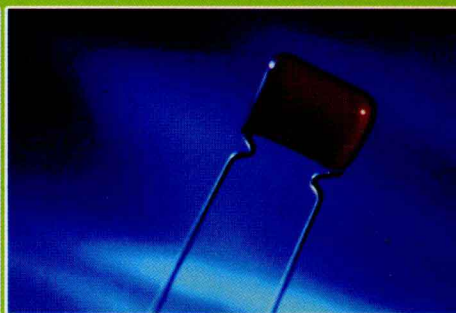
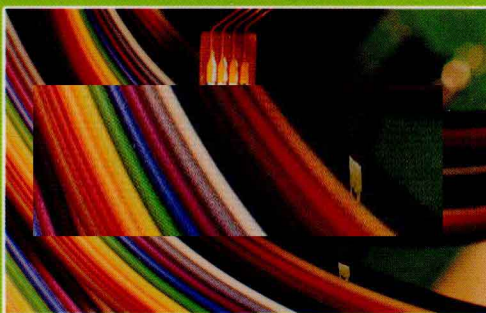
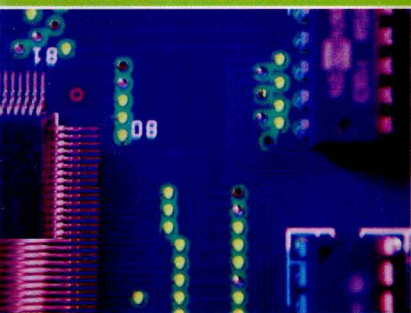


DIANGONG DIANZI SHIYAN ZHIDAO

电工电子实验指导

主编 高艳萍



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANGONG DIANZI SHIYAN ZHIDAO

电工电子实验指导

主 编 高艳萍

副主编 庞洪帅

参 编 谷 军



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书依据工科非电类专业关于电工学课程的教学大纲编写,以电工学课程涉及的验证性实验和应用性实验为主要内容,注重对实施项目预习及完成情况的考核,指导学生在电工电子的知识、能力和素质三方面协调发展,以适应社会发展对人才的基本需求。

全书共分四章,包括计量与误差、电工技术实验、电子技术实验、实验仪器设备使用说明,最后的附录部分给出了实验考核表。

本书可作为高等院校非电类专业电工学课程的配套实验指导书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子实验指导 / 高艳萍主编. — 北京: 中国电力出版社, 2011. 6

ISBN 978 - 7 - 5123 - 1751 - 2

I. ①电… II. ①高… III. ①电工技术 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料②电子技术 - 实验 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. ①TM - 33②TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 101880 号

中国电力出版社出版发行

北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 杨淑玲 责任印制: 邹树群 责任校对: 朱丽芳

汇鑫印务有限公司印刷 · 各地新华书店经售

2011 年 7 月第 1 版 · 第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 9.25 印张 · 218 千字

定价: 19.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010 - 88386685)

前 言

电工学是高等学校工科非电类专业的一门技术基础课，内容包括电工技术和电子技术。随着电工电子技术的快速发展，该课程教学内容已广泛渗透到各个学科领域，成为各学科之间相互交融的基础。电工电子实验是电工学课程的重要教学环节，通过实验可以帮助学生巩固和加深对电工学理论知识的掌握和理解，培养他们分析问题和解决问题的能力。本书依据工科非电类专业关于电工学课程的教学大纲编写，以电工学课程涉及的验证性实验和应用性实验为主要内容，注重对实验项目预习及完成情况的考核，指导学生在电工电子的知识、能力和素质三方面协调发展，以适应社会发展对人才的基本需求。

本书共四章，高艳萍负责编写第一章和第三章实验3-1、3-4、3-5、3-6、3-7、3-9及第四章4-1~4-7，谷军负责编写第二章实验2-1~2-5，庞洪帅负责编写第二章实验2-6~2-8和第三章实验3-2、3-3、3-8、3-10及第四章4-8。高艳萍和庞洪帅负责全书统稿（书中加“*”的内容为选做内容）。

由于编者的水平和经验有限，书中难免有纰漏和欠妥之处，请各位专家、读者不吝赐教。

编 者

目 录

前言

第一章 计量与误差	1
第二章 电工技术实验	4
实验 2-1 直流网络定理的验证	4
实验 2-2 串联谐振	7
实验 2-3 电阻、电容移相电路	9
实验 2-4 日光灯电路及功率因数的提高	11
实验 2-5 三相交流电路	14
实验 2-6 三相异步电动机的直接起动	17
实验 2-7 三相异步电动机的正反转控制	22
实验 2-8 三相异步电动机星—三角降压起动	25
第三章 电子技术实验	28
实验 3-1 二极管的检测与应用	28
实验 3-2 整流、滤波与稳压电路	31
实验 3-3 单管低频电压放大电路	35
实验 3-4 集成运算放大器的基本运算电路	38
实验 3-5 晶闸管可控整流电路	43
实验 3-6 集成门电路与组合逻辑电路	46
实验 3-7 计数、译码、显示电路	50
实验 3-8 编码器、译码器与数据分配、选择电路	54
实验 3-9 触发器及其应用	59
实验 3-10 555 定时器及其应用	63
第四章 实验仪器设备使用说明	67
4-1 SG4320A 型示波器使用说明	67
4-2 SG1651A 型低频信号发生器使用说明	79
4-3 SG1731SL3A 型直流稳压电源使用说明	81
4-4 SG2172 型晶体管毫伏表使用说明	83
4-5 VC9803A+ 型数字万用表使用说明	86
4-6 THM-1 型模拟电路实验箱使用说明	91
4-7 THD-1 型数字电路实验箱使用说明	94
4-8 DGX-1 型电工技术实验装置使用说明	97
附录 实验考核表	103
实验 2-1 直流网络定理的验证	103
实验 2-2 串联谐振	105

实验 2-3	电阻、电容移相电路	107
实验 2-4	日光灯电路及功率因数的提高	109
实验 2-5	三相交流电路	111
实验 2-6	三相异步电动机的直接起动	113
实验 2-7	三相异步电动机的正反转控制	115
实验 2-8	三相异步电动机星—三角降压起动	117
实验 3-1	二极管的检测与应用	119
实验 3-2	整流、滤波与稳压电路	121
实验 3-3	单管低频电压放大电路	123
实验 3-4	集成运算放大器的基本运算电路	125
实验 3-5	晶闸管可控整流电路	127
实验 3-6	集成门电路与组合逻辑电路	129
实验 3-7	计数、译码、显示电路	131
实验 3-8	编码器、译码器与数据分配、选择电路	133
实验 3-9	触发器及其应用	135
实验 3-10	555 定时器及其应用	137
参考文献		139

第一章 计量与误差

一、计量

计量学不仅研究计量单位及其基准以及标准的建立、保存和使用，测量方法、计量器具、测量的准确度以及计量法制和管理，还研究物理常数、标准物质及材料特性的准确测定等。计量科学技术水平标志着一个国家科学技术发展的水平，计量工作对产品的质量管理是至关重要的。

测量是用已知的标准单位量与同类物质进行比较获得该物质数量的过程，这时认为被测量的真实数值是客观存在的，其误差是由测量仪器和测量方法所引起的。而计量则认为使用的仪器是标准的，误差是由受检仪器引起的，它的任务是确定测量结果的可靠性，计量将测量技术和测量理论进一步完善和发展，对测量起着推动作用。随着测量技术的发展，也会不断出现各种新的计量仪器，从而推动着计量学的发展。

1. 计量器具

计量器具是指能以直接或间接方法确定被测对象量值的量具、计量仪器（仪表）和计量装置。按技术特性及用途，计量器具可分为计量基准器具、计量标准器具和普通计量器具。

计量基准器具简称为计量基准，计量基准通常分为主基准、副基准和工作基准。计量标准器具简称计量标准，计量标准一般不能自行定义，必须直接或间接地接受计量基准的量值传递。普通计量器具亦称工作计量器具，是日常工作以及现场测量中所使用的计量器具。它虽然不是计量标准，但也具有一定水平的计量性能。

2. 计量单位

计量单位是有明确定义和名称并令其数值为1的一个固定的量，例如1m、1s等。

单位制是经过国际或国家计量部门以法律形式规定的。国际单位制（代号SI）包括了整个自然科学的各种物理量的单位，经1960年第11届国际计量大会（CGPM）通过，并经1971年第14届CGPM修订，共有7个基本单位（表1-1）和19个国际单位制中具有专门名称的导出单位（表1-2）。

表 1-1

国际单位制的基本单位（SI基本单位）

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克（公斤）	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A

续表

量的名称	单位名称	单位符号
热力学温度	开 [尔文]	K
物质的量	摩 [尔]	mol
发光强度	坎 [德拉]	cd

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表示示例
频率	赫 [兹]	Hz	s^{-1}
力; 重力	牛 [顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力; 压强; 应力	帕 [斯卡]	Pa	N/m^2
能量; 功; 热	焦 [耳]	J	$N \cdot m$
功率; 辐射通量	瓦 [特]	W	J/s
电荷量	库 [仑]	C	$A \cdot s$
电位; 电压; 电动势	伏 [特]	V	W/A
电容	法 [拉]	F	C/V
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A
电导	西 [门子]	S	A/V
磁通量	韦 [伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度、磁感应强度	特 [斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨 [利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	
光通量	流 [明]	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒 [克斯]	lx	lm/m^2
放射性活度	贝克 [勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈 [瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希 [沃特]	Sv	J/kg

我国的法定计量单位（以下简称法定单位）常用的有以下三种。

- (1) 国际单位制的基本单位（SI 基本单位），见表 1-1。
- (2) 国际单位制的辅助单位，见表 1-2。
- (3) 由词头和以上单位所构成的十进制倍数和分数单位，词头见表 1-3。

表 1-3 由词头和以上单位所构成的十进制倍数和分数单位

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾 [可萨]	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍 [它]	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太 [拉]	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉 [咖]	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳 [诺]	n
10^3	千	k	10^{-12}	皮 [可]	p
10^2	百	H	10^{-15}	飞 [母托]	f
10^1	十	da	10^{-18}	啊 [托]	a

二、误差

测量误差是计量的一个重要内容。由于测量工具不准确、测量手段不完善、环境的变化或测量时的疏忽，都会使测量结果与被测量的实际值不同，这个差异称为测量误差。随着科学技术的发展，对于测量精确度的要求越来越高，当测量误差超过一定限度时，由测量工作和测量结果所做的结论或发现将是没有意义的，甚至会给工作带来危害，因此对测量误差的控制就成为衡量测量水平的一个重要的方面。可见，正确认识与处理测量误差是十分重要的。

测量误差按表示方法来分，有绝对误差和相对误差，当用于表示测量仪器时还有“引用误差”。

1. 绝对误差

(1) 绝对误差的定义。绝对误差 Δx 是测得值 x 与理论值 x_0 之差，即

$$\Delta x = x - x_0$$

(2) 修正值（校正值）。与绝对误差的绝对值大小相等，但符号相反的量值称为修正值（用 C 表示），即

$$C = -\Delta x = x_0 - x$$

通过检定（校准）由上一级标准（或基准）以表格、曲线或公式的形式给出受检仪器的修正值。在测量时，利用测得值与已知的修正值相加，可算出被测量的实际值。在测量中修正值本身也有误差，修正后的数据只是更接近实际值。对于自动化程度较高的测量仪器，可以将修正值编成程序储存在仪器中，在测量时仪器自动进行修正。规定绝对误差和修正值的量纲与测得值是一致的。

2. 相对误差

(1) 相对误差的定义。相对误差 δ_x 是测得值的绝对误差 Δx 与其真值 x 之比（用百分数表示），即

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% = \frac{x - x_0}{x_0} \times 100\%$$

一般情况下可用绝对误差与实际值 x_0 之比来表示相对误差。用相对误差可以恰当地表征测量的准确程度，相对误差是一个只有大小，而没有量纲的数值，在误差较小、要求不太严格的场合，也可以用测量值代替实际值。这时的相对误差称为示值相对误差，即

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\%$$

(2) 分贝误差。用对数形式表示的误差称为分贝误差。它是相对误差的另一种表现形式，用 δ_{dB} 来表示。如果输出量与输入量（如电压）测得值之比为 $\frac{I_o}{I_i}$ ，则增益的分贝值为

$$D_1 = 20 \lg \frac{I_o}{I_i} \text{ dB}$$

分贝误差也有正负之分。测得值的相对误差越小，表示它的准确度越高，所以评价测量水平时，应使用相对误差来比较，它是误差计算中最常用的一种表达形式。

第二章 电工技术实验

实验 2-1 直流网络定理的验证

一、实验目的

- (1) 掌握直流稳压源的正确使用方法。
- (2) 学习用万用表测量电阻、电流和电压的方法。
- (3) 掌握实验电路的连接方法，正确理解电压和电流的参考方向。
- (4) 学习有源线性二端网络开路电压、短路电流和等效内阻的测量方法。
- (5) 验证基尔霍夫定律、叠加原理、戴维宁定理和诺顿定理的正确性。

二、实验预习

- (1) 掌握基尔霍夫定律、叠加原理、戴维宁定理和诺顿定理的内容。
- (2) 阅读万用表和直流稳压电源的使用说明（见第四章）。
- (3) 计算图 2-1 所示电路中的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 ，拆掉电阻 R_3 如图 2-4 所示，计算 A、B 两节点间的开路电压 U_{OC} 、等效电阻 R_0 和短路电流 I_{SC} 。
- (4) 阅读实验指导书，了解实验目的、实验原理和实验任务。
- (5) 填写实验 2-1 考核表（见附录）中的预习思考。

三、实验仪器与元器件

- (1) SG1731SL3A 型直流稳压电源 1 台。
- (2) VC9803A+ 型数字万用表 1 块。
- (3) 交流、直流电路实验箱 1 台。

四、实验原理

在分析与计算电路时，对电压或电流任意假定的方向为电压或电流的参考方向，当实际方向与参考方向一致时，电流（或电压）的值为正；当实际方向与参考方向相反时，电流（或电压）值为负，如图 2-1 所示，该电路可以用直流网络定理加以分析。

1. 基尔霍夫定律（KCL 定律和 KVL 定律）

(1) KCL 定律：在任一瞬间，流入任一节点的电流等于流出该节点的电流。

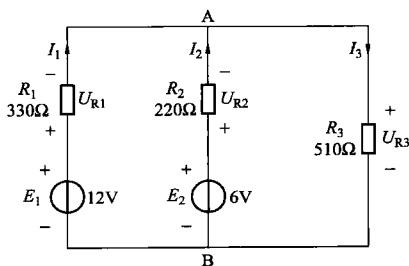


图 2-1 有源线性直流网络电路

$$\sum I_i = \sum I_o$$

(2) KVL 定律：在任一瞬间，沿任一回路循行方向，回路中各段电压的代数和恒等零。

$$\sum U = 0$$

根据基尔霍夫节点电流定律，对节点 A，则有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

根据基尔霍夫回路电压定律：对 $R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow E_2$ 所在的回路沿顺时针方向有

$$-E_2 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

2. 叠加原理

线性电路中任何一条支路的电流或电压，都可以看成是由电路中各个电源（电压源或电流源）分别单独作用时，在此支路中所产生的电流或电压的代数和。

图 2-1 电路中， R_1 所在支路电流 I_1 ， E_1 单独作用时为 I'_1 ； E_2 单独作用时为 I''_1 ， R_2 所在支路电流 I_2 ，在 E_1 单独作用时为 I'_2 ； E_2 单独作用时为 I''_2 ， R_3 所在支路电流 I_3 ，在 E_1 单独作用时为 I'_3 ； E_2 单独作用时为 I''_3 ，等效电路如图 2-2 和图 2-3 所示。

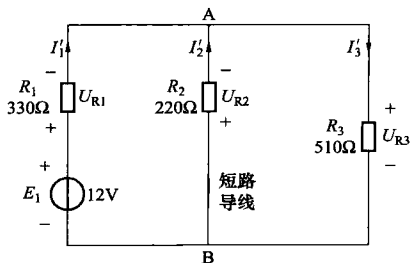


图 2-2 E_1 单独作用

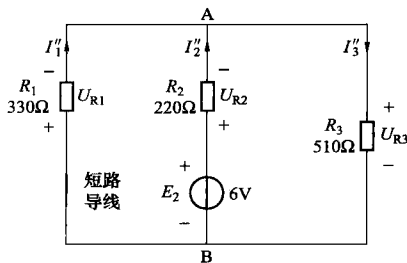


图 2-3 E_2 单独作用

根据叠加原理有

$$I_1 = I'_1 + I''_1$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3$$

3. 等效电源定理

(1) 戴维宁定理（等效电压源定理）。任何一个有源二端线性网络都可以用一个电动势为 E 的理想电压源和内阻 R_0 串联的电压源等效代替。等效电源的电动势 E 是有源二端网络的开路电压 U_{OC} ，即将负载断开后 A、B 两端之间的电压；等效电源的内阻 R_0 等于有源二端网络中所有电源均除去（理想电压源短路，理想电流源开路）后所得到的无源二端网络 A、B 两端之间的等效电阻。

图 2-1 所示的电路中，设 R_3 所在的支路为外电路，对应的有源二端网络如图 2-4 所示，该有源二端网络对 R_3 支路可用图 2-5 所示的电路来等效代替。其中 $E = U_{OC}$ （有源二端网络的开路电压，即图 2-4 中 A、B 两点间的开路电压）， $R_0 = R_{AB} = R_1 // R_2$ （有源二端网络的等效电阻，即将图 2-4 中 E_1 、 E_2 除掉后 A、B 间的等效电阻）。

(2) 诺顿定理（等效电流源定理）。任何一个有源二端线性网络都可以用一个电流为 I_S 的理想电流源和内阻 R_0 并联的电流源来等效代替。等效电源的电流 I_S 就是有源二端网络的

短路电流，即将 A、B 两端短接后该支路的电流；等效电源的内阻 R_0 等于有源二端网络中除源（理想电压源短路，理想电流源开路）后所得无源二端网络 A、B 两端之间的等效电阻。

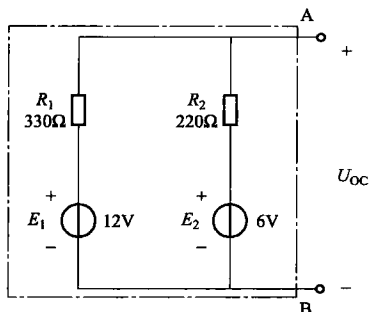


图 2-4 测量开路电压有源二端网络

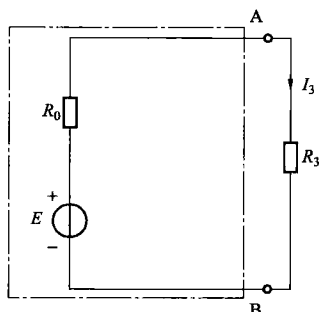


图 2-5 等效电压源电路

图 2-1 电路中，除去 R_3 支路后的有源二端网络如图 2-6 所示，该有源二端网络对 R_3 支路可用图 2-7 所示电路来等效代替。其中 $I_S = I_{SC}$ （有源二端网络的短路电流，即图 2-1 中 A、B 两点间的短路电流）， $R_0 = R_{AB} = R_1 // R_2$ （除去有源二端网络中的全部电源后从端口处得到的等效电阻）。

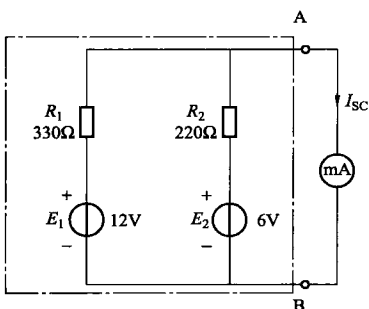


图 2-6 测量短路电流有源二端口网络

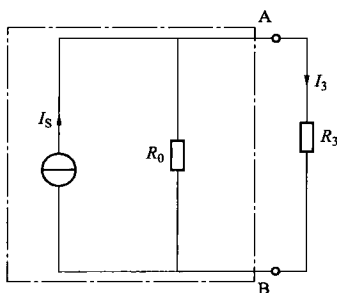


图 2-7 等效电流源电路

五、实验任务

1. 验证基尔霍夫定律

按图 2-1 所示电路接线（为防止电源短路，换接线路时，将直流稳压电源关掉）调整直流稳压电源，令输出分别为 6V 和 12V，用万用表分别测出各元件上的电压和各支路中的电流（测量电流时，务必将万用表串接在电路中，严禁与电源并联，以免烧坏仪表），将测量结果记入考核表中。测量时注意随时转换万用表的测试挡，调换红表笔插孔以图 2-1 中电压和电流的参考方向为准，确定电压和电流的正、负号。

2. 验证叠加原理

在完成任务 1 的基础上（ E_1 和 E_2 共同作用时各支路的电流已测量，可直接填入考核表中），分别按图 2-2 和图 2-3 所示的电路接线，测量 E_1 、 E_2 单独作用时各支路的电流，将

测量结果填于实验 2-1 的考核表中。

3. 验证等效电压源定理（戴维宁定理）

在完成任务 1 的基础上（电流 I_3 已测量，可直接填入考核表），将电路图 2-1 中电阻 R_3 拆掉，测量图 2-4 所示有源二端网络 A、B 间的开路电压 U_{OC} 和等效内阻 R_0 的值（除掉电源 E_1 和 E_2 ），将测得数据记入考核表中，与理论值相比较计算误差。

4. 验证等效电流源定理（诺顿定理）

将图 2-1 中 R_3 支路去掉，测有源二端网络 A、B 间的短路电流 I_{SC} （图 2-6）和等效电阻 R_0 ，将测量结果填于考核表中，与理论值相比较计算误差。

六、实验报告

- (1) 叙述直流网络定理验证实验的实验目的、实验原理和实验任务。
- (2) 整理考核表中的实验数据，填写实验总结。
- (3) 装订实验报告并上交指导教师。

实验 2-2 串联谐振

一、实验目的

- (1) 学习函数信号发生器和双踪示波器的使用方法。
- (2) 观测 RLC 串联交流电路的谐振波形，了解串联谐振的特点。
- (3) 绘制 RLC 串联谐振电路的频率特性曲线。
- (4) 了解电路品质因数 Q 值的物理意义以及对频率特性曲线的影响。

二、实验预习

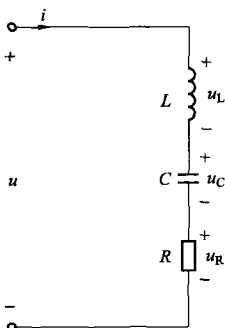
- (1) 预习 RLC 串联交流电路的有关内容和串联谐振的特点。
- (2) 阅读交流毫伏表、双踪示波器和函数信号发生器说明书，了解它们的工作原理。
- (3) 阅读实验指导书，了解实验目的、实验原理和实验任务。
- (4) 填写实验 2-2 考核表（见附录）中的预习思考。

三、实验仪器与元器件

- (1) SG4320A 型双踪示波器 1 台。
- (2) SG1651A 型函数信号发生器 1 台。
- (3) SG2172 型交流毫伏表 1 块。
- (4) 交直流电路实验箱 1 台。

四、实验原理

谐振是正弦电路在特定条件下产生的一种特殊物理现象，谐振现象在无线电和电工技术领域均得到广泛的应用。如图 2-8 所示为 RLC 串联交流电路，电压和电流的参考方向已知的情况下电路中端电压和电流间的相位差与电路元件参数和电源的频率有关，在特定条件下



会出现端电压与电流同相位，此时电路就产生了谐振，因为发生在串联电路中，所以称为串联谐振。

1. 产生串联谐振的条件

在图 2-8 所示的 RLC 串联电路中，其复数阻抗为

$$Z = R + j(X_L - X_C) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

由上式可知，电路的阻抗是频率的函数。

当 $X_L = X_C$ 或 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ ， $\varphi = \arctan \frac{X_L - X_C}{R} = 0$ （电源电压 u

与电流 i 的相位相同）时电路发生谐振现象，即 $X_L = X_C$ 或 $\omega L =$

$\frac{1}{\omega C}$ 为谐振条件。如果改变 RLC 串联电路的电源频率 f （使 $f = f_0$ ）

或改变电路参数 L 、 C ，都可以使电路发生谐振。根据谐振条件可以推导出谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

由于 f_0 为交流信号源的频率，故也可称为电路的固有频率。

2. 串联谐振的特点

(1) 串联谐振时， $|Z| = R$ ，为最小值，电路呈电阻性，且 u 、 i 同相位。

(2) 电流在谐振时达到最大 $I = I_0 = \frac{U}{R}$ 。

(3) 电源电压 $U = U_R$ 。有时 $U_L = U_C$ 远大于 U ，所以串联谐振又称为电压谐振，用品质因数 Q 表示 U_L 、 U_C 与 U 之间的关系，计算公式为

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{2\pi f_0 L}{R} = \frac{1}{2\pi f_0 C R}$$

式中， U_L 和 U_C 分别是电路谐振时电感和电容的两端电压。

电流随频率变化的特性曲线如图 2-9 所示，曲线的尖锐程度与电路的品质因数有着密切的关系。 Q 值越大，谐振曲线越陡。电路对非谐振频率的信号具有较强的抑制能力，所以选择性好。因此， Q 是反映谐振电路性质的一个重要指标。

五、实验任务

1. RLC 串联电路谐振状态的测量

(1) RLC 串联电路的测量。在实验箱中选择电阻 $R = 220\Omega$ 、电容 $C = 0.25\mu\text{F}$ 和电感 $L = 0.83\text{mH}$ ，按图 2-9 连接电路。调节函数信号发生器的输出频率为 2000Hz ，输出波形选择正弦波，输出电压 $U = 2\text{V}$ （由一只毫伏表监测信号端接“+”，地端接“-”），函数信号发生器的输出接于 RLC 串联交流电路的输入端（信号端接“+”，地端接“-”），将双踪示波器的 CH1 通道接 RLC 串联交流电路的输入端，CH2 通道接电阻两端（信号端接“+”，地端接

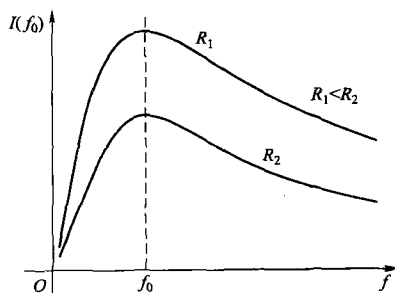


图 2-9 电流随频率变化的曲线

“-”)，同时观测输入电压 u 和电阻两端电压 u_R 的波形，各仪器与被测电路的布局如图 2-10 所示。以 2000Hz 为中心慢慢向左或向右旋转频率调节旋钮，注意观察两个电压波形的相位关系的变化。

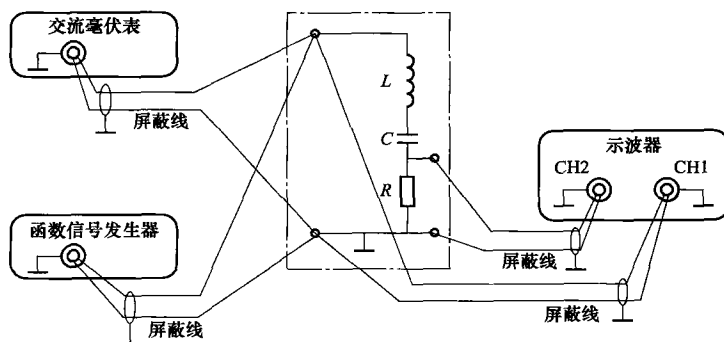


图 2-10 RLC 串联电路的测量

(2) RLC 串联交流电路的谐振点的测量。调节低频信号发生器的输出频率为预习中计算的谐振频率，输出电压 $U=2V$ （由一只毫伏表监测）保持不变，用双踪示波器同时观察 u 和 u_R 的波形，逐渐调节频率，直到 u 和 u_R 的波形完全同步，即 u 与 i 同相，此时的频率即为谐振频率 f_0 ，记入考核表中。

(3) RLC 串联谐振时各元件电压的测量。保持电路谐振不变，用毫伏表依次测量 R 、 L 、 C 三个元件电压，将测量值记入考核表中。

2. RLC 串联交流电路的电流频率特性曲线的测量

(1) 将 220Ω 电阻两端并联 10Ω 电阻，保持输入电压 $U=2V$ 不变（如果变化应立即调回 $2V$ ），以谐振频率 f_0 为中心向上每增加 $200Hz$ 测一次 U_R ，再以谐振频率 f_0 为中心向下各减少 $200Hz$ 测一次 U_R ，上、下各测 6 个点，将测量结果记入考核表中，计算每点对应的电流 I ，画出电流频率特性曲线。

(2) 将 RLC 串联交流电路中并联的 10Ω 电阻拆掉，将 220Ω 改接为 51Ω 电阻重复步骤 (1)，记录数据画出电流频率特性曲线，比较两条特性曲线。

六、实验报告

- (1) 叙述串联谐振实验的实验目的、实验原理和实验任务。
- (2) 整理考核表中实验数据，填写实验总结。
- (3) 装订实验报告并上交指导教师。

实验 2-3 电阻、电容移相电路

一、实验目的

- (1) 进一步学习函数信号发生器、交流毫伏表和双踪示波器的使用方法。
- (2) 观测 RC 移相电路中移相角与电源频率 f 、电阻 R 之间的关系。

(3) 了解阻容移相电路的意义和应用。

二、实验预习

- (1) 预习 RC 串联交流电路, 计算 u_o 和 u_i 之间的相位差。
- (2) 阅读交流毫伏表、双踪示波器和函数信号发生器使用说明 (见第四章)。
- (3) 阅读实验指导书, 了解实验目的、实验原理和实验任务。
- (4) 填写实验 2-3 考核表 (见附录) 中的预习思考。

三、实验仪器与元器件

- (1) SG4320A 型双踪示波器 1 台。
- (2) SG1651A 型函数信号发生器 1 台。
- (3) SG2172 型交流毫伏表 1 块。
- (4) 交直流电路实验箱 1 个。

四、实验原理

图 2-11 所示的 RC 串联交流电路中, 若输入电压 u_i 为正弦交流电压, 则电路中各处的电压、电流都是同频率的正弦交流电, 可用相量表示, 其电压方程为

$$\dot{U}_i = \dot{U}_o + \dot{U}_C$$

从相量图 2-12 中可以看出输出电压 u_o 的相位超前输入电压 u_i 一个 φ 角。 φ 的大小可用下式计算

$$\varphi = \arctan \frac{-X_C}{R}$$

如果 $\dot{U}_i$ 的大小不变, 那么 φ 将随着电源频率 f 、电路的电阻 R 或电容 C 的改变而改变, 且 $\dot{U}_o$ 点的轨道始终在上半圆上, 如图 2-12 所示。

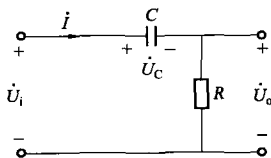


图 2-11 阻容移相电路

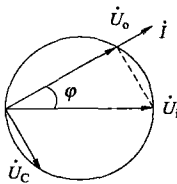


图 2-12 电阻输出阻容移相电路相量图

同理对图 2-13 所示的电路, 以 u_C 作为输出电压 u_o 时, 则输出电压 u_o 滞后于输入电压 u_i 一个 φ 角, 且 $\dot{U}_o$ 点的轨道始终在下半圆上, 其相量图如图 2-14 所示。

通过上面分析可知, 不论以电阻 R 端电压还是电容 C 端电压作输出电压 u_o , 输出电压与输入电压的相位差都随着频率 f_0 、电阻 R 或电容 C 的变化而变化, 这种作用效果称为阻容移相。

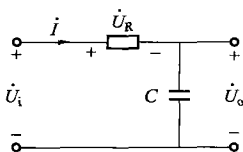


图 2-13 电容输出的阻容移相电路

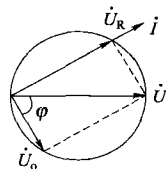


图 2-14 电容输出阻容移相电路相量图

阻容移相环节，在电子技术领域具有广泛的应用，例如阻容耦合电路、移相电路、积分电路、微分电路和滤波电路等。电路的输入电压 u_i 可由函数信号发生器产生，电路的输入、输出电压的波形及其移相角 φ 可通过双踪示波器观测，各部分电压有效值用交流毫伏表测量。

五、实验任务

1. 电阻元件作输出端的阻容移相电路

按图 2-11 连接电路，令 $C = 0.25 \mu\text{F}$ ， $R = 51 \Omega$ 。调节低频信号发生器，令频率 $f = 1 \text{ kHz}$ ，电压 $U_i = 2 \text{ V}$ ，保持 f 、 U_i 和 $C = 0.25 \mu\text{F}$ 不变，改变电阻 R ，令电阻分别为 $R = 51 \Omega$ 、 $R = 220 \Omega$ 、 $R = 330 \Omega$ 、 $R = 510 \Omega$ 、 $R = 10 \text{ k}\Omega$ ，用交流毫伏表测量 u_i 、 u_o 和 u_C 的有效值，将测量的结果记入考核表中，用双踪示波器观测 u_i 和 u_o 的波形，注意移相角随电阻变化的情况。根据表中数据画出输出相量 $\dot{U}_o$ 末端的轨迹图（注意每次改变 R 值之后，必须调节信号发生器使 $U_i = 2 \text{ V}$ 保持不变）。

2. 电容元件作输出端的阻容移相电路

在按图 2-13 接线，重复上述步骤，将测量的结果记入考核表中。

3. 移相角 φ 随频率变化的阻容移相电路

按图 2-11 接线，令 $U_i = 2 \text{ V}$ 、 $R = 510 \Omega$ 、 $C = 0.25 \mu\text{F}$ 不变，改变频率 f ，令频率分别为 $f = 1 \text{ kHz}$ 、 $f = 2 \text{ kHz}$ 、 $f = 3 \text{ kHz}$ 、 $f = 4 \text{ kHz}$ 、 $f = 5 \text{ kHz}$ ，用交流毫伏表测量 u_i 、 u_o 和 u_C 的有效值，将测量结果记入考核表中，用双踪示波器观测 u_i 和 u_o 的波形，并观察移相角随频率变化的情况（注意每次改变频率后，要重新调节信号发生器的输出电压，使之保持 $U_i = 2 \text{ V}$ 不变）。画出输出相量 $\dot{U}_o$ 末端的轨迹。

六、实验报告

- (1) 叙述电阻、电容移相电路实验的实验目的、实验原理和实验任务。
- (2) 整理考核表中的实验数据，填写实验总结。
- (3) 装订实验报告并上交指导教师。

实验 2-4 日光灯电路及功率因数的提高

一、实验目的

- (1) 研究正弦稳态交流电路中电压、电流相量之间的关系。