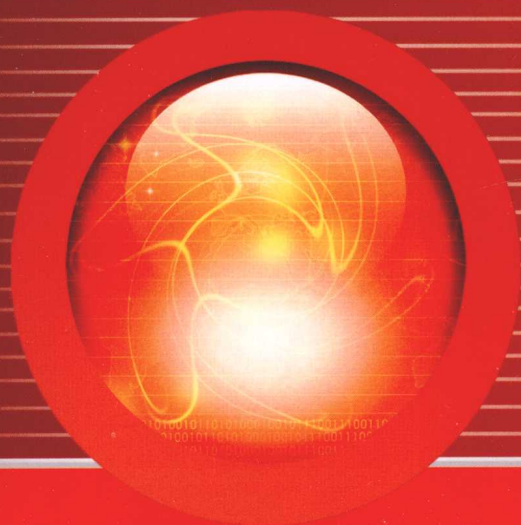


高职高专机电类专业规划教材
高职高专项目式课程改革教材

电工技术

仇超◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件

高职高专机电类专业规划教材
高职高专项目式课程改革教材

电 工 技 术

主 编	仇 超	
副主编	朱 斌	夏春风
参 编	马仕麟	庞宇峰
	王英娟	于 宁
主 审	胡 钢	



机械工业出版社

本书是根据高职高专电气自动化技术专业的培养目标,同时兼顾其他专业的培养方案,按项目化课程改革要求编写而成的理论实践一体化的教学用书。本书依照相关专业的培养目标和国家维修电工职业技能(中级)的要求,采用项目化教学模式,科学设置学习目标、工作任务、相关实践知识、理论知识、拓展知识和练习,比较符合高职高专教育的规律以及高职高专学生的认知特点。

本书内容包括:直流电路的测试分析,交流电路的测试分析,万用表的装配与使用,家庭用电线路的安装与设计,变压器、电动机的测试,三相异步电动机控制电路的安装与设计;典型机床电气线路分析与故障排除等。

本书内容浅显易懂,编写新颖,实用性、创新性强,贴近生产实际,突出表现了电工技术的职业教育特色,可作为高职高专院校电类、机电类相关专业的教材,也可供机电、电气行业的技术人员参考。

为方便教师授课,本书备有免费电子课件及模拟试卷等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电索取。咨询电话:010-88379375; E-mail: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术/仇超主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 6
高职高专机电类专业规划教材. 高职高专项目式课程改革教材
ISBN 978-7-111-26986-1

I. 电… II. 仇… III. 电工技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 066853 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:王宗锋

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:陈沛 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·15 印张·370 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-26986-1

定价:26.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379758

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了培养适合社会需要的高等技术应用型人才,2005年2月以来,我们在数控技术应用专业成功实施高职高专项目课程模式改革的基础上,启动了电气自动化技术专业课程模式改革系列工程。在行业专家、课程专家的指导下,我们从职业岗位工作任务分析着手,通过课程分析和知识、能力、素质分析,打破了传统的高职高专学科性课程模式,构建了“以工作任务为中心、以项目课程为主体”的高职高专电气自动化技术专业课程体系,编写了电工技术、模拟电子技术及应用、数字电子技术及应用、供配电技术、组态控制实用技术、可编程控制器应用技术、电机控制与应用技术等7门项目课程教材。本系列教材的主要特点是:在结构设计上,每本教材由若干项目组成,项目内设模块,项目和模块按照由易到难的顺序递进;在内容选择上,围绕职业岗位(群)需求和职业能力,以工作任务为中心,以技术实践知识为焦点,以技术理论知识为背景,以拓展知识为延伸,形成了体现高职高专教育特点和优势,符合高职高专学生认知特点和学习规律的教材内容体系。

本书共有7个项目、28个模块,主要内容包括:直流电路测试分析,交流电路测试分析,万用表的装配与使用,家庭用电线路的设计与安装,变压器、电动机的测试,三相异步电动机控制电路的设计与安装,典型机床电气线路分析与故障排除等。计划学时数为120~160学时,任课教师可根据专业、学生特点灵活取舍有关内容。

在教材编写结构上,我们打破了该课程原有界限,以现代社会及后续课程要求的基本知识、基本技能为出发点,选取适当项目、模块,并通过系列实践活动使学生掌握直流、交流电路的基本概念、基本规律,了解安全用电知识以及变压器、电动机的性能要求,掌握家庭用电线路、三相异步电动机控制电路、典型机床电气线路的基本原理以及基本电工仪表、基本电工工具的使用方法,具备解决实际问题的能力。每个模块中都统一编排为“学习目标”、“工作任务”、“相关实践知识”、“理论知识”、“拓展知识”、“练习”等六部分,便于老师安排教学及学生自学。在理论教学上以“够用”为原则,理论知识的介绍以简明、扼要为特点,重点讲解基本理论,另外,拓展知识部分可由学生课外查资料自学。

本书由常州机电职业技术学院仇超老师任主编,负责全书的内容结构安排、工作协调及统稿工作,参与编写的还有朱斌、马仕麟、庞宇峰、王英娟(江苏省武进高级技工学校)、夏春风(苏州农业职业技术学院)、于宁(机械工业出版社)等老师。具体编写安排如下:朱斌、马仕麟编写了项目一、项目五,仇超、于宁编写了项目二、项目三,仇超、庞宇峰、夏春风编写了项目六,庞宇峰、王英娟、夏春风编写了项目四、项目七。全书由河海大学胡钢教授审稿。在编写过程中还得到学院高职研究所、教务处、电气工程系领导及有关教研室同志的大力支持与协助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,疏漏及不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

项目一 直流电路的测试分析	1
模块一 基本物理量的测量	1
模块二 二端网络的伏安特性分析	11
模块三 有源二端网络的化简分析	20
模块四 基尔霍夫定律的测试分析	24
模块五 节点电压法、叠加原理的应用 分析	29
项目二 交流电路的测试分析	34
模块一 元件参数的测试分析	34
模块二 串并联电路的测试分析	40
模块三 荧光灯电路及功率因数提高测试 分析	44
模块四 交流电路的谐振分析	48
模块五 三相交流电路电压电流的测试 分析	52
模块六 三相交流电路功率的测试分析	56
项目三 万用表的装配与使用	61
模块一 MF47 型万用表元器件的识别、 检测	61
模块二 MF47 型万用表元器件的焊接、整机 装配	66
模块三 MF47 型万用表的使用	71
模块四 M830L 型数字万用表的使用	76

项目四 家庭用电线路的安装与设计	81
模块一 配电板的安装	81
模块二 照明灯具的安装	103
模块三 家庭用电线路的综合设计	115
项目五 变压器、电动机的测试	125
模块一 变压器的认识	125
模块二 变压器的测试	134
模块三 三相异步电动机的认识	140
模块四 三相异步电动机的测试	148
模块五 直流电动机的认识	156
项目六 三相异步电动机控制电路 的安装与设计	164
模块一 常用低压电器的认识、检测	164
模块二 三相异步电动机控制电路的安装、 调试	180
模块三 三相异步电动机控制电路的设计	194
项目七 典型机床电气线路分析与故障 排除	207
模块一 CA6140 车床电气线路分析与故障 排除	207
模块二 X6132 万能卧式升降台铣床电气 线路分析与故障排除	219
参考文献	235

项目一 直流电路的测试分析

一、学习目标

- 1) 能掌握直流电路的基本概念。
- 2) 能掌握直流电路的基本原理、基本定律。
- 3) 会使用电压表、电流表、功率表测量电路。

二、工作任务

测量分析直流电路。

模块一 基本物理量的测量

一、学习目标

- 1) 能掌握电压、电流、电位、功率的概念。
- 2) 能掌握电流的测量分析方法。
- 3) 能掌握电压、电位的测量分析方法。
- 4) 能掌握功率的测量方法。
- 5) 能掌握功率的计算方法。

二、工作任务

- 1) 测量分析直流电路的电流、电压、电位和功率。
- 2) 测量交流电路的电压、电流。

三、相关实践知识

在电工技术知识体系中，元件及由其组成的电路中的各物理量很重要，所以首先要学会对元件、电路中物理量的分析方法，并能用常用仪表进行测量。

1. 认识元件、连接电路

(1) 元件模型 在电工技术的电路原理图中，我们不可能把每个元件都完全按照其原形画出来，而只能用一些特定符号来表示它们。

电路元件的模型由一些具有单一物理性质的理想电路元件构成。基本理想电路元件有五种，它们是电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源和理想电流源。它们都是通过两个连接端子与电路相接，因此又叫二端元件，其符号如图 1-1-1 所示，均由图形符号和文字符号组成。

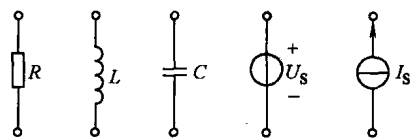


图 1-1-1 理想电路元件符号

(2) 连接电路 按照图 1-1-2 所示实验电路连接电路，待用。

2. 测量分析直流电路的电流

(1) 直流电流表的使用 在测量直流电路的电流时，需要将直流电流表串接入电路中，如图 1-1-3 所示，让电流从直流电流表的正极流入、负极流出；同时还需正确估计被测值，



从而选取直流电流表的适当量程。电流表的内阻很小，在某些情况下可以忽略不计。

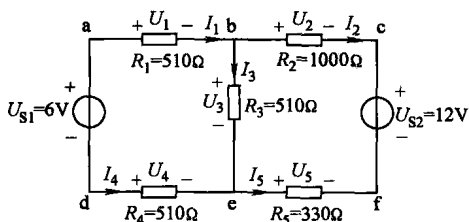


图 1-1-2 实验电路

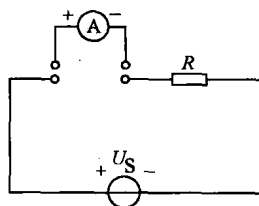


图 1-1-3 直流电流表的使用

(2) 测量分析直流电流 测量图 1-1-2 中各元件上的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 ，数据记入表 1-1-1 中，并进行分析，验证测量值与计算值是否相等。

表 1-1-1 电流的测定

元件电流	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
测量值/A					

3. 测量分析直流电路的电压、电位

(1) 直流电压表的使用 在测量直流电路中某个元件两端的电压时，需要将直流电压表的两极接在待测元件两端，如图 1-1-4 所示，直流电压表的正极接高电位点，负极接低电位点；同时，还需正确估计被测值，从而选取电压表的适当量程。测量某点电位时，直流电压表的负极接参考点、正极接待测点。

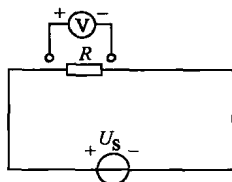


图 1-1-4 直流电压表的使用

直流电压表的内阻很大，一般情况下可以忽略它对电路的影响。

(2) 测量分析直流电压、电位 以图 1-1-2 中的 a 点作为电位参考点，分别测量 b、c、d、e、f 各点的电位值及相邻两点之间的电压值 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{cd} 、 U_{de} 、 U_{ef} 、 U_{fa} ，测得的数据记入表 1-1-2 中。

以 d 点作为参考点，重复上述的测量，测得的数据记入表 1-1-2 中。

表 1-1-2 电位、电压的测定

电位参考点	电位、电压	V_a /V	V_b /V	V_c /V	V_d /V	V_e /V	V_f /V	U_{ab} /V	U_{bc} /V	U_{cd} /V	U_{de} /V	U_{ef} /V	U_{fa} /V
a	计算值												
	测量值												
	相对误差												
d	计算值												
	测量值												
	相对误差												

分析实验数据。

4. 测量分析直流电路功率

使用一个直流电流表和一个直流电压表就能测量计算出电路元件的功率，具体电路如图

1-1-5 所示。

其中，电流表与被测元件串联，电压表与被测元件并联，则被测元件的功率为两表读数的乘积。用此方法，测量图1-1-6所示的电路中各元件的功率，记入表1-1-3中，并判断各元件的性质。图中 $U_{S1} = 12V$ ， $U_{S2} = 6V$ ， $R_1 = 10000\Omega$ ， $R_2 = 20000\Omega$ 。

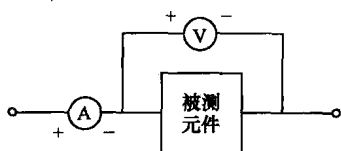


图 1-1-5 功率测试电路

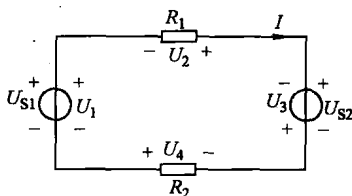


图 1-1-6 元件功率电路

表 1-1-3 功率计算

测量元件 测量项目	U_{S1}	U_{S2}	R_1	R_2
电压/V				
电流/A				
功率/W				
元件性质				

5. 测量交流电路的电压、电流

(1) 交流电流表 交流电流表与直流电流表不同，它不用区分正、负极，只需选择适当量程将其串入电路即可。交流电流表的连接如图 1-1-7 所示。

(2) 交流电压表 交流电压表与直流电压表不同，它不用区分正、负极，只需选择适当量程将其并联在待测电路两端即可。交流电压表的连接如图 1-1-8 所示。

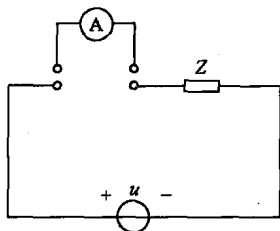


图 1-1-7 交流电流表的连接

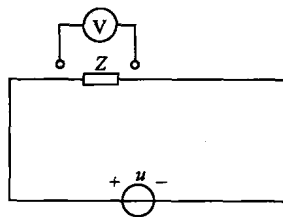


图 1-1-8 交流电压表的连接

四、理论知识



思考题：

- 1) 电路中的基本物理量有哪些？如何测量？
- 2) 电路中的电压与电位的关系如何？
- 3) 电路中的功率应如何计算？

1. 电压

(1) 定义 电荷在电场中运动, 必定要受到电场力的作用, 也就是说电场力对电荷做了功, 为了衡量其做功的能力, 引入“电压”这一物理量, 并定义为: 在电场中, 电场力将单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功称为 A、B 两点间的电压, 用 u_{AB} 表示。即

$$u_{AB} = \frac{dW_{AB}}{dq} \quad (1-1-1)$$

电压的国际单位为伏特, 简称伏 (V), 常用单位还有毫伏 (mV)、微伏 (μV)、千伏 (kV) 等。

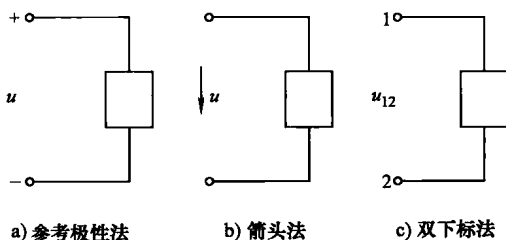
$$1\text{kV} = 1000\text{V} = 10^6\text{mV} = 10^9\mu\text{V}$$

习惯上将电场力移动正电荷的方向规定为电压的实际方向。

但在实际电路中, 常常需要设电压的参考方向, 且规定当其参考方向与电压的实际方向一致时, 电压值为正; 当参考方向与电压的实际方向相反时, 电压值为负。

(2) 电压的表示方法 在电路中表示电压方向的方法有三种:

第一种方法是参考极性法, 即“+”、“-”号法, 常以“+”号表示电压的参考正极, 以“-”号表示电压的参考负极, 由“+”指向“-”的方向即为电压的参考方向, 如图 1-1-9a 所示。



a) 参考极性法

b) 箭头法

c) 双下标法

第二种方法是箭头法, 其中箭头所指的方向表示电压的参考方向, 如图 1-1-9b 所示。

图 1-1-9 电压的表示方法

第三种是双下标法, 第一个下标为电压的参考正极, 第二个下标为电压的参考负极, 如图 1-1-9c 所示。这三种表示方法实际上是等效的。在分析电路时, 只需任选一种标出即可。

对同一电路, 当改变电压的参考方向后, 电压的绝对值不变, 但正、负号相反, 即: $u_{12} = -u_{21}$ 。

参考方向并不是一个抽象的概念, 在用电流表测量电路中的电流时, 该表带有“+”“-”标记的两个端钮, 事实上就已为被测电流选定了从“+”指向“-”的参考方向。若电流的实际方向是由“+”端流入,“-”端流出, 则指针正偏, 电流为正值; 若电流的实际方向是由“-”端流入,“+”端流出, 则指针反偏, 电流为负值。

2. 电位

(1) 定义 在电路中任选一点 O 为参考点, 电场力将单位正电荷从电路中某点 (如 A 点) 移到参考点 O 所做的功, 称为该点 (A 点) 的电位, 用 V_A 表示。根据定义可知

$$V_A = U_{AO} \quad (1-1-2)$$

电路中某点的电位用注有该点字母的“单下标”的电位符号表示, 例如 A 点电位就用 V_A 表示。

电位实质上就是电压, 其单位也是伏特 (V)。

电路中参考点本身的电位为零, 即 $V_O = 0$, 所以参考点也称零电位点。若电路是为了安全而接地的, 则常以大地为零电位体, 接地点就是零电位点, 是确定电路中其他各点电位的

参考点。

电路中除参考点外的其他各点的电位可能是正值，也可能是负值。某点的电位比参考点高，则该点电位就是正值，反之则为负值。

(2) 电压、电位的关系 以电路中的 O 点为参考点，则另两点 A、B 的电位分别为 $V_A = U_{AO}$ ， $V_B = U_{BO}$ ，它们分别表示电场力将单位正电荷从 A 点或 B 点移到 O 点所做的功，那么电场力将单位正电荷从 A 点移到 B 点所做的功即 U_{AB} ，就应该等于电场力将单位正电荷从 A 点移到 O 点，再从 O 点移到 B 点所做的功的和，即

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO}$$

即

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-1-3)$$

式 (1-1-3) 说明，电路中 A 点到 B 点的电压等于 A 点电位与 B 点电位的差，因此电压又叫电位差。

参考点是可以任意选定的，一经选定，电路中其他各点的电位也就确定了，选择的参考点不同，电路中同一点的电位也会不同，但任意两点的电位差即电压是不变的。在电路中不指明参考点而谈某点的电位是没有意义的。在一个电路中只能选一个参考点，至于选哪个点作为参考点，要根据分析问题的方便而定。

在电子电路中，为了简化电路，常对有一端接地的电源不再画出电源符号，而是用电位值来表示电压的大小和极性。如图 1-1-10b 就是 1-1-10a 的习惯画法。

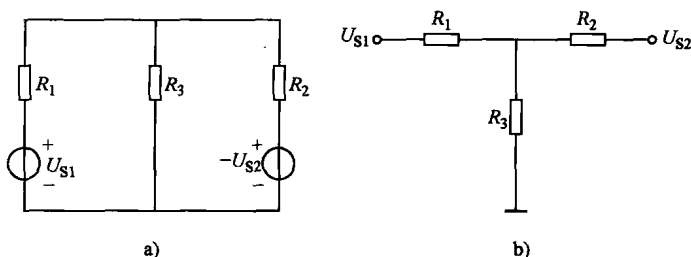


图 1-1-10 电路图的不同表示方法

如电路不接地，则可以在电路中任选一点（视方便而定）作为参考点。

3. 电动势

电动势是表征电源中外力（又称非静电力）做功能力的物理量，它的大小等于外力克服电场力将单位正电荷从负极搬运到正极所做的功，它的实际方向规定在电源内部从电源的负极指向正极，也就是电位升高的方向（即由低电位端指向高电位端），如图 1-1-11 所示。恒定（直流）电动势用 E 表示，其单位也是伏特（V）。

4. 电流

(1) 定义 电荷的定向移动形成电流，表示电流强弱的物理量就是电流强度，它是指单位时间内通过导体横截面的电荷量。电流强度简称为电流，用 i 表示，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1-4)$$

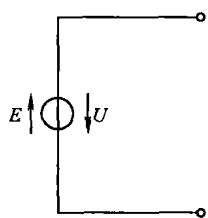


图 1-1-11 电动势的表示方法

在国际单位制 (SI) 中, 电流的单位为安培, 简称安 (A)。常用单位还有毫安 (mA)、微安 (μA)、千安 (kA) 等。本书的计算公式, 如无特殊说明, 均使用国际单位。

在电路中, 如果电流的大小和方向不随时间变化, 则称为恒定电流, 简称直流 (简称为 DC), 标准规定用大写字母 I 表示。如果电流的大小和方向随时间变化, 则称为交流电流, 简称交流 (简称为 AC), 标准规定用小写字母 i 表示。

电流的实际方向习惯上规定为正电荷运动的方向。

但在实际电路中, 电路的实际方向往往难以确定, 如交流电路中电流的方向就常常变化, 为了解决这个问题, 通常先任意假设一个方向为电流的方向, 通常将这个方向称为电流的参考方向, 在电路图中用箭头表示, 如图 1-1-12 所示。

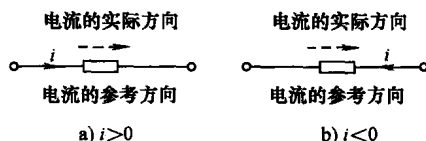


图 1-1-12 电流参考方向
和实际方向的关系

若根据电路计算出电流 $i > 0$, 则说明电流的参考方向与实际方向相同, 如图 1-1-12a 所示; 若电流 $i < 0$, 则说明电流的参考方向与实际方向相反。这样, 利用参考方向和电流的正负值就可判断电流的实际方向。

一般来说, 电路图中标注的电流方向都是参考方向, 不是实际方向。参考方向可以任意规定, 电流的实际方向可结合参考方向下的数值正负来说明。

(2) 关联参考方向 对于同一个元件或同一段电路上的电压和电流的参考方向, 彼此原是可以独立无关地任意选定的, 但为方便起见, 习惯上常将电压和电流的参考方向选得一致, 称其为关联参考方向。为简单明了, 一般情况下, 只需标出电压或电流中的某一个的参考方向, 这就意味着另一个选定的是与之相关联的参考方向。

5. 直流电路中的功率

(1) 定义 功率是表征电路元件中能量变换的速度, 其值等于单位时间内元件所发出或接受的电能, 用 P 表示, 即

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-1-5)$$

在直流电路中, 功率可用下式计算

$$P = UI \quad (1-1-6)$$

功率的单位为瓦特 (W), 常用单位还有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW)。

(2) 功率的计算 如果电流通过一个电路元件时, 它将电能转换为其他形式的能量, 则表明这个元件是吸收电能的。在这种情况下, 功率用正值表示, 习惯上称该元件是吸收功率的。在电路元件中, 如果有其他形式的能量转换为电能, 即电路元件可以向其外部提供电能, 则这种情况下的功率用负值来表示, 并称该元件是发出功率的。当电池向小灯泡供电时, 电池内部的化学变化形成了电动势, 它将化学能转换成电能。显然, 电流通过电池时, 电池是产生电能的。

当电压和电流是关联参考方向时, 可按式 (1-1-6) 计算元件的功率。

当电压和电流是非关联参考方向时, 应按下式计算元件的功率。

$$P = -UI \quad (1-1-7)$$

由于电压与电流均为代数量, 这样无论按式 (1-1-6) 或按式 (1-1-7) 计算出的结果 P

可正可负。当功率 $P > 0$ 时, 表示元件实际消耗或吸收电能; 当 $P < 0$ 时, 表示元件实际发出或释放电能。式 (1-1-7) 中的 “-” 号只是说明 U 、 I 是非关联参考方向。

不论电压和电流的参考方向是否相同, 电阻元件上的功率永远为正值, 计算公式为

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-1-8)$$

例 1-1-1 计算图 1-1-13 中各元件的功率, 并指出是吸收还是发出功率。

解: 在图 1-1-13a、b 中, 电压与电流为关联参考方向, 由式 (1-1-6) 得:

图 1-1-13a 中 $P = UI = 3 \times (-2) \text{ W} = -6 \text{ W} < 0$ 发出电能

图 1-1-13b 中 $P = UI = 3 \times 0.5 \text{ W} = 1.5 \text{ W} > 0$ 消耗电能

图 1-1-13c、d 中电压与电流是非关联参考方向, 由式 (1-1-7) 得:

图 1-1-13c 中 $P = -UI = -5 \times (-2) \text{ W} = 10 \text{ W} > 0$ 消耗电能

图 1-1-13d 中 $P = -UI = -10 \times 1 \text{ W} = -10 \text{ W} < 0$ 发出电能

电阻元件的电压与电流的实际方向总是一致的, 其功率总是正值; 电源则不然, 它的功率可能是负值, 也可能是正值, 这说明它可以发出电能, 也可以吸收电能。

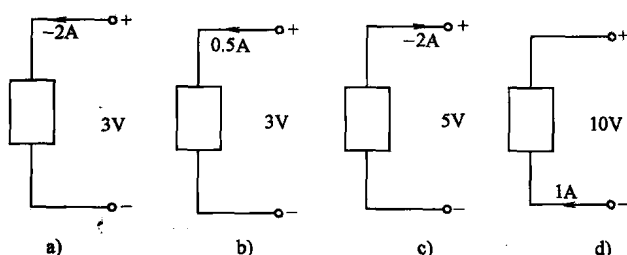


图 1-1-13 例 1-1-1 图

例 1-1-2 图 1-1-14 中的两个元件均为电动势 $E = 10 \text{ V}$ 的电源, 在各自标定的参考方向下, 电流 $I = 2 \text{ A}$, 试分别计算它们的功率。

解: 计算电源的功率时应该注意, 电动势与电压的实际方向相反。因此, 当计算电源的功率时, 只需考虑电源电压的实际方向 (从 “+” 指向 “-”) 与流过电源的电流参考方向是否一致。若两者方向一致, 则选用式 (1-1-6) 计算功率; 反之, 则选用式 (1-1-7)。

图 1-1-14a 中 $P_E = -UI = -10 \times 2 \text{ W} = -20 \text{ W} < 0$
发出电能

图 1-1-14b 中 $P_E = UI = 10 \times 2 \text{ W} = 20 \text{ W} > 0$ 消耗电能

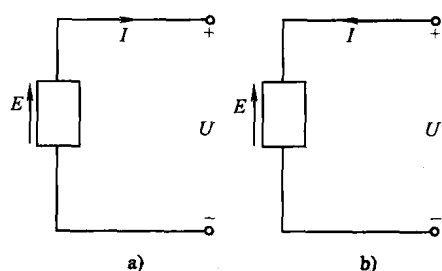


图 1-1-14 例 1-1-2 图

(3) 电气设备的额定值 电气设备不仅规定了 “额定电流” I_N 值, 还根据绝缘材料的击穿电压和使用条件规定了 “额定电压” U_N 值和 “额定功率” P_N 值。

例如白炽灯 (电灯)、电炉、电烙铁等, 通常给出额定电压 U_N 及额定功率 P_N , 如 “220V、40W” 的白炽灯, “110V、2kW” 的电炉, “220V、45W” 的电烙铁等。

又如变阻器通常标明额定电流 I_N 和额定电阻 R_N (如 300Ω 、 0.5 A); 而电子电路中常用的炭膜电阻与线绕电阻都标明额定电阻及额定功率 (如 $10\text{k}\Omega$ 、 1 W , 500Ω 、 5 W 等)。

再如电容器,除了给定其他数据外,还要根据击穿电压进行选择。

虽然上述各种电器所标额定值的形式不同,但实质上完全一样。因为在四个额定值 U_N 、 I_N 、 P_N 、 R_N 中,只要任意给定两个,其余两个就可以推算出来。

五、拓展知识

1. 电路的三种工作状态

电路的三种工作状态分别是通路、短路、断路(开路),查相关资料并分析一下各种状态的特点及用电注意事项。

2. 电工实验台介绍

在电工实验室内进行实验时,目前使用比较多的是 DGJ—2 型通用电工实验装置,该设备是根据我国目前“电工技术”、“电工学”教学大纲和实验大纲的要求设计的,全套设备能满足“电工技术”、“电工学”课程的实验要求。本装置由实验屏、实验桌和若干实验组件挂箱等组成,外形如图 1-1-15 所示。

实验屏面板上固定安装了交流电源的启动控制装置、三相电源电压指示切换装置、低压直流稳压电源、恒流源、受控源、定时兼报警记录仪和各类测量仪表等。

(1) 交流电源的启动

1) 实验屏的左后侧有一根三相四芯电源线,外接一个三相四极插头。在开启电源前首先接好机壳的接地线,然后将该三相四极插头接通三相 380V 交流电源。

2) 将置于左侧面的三相自耦调压器的旋转手柄按逆时针方向旋到零位。

3) 将三相电压表指示切换开关置于左侧(三相电源输入电压)。

4) 开启钥匙式三相电源总开关,停止按钮灯亮(红色),三只电压表(0~450V)会指示出输入的三相电源线电压值。

5) 按下启动按钮(绿色),红色按钮灯灭,绿色按钮灯亮,同时可听到屏内交流接触器的瞬间吸合声,面板上 $U1$ 、 $V1$ 和 $W1$ 上的黄、绿、红三个 LED 指示灯亮。至此,实验屏启动完毕,此时,实验屏左侧面单相二极 220V 电源插座和三相四极 380V 电源插座处以及右侧面的单相三极 220V 电源插座处均有相应的交流电压输出。

(2) 三相可调交流电源输出电压的调节

1) 将三相“电源指示切换”开关置于右侧(三相调压输出),三只电压表指针回到零位。

2) 按顺时针方向缓缓旋转三相自耦调压器的旋转手柄,三只电压表指针将随之偏转,指示出实验屏上三相可调电压输出端 U、V、W 两两之间的线电压值,直至调节到某实验内容所需的电压值为止。实验完毕,将旋转手柄调回零位,并将“电压指示切换”开关拨至左侧。

(3) 用于照明和实验的荧光灯的使用 本实验屏上有两个 30W 荧光灯,分别供照明和实验使用。照明用的荧光灯通过手动开关进行控制:当开关拨至上方时,荧光灯亮;当开关

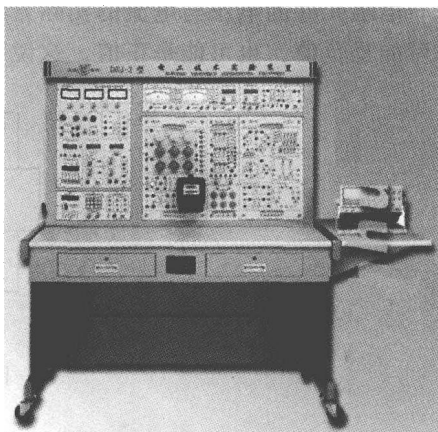


图 1-1-15 DGJ—2 型通用电工实验装置

拨至下方时, 荧光灯灭。

(4) 低压直流稳压电源、恒流源的输出与调节

1) 开启直流稳压电源带灯开关, 两路输出插孔即有电压输出。

① 将“电压指示切换”开关拨至左侧, 直流指针式电压表(量程为 30V)会指示出 U_A 的电压值; 将此开关拨至右侧, 电压表则指示出 U_B 的电压值。

② 调节“输出粗调”波段开关和“输出细调”电位器旋钮, 可平滑地调节输出电压, 调节范围为 0 ~ 30V (分三档量程切换), 额定电流为 0.5A。

③ 两路输出均设有软截止保护功能。

2) 恒流源的输出与调节。将负载接至“恒流输出”两端, 开启恒流源开关, 指针式毫安表即指示输出恒流值, 调节“输出粗调”波段开关和“输出细调”电位器旋钮, 可在三个量程段(满度为 2mA、20mA 和 200mA)连续调节输出的恒流电流值。

本恒流源虽有开路保护功能, 但不应长期处于输出开路状态。

(5) 指针式交流电压表 开启电源总开关, 本单元即可进行正常测量。测量电压范围为 0 ~ 450V, 分为五个量程档: 30V、75V、150V、300V、450V, 采用琴键开关进行切换。在与本装置配套使用过程中, 所有量程档均有超量程保护和报警、并使控制屏上接触器跳闸的功能, 此时, 本单元的红色报警灯点亮, 实验屏上的蜂鸣器同时报警。在按过本单元的“复位”键后, 蜂鸣器报警停止, 报警指示灯熄灭, 电压表即可恢复测量功能。如要继续实验, 则需再次启动控制屏。

(6) 指针式交流电流表 电流测量范围为 0 ~ 5A, 分为四个量程档: 0.25A、1A、2.5A 和 5A, 同样采用琴键开关进行切换。

(7) 直流数显电压表 电压测量范围为 0 ~ 1000V, 分为四个量程档: 2V、20V、200V 和 1000V, 也采用琴键开关进行切换。三位半数码管显示, 输入阻抗为 10M Ω , 测量精度为 0.5 级, 有过电压保护功能。

(8) 直流数显毫安表 电流测量范围为 0 ~ 200mA, 分为三个量程档: 2mA、20mA 和 200mA, 也采用琴键开关进行切换。三位半数码管显示, 测量精度为 0.5 级, 有过电流保护功能。

(9) 直流数显安培表 电流测量范围为 0 ~ 5A, 三位半数码管显示, 测量精度为 0.5 级, 有过电流保护功能。

(10) 受控源 CCVS 和 VCCS

开启带灯电源开关, CCVS 和 VCCS 即可工作, 通过适当的连接(见实验指导书), 可获得 VCVS 和 CCCS 的功能。

此外, 还输出 $\pm 12V$ 两路直流稳定电压, 并有发光二极管指示。

(11) DGJ—03 电工基础实验挂箱 该实验挂箱可以提供叠加定理、戴维南定理、双口网络电路、谐振电路、选频电路及一阶电路、二阶电路等实验。

各实验器件齐全, 各实验单元相互隔离, 所有实验线路完整清晰。在需要测量电流的支路上均设有电流插座。

(12) DGJ—04 交流电路实验挂箱 该实验挂箱可以提供单相电源、三相电源以及荧光灯、变压器、互感器、电能表等实验所需的器件。

该实验挂箱内装有: 灯组负载, 为三个各自独立的白炽灯组, 可以连接成 Y 形或 Δ 形两

种三相负载电路,每个灯组设有三个并联的白炽灯螺口灯座(每个灯组均设有三个开关,控制三个并联支路的通断),可安装 60W 以下的白炽灯 9 只,各灯组均设有电流插座;荧光灯实验器件,有 30W 镇流器、4.7 μ F 电容器、辉光启动器插座等;铁心变压器 1 只,50V·A、220V/36V,一、二次侧均设有电流插座;互感器,实验时临时挂上,两个空心线圈 L_1 、 L_2 装在滑动架上,可以调节两个线圈间的距离,也可以将小线圈放到大线圈内,另外还附有大铁棒、小铁棒及非导磁铝棒各 1 根;电能表 1 只,规格为 220V、3/6A,实验时临时挂上,其电源线、负载进线均已接在电能表接线架的空心接线柱上,以便接线。

(13) DGJ—05 元件挂箱 该挂箱提供实验所需各种外接元件(如电阻器、二极管、发光二极管、稳压管、电容器、电位器及 12V 白炽灯等),还提供十进制可变电阻箱,输出阻值为 0~99999.9 Ω /1W。

(14) DGJ—07 单相智能功率、功率因数表

1) 按接线原理图,接好电路。

2) 接通电源,或按“复位”键后,面板上各 LED 数码管将循环显示“P”,表示测试系统已准备就绪,进入初始状态。

3) 面板上有五只按键,在实际测试过程中只用到“复位”、“功能”、“确认”三个键。

①“功能”键:是仪表测试与显示功能的选择键。若连续按动该键七次,则五只 LED 数码管将显示七种不同的功能指示符号,七个功能符分述如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 功率表功能符

次数	1	2	3	4	5	6	7
显示的功能符	P.	COS.	FUC.	CCP.	dA. CO.	dSPLA.	PC.
含义	功率	功率因数及 负载性质	被测信号 频率	被测信号 周期	数据记录	数据查询	升级后 使用

②“确认”键:在选定上述前六个功能之一后,按一下“确认”键,该组显示器将切换显示该功能下的测试结果数据。

③“复位”键:在任何状态下,只要按一下此键,系统便恢复到初始状态。

4) 具体操作过程如下:

接好电路→开机(或按“复位”键)→选定功能(前四个功能之一)→按“确认”键→待显示的数据稳定后,读取数据(功率单位为 W;频率单位为 Hz;周期单位为 ms)。

选定“dA. CO.”功能→按“确认”键→显示 1(表示第一组数据已经储存完毕)。如重复上述操作,显示器将顺序显示 2、3、…、E、F,表示共记录并储存了 15 组测量数据。

选定“dSPLA.”功能→按“确认”键→显示最后一组储存的功率值→再按“确认”键,显示最后一组储存的功率因数及负载性质(闪动位表示储存数据的组别;第二位显示负载性质,C 表示容性,L 表示感性;后三位为功率因数)→再按“确认”键,显示倒数第二组的功率值(显示顺序为从第 F 组到第 1 组)。可见,在需要查询结果数据时,每组数据需分别按动两次“确认”键,以分别显示功率和功率因数及负载性质。

六、练习

1. 识别电路图中常见的元件。

2. 按照图 1-1-2 连接实验电路,并测量其中的基本物理量,计算每个元件的功率。

模块二 二端网络的伏安特性分析

一、学习目标

- 1) 能掌握电压源的特点。
- 2) 能掌握电流源的特点。
- 3) 能掌握电阻串并联电路的特点。
- 4) 会分析计算等效电阻。

二、工作任务

- 1) 测量分析无源二端网络伏安特性。
- 2) 测量分析有源二端网络伏安特性。

三、相关实践知识

在电路中有一个非常重要的概念叫做等效。所谓等效，就是指电路的端口伏安特性完全相同。也就是说，可以用不同的元件构成端口伏安特性相同的电路。

1. 单电阻伏安特性的测量分析

- 1) 按照图 1-2-1 连接电路，电阻 R 为 1000Ω 。
- 2) 将 U_s 从 $0V$ 调整至 $10V$ ，测量电阻两端的电压和其中的电流。
- 3) 将实验数据记入表 1-2-1 中。

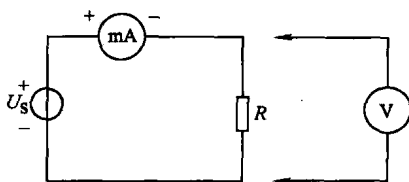


图 1-2-1 单电阻伏安特性的测量

表 1-2-1 电阻伏安特性测试

电源电压/V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
电流/mA											
电压/V											

4) 画出电阻的伏安特性曲线。

2. 电阻串并联伏安特性的测量分析

- 1) 按照图 1-2-2 组装三个二端网络。
- 2) 将图 1-2-2a 与图 1-2-2b 连成回路，测量 R_1 、 R_2 中的电流和它们两端的电压；再将图 1-2-2a 与图 1-2-2c 连成回路，测量 R_1 、 R_2 中的电流和它们两端的电压。

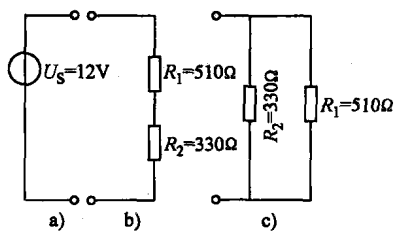


图 1-2-2 电阻串并联伏安特性

- 3) 在表 1-2-2 中记录实验数据，总结两种连接方式的特点。

表 1-2-2 电阻串、并联伏安特性测试

电路类型 测量项目	串联电路		并联电路	
	R_1	R_2	R_1	R_2
电流/A				
电压/V				

3. 电压源伏安特性测量分析

(1) 理想电压源伏安特性的测量

1) 按照图 1-2-3 连接电路, 将电源 U_s 调整为 2V。

2) 将 R 从 1000Ω 调整至 10Ω , 测量电源两端的电压和其中的电流。

3) 将实验数据记入表 1-2-3 中。

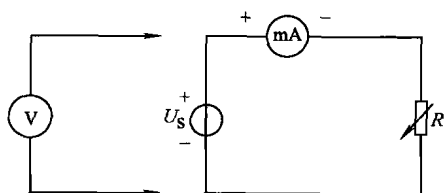


图 1-2-3 理想电压源伏安特性

表 1-2-3 理想电压源伏安特性测试

变阻器阻值/ Ω	1000	500	400	300	200	100	80	50	20	10
电流/ mA										
电压/ V										

4) 画出电压源 U_s 的伏安特性曲线。

(2) 实际电压源伏安特性的测量

1) 按照图 1-2-4 连接电路, 将 U_s 调整为 2V, R_i 为 100Ω 。

2) 将 R 从 1000Ω 调整至 10Ω , 测量电源两端的电压和其中的电流。

3) 将实验数据记入表 1-2-4 中。

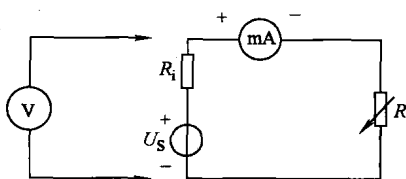


图 1-2-4 实际电压源伏安特性

表 1-2-4 实际电压源伏安特性测试

变阻器阻值/ Ω	1000	500	400	300	200	100	80	50	20	10
电流/ mA										
电压/ V										

4) 画出实际电压源的伏安特性曲线。

4. 电流源伏安特性测量分析

(1) 理想电流源伏安特性的测量

1) 按图 1-2-5 连接电路, 将 I_s 调整为 30mA 。

2) 将 R 从 1000Ω 调整至 10Ω , 并测量电源两端的电压和其中的电流。

3) 将实验数据记入表 1-2-5 中。

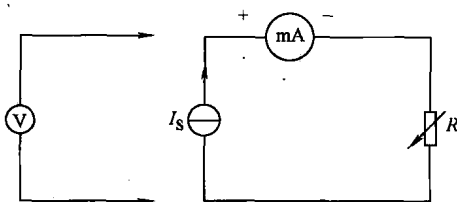


图 1-2-5 理想电流源伏安特性

表 1-2-5 理想电流源伏安特性测试

变阻器阻值/ Ω	1000	500	400	300	200	100	80	50	20	10
电流/ mA										
电压/ V										

4) 画出电流源 I_s 的伏安特性曲线。

(2) 实际电流源伏安特性的测量