

普通高等学校教材

前言

马永轩 张景异 2017

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验

(第二版)

主 编 马永轩 张景异

副主编 陈 勇 吴东升

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

定价: 19.00元

ISBN 978-7-5517-1768-7

前言

电工与电子技术实验是工科非电类专业必修的一门实践性很强的专业基础实践课程，是培养学生创新精神和实践能力的重要教学环节。在多年教学与改革的基础上，经过不断改进提升完善，我们重新出版《电工与电子技术实验》（第二版）。该书是适应教学改革的需要和电工与电子技术的不断发展要求，更新了实验项目，丰富了实验内容，增加了综合性、设计性和创新性实验，对原书的部分章节进行了调整和改进，增加了新仪器、新器件的使用，使之更有利于培养学生的技术应用能力和工程实践能力。

本书中的基础性实验的主要任务是验证理论知识，训练学生掌握常用电工、电子仪器和仪表的正确使用方法与基本实验技能。综合性、设计性、创新性实验力求从设计、分析到安装调试电路的全过程训练学生的实验技能和动手能力，使学生在实验动手的过程中，通过实验现象及数据的变化，加深对基础理论知识的理解和掌握，进一步提高学生的技术应用能力。学生也可以根据书中的内容，在教师的指导下，自拟实验项目，然后独立拟定实验方案、分析实验原理、确定实验步骤、进行安装调试、排除故障、撰写实验报告。通过该类实验，使学生广开思路，增长知识、增强兴趣、提高分析和解决实际问题的能力。

本书由马永轩、张景异担任主编，陈勇、吴东升担任副主编，参加编写的还有张群芳、马东、马荣双、刘义杰、程世楠、马仁冬、白利伟、吴琪、白洪伟、马凤兰、吴英妮、焦阳、胡景艳等。本书在编写过程中，参考了有关电工技术、电子技术方面的资料、教材和杂志，同时得到了同行和兄弟院校同仁的大力帮助与支持，在此谨向帮助与支持编写、出版教材的有关单位和同志以及资料、论文、教材的作者致以诚挚的谢意。

限于编者水平，加之时间仓促，本书错误或不妥之处在所难免，诚请读者批评指正。

编者

2017 年 11 月

目 录

1	电工与电子技术实验概述.....	1
1.1	电工与电子技术实验的地位和作用.....	1
1.2	电工与电子技术实验的基本要求.....	2
1.3	电工与电子技术实验的基本原则.....	2
2	电工技术实验.....	5
2.1	常用电工设备及仪表的使用.....	5
2.2	基尔霍夫定律与电位的研究.....	9
2.3	叠加定理.....	13
2.4	戴维南定理.....	17
2.5	日光灯安装与调试及功率因数的提高.....	21
2.6	三相异步电动机启动与停止的控制.....	25
2.7	三相异步电动机可逆运行控制.....	29
3	电子技术实验.....	33
3.1	共发射极放大电路的调试与参数测量.....	33
3.2	集成运算放大器的应用电路.....	37
3.3	整流、滤波及集成稳压电路.....	39
3.4	集成门电路逻辑功能测试及应用设计.....	43
3.5	集成触发器逻辑功能测试及应用设计.....	47
4	综合性、设计性实验.....	49
4.1	两台电动机顺序控制电路的设计.....	49
4.2	两台电动机延时控制电路的设计.....	50
4.3	三极管放大电路的设计、安装与调试.....	51
4.4	集成运算放大器基本运算电路的设计与测试.....	52
4.5	简易路灯控制电路设计.....	52

4.6	灯控开关电路设计	54
4.7	表决器电路设计	57
4.8	简易抢答器电路设计	61
4.9	集成计数器的应用设计	62
4.10	数字电子钟	67
附录一 常用电工设备及仪器仪表简介		70
附 1.1	FLUKE15B 型数字万用表	70
附 1.2	SDS1072CM 数字示波器	71
附 1.3	SG1732 直流稳压稳流电源	74
附 1.4	SG1020E 双路数字信号发生器	76
附 1.5	SYLG-1 型电工电子技术实验装置	78
附录二 常用元器件参数识别及功能		82
附 2.1	电阻的标称值及识别方法	82
附 2.2	电容的单位及标称容量的识别方法	83
附 2.3	国产半导体管命名法	84
附 2.4	集成芯片的使用方法	85
附 2.5	常用集成运算放大器引脚及功能	87
附 2.6	常用数字集成芯片引脚及功能	88
附录三 实验报告的要求与内容		94
	戴维南定理	95
	集成门电路逻辑功能测试及应用设计	97
	共发射极放大电路的调试与参数测量	99
	三相异步电动机启动与停止的控制	101
	日光灯安装与调试及功率因数的提高	103
	叠加定理	105
	基尔霍夫定律与电位的研究	107
	常用电工设备及仪表的使用	109

1 电工与电子技术实验概述

1.1 电工与电子技术实验的地位和作用

电工与电子技术实验是普通高等工科院校电类及非电专业学生必修的专业基础课。它既是电工与电子技术理论课程的重要组成部分，又是培养从事电工、电子等工程技术人员实验基本技能的重要环节。

电工与电子技术实验，对学生实验技能的培养是初步的，也是基本的。它所研究的对象比较简单且理想化，涉及范围和深度有限，即所谓初步。所谓基本，是指在实验全过程中，都将遇到实验原理、实验方法；实验电路设计及电路连接、排除故障等实验技巧；常用元件、仪表、仪器的使用 and 选择；数据的采集、处理、各种现象的观察、分析等环节和问题。通过这些最基本环节的训练，逐步积累经验，达到扩展、巩固、深化理论知识，培养严谨的、实事求是的科学态度和严肃认真的工作作风，增长综合能力的目的。以上正是工程技术人员进行科学实验所需要的基本素质。

普通高等学校以应用型人才培养为主，其毕业生主要面向工厂、企业、研究部门的生产、科研第一线。毕业生走上工作岗位后，首先遇到的问题多数属于基本实验技能问题。而且，与国外同类院校的毕业生相比，我们培养的学生的基本实验技能较差。当然，这个问题可以在工作实践中再学，不过，要付出代价，对事业的发展 and 个人的快速成长都有影响。因此，师生应共同努力，加强基本技能的训练，不要把在学校里应该并且可以解决的问题带到社会上去。

古今中外，凡有作为的科学家、发明家，无不酷爱实验。他们在实验室里长期地进行着重复、枯燥、艰苦而又充满生机和乐趣的工作。正因为如此，他们发现了新规律，创造了新成果，写出了新篇章。

综上所述，要突出应用型人才培养的特色，加强学生基本实验技能的训练是必要的，也是非常重要的，要把培养目标落实到每个具体实验环节中去。通过反复实践，培养学生的动手能力，提高实际操作水平，巩固、深化理论，扩大知识面，为今后的学习和工作打下良好的基础。

1.2 电工与电子技术实验的基本要求

(1) 实验仪器与仪表

作为普通高等学校的学生,应能正确使用电压表、电流表、功率表和万用表;会使用一些常用的电工设备;学会使用一些常用的电子仪器、仪表及电子设备,如普通示波器、稳压电源、交流毫伏表和函数信号发生器等。

(2) 测试方法

电压、电流的测量;信号波形的观察方法;电阻、电容、电感元件参数和电压、电流特性的测量,功率的测量,放大倍数的测量等。

(3) 实验操作

能正确布置和连接实验电路,认真观察实验现象和正确读取数据,并有初步设计分析、安装、调试能力;能初步分析和排除实验故障,要有实事求是的科学态度。

(4) 实验报告

能写出合乎规格的实验报告,能正确绘制实验所需图表,对实验结果能进行初步的分析、解释和处理。

1.3 电工与电子技术实验的基本原则

电工与电子技术实验的基本原则,是为学生在接受实验任务后,如何着手进行工作而提供參考的一些基本原则和方法。灵活运用和掌握此“基本原则”,将有利于实验顺利进行和人身、仪器设备的安全。

(1) 了解实验对象,明确实验目的与要求

① 实验对象。它既可以是某一元件、某一电路、某一系统,也可以是装置、仪器等。这里主要了解它们的总体结构、具体组成、工作条件、性能和参数。

② 实验目的与要求。做任何一项实验都有目的与要求。电工与电子技术实验研究的内容和性质,可以分为验证型、设计型和综合型三类。验证型实验相当于给出了标准答案的练习,它有利于学生运用已有理论知识和技能去发现、分析与处理问题,开阔思路,而不在于验证的结果。在一些设计型和综合型实验研究中,正因为不符合“标准答案”,才会发现新问题,获得新突破。因此,不能以为实验简单、易做而轻视。

(2) 实验方法

在进行实验前,应根据实验对象、目的与要求,提出一个或几个较为周密的实施方案(计划)。方案的内容应包括理论根据、实验电路、测试方法、测试设备、具体实验步骤、实验表格、可能出现问题的估计和采取哪种技术措施等内容。

(3) 实验电路的连接与检查

① 连接原则。电路连接要以便于操作、调整和读取数据;连接简单、方便,用线少而短,连接头不过于集中,整齐美观为原则。

② 连接顺序。按照电路图,应先串后并,同时考虑元件、仪器仪表的同名端、极性和公共参考点等与电路图设定的方位一致。最后连接电源端。

③ 检查。通常检查的方法一般是从电路的某一点开始,循环全电路至起始点上,进行图、物对照,以图校物。

(4) 实验操作与读取数据

① 预操作(也称试做)。是指首先接通电源、输入量由零开始,在实验要求范围内,快速、连续地调节各参量,观察实验全过程;然后将输入量回零。

② 操作与读取数据。操作是为了获得实验所需数据(包括现象、图形等),而获得的数据是否合理、准确和可靠,与操作和读数关系很大。在一个实验中,应该选取哪些数据、数据取值在什么范围为合理,主要在预习、设计实验数据表格和预操作中考虑并解决。这里只说明操作与读数的配合问题。配合不好,将会带来很大的附加误差和分散性,降低实验精度,增加处理数据时间。例如,有些实验要求操作与读数可以快一些(线性电路,高电压,大电流);有些实验要求操作与读数慢一些(非线性电路,频率特性);有些实验要求操作与读数同时进行(用秒表测定电容器放电曲线);有的实验在反复操作(调节)中读数(测峰值、谷值、观察波形);还有些实验在操作停止后,同时读取一组数(各种参数测量,基尔霍夫定律、叠加定理等)。

③ 数据(包括现象、波形)的判断。数据判断的依据是应达到实验目的与要求,并符合基本原理、基本规律或给出的参考标准。

(5) 拆除实验线路、整理实验现场

拆除线路时,应首先将各输入量回零,然后切断电源,稍停后,确认电路不带电时,从电源端先拆。

整理实验现场,即指每项实验结束后,除了把线路拆掉放好外,还要把实验所用仪器、仪表等设备和其他用品摆放整齐。

(6) 实验故障检测

实验中出现各种故障是难免的,有时希望出现故障(人为设置)。学生通过对电路简单故障的分析、具体诊断和排除,逐步提高分析和解决问题的能力。在实验电路中,常见的故障多属于开路、短路或介于两者之间三种类型。

① 及时发现故障。从预操作起至拆除线路止, 学生必须集中精力, 头脑清醒。充分运用感觉器官, 通过仪器和仪表显示状况、气味、声响等异常反应, 及早发现故障。一旦发现故障或异常现象, 应立即切断电源, 保持现场, 等待处理。禁止在不明原因的情况下, 胡乱采取处理措施。

② 故障原因分析。常见故障大致有以下原因:

- 第一, 实验线路连接有错误或实验者不熟悉实验供电系统设施;
- 第二, 元器件、仪器、仪表、实验装置等使用条件不符或初始状态值给定不当;
- 第三, 电源、实验电路、测试仪器仪表之间公共参考点连接错误或参考点位置选择不当;
- 第四, 布局不合理, 电路内部产生干扰;
- 第五, 周围有强电设备, 产生电磁干扰;
- 第六, 接触不良或连接导线损坏。

③ 故障检测方法。一般首先根据故障类型, 确定部位, 缩小范围; 然后在小范围内逐点检查; 最后找出故障, 并予以排除。

检测顺序: 首先, 检查电路连接有无错误; 其次, 检查电源供电系统, 从电源进线、熔断器、开关至电路输入端子, 由后向前检查各部分有无电压, 是否符合标准; 再次, 主、副电路中元件、仪器仪表、开关及连接导线是否完好和接触良好; 最后, 检测仪器部分, 供电电源、输入输出调节、显示及探头、接地点等。

(7) 元件、仪器仪表选择问题

- ① 根据实验目的与要求或被测量元件的性质, 选择元件、仪器仪表的类型。
- ② 参数值的范围或被测量量程的选择。
- ③ 根据实验电路或被测对象的阻抗大小, 选定电源设备输出阻抗, 测试仪表内阻。
- ④ 根据实验要求精度, 选择准确度等级。

(8) 数据处理与曲线绘制

这是一项实验结束后进行的重要工作, 这项工作进行得是否顺利、是否完善, 与实验的预习、实验中的操作、结束时数据的判断有着极大的关系。

① 数据处理。是将实验中获得的数据, 通过运算、分析后进行处理, 得出结论, 而不是根据需要的结论去处理数据。

② 绘制曲线。实验曲线是以图形的形式, 更直观地表达实验结果和规律的语言。它既是实验的珍贵结果, 也是实验者科学、艺术素质的反映。

2 电工技术实验

2.1 常用电工设备及仪表的使用

【实验目的】

- ① 了解 SYLG-1 型电工与电子技术实验装置的组成、使用方法。
- ② 掌握可调直流电源和数字万用表的使用方法。
- ③ 通过本次实验，能够快速、准确地读取所测量的参数值。

【实验原理简介】

(1) 万用表

万用表是一种多用途、多量程的电工仪表，它可以用来测量直流电流、直流电压、直流电阻（有的万用表还可以测量交流电流、晶体管电流放大系数和电容）等。由于它的测量范围广、使用方便，所以在电工与电子线路的安装、调试及检修工作中，得到广泛的应用。本实验使用的是数字万用表 FLUKE15B，其使用方法见附 1.1 节中的内容。

(2) SYLG-1 型电工与电子技术实验装置

SYLG-1 型电工与电子技术实验装置为三相五线制配电，内配 1.5kW 三相隔离变压器一个，1.5kW 三相调压器一个。三相交流电源通过自动空气开关和漏电保护器进入实验装置，用钥匙开关和启动、停止按钮对三相交流电源进行启动和停止的控制。实验装置提供三相 0~450V、3A 连续可调的交流电源，同时可提供 0~250V、3A 可调电源，配有 3 个指针式交流电压表，通过开关切换，可指示三相电网电压和可调三相调压器的输出电压，并配有带指示灯的熔断器来指示熔断器的工作状态。另外，还配有三相四线制电网电压 380V 输出端和三相四线制可调三相电压 0~450V 输出端。实验装置在交直流短路、过载及漏电等现象发生时，会发出声音报警信号并切断电源，确保人身及设备安全。

实验装置由主控制屏及各种模块箱组成。它可以完成直流电路实验、交流电路实验、电动机控制实验、PLC 控制实验、模拟电子技术实验和数字电子技术实验等。SYLG-1 型电工与电子技术实验装置的相关内容详见附 1.5 节中的内容。

(3) 直流电压、直流电流的测量

测量直流电压时，应将直流电压表的正极与被测电压参考方向的正极相接、直流电压表的负极与被测电压参考方向的负极相接。若读数为正值，说明参考方向与实际方向一致；若读数为负值，说明参考方向与实际方向相反。测量直流电流时，应根据被测电流的参考方向，按照电流从直流电流表的正极流入电流表，从负极流出电流表的原则，将电流表串联在电路中。按照以上方法接入电流表后，若读数为正值，说明被测电流的参考方向与实际方向一致；

若读数为负值，说明被测电流的参考方向与实际方向相反。

电工学实验的作用及实验原则等详见第一章中的内容。

【实验器材】

- | | |
|------------|-----|
| ① 电工技术实验箱 | 1 个 |
| ② 可调直流稳压电源 | 1 个 |
| ③ 直流电流表 | 1 个 |
| ④ 数字万用表 | 1 个 |

【注意事项】

- ① 直流电压源的输出端不能短路，否则将损坏直流稳压电源。
- ② 用万用表测量电阻时，必须把电阻与电路断开。
- ③ 用万用表测量直流电压时，要注意正、负极性（红表笔接参考方向的正极，黑表笔接参考方向的负极）。
- ④ 实验线路接好后，要认真检查，确定无误后，再接通电源，且在操作过程中，注意人身及设备的安全。

【实验内容及步骤】

- ① 用万用表的电阻挡测量图 2.1.1 电路中几个电阻的参数（测量时要将电阻从电路中断开），并将测量结果记录在预习报告的表 2.1.1 中，并计算误差（误差=平均测量值-标称值）。

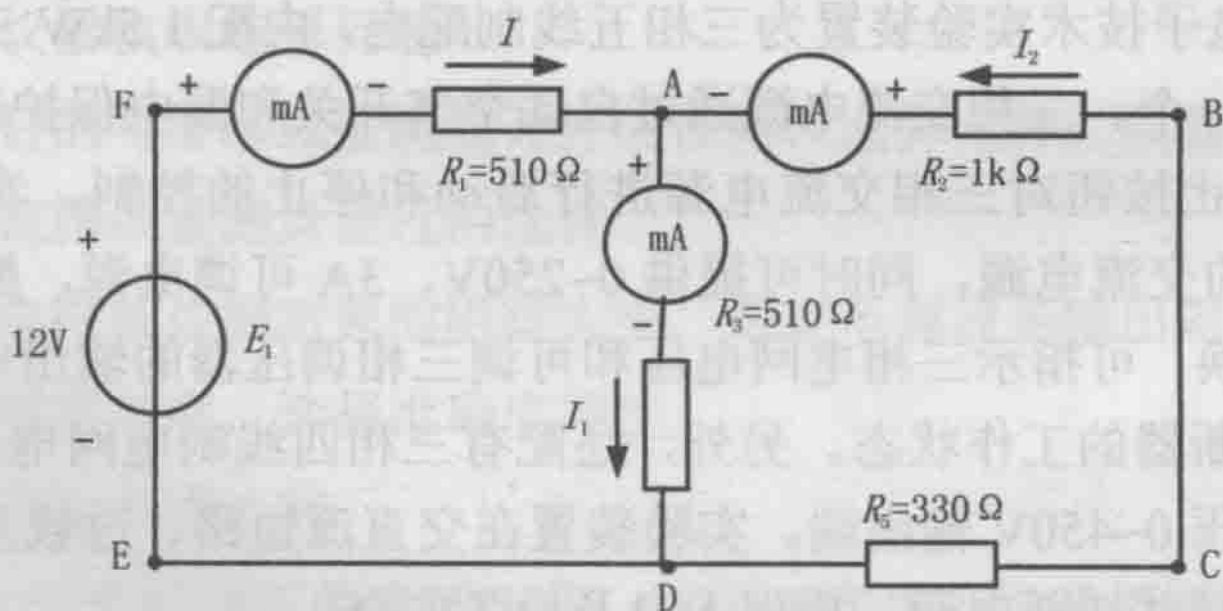


图 2.1.1 实验电路

- ② 调节直流稳压电源，使之输出 12V，按照图 2.1.1 连接电路。
- ③ 在图 2.1.1 电路中用万用表的直流电压挡（或直流电压表）按表 2.1.2 中的要求测量电压，将测量结果记录在预习报告的表 2.1.2 中。
- ④ 将直流电流表按图 2.1.1 的参考方向接入电路，读取各电流数值，将各电流数值记录在预习报告的表 2.1.2 中。
- ⑤ 计算表 2.1.2 中测量的各电压和电流的平均值。

预 习 报 告

班级学号:

姓名:

日期: 20 年 月 日

一、实验项目: 常用电工设备及仪表的使用

二、实验目的:

- ① 了解 SYLG-1 型 的组成、使用方法及安全用电常识。
- ② 掌握 的使用方法。
- ③ 通过本次实验, 、 读取所测量的参数值。

三、注意事项:

四、预习内容 (原理概述):

是一种 的电工仪表, 它可以用来测量 、直流电压、 等。

SYLG-1 型电工电子技术实验装置为 配电, 该实验装置由 及 。它可以完成 实验、 实验、 实验、 实验和 实验等。

【实验器材】

① 电工基础实验箱	1 个	数量四组
② 数字万用表	1 个	
③ 直流电源	1 个	

2.2 基尔霍夫定律与电位的研究

【实验目的】

- ① 验证基尔霍夫电压定律及电流定律。
- ② 加深对参考方向的理解。
- ③ 加深电压与电位相互关系及电位相对性的理解。
- ④ 学习并掌握多支路电路的连接与布局的技巧。

【实验原理简介】

(1) 实验概述

基尔霍夫定律是电路中电流和电压分别遵循的基本规律。基尔霍夫电流定律应用于节点，电压定律应用于回路。

电流与电压的参考方向。参考方向是为了分析计算电路方便而人为设定的。在实验中，根据设定的各支路电流与回路电压的参考方向，按照电流从电流表正极流入的原则，将电流表串入各支路。若电流表的读数为正值，表明参考方向与实际方向一致；若电流表的读数为负值，则表明参考方向与实际方向相反。同理，测量回路各部分电压时，应将直流电压表的正极与被测量参考方向的正极相接，若电压表的读数为正值，表明参考方向与实际方向一致；若电压表的读数为负值，则表明参考方向与实际方向相反。

(2) 实验原理

① 基尔霍夫电流定律 (KCL)。在电路中，对于任何一个节点来说，所有支路的电流代数和恒等于零。也可以说，在任一瞬间，流入某一节点电流之和恒等于由该节点流出的电流之和。

② 基尔霍夫电压定律 (KVL)。在任何一个闭合回路中，从任何一点以顺时针或逆时针方向沿回路循行一周，则所有支路或元件上电压的代数和恒等于零。

③ 在电路中任选一个电位参考点，或者叫作零电位点，则电路中某一点到参考点的电压叫作这一点的电位。

④ 电位参考点选择不同，电路中各点电位也相应变化，但电路中任意两点间的电压始终不变，即电位是相对参考点而言，参考点不同，各点电位也不相同，而任意两点间的电位差（即电压）与参考点的选择无关。

【实验器材】

- | | |
|--------------|-----|
| ① 电工基础实验箱 | 1 个 |
| ② 双路可调直流稳压电源 | 1 个 |
| ③ 直流电流表 | 1 个 |

④ 数字万用表

1 个

【注意事项】

- ① 直流电压源的输出端不能短路；否则，将损坏直流电源。
- ② 测量直流电压时，要注意正、负极性（红表笔接参考方向的正极，黑表笔接参考方向的负极）。
- ③ 为了减小测量误差，直流电源 E_1 、 E_2 的数值要以万用表(或电压表)测量的数值为准。测量时，要等表显示的数值稳定后，再记录数据。

【实验内容及步骤】

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL) 的验证

- ① 调节双路直流稳压电源，使之输出的电压分别为 12V 和 6V。
- ② 按照图 2.2.1 及给定电路参数连接电路，并设定各支路电流参考方向，如图 2.2.1 所示。

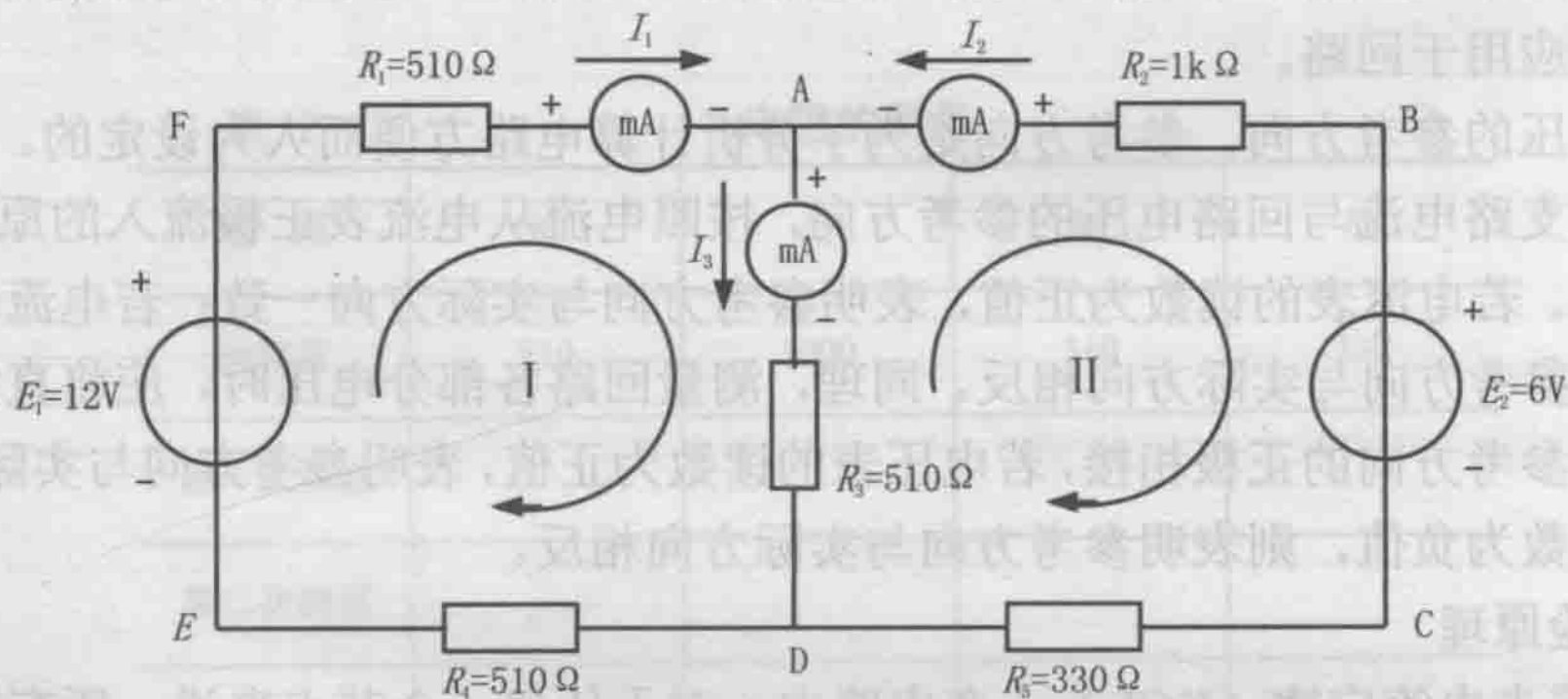


图 2.2.1 实验电路图

③ 按照设定的电流参考方向接入直流电流表（按照电流从直流电流表的正极流入电流表，从负极流出电流表的原则），测出各支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 ，并将测量结果记入预习报告的表 2.2.1 中，验证节点 A 的 KCL 定律。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL) 的验证

- ① 在图 2.2.1 中，首先设定回路的绕行方向。
- ② 用万用表的直流电压挡分别测量各元件上的电压（注意参考方向），并将所测的数据记入预习报告的表 2.2.2 中，验证回路 I 和回路 II 的 KVL 定律。

(3) 电位的测量

测量电路中各点的电位时，首先在图 2.2.1 的电路选定参考点，然后将万用表的黑表笔接到选定的参考点上，红表笔分别与电路中的其他各点相接，即可测出其他各点的电位。将所测的数据记录在预习报告的表 2.2.3 中。通过计算验证电路中任意两点间电压与参考点的选择无关。

预习报告

班级学号： 姓名： 日期：20 年 月 日

一、实验项目：基尔霍夫定律与电位的研究

二、实验目的：

- ① 验证_____。
- ② 加深对_____的理解。
- ③ 加深_____的理解。
- ④ 学习并掌握_____与布局的技巧。

三、注意事项：

四、预习内容（原理概述）：

- ① 基尔霍夫电流定律（KCL）。在电路中，_____，所有支路的_____。也可以说，_____之和_____。
- ② 基尔霍夫电压定律（KVL）。在_____中，从任何一点以_____一周，则所有_____。
- ③ 在电路中任选一个_____，或者_____，则_____电位。
- ④ _____选择不同，_____，但电路中_____不变，_____无关。

2.3 叠加定理

【实验目的】

- ① 验证叠加定理的正确性。
- ② 掌握叠加定理的使用条件及不作用的独立电源处理方法。

【实验原理简介】

(1) 实验定理

在线性电路中,若存在多个独立电源同时作用时,则任一支路的电流或电压,都可以看成是由电路中各个电源(电压源或电流源)分别作用时,在该支路中所产生的电流或电压分量的代数和。这就是叠加定理。

用叠加定理计算复杂电路,就是把一个多电源的复杂电路化为几个单电源电路来进行计算。

(2) 为什么叠加定理只适用于线性电路

从数学上看,叠加定理就是线性方程的可加性。因为叠加定理是由支路电流法和节点电压法推导出来的。而由支路电流法和节点电压法得出的方程都是线性方程。所以各支路电流和电压都可以用叠加定理来求解,但功率的计算就不能用叠加定理。

叠加定理不仅可以用来计算复杂电路,而且也是分析与计算线性问题的普遍原理。

(3) 运用叠加定理时应注意以下两点

① 当某个独立电源单独作用时,应使其他独立电源不作用。这里所说的不作用指的是什么?对于理想电压源,不作用是指它输出的电动势为零,或者说它所在处电位差为零,这就需要把理想电压源拿走,并且把原来接理想电压源的位置短接起来;对于理想电流源,不作用是指它输出的电流为零,即不供给电流,因此,应将该理想电流源处用开路代替。至于实际电压源或电流源,当它们不作用时,除在电路中把电压源的电动势以短路代替、电流源以开路代替外,它们的内阻和电导必须保留,不要把内阻和电导也同样短路或开路掉。

② 测量各参数时,要注意电流和电压的参考方向;求代数和时,要注意电流和电压的正负。

【实验器材】

- | | |
|--------------|-----|
| ① 电工基础实验箱 | 1 个 |
| ② 双路可调直流稳压电源 | 1 个 |
| ③ 直流电流表 | 1 个 |
| ④ 数字万用表 | 1 个 |