

高等院校非电类专业电工学实验教材

- 面向高等工程教育
- 注重学生能力培养
- 实验内容丰富典型
- 提供全新方法思路

电工技术与电子技术基础 实验教程

DIANGONG JISHU YU DIANZI JISHU JICHU SHIYAN JIAOCHENG

章小宝 朱海宽 夏小勤 编著

清华大学出版社

电工技术与电子技术基础 实验教程

章小宝 朱海宽 夏小勤 编 著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《电工技术与电子技术基础》的配套实验教程,共分为三篇,26个实验。第一篇为电路与电工技术实验,包括戴维南定理和诺顿定理、最大功率传输条件的测定、单相交流电路和三相交流电路电压电流的测量、RC一阶电路的响应测试、RLC串联谐振电路的研究、RC选频网络特性测试、继电器控制电路。第二篇为模拟电路实验,包括常用电子仪器使用、二极管整流滤波及硅稳压管并联稳压、晶体管共射极单管放大电路、负反馈放大电路、差动放大电路、集成运算放大器的线性应用—模拟运算放大电路、集成运算放大器的非线性应用—电压比较器、RC正弦波振荡器、OTL低频功率放大器、直流稳压电源—集成稳压器。第三篇为数字电子技术实验,包括组合逻辑电路的设计与测试、译码器及其应用、数据选择器及其应用、触发器及其应用、计数器及其应用、移位寄存器及其应用、555时基电路及其应用、智力竞赛抢答装置。

本书实验丰富,结构清晰,步骤详细,可作为高等工科院校电子信息、通信、自动化、机电一体化、计算机应用等电气、电子类的实验教材,也可供从事电工、电子技术的工程技术人员参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工技术与电子技术基础实验教程 / 章小宝,朱海宽,夏小勤 编著. —北京:清华大学出版社,2011.4

ISBN 978-7-302-25199-6

I. ①电… II. ①章… ②朱… ③夏… 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-33 ②TN-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第050891号

责任编辑:刘金喜

封面设计:卢肖卓

版式设计:孔祥丰

责任校对:胡花蕾

责任印制:王秀菊

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

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:195×260 印 张:7.75 字 数:217千字

版 次:2011年4月第1版 印 次:2011年4月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:20.00元

前 言

本书是《电工技术与电子技术基础》的配套实验教程，实验的目的不仅是要帮助学生巩固和加深理解所学的理论知识，更重要的是训练学生的实验技能，树立工程实际观点和严谨的科学作风，培养学生的动手能力和创新能力。

编者汇集了多年来的实验教学成果和经验，充分考虑到教师指导实验的难点以及学生在做实验的过程中可能遇到的困难和问题编写完成此书。

本书实验内容分为电路实验、数字电子技术实验和模拟电子技术实验三个部分，实验内容完善、充实，增加了一些反映新技术的内容，并对学生实验技能提出了具体要求。每个实验的相关理论都尽量使用精炼的语言阐述清楚。在数字电子技术实验部分还引入了 Multisim 电路仿真软件，对其中的 8 个实验项目进行了仿真设计，为学生更好地学习和掌握实验理论知识提供了一种新的方法与思路。

本书由南昌大学科技学院符磊教授、王久华教授担任主审，并得到了南昌大学科技学院王港元教授、高水香老师和王殿仲老师的帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 电路与电工技术实验	1
实验一 戴维南定理	1
【实验目的】	1
【相关理论】	1
【实验设备与器材】	2
【实验内容与步骤】	3
实验二 最大功率传输条件测定	4
【实验目的】	4
【相关理论】	4
【实验设备与器材】	5
【实验内容与步骤】	5
实验三 单相交流电路	6
【实验目的】	6
【相关理论】	6
【实验仪器与器材】	9
【实验内容与步骤】	9
实验四 三相交流电路电压、电流的测量	10
【实验目的】	10
【相关理论】	10
【实验设备与器材】	11
【实验内容与步骤】	11
实验五 RC 一阶电路的响应测试	12
【实验目的】	12
【相关理论】	13
【实验设备与器材】	14
【实验内容与步骤】	14
实验六 RLC 串联谐振电路的研究	15
【实验目的】	15
【相关理论】	15
【实验设备与器材】	16
【实验内容与步骤】	16

实验七 RC 串并联选频网络特性测试	17
【实验目的】	17
【相关理论】	18
【实验设备与器材】	19
【实验内容与步骤】	19
实验八 继电器接触控制电路	20
【实验目的】	20
【相关理论】	20
【实验设备与器材】	22
【实验内容与步骤】	23
第2章 模拟电路实验	24
实验一 常用电子仪器的使用	24
【实验目的】	24
【相关理论】	24
【实验设备与器材】	25
【实验内容与步骤】	25
实验二 二极管整流、滤波及并联稳压电路和集成稳压器	27
【实验目的】	27
【相关理论】	28
【实验设备与器材】	29
【实验内容与步骤】	29
实验三 晶体管共射极单管放大电路	32
【实验目的】	32
【相关理论】	32
【实验设备与器材】	34
【实验内容与步骤】	34
实验四 负反馈放大电路	36
【实验目的】	36
【相关理论】	36
【实验设备与器材】	37
【实验内容与步骤】	38
实验五 差动放大器	39
【实验目的】	39
【相关理论】	39
【实验设备与器材】	40
【实验内容与步骤】	41

实验六 集成运算放大器的线性应用——模拟运算电路	42
【实验目的】	42
【相关理论】	42
【实验设备与器材】	45
【实验内容与步骤】	45
实验七 集成运算放大器的非线性应用——电压比较器	47
【实验目的】	47
【相关理论】	47
【实验设备与器材】	49
【实验内容与步骤】	49
实验八 RC 正弦波振荡器	50
【实验目的】	50
【相关理论】	50
【实验设备与器材】	51
【实验内容与步骤】	51
实验九 OTL 低频功率放大电路	53
【实验目的】	53
【相关理论】	53
【实验设备与器材】	54
【实验内容与步骤】	54
第 3 章 数字电子技术实验	56
实验一 组合逻辑电路的设计与测试	56
【实验目的】	56
【实验预习要求】	56
【实验设计范例】	56
【实验设备与器件】	58
【实验内容】	58
【实验报告】	58
实验二 译码器及其应用	58
【实验目的】	58
【实验预习要求】	58
【实验设计范例】	58
【实验设备与器件】	63
【实验内容】	63
实验三 数据选择器及其应用	64
【实验目的】	64

【实验预习要求】	64
【实验设计范例】	64
【实验设备与器件】	69
【实验内容】	69
实验四 触发器及其应用	70
【实验目的】	70
【实验预习要求】	70
【实验设计范例】	70
【实验设备与器件】	73
【实验内容】	73
【实验报告】	75
实验五 计数器及其应用	75
【实验目的】	75
【实验预习要求】	75
【实验设计范例】	76
【实验设备与器件】	79
【实验内容】	79
实验六 移位寄存器及其应用	80
【实验目的】	80
【实验预习要求】	80
【实验设计范例】	81
【实验设备与器件】	84
【实验内容】	84
【实验报告】	85
实验七 555 时基电路及其应用	85
【实验目的】	85
【实验预习要求】	85
【实验设计范例】	85
【实验设备与器件】	89
【实验内容】	89
【实验报告】	90
实验八 智力竞赛抢答装置	90
【实验目的】	90
【实验设计范例】	90
【实验预习要求】	91
【实验设备与器件】	91
【实验内容】	92

【实验报告】	92
实验九 Multisim 10 电路仿真	92
【Multisim 10 软件介绍】	92
【Multisim 基本操作】	93
【Multisim 10 仿真实验一】	99
【Multisim 10 仿真实验二】	100
【Multisim 10 仿真实验三】	101
【Multisim 10 仿真实验四】	102
【Multisim 10 仿真实验五】	102
【Multisim 10 仿真实验六】	103
【Multisim 10 仿真实验七】	104
【Multisim 10 仿真实验八】	105
附 录	106

第1章 电路与电工技术实验

实验一 戴维南定理

【实验目的】

- (1) 验证戴维南定理，加深理解其原理。
- (2) 掌握有源二端网络戴维南等效电路参数的测量方法。

【相关理论】

1. 戴维南定理

任何一个线性含源网络，如果仅研究其中任何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有源二端网络(或称为含源一端口网络)。

戴维南定理指出：一个有源二端网络，对外电路来说，可以用一个恒压源和内阻的串联组合，即电压源等效置换。其恒压源的电压等于二端网络的开路电压，内阻等于二端网络的全部电源置零后的输入电阻。这种等效变换仅对外电路等效。

有源二端网络的等效参数主要有 $U_{oc}(U_s)$ 和 R_0 。

2. 有源二端网络等效参数的测量方法

1) 开路电压、短路电流法测 R_0

在有源二端网络输出端开路时，用电压表直接测其输出端的开路电压 U_{oc} ，然后再将其输出端短路，用电流表测其短路电流 I_{sc} ，则等效内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

如果二端网络的内阻很小，若将其输出端口短路，则易损坏其内部元件，因此不宜用此法。

2) 伏安法测 R_0

用电压表、电流表测出有源二端网络的外特性曲线，如图 1.1.1 所示。根据外特性曲线求出斜率 $\tan \phi$ ，则内阻为

$$R_0 = \tan \phi = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}。$$

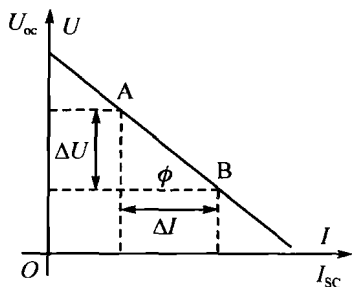


图 1.1.1 有源二端网络外特性线

也可以先测量开路电压 U_{oc} ，再测量电流为额定值 I_N 时的输出端电压值 U_N ，则内阻为

$$R_0 = \frac{U_{oc} - U_N}{I_{sc}}$$

3) 半电压法测 R_0

如图 1.1.2 所示，当负载电压为被测网络开路电压的一半时，负载电阻(由电阻箱的读数确定)即为被测有源二端网络的等效内阻值。

4) 零示法测 U_{oc}

在测量具有高内阻有源二端网络的开路电压时，用电压表直接测量会造成较大的误差。为了消除电压表内阻的影响，往往采用零示测量法，如图 1.1.3 所示。

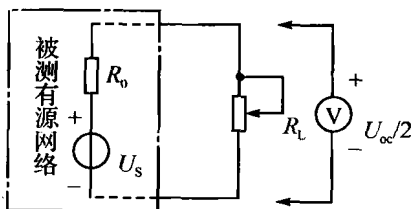


图 1.1.2 半电压法

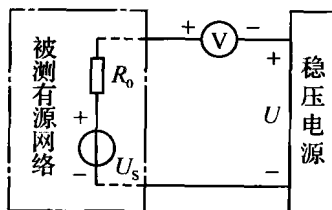


图 1.1.3 零示法

零示法测量原理是用一低内阻的稳压电源与被测有源二端网络进行比较，当稳压电源的输出电压与有源二端网络的开路电压相等时，电压表的读数将为“0”。然后将电路断开，测量此时稳压电源的输出电压，即为被测有源二端网络的开路电压。

【实验设备与器材】

序 号	名 称	型号与规格	数 量	备 注
1	可调直流稳压电源	0~30V	1	
2	可调直流恒流源	0~500mA	1	
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	直流数字毫安表	0~200mA	1	
5	万用表		1	
6	可调电阻箱	0~99999.9Ω	1	
7	电位器	1kΩ/2W	1	
8	戴维南定理实验电路板		1	

【实验内容与步骤】

被测有源二端网络如图 1.1.4(a)所示。

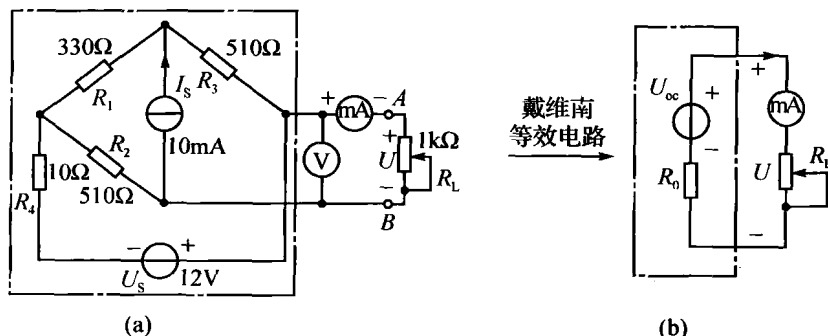


图 1.1.4 有源二端网络戴维南等效电路

1. 用开路电压、短路电流法测定戴维南等效

电路的 U_{oc} , R_0 。按图 1.1.4(a)接入稳压电源 $U_s=12V$ 和恒流源 $I_s=10mA$, 不接入 R_L 。测出 U_{oc} 和 I_{sc} , 并计算出 R_0 (测 U_{oc} 时, 不接入毫安表)。

U_{oc}/V	I_{sc}/mA	$R_0=U_{oc}/I_{sc}/\Omega$

2. 负载实验

按图 1.1.4(a)接入 R_L 。改变 R_L 阻值, 测量有源二端网络的外特性曲线。

U/V									
I/mA									

3. 验证戴维南定理

从电阻箱上取得按步骤“1”所得的等效电阻 R_0 之值, 然后令其与直流稳压电源(调到步骤 1 时所测得的开路电压 U_{oc} 之值)相串联, 如图 1.1.4(b)所示, 仿照步骤 2 测其外特性, 对戴维南定理进行验证。

U/V									
I/mA									

4. 有源二端网络等效电阻(又称入端电阻)的直接测量法

见图 1.1.4(a)所示, 将被测有源网络内的所有独立源置零(去掉恒电流源 I_s 和恒压源 U_s , 即在原恒压源 U_s 所接的两点用一根短路导线相连, 并移去 I_s), 然后用伏安法或者直接用万用表的欧姆档去测定负载 R_L 开路时 A、B 两点间的电阻, 此即为被测网络的等效内阻 R_0 , 或称网络的入端电阻 R_i 。

5. 用半电压法和零示法测量被测网络的等效内阻 R_0 及其开路电压 U_{oc}

线路及数据表格自拟。

实验二 最大功率传输条件测定

【实验目的】

- (1) 掌握负载获得最大传输功率的条件。
- (2) 了解电源输出功率与效率的关系。

【相关理论】

1. 电源与负载功率的关系

图 1.2.1 可视为由一个电源向负载输送电能的模型, R_0 可视为电源内阻和传输线路电阻的总和, R_L 为可调负载电阻。负载 R_L 上消耗的功率 P 可由下式表示:

$$P = I^2 R_L = \left(\frac{U}{R_0 + R_L} \right)^2 R_L$$

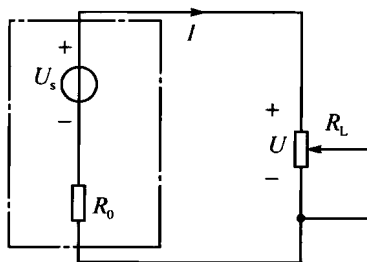


图 1.2.1 电源向负载输送电能的模型

当 $R_L=0$ 或 $R_L=\infty$ 时, 电源输送给负载的功率均为零。而以不同的 R_L 值代入上式可求得不同的 P 值, 其中必有一个 R_L 值, 使负载能从电源处获得最大的功率。

2. 负载获得最大功率的条件

根据数学求最大值的方法, 令负载功率表达式中的 R_L 为自变量, P 为应变量, 并使 $dP/dR_L=0$, 即可求得最大功率传输的条件为 $\frac{dP}{dR_L} = 0$, 即

$$\frac{dP}{dR_L} = \frac{[(R_0 + R_L)^2 - 2R_L(R_L + R_0)]U^2}{(R_0 + R_L)^4}$$

令 $(R_L + R_0)^2 - 2R_L(R_L + R_0) = 0$, 解得 $R_L = R_0$ 。

当满足 $R_L = R_0$ 时, 负载从电源获得的最大功率为

$$P_{\max} = \left(\frac{U}{R_0 + R_L}\right)^2 R_L = \left(\frac{U}{2R_L}\right)^2 R_L = \frac{U^2}{4R_L}$$

这时, 称此电路处于“匹配”工作状态。

3. 匹配电路的特点及应用

在电路处于“匹配”状态时, 电源本身要消耗一半的功率。此时电源的效率只有 50%。显然, 这对电力系统的能量传输过程是绝对不允许的。发电机的内阻是很小的, 电路传输的最主要指标是要高效率送电, 最好是 100% 的功率均传送给负载。为此负载电阻应远大于电源的内阻, 即不允许运行在匹配状态。

而在电子技术领域里却完全不同, 如在任何一个微波功率放大器设计中, 错误的阻抗匹配将使电路不稳定, 同时会使电路效率降低和非线性失真加大。在设计功率放大器匹配电路时, 匹配电路应同时满足匹配、谐波衰减、带宽、小驻波、线性及实际尺寸等多项要求。当有源器件一旦确定后, 可以被选用的匹配电路是相当多的, 企图把可能采用的匹配电路列成完整的设计表格几乎是不现实的。设计单级功率放大器主要是设计输入匹配电路和输出匹配电路, 设计两级功率放大器除了要设计输入匹配电路和输出匹配电路外, 还需要设计级间匹配电路。

一般的信号源本身功率较小, 且都有较大的内阻。而负载电阻(如扬声器等)往往是较小的定值, 且希望能从电源获得最大的功率输出, 而电源的效率往往不予考虑。通常设法改变负载电阻, 或者在信号源与负载之间加阻抗变换器(如音频功放的输出级与扬声器之间的输出变压器), 使电路处于工作匹配状态, 以使负载能获得最大的输出功率。

【实验设备与器材】

序号	名称	型号规格	数量	备注
1	直流电流表	0~200mA	1	
2	直流电压表	0~200V	1	
3	直流稳压电源	0~30V	1	
4	实验线路		1	
5	元件箱		1	

【实验内容与步骤】

1. 组接实验电路

按图 1.2.2 接线, 负载 R_L 取自元件箱内的电阻箱。

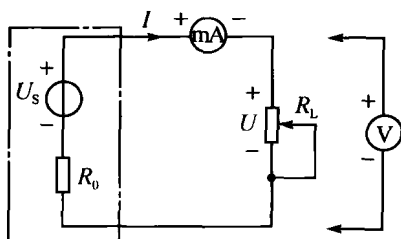


图 1.2.2 实验电路图

2. 按表 1.2.1 所列内容进行测量

令 R_L 在 $0\sim 1k\Omega$ 范围内变化时, 分别测出 U_L 、 I 及 P_L 的值, 表中 U_L 、 P_L 分别为 R_L 二端的电压和功率, I 为电路的电流。在 P_L 最大值附近应多测几点。

表 1.2.1 U_L 、 I 、 P_L 测量值

单位: $R-\Omega$, $U-V$, $I-mA$, $P-W$

$U_s=6V$ $R_0=51\Omega$	R_L									1k Ω	∞
	U_L										
	I										
	P_L										
$U_s=12V$ $R_0=200\Omega$	R_L									1k Ω	∞
	U_L										
	I										
	P_L										

实验三 单相交流电路

【实验目的】

- (1) 明确交流电路中电压、电流和功率之间的关系。
- (2) 了解并联电容器提高感性交流电路功率因数的原理及电路现象, 学习功率表的使用方法。
- (3) 了解荧光灯工作原理和接线。

【相关理论】

电力系统中的负载大部分是感性负载, 其功率因数较低, 为提高电源的利用率和减少供电线路的损耗, 往往采用在感性负载两端并联电容器的方法, 来进行无功补偿, 以提高线路的功率因数。荧光灯电路为感性负载, 其功率因数一般为 $0.3\sim 0.4$, 在本实验中, 利用荧光灯电路来模拟实际的感性负载观察交流电路的各种现象。

1. 荧光灯的工作原理

如图 1.3.1 所示, 荧光灯电路由灯管、镇流器和启辉器三部分组成。

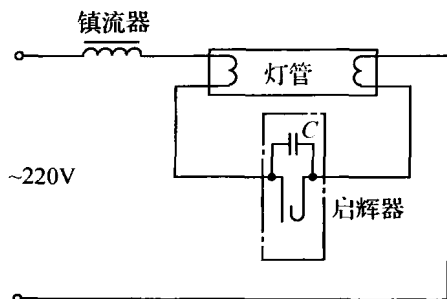


图 1.3.1 荧光灯电路

(1) 灯管: 荧光灯管是一根玻璃管, 它的内壁均匀地涂有一层薄薄的荧光粉, 灯管两端各有一个电极和一根灯丝。灯丝由钨丝制成, 其作用是发射电子。电极是两根镍丝, 焊在灯丝上, 与灯丝具有相同的电位, 其主要作用是当它具有正电位时吸收部分电子, 以减少电子对灯丝的撞击。此外, 它还具有帮助灯管点燃的作用。

灯管内还充有惰性气体(如氮气)与汞蒸汽。由于有汞蒸汽, 当管内产生辉光放电时, 就会放射紫外线。这些紫外线照射到荧光粉上就会发出可见光。

(2) 镇流器: 它是绕在硅钢片铁心上的电感线圈, 在电路上与灯管相串联。其作用为: 在荧光灯启动时, 产生足够的自感电势, 使灯管内的气体放电; 在荧光灯正常工作时, 限制灯管电流。不同功率的灯管应配以相应的镇流器。

(3) 启辉器: 辉光启动器简称启辉器。它是一个小型的辉光管, 管内充有惰性气体, 并装有两个电极: 一个是固定电极, 一个是倒 U 形的可动电极, 如图 1.3.1 所示。两电极上都焊接有触点。倒 U 形可动电极由热膨胀系数不同的两种金属片制成。

点燃过程: 荧光灯管、镇流器和启辉器的连接电路如图 1.3.1 所示。刚接通电源时, 灯管内气体尚未放电, 电源电压全部加在启辉器上, 使它产生辉光放电并发热, 倒 U 形的金属片受热膨胀, 由于内层金属的热膨胀系数大, 双金属片受热后趋于伸直, 使金属片上的触点闭合, 将电路接通。电流通过灯管两端的灯丝, 灯丝受热后发射电子, 而当启辉器的触点闭合后, 两电极间的电压降为零, 辉光放电停止, 双金属片经冷却后恢复原来位置, 两触点重新分开。为了避免启辉器断开时产生火花, 将触点烧毁, 通常在两电极间并联一只极小的电容器。

在双金属片冷却后触点断开瞬间, 镇流器两端产生相当高的自感电势, 这个自感电势与电源电压一起加到灯管两端, 使灯管发生辉光放电, 辉光放电所放射的紫外线照射到灯管的荧光粉上, 就发出可见光。

灯管点亮后, 较高的电压降落在镇流器上, 灯管电压只有 100V 左右, 这个较低的电压不足以使启辉器放电, 因此, 它的触点不能闭合。这时, 荧光灯电路因有镇流器的存在形成一个功率因数很低的感性电路。

2. RL 串联电路的分析

荧光灯电路可以等效成如图 1.3.2 所示 R 、 r 、 L 串联的感性电路。其中, R 为荧光灯管的等效电阻, r 和 L 分别为镇流器铁心线圈的等效电阻和电感。以电流 \dot{I} 为参考相量, 则电路的电量与参数的关系为

$$\dot{U} = \dot{U}_r + \dot{U}_L + \dot{U}_R = \dot{I}(r + jX_L + R) = \dot{I}Z$$

$$Z = (r + R) + jX_L = \sqrt{(r + R)^2 + X_L^2} \angle \tan^{-1} \frac{X_L}{r + R}$$

$$P = UI \cos \varphi = S \cos \varphi$$

其相量图如图 1.3.3 所示。阻抗三角形, 功率三角形与图 1.3.3 所示的电压三角形为相似三角形。

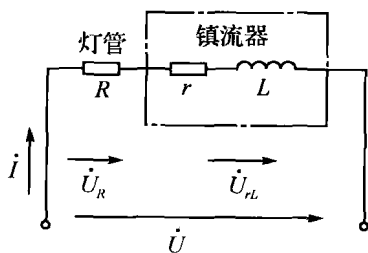


图 1.3.2 荧光灯等效电路

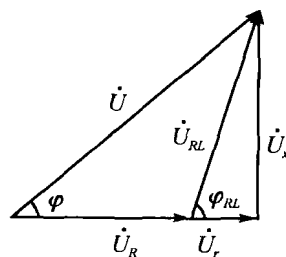


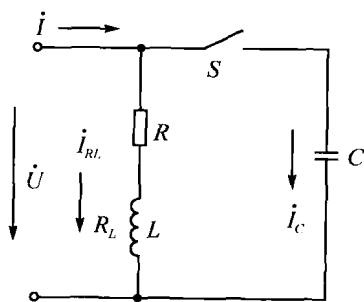
图 1.3.3 RL 串联电路的相量图

若用实验方法测得 U 、 U_R 、 U_{RL} 、 I 、 P , 则可应用 RL 串联电路的分析方法, 求取电路参数 R 、 r 、 L 。

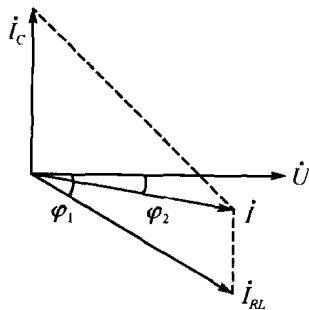
3. 功率因数的提高

如果负载功率因数低(例如荧光灯电路的功率因数为 0.3~0.4), 一是电源利用率不高, 二是供电线路损耗加大, 因此供电部门规定, 当负载(或单位供电)的功率因数低于 0.85 时, 必须对其进行改善和提高。

提高感性负载线路的功率因数, 常用的方法是在感性负载两端并联电容器, 其原理电路和提高功率因数原理的相量图如图 1.3.4(a)、(b)所示。



(a) 电路原理



(b) 相量图

图 1.3.4 提高功率因数原理的电路图与相量图