总电流 I 和总电压 U , 就能求出电路的功率因数 $\cos\varphi = \frac{P}{U \cdot I}$ 。

日光灯的功率因数较低(电容 $C=0$ 时), 一般在 0.6 以下, 且为感性电路, 因此往往采用并联电容器的方法来提高电路的功率因数。由于电容支路的电流 $\dot{I}_C$ 超前于电压 $\dot{U}_C$ 90° , 抵消了一部分日光灯支路电流中的无功分量, 使电路总电流减少, 从而提高了电路的功率因数。当电容增加到一定值时, 电容电流等于感性无功电流, 总电流下降到最小值, 此时, 整个电路呈现纯电阻性 $\cos\varphi=1$ 。若继续增加电容量, 总电流 I 反而增大了, 整个电路呈现电容性, 功率因数又降低了。

三、实验仪器设备

实验仪器设备见表 1-2-1。

表 1-2-1 实验仪器设备

序 号	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
1	单相电量仪表板	MC1098	1 只	
2	日光灯管	30W	1 只	
3	镇流器		1 只	
4	电容器	$1\mu\text{F}/600\text{V}$ 、 $2.2\mu\text{F}/600\text{V}$ 、 $4.7\mu\text{F}/600\text{V}$	1 组	
5	启辉器		1 只	
6	导线	全封闭式	若干	

四、预习要求

1. 复习“电阻、电感与电容元件串联的交流电路”和“功率因数的提高”两章节的内容。
2. 了解功率表的原理和使用,参阅第二篇有关内容。
3. 了解日光灯电路的组成和工作原理。
4. 实验电路的总电压 $\dot{U}$ 、灯管电压 $\dot{U}_R$ 及镇流器电压 $\dot{U}_{L_r}$ 之间存在着什么关系?
5. 提高日光灯电路的功率因数为什么只采用并联电容器法,而不用串联法? 所并的电容器值是否越大越好?
6. 日光灯支路并联电容后,该支路的电流 $\dot{I}_{L_r}$ 和电路的总有功功率 P 是否改变? 为什么?

五、实验步骤

1. RC 串联电路电压三角形的测量

(1) 用两只 220V、15W 的白炽灯泡和 $4.7\mu\text{F}/450\text{V}$ 电容器组成如图 1-2-1(a)所示的实验电路,将自耦调压器的输出电压调至 220V。测量 U 、 U_R 、 U_C 值,记入表 1-2-2。

表 1-2-2 电压三角形的测量值

白炽灯盏数	测 量 值			计 算 值	
	$U(\text{V})$	$U_R(\text{V})$	$U_C(\text{V})$	$U(\text{V})$	ϕ
2					
1					

(2) 改变电阻 R 的阻值(用一只灯泡),重复(1)的内容,验证 U_R 相量轨迹。

2. 日光灯电路及其功率因数的提高

(1) 先打开电源,将电压调至 220V,关断电源待用。按图 1-2-3(a)接好实验电路,检查



电路无误后打开电源,观察日光灯的点燃过程和启辉器的动作情况。

(2) 分别测量未接入电容和并入不同电容时的各种参数,完成表 1-2-3 的内容。

表 1-2-3 不同补偿电容时的参数测量值

测量项目 测试条件	U (V)	U_{Lr} (V)	U_R (V)	I (A)	I_{Lr} (A)	I_C (A)	P (W)	P_{Lr} (W)	P_R (W)	计算 $\cos\phi$
$C=0$										
$C=1\mu\text{F}$										
$C=2.2\mu\text{F}$										
$C=3.2\mu\text{F}$										
$C=4.7\mu\text{F}$										
$C=7.9\mu\text{F}$										

六、实验总结

1. 根据表 1-2-3 中的实验数据,在同一方格纸上作日光灯电路提高功率因数的电压、电流相量图。
2. 根据实验数据,计算日光灯管的等效电阻值 R 、镇流器的电感 L 和电阻 r 。
3. 讨论改善电路功率因数的意义和方法。

七、实验注意事项

1. 在实验操作过程中,防止触电,注意安全。
2. 在接通电源前,应先将自耦调压器手柄置于零位上。
3. 为了保护仪表,日光灯启动时不要将仪表接入电路,待日光灯正常工作后进行测量。
4. 如电路接线正确,日光灯不能启辉时,应检查启辉器及其接触是否良好。

实验三 三相交流电路

一、实验目的

1. 验证三相对称负载星形、三角形连接时,线电压和相电压、线电流与相电流之间的关系。
2. 了解不对称负载星形连接时中线的作用。
3. 学习三相功率的测量方法。

二、实验原理简述

三相负载根据其额定值和电源电压,可作星形(Y)连接或三角形(Δ)连接,如图 1-3-1、图 1-3-2 所示。对称三相负载作 Y 连接时, $U_l = \sqrt{3}U_p$, $I_l = I_p$ 。中线电流 $I_0 = 0$,可以不接中线。对称三相负载作 Δ 连接时, $U_l = U_p$, $I_l = \sqrt{3}I_p$ 。 U_l 和 U_p 分别为线电压和相电压, I_l 和 I_p 分别为线电流和相电流。

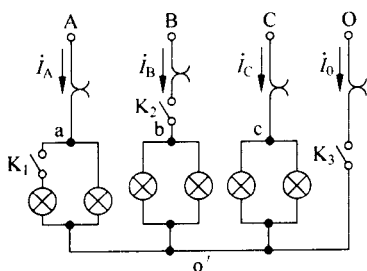


图 1-3-1 三相负载星形接法

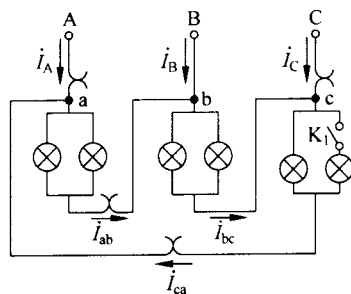


图 1-3-2 三相负载三角形接法

不对称三相负载作 Y 连接时,中线电流 $I_0 \neq 0$,必须有中线。这时仍有 $U_l = \sqrt{3}U_p$ 的关系,即负载上的相电压仍对称。如果无中线,则 $U_l \neq \sqrt{3}U_p$,负载较小的那一相的相电压较高,相电压不对称,使负载不能正常工作。因此,照明电路都采用有中线的三相四线制(Y_0)接法。而且为了防止中线断开,不允许在中线上安装熔断器和开关。

不对称三相负载作 Δ 连接时, $I_l \neq \sqrt{3}I_p$ 。这时只要电源的 3 个线电压对称,不对称负载的 3 个相电压仍对称,对电器设备没有影响。

三相负载消耗的总功率等于每相负载消耗的功率之和,所以对于任何三相负载,都可以

采用三瓦特表法测定功率。三瓦特表法就是用 3 只瓦特表分别测量每相负载的功率,然后相加。在负载不变的情况下,也可以用一只瓦特表依次测量各相负载功率,然后相加即得三相总功率。

当负载对称时,每相的有功功率相等,所以只要用一个瓦特表测出任意一相的功率再乘以 3,即得三相总功率。这种测量功率的方法叫一瓦特表法,如图 1-3-3 所示。以上方法在实际应用中很不方便,所以较少采用。对于三相三线制电路,不论负载对称还是不对称,是星形接法还是三角形接法,都可以采用二瓦特表测量其功率,因此二瓦特表法得到了广泛的应用。

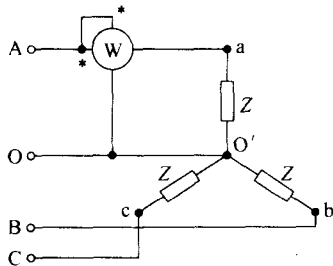


图 1-3-3 星形负载测功率的一瓦特表法

下面以星形接法的三相对称负载为例,说明二瓦特表法的原理。

三相电路的瞬时功率 p 的求解过程如下:

因为

$$p = p_A + p_B + p_C = u_A \cdot i_A + u_B \cdot i_B + u_C \cdot i_C$$

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

所以

$$p = u_A \cdot i_A - u_C \cdot i_A + u_B \cdot i_B - u_C \cdot i_B$$

$$= u_{AC} \cdot i_A + u_{BC} \cdot i_B$$

$$= p_1 + p_2$$

因此平均功率为

$$P = P_1 + P_2 = U_{AC} \cdot I_A \cdot \cos\alpha + U_{BC} \cdot I_B \cdot \cos\beta$$

其中 α 为 $\dot{U}_{AC}$ 和 $\dot{I}_A$ 之间的相位差角, β 为 $\dot{U}_{BC}$ 和 $\dot{I}_B$ 之间的相位差角。

因此用两个瓦特表可以测量三相功率,其接法如图 1-3-4 所示。第一个功率表 W_1 的读数为 $P_1 = U_{AC} \cdot I_A \cdot \cos\alpha$ 。第二个功率表 W_2 的读数 $P_2 = U_{BC} \cdot I_B \cdot \cos\beta$ 。但要注意,两个功率表的读数分开是毫无意义的,因为一个功率表读数并不代表电路中哪一部分的功率。

下面来分析一下不同性质(电阻、感性、容性)的负载对两个瓦特表读数的影响。从图 1-3-5 可知 $\alpha = 30^\circ - \varphi$, $\beta = 30^\circ + \varphi$, φ 为相电压与相电流的相位差角。

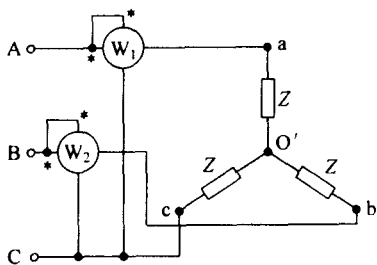


图 1-3-4 星形负载测功率的二瓦特表法

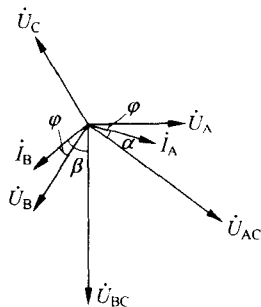


图 1-3-5 相量图