

电路与电子技术实验 及Proteus仿真

卓郑安 高 飞 编著

上海科学技术出版社

电路与电子技术实验及 Proteus 仿真

卓郑安 高 飞 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术实验及 Proteus 仿真/卓郑安,高飞编著.
—上海:上海科学技术出版社,2015.4
ISBN 978-7-5478-2588-4

I. ①电… II. ①卓… ②高… III. ①电路-实验-高等学校-教材 ②电子技术-实验-高等学校-教材 ③电路-计算机仿真-应用软件-高等学校-教材 ④电子技术-计算机仿真-应用软件-高等学校-教材 IV. ①TM13 ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 057780 号

电路与电子技术实验及 Proteus 仿真

编著 卓郑安 高 飞

上海世纪出版股份有限公司
上海科学技术出版社 出版

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

常熟市兴达印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 9.75

字数: 200 千字

2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2588-4/TN·15

定价: 28.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内 容 提 要

本书是为应用型本科院校的电气类、电子信息类、机电类相关专业的学生编著,是一本电路电子基础实验教材,通过本书的学习,学生能够应用 Proteus 软件进行基础实验的仿真。

本书总结了电路与电子技术实验方面的教学思想、方法和手段,强调对工程实践能力的培养,深入浅出地介绍了电路实验、数字电子技术实验和模拟电子技术实验。仿真实验通过对三个电学基础实验模块的操作指引,具体介绍了 Proteus 仿真软件的使用方法,体现其基础实验和仿真实验相结合的特点。全书突出课程重点,强调实验基础训练,简明易读,可操作性强。

本书适合于普通高等院校电气类、电子信息类、机电类相关专业的本科生、专科生,可以作为高校电路电子设计与仿真类课程的教材;也可供电子技术爱好者使用。

本书相关课件请至“<http://jc.sstp.cn/kj/>”网址下载。

前 言

实验教学是电气信息类专业基础课程中的重要实践环节,与专业教学紧密结合,对培养学生理论联系实际的能力具有重要作用。随着教学改革的深入,不少专业核心课程进行了适当的调整,《电路与电子技术实验及 Proteus 仿真》一书就是与应用型本科院校的电学基础类平台课程配套的实验教材。按照电气类专业对专业基础课程的基本要求,把电路基础、数字电子技术基础、模拟电子技术基础及其相应的仿真实验,合理地安排在一本教材里,适应了电气类专业对专业基础实验课程少学时的要求。教学内容的深浅可有不同侧重点和取舍,适应性较强,在使用时具有较大的灵活性。

实验的基本思想和方法使人受益匪浅,实验课程在当前电子科学与技术的教学中占据重要的地位。为使实验教学成为教学平台上的一个强项和特色,本着简明、实用、新颖的编写原则,努力体现“教、学、做”一体化,由浅入深、循序渐进。编者注重培养读者的自学能力、动手能力和严谨的科学态度,认真总结来自基础实验第一线的实践体会和教学改革经验,致力于用实验手段来帮助读者熟练掌握电学基础中的基础理论和重要概念,力求突出实验重点和难点。深入浅出地介绍了电路基础实验、数字电子技术基础实验和模拟电子技术基础实验中要完成的“实验任务”“实验指导”“实验思考”等。指出操作时的注意事项,并给出相关的实验思考。

本书根据教学基本规律和高校实践教学要求,以教育理念创新为引导,融合了虚拟仿真技术在实验教学中的应用,有助于实验教学方法教育的改革。为了便于读者结合本书上机使用,第二章电路基础实验仿真、第四章数字电子技术基础实验仿真、第六章模拟电子技术基础实验仿真,详细介绍了各相关实验的仿真电路原理图、仿真实验的波形图、仿真方法的详细讲解和操作技巧。读者可以在简单而具体的指导下,快速掌握软件仿真的使用方法,并与实验结果对比,进行实验分析。

创建向工科类学生开放的电类基础仿真实验平台,帮助工科类学生更快地掌握业内主流电子设计工具,比较灵活地将不同学科的电子设计知识融会贯通,正是编者所追求的。Proteus 嵌入式系统仿真与开发平台是由英国 Labcenter 公司开发的,是目前电子设计爱好者广泛使用的电子线路设计与仿真软件。为了使具有电子学基础知识的读者也能使用该软件,编者利用“实验任务”“选用器件”“相关理论”“构建仿真电路”“仿真结果”“仿真要点”几个部分,通过对基础实验仿真的教学实例来介绍 Proteus 仿真软件的基本使用方法,使学习变得轻松有趣。

全书分为电路基础实验、电路基础实验仿真、数字电子技术基础实验、数字电子技术基础实验仿真、模拟电子技术基础实验、模拟电子技术基础实验仿真六章。引导学生从电

路、数字电子技术、模拟电子技术三个基础实验模块入手,自主操作仿真软件,并在硬件平台上调试且改进。仿真技术进校园,仿真教学进课堂,加快了对工科类基础课程的数字化改革,创新了信息化教学与学习方式,提升了个性化互动教学水平。

本书由上海工程技术大学卓郑安、高飞编著。上海工程技术大学梁鉴如、沈行良、周顺、朱文立等对各个基础部分的实验提出了许多宝贵意见和建议;王凯、顾璠骅、周臻辉、李大伟、王德寿等同学在软件仿真实验等方面做了大量基础工作,在此表示衷心感谢!

本书编写的立足点是具有较宽的适应面,便于读者阅读和因材施教。本书适合于高等院校工科类或相关专业的本科生、专科生;也可供相关领域的工程技术人员使用。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,恳请读者提出批评和改进意见。

编者

2015 年 1 月

目 录

第一章 电路基础实验	1
第一节 基尔霍夫定律和电路中的电位	1
第二节 叠加定理	3
第三节 戴维南定理	4
第四节 正弦交流电路中单一元件的参数	6
第五节 RLC 串、并联谐振电路	8
第六节 交流电路功率因数的提高	11
第七节 三相交流电路中功率的测量	13
第八节 一阶 RC 电路的暂态响应	17
第二章 电路基础实验仿真	22
第一节 Proteus 简介	22
第二节 叠加定理的研究	31
第三节 基尔霍夫定律的研究	33
第四节 电路功率因数提高的研究	37
第五节 三相交流电路的研究	39
第三章 数字电子技术基础实验	44
第一节 基本逻辑门电路的逻辑功能	44
第二节 三态输出与非门电路	47
第三节 优先编码器和译码器	48
第四节 半加器和全加器	52
第五节 数据选择器和数据分配器	54
第六节 触发器及其逻辑功能的转换	56
第七节 寄存器和移位寄存器	60
第八节 计数、译码和显示电路	63
第九节 集成 555 定时器	66
第四章 数字电子技术基础实验仿真	71
第一节 基本逻辑门电路逻辑功能的研究	71

第二节	优先编码器逻辑功能的研究	74
第三节	译码器逻辑功能的研究	78
第四节	数据选择器逻辑功能的研究	81
第五节	移位寄存器逻辑功能的研究	85
第六节	十三进制同步加法计数器逻辑功能的研究	88
第七节	任意进制计数器的研究	93
第五章	模拟电子技术基础实验	99
第一节	晶体管单管放大电路	99
第二节	晶体管两级阻容耦合放大电路	101
第三节	晶体管两级负反馈放大电路	103
第四节	集成运放应用于模拟运算电路	105
第五节	集成运放应用于波形发生电路	107
第六节	无输出变压器的功率放大电路(OTL 电路)	109
第七节	集成稳压电源	111
第六章	模拟电子技术基础实验仿真	113
第一节	半导体二极管特性的研究	113
第二节	阻容耦合共射放大电路交直流参数的研究	118
第三节	理想集成运算放大电路的应用研究	122
第四节	基极电阻变化对阻容耦合共射放大电路的影响	128
第五节	克服交越失真的互补对称输出电路研究	132
第六节	OCL 互补对称功率放大电路输出功率和转换效率的研究	136
第七节	三端集成稳压电源 W7805 稳压性能的研究	141
参考文献		147

第一章 电路基础实验

第一节 基尔霍夫定律和电路中的电位

一、实验任务

- (1) 通过对电路中电压和电流的测量,掌握万用表和直流稳压电源的使用方法。
- (2) 验证基尔霍夫定律,进一步理解电路中电压、电流参考方向的意义。
- (3) 证明电路中电位的相对性及电压的绝对性;理解电位与电压的关系。

二、实验指导

1. 基尔霍夫定律

在测量电路中各支路电流及各元件两端电压时,必须分别满足基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

基尔霍夫电流定律指出:在任一瞬间,电路中某个结点上电流的代数和恒等于零,即 $\sum I=0$ 。基尔霍夫电压定律指出:对任何一个闭合回路而言,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于零,即 $\sum U=0$ 。应用基尔霍夫定律时,必须预先设定电流及电压的参考方向。

2. 直流电流的测量

图 1-1-1 所示为验证基尔霍夫定律和电位测量的参考电路,按图连线,并在电路中自行设定各回路电压、支路电流的参考方向。

电流表应该串联在被测支路中。为了使电路的工作不因接入电流表而受影响,电流

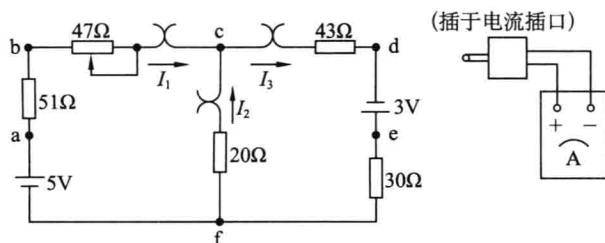


图 1-1-1 验证基尔霍夫定律和电位测量的参考电路

表的内阻必须很小。

用万用表测量所选各电阻的阻值,并与标称值对比。调整两路直流稳压电源,分别使 $E_1=5\text{V}$, $E_2=3\text{V}$,将 E_1 、 E_2 断电后接入被测电路。接通直流稳压电源,分别测量各支路电流,将测量值记录在表 1-1-1 中。

表 1-1-1 基尔霍夫电流定律的验证

	I_1	I_2	I_3	ΣI
计算值(mA)				
测量值(mA)				

3. 直流电压与电位的测量

1) 电压的测量 电压表是用来测量电源、负载或某段电路两端的电压的,必须和它们并联。为了使电路的工作不因接入电压表而受影响,电压表的内阻必须很大。

分别测量电路中各段电压,将测量数据记录在表 1-1-2 中,并验证基尔霍夫电压定律。

2) 电位的测量 分析电路时,必须选定电路中某一点作为参考点,它的电位称为参考电位。电路中某一点的电位等于该点与参考点(电位为零)之间的电压。参考电位选得不同,电路中各点的电位大小随着改变,但是任意两点间的电压值是不变的。即电路中各点电位的高低是相对的,而电路中某两点间的电压值是绝对的。

分别使 $E_1=5\text{V}$, $E_2=3\text{V}$,以图 1-1-1 中的 a 点作为参考点,分别测量 b、c、d、e、f 各点的电位,并测量电路中相邻两点之间的电压值 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{cd} 、 U_{de} 、 U_{ef} 、 U_{fa} 。再以图 1-1-1 中的 d 点作为参考点,重复测量相关数据,并记录在表 1-1-2 中。

表 1-1-2 基尔霍夫电压定律及电位的测量

		U_a	U_b	U_c	U_d	U_e	U_f	U_{ab}	U_{bc}	U_{cd}	U_{de}	U_{ef}	U_{fa}
参考点 a	计算值(V)												
	测量值(V)												
参考点 d	计算值(V)												
	测量值(V)												

三、实验思考

- (1) 理解电路中电压或电流的正负值与该电量参考方向的关系。
- (2) 电路中电位为负值的意义是什么?
- (3) 将等电位点相连,观察是否影响电路中各点电位及各个电流的大小?
- (4) 用万用表测电阻可以直接在工作电路中进行吗?
- (5) 用万用表测量电阻时,仪表指针尽可能在标尺的什么位置?

第二节 叠 加 定 理

一、实验任务

- (1) 验证线性电路的叠加定理。
- (2) 加深对线性电路的叠加性和齐次性的认识和理解。
- (3) 进一步掌握常用直流仪器仪表和直流稳压电源的使用方法。

二、实验指导

1. 叠加定理

在有几个独立电源共同作用的线性网络中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成是每一个独立电源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和,这一结论称为线性电路的叠加定理。从数学上看,电路的叠加定理就是线性方程的可加性。功率的计算就不能用叠加定理。

所谓电路中只有一个电源单独作用,就是假设将其余的独立电源都去除。理想电压源去除后用短接线代替,即其电动势为零;令理想电流源开路,即其电流为零。

线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立电源的值)增加或减少某值时,电路的响应(即在电路其他各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减少某值。

2. 叠加定理验证

图 1-2-1 所示为验证叠加定理的参考电路,按图接线,适当选取电源 E_1 和 E_2 的值。此时,二极管断开。

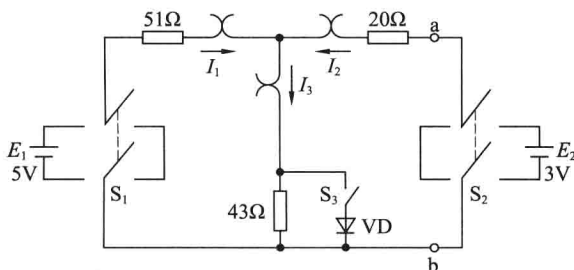


图 1-2-1 验证叠加定理的参考电路

(1) 令 E_1 电源单独作用时(将开关 S_1 投向 E_1 侧、开关 S_2 投向短路侧),用直流电压表和直流毫安表测量各支路电流及各电阻元件两端的电压,测量数据记录在表 1-2-1 中。

(2) 令 E_2 电源单独作用时(将开关 S_1 投向短路侧、开关 S_2 投向 E_2 侧),重复(1)的实验内容,测量数据记录在表 1-2-1 中。

(3) 令 E_1 和 E_2 电源共同作用时(开关 S_1 和 S_2 分别投向 E_1 和 E_2 侧),重复(1)的实验内容,测量数据记录在表 1-2-1 中。

(4) 将二极管并联在参考电路所示的支路电阻两端,此时,电路呈非线性,重复(1)~(3)的测量内容,填入自拟表格中,并说明叠加原理不适用于非线性电路。

表 1-2-1 验证叠加定理

	$E_1(\text{V})$	$E_2(\text{V})$	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$
E_1 单独作用					
E_2 单独作用					
E_1 和 E_2 共同作用					

三、实验思考

- (1) 理解叠加定理的应用条件。
- (2) 电路中电阻消耗的功率是否满足叠加性?
- (3) 实验电路中的直流稳压电源输出端为什么不能短路?
- (4) 在实验过程中,不得随意改变电压表和电流表的接入位置,否则会产生什么影响?

第三节 戴维南定理

一、实验任务

- (1) 了解电流源与电压源的外特性。
- (2) 掌握实际电压源与实际电流源等效变换的条件。
- (3) 验证戴维南定理。

二、实验指导

1. 电源的电路模型

一个实际的电源可以用两种不同的电路模型来表示:一种是用电压输出的形式来表示,称为电压源模型;另一种是用电流输出的形式来表示,称为电流源模型。

当电源的端电压 U 恒等于电动势 E 并且是一个定值,而其中的电流 I 则由负载 R_L 及电压 U 本身确定,这样的电源称为理想电压源或恒压源。当电源的电流 I 恒等于短路电流 I_s 并且是一个定值,而其两端的电压 U 则由负载 R_L 及电流 I_s 本身确定,这样的电源称为理想电流源或恒流源。

在实际工程中,绝对的理想电源是不存在的。一个实际的电源既可以等效为电压源模型,也可以等效为电流源模型,就其外特性而言两者是相同的,所以电源的这两种电路模型相互间是等效的,可以等效变换。

2. 戴维南定理

任何一个复杂电路,如果只需要研究其中一条支路的电流和电压时,可以将该支路划出,而把其余部分看作一个有源二端网络,如图 1-3-1 所示。不论这个有源二端网络的复杂程度如何,对于要研究的支路来说,仅相当于某一个实际电源。因此,这个有源二端网络一定可以化简为一个等效电源。图 1-3-1b 所示有源二端网络化简为一个等效电压源,图 1-3-1c 所示有源二端网络则化简为一个等效电流源。

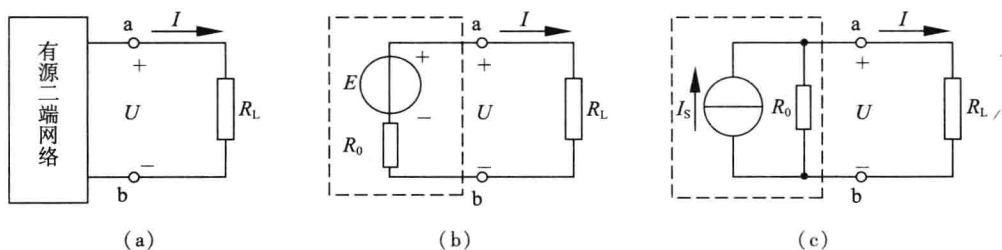


图 1-3-1 有源二端网络及其等效电源

任何一个有源二端线性网络,其对外作用可以用一个理想电压源和电阻串联的等效电压源模型代替。其等效的源电压,等于此有源二端线性网络的开路电压;其等效内阻,是有源二端线性网络内部各独立电源都不作用时的无源二端线性网络的输入电阻,这就是戴维南定理。

3. 戴维南定理的验证

图 1-3-2 所示为验证戴维南定理的原理图。引出 a-b 两端作为外电路(图示可调电阻)接口,将其余部分等效为有源二端线性网络,用一个理想电压源和电阻串联的等效电压源模型代替。

图 1-3-3 所示为验证戴维南定理的参考电路。引出 a-b 两端作为外电路(图示可调电阻)接口,将其余部分作为有源二端线性网络。

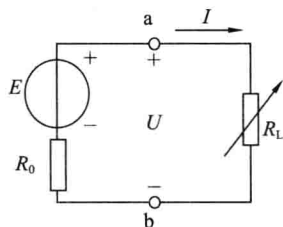


图 1-3-2 验证戴维南定理的原理图

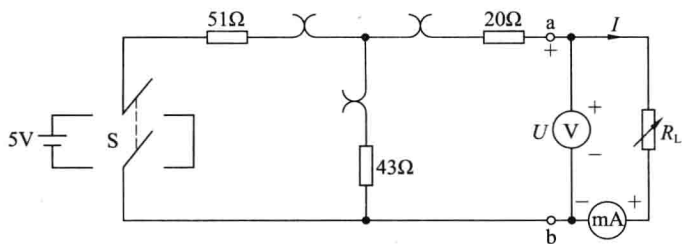


图 1-3-3 验证戴维南定理的参考电路

(1) 分别测量有源二端线性网络的开路电压(接入 5V 电源电压)、除源以后(断开 5V 电源电压后,再接短接线)的等效内阻,并自拟一个戴维南等效电路图。

(2) 改变外接可调电阻的大小,分别测量原始电路与戴维南等效电路中所示的电阻两端电压及流过电阻的电流。

(3) 将实验测量数据填入表 1-3-1 中。

表 1-3-1 验证戴维南定理

$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$		$U_{oc} = \underline{\hspace{2cm}} V$								
$R_L (\Omega)$		40	60	80	100	120	140	160	180	200
电路未等效时的 测量值	$U(V)$									
	$I(mA)$									
电路等效后的 测量值	$U_1(V)$									
	$I_1(mA)$									

三、实验思考

- (1) 恒压源(理想电压源)、恒流源(理想电流源)之间是否可以等效互换?
- (2) 戴维南定理的应用条件是什么?
- (3) 线性有源网络的开路端电压及去除电源(电源不作用)以后的等效电阻如何测量?
- (4) 在实验过程中,为什么恒压源不能短路、恒流源不能开路?
- (5) 根据实验测量结果,分析等效电压源模型的外特性,并画出外特性图。

第四节 正弦交流电路中单一元件的参数

一、实验任务

- (1) 学习双踪示波器和交流信号发生器的使用方法。
- (2) 掌握正弦交流电路中电阻、容抗、感抗的测量方法。
- (3) 加深理解单一正弦交流电路中电阻、容抗、感抗的概念。
- (4) 明确正弦交流电路中电压与电流的相位关系。

二、实验指导

1. 单一元件的交流电路

对交流电路的分析,是以分析单一元件的交流电路为基础的。因为各种复杂电路都由一些单一元件组合而成,所以必须熟练掌握单一元件中电压与电流的相位关系。

图 1-4-1 所示为单一元件正弦交流电路中元件端电压与电流的相位关系。

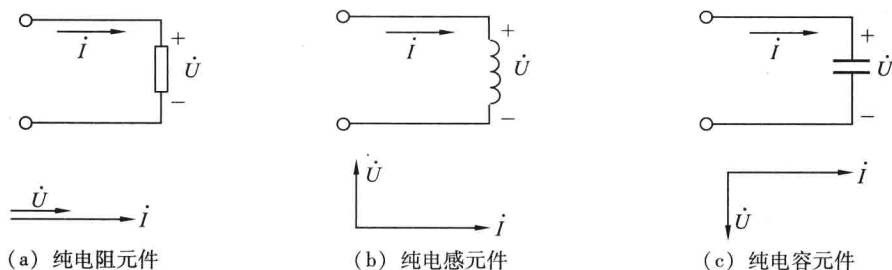


图 1-4-1 单一元件正弦交流电路中元件端电压与电流的相位关系

在纯电阻元件正弦交流电路中,电阻两端电压和电流同相位,如图 1-4-1a 所示。在纯电感元件正弦交流电路中,电感两端电压超前电流 90° ,如图 1-4-1b 所示。在纯电容元件正弦交流电路中,电容两端电压滞后电流 90° ,如图 1-4-1c 所示。

2. 电感线圈参数测量(纯电感与线圈电阻串联)

图 1-4-2 所示为测量电感线圈参数的参考电路,按图接线。

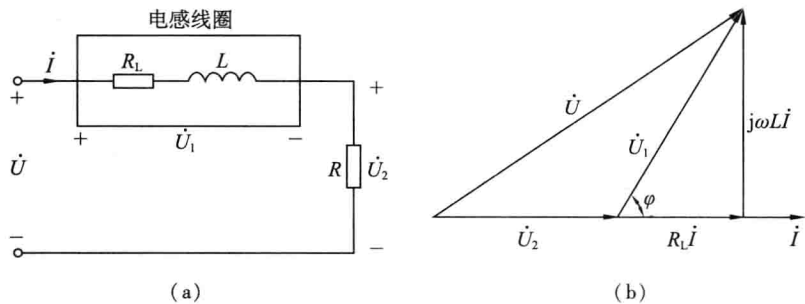


图 1-4-2 测量电感线圈参数的参考电路

输入电源为单相交流电压,为了使电感线圈正常工作,以单相调压器的输出电压为串联电路的输入信号。调压器输出电压(有效值)分别为 100V、120V 和 140V,用交流电流表和交流电压表分别测量图 1-4-2a 所示电路图中的电流与三个电压。测试数据记录在表 1-4-1 中;并按照表格要求计算其他参数且记录在表中。

表 1-4-1 电感线圈参数的测量

测 量 值				计 算 值				
$U(\text{V})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$I(\text{A})$	$\cos\varphi$	$R(\Omega)$	$Z(\Omega)$	$R_L(\Omega)$	$L(\text{H})$
100								
120								
140								
平均值								

3. 判断电抗性质

图 1-4-3 所示为判断电抗性质的参考电路。由于取样电阻上的电压和电流同相,参考电路中取样电阻上的电压波形可以反映该支路电流的相位。

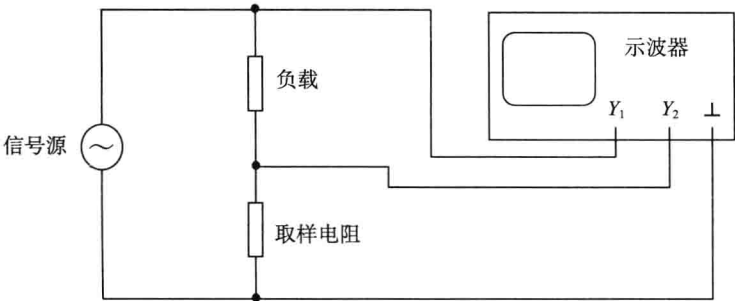


图 1-4-3 判断电抗性质的参考电路

1) 电容性负载电路(将实测数据及理论计算值填入自拟表格中)

- (1) 选择负载电容($C=0.1\mu\text{F}$)、取样电阻($R=20\Omega$),并按图 1-4-3 接入参考电路中。
- (2) 将信号发生器的输出频率调整至 $2\,000\text{Hz}$,输出电压(有效值)调整至 5V 左右。
- (3) 调整双踪示波器两个通道的垂直位移旋钮,使两列波形的时间轴重叠,以便比较和记录相位。

(4) 观察并记录电压和电流波形(1~2 个周期),读出波形的峰值及相位差,画出相量图并计算阻抗,说明阻抗的性质。

2) 电感性负载电路(将实测数据及理论计算值填入自拟表格中)

- (1) 选择负载电感($L=1\text{H}$)、取样电阻($R=910\Omega$),并按图 1-4-3 接入参考电路中。
- (2) 将信号发生器的输出频率调整至 $5\,000\text{Hz}$,输出电压(有效值)调整至 5V 左右。
- (3) 调整双踪示波器两个通道的垂直位移旋钮,使两列波形的时间轴重叠,以便比较和记录相位。

(4) 观察并记录电压和电流波形(1~2 个周期),读出波形的峰值及相位差,画出相量图并计算阻抗,说明阻抗的性质。

三、实验思考

- (1) 阅读有关双踪示波器的使用方法,复习正弦交流电路的内容。
- (2) 使用双踪示波器测量两个电压时,为什么要注意公共端是否造成短路?
- (3) 取样电阻的作用是什么?它的阻值大小对测量结果有什么影响?
- (4) 根据实验数据画出各个电路的相量图。
- (5) 计算阻抗的大小及电流与电压的相位差。

第五节 RLC 串、并联谐振电路

一、实验任务

- (1) 了解谐振现象,加深对谐振电路特性的认识。
- (2) 研究电路参数对谐振电路特性的影响。
- (3) 掌握 RLC 串、并联谐振电路的测试方法。
- (4) 自拟用实验的方法确定电路谐振频率的方案。

二、实验指导

在交流电路中,电容元件的容抗和电感元件的感抗都与频率有关。在电源频率一定时,它们的电抗值是确定的;但当电源电压或电流(激励信号)的频率发生改变(即使它们的幅值不变)时,容抗和感抗也随之改变,从而使电路中各部分所产生的电流和电压(响应信号)的大小和相位也随之改变。

在具有电容和电感元件的电路中,电路两端的电压和电路中的电流之间的相位一般是不同的。如果调节电路的参数或电源的频率而使它们同相,这时电路中就会发生谐振

现象。按发生谐振的电路结构不同,可分为串联谐振和并联谐振。

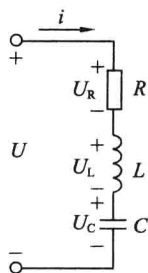
1. 串联谐振

图 1-5-1 所示为 RLC 串联的交流电路。在图 1-5-1a 所示电路图中,电路中各元件通过同一电流,电流与各元件上的电压参考方向如图所示,其相量图如图 1-5-1b 所示。电路的阻抗为

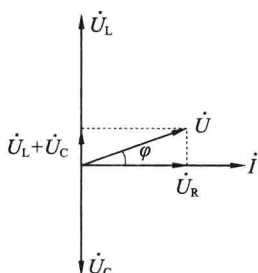
$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

电源电压 u 与电流 i 之间的相位角 φ 为

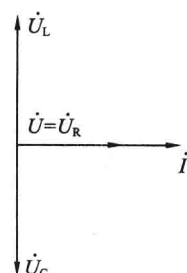
$$\varphi = \arctan \frac{U_L - U_C}{U_R} = \arctan \frac{X_L - X_C}{R}$$



(a) 电路图



(b) 相量图



(c) 串联谐振时的相量图

图 1-5-1 RLC 串联的交流电路

随着电路参数及电源频率的不同,电源电压 u 与电路中的电流 i 之间的相位角 φ 也就不同。当 $X_L = X_C$ 时, $\varphi = 0$, 即电源电压 u 与电路中的电流 i 同相, 如图 1-5-1c 所示, 此时电路发生谐振现象, 因为发生在串联电路中, 所以称为串联谐振。串联电路发生谐振时, 有

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

$$Z = R$$

$$Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$$

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

2. 串联谐振测量

图 1-5-2 所示为测量串联谐振的参考电路, 按图接线。

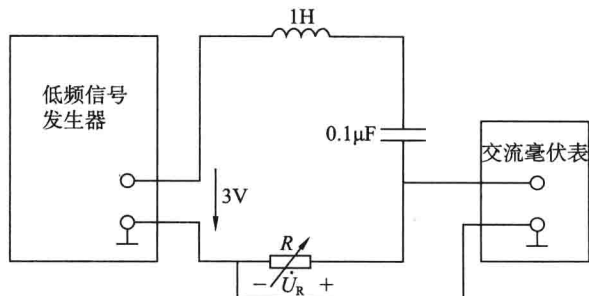


图 1-5-2 测量串联谐振的参考电路