

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套用书
中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床控制技术基础 教学参考书

吴文龙 王 猛 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材配套用书

中等职业学校数控技术应用专业教学用书

技能型紧缺人才培养培训系列教材

数控机床控制技术基础 教学参考书

吴文龙 王 猛 主编

高等教育出版社

内容简介

本书是由吴文龙、王猛主编的中等职业学校技能型紧缺人才培养培训系列教材《数控机床控制技术基础——电气控制基本常识》配套的教学辅助用书。全书编排顺序与教材相对应,从学习要求、学习要点及指导、典型例题分析和练习四个方面提供学习辅导,且附有练习题的参考答案,有利于学生掌握学习要求、各章的重点,突破难点,有利于学生职业能力的培养。

本书供中等职业学校数控技术应用专业教师和学生使用,也可作为相关行业岗位培训或自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床控制技术基础教学参考书/吴文龙,王猛主编.

—北京:高等教育出版社,2005.7

ISBN 7-04-016932-0

I. 数... II. ① 吴... ② 王... III. 数控机床-电气控制-专业学校-教学参考资料 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 050755 号

策划编辑	王瑞丽	责任编辑	王瑞丽	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	胡志萍	责任校对	杨凤玲	责任印制	孔源		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 北京蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 7.75
字 数 180 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

版 次 2005 年 7 月第 1 版
印 次 2005 年 7 月第 1 次印刷
定 价 10.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16932-00

前 言

本书是由吴文龙、王猛主编的中等职业学校技能型紧缺人才培养培训系列教材《数控机床控制技术基础——电气控制基本常识》(以下简称《教材》)配套的教学辅助用书。本书体现了以综合素质为基础、以能力为本位、以就业为导向的指导思想,旨在降低理论难度,重在生产实际应用,突出学生职业能力的培养,帮助学生把握教材的基本学习要求、学习重点和难点,培养学生分析和解决实际问题的能力。

本书按《教材》的章节顺序编写,每章中包括“学习要求”、“学习要点及指导”、“典型例题分析”、“练习”四部分,其特点是:

1. “学习要求”与《教材》中每章开头的“本章将学到”的内容相呼应,使学生明确学习的方向和要求,以利于达到学习目标。

2. “学习要点及指导”是对每章节的学习知识和能力的高度概括,尤其是对学习重点和难点作了简明扼要的分析和提示,以帮助学生梳理知识,把握学习要点,解决学习难点,引导学生跨越学习中的障碍。

3. 精心编写“典型例题分析”,书中典型例题具有分析和解决学习重点和难点问题的典型意义,并注意尽量与生产实践中所遇到的实际问题相结合。每个“典型例题分析”都由“解题点拨”和“解”题两部分组成。“解题点拨”重在对例题分析思路和解决方法的引导,“解”题重在对解决问题过程的示范,力求使学生通过对一道典型例题的学习来领悟解决这一类问题的一般规律、方法及过程。

4. “练习”是作为对《教材》学习的补充,有填空题、判断题、选择题、分析问答题、计算作图题等类型,题型新颖,难易适度,且与生产实践相联系,适合技能型紧缺人才的培养,有利于学生的强化训练和复习巩固,有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。

5. 书后附有练习题的参考答案,以供学生查阅对照,有利于学生自我检查学习效果,及时反馈,及时提高。

本书由吴文龙、王猛、耿淬、王维刚编写,吴文龙、王猛任主编。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,欢迎批评指正。

编 者
2005 年 4 月

目 录

第1章 直流电路 1	四、练习 65
一、学习要求 1	
二、学习要点及指导 1	第7章 数控机床的控制系统概述 72
三、典型例题分析 4	一、学习要求 72
四、练习 9	二、学习要点及指导 72
第2章 正弦交流电路 17	三、典型例题分析 73
一、学习要求 17	四、练习 73
二、学习要点及指导 17	第8章 PLC 及其应用基础 76
三、典型例题分析 21	一、学习要求 76
四、练习 24	二、学习要点及指导 76
第3章 变压器与交流异步电动机 28	三、典型例题分析 77
一、学习要求 28	四、练习 77
二、学习要点及指导 28	第9章 位置检测及控制基础 78
三、典型例题分析 31	一、学习要求 78
四、练习 32	二、学习要点及指导 78
第4章 电气控制基础 35	三、典型例题分析 79
一、学习要求 35	四、练习 80
二、学习要点及指导 35	第10章 进给驱动及控制技术基础 84
三、典型例题分析 37	一、学习要求 84
四、练习 40	二、学习要点及指导 84
第5章 模拟电子技术基础 45	三、典型例题分析 85
一、学习要求 45	四、练习 86
二、学习要点及指导 45	第11章 主轴驱动及控制技术基础 92
三、典型例题分析 49	一、学习要求 92
四、练习 52	二、学习要点及指导 92
第6章 数字电子技术基础 59	三、典型例题分析 93
一、学习要求 59	四、练习 94
二、学习要点及指导 59	参考答案 98
三、典型例题分析 62	

◎ 第1章 直流电路

一、学习要求

(1) 了解电路的基本组成、电路的三种基本状态和电气设备额定值的意义;理解电路中各基本物理量和焦耳定律的含义,会进行简单的计算。

(2) 了解电路中常用元件的种类、作用和应用特点,会正确选用电阻元件和电容元件;理解串、并联电路的性质和实用意义;掌握电阻定律和欧姆定律的基本内容,并能熟练应用。

(3) 了解常用电工仪表的种类、基本结构和应用特点;了解磁场对电流的作用,理解常用电工仪表的工作原理;掌握电压表和电流表扩大量程的方法和计算,会正确使用常见的各种仪表。

(4) 掌握基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律,能运用支路电流法来分析和计算不太复杂的电路;理解叠加定理、戴维宁定理的应用方法。

二、学习要点及指导

1. 电路及其基本物理量

本节所涉及的基本概念较多,起承前启后的作用。有些内容虽在物理课中已学过,但侧重点有所不同。学习时,应尽量从工程应用的角度出发,结合实例,采用对比、归纳的方法加深记忆和理解,达到温故而知新的目的。

(1) 电路通常都由电源、负载和中间环节三个基本部分组成,各部分在电路中起着不同的作用。电路的主要作用是进行能量的传输、分配和转换以及信号的加工和处理。它有通路、断路、短路三种工作状态,在电力工程中要尽量避免电路发生短路现象。

(2) 电路的基本物理量有电流、电压、电位、电功、电功率等。

① 电流是一个标量,其定义公式为 $I = \frac{q}{t}$,规定正电荷移动的方向为电流的方向。在生产和生活中,常把电流分为直流和交流两大类。

② 电压是一个标量,其大小等于电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功,规定由高电位指向低电位的方向为电压的方向。

③ 电位是针对电路中参考点而言的。在电路中任选一个参考点(规定参考点的电位等于零),则某一点到参考点的电压称为该点的电位。原则上参考点可任意选择,通常选大地为参考点,用符号“—”表示。

电位与电压的关系为:电压即为电位差, $U_{ab} = V_a - V_b$; 电位是相对量,与参考点的选择有关,而电压是绝对量,与参考点的选择无关。

④ 在分析、计算电路时,为了研究问题的方便,任意选定的电流、电压的方向称为电流、电压的参考方向。电路中常用“+”、“-”号标注,或用带下标的字母表示(如: U_{ab}),或用“→”表示。需要特别指出的是:在选定参考方向后,电流或电压的数值为正(或负),表明电压或电流的实际

方向与参考方向相同(或相反);电流、电压的正、负并不存在数学意义上的正负、大小关系,如:不能说 $-3A < 2A$;在进行较复杂电路的分析时,必须先标出参考方向,若没有选定参考方向而讨论电流或电压的正、负是没有意义的。

⑤ 电功(电能)是电场力做的功,做功的过程实际上是电能转化成其他形式能的过程。单位时间电流所做的功称为电功率,可表达为 $P = \frac{W}{t} = UI$ 。

(3) 焦耳定律反映了电流热效应的规律,其表达式为 $Q = R I^2 t$ 。需要指出的是,只有纯电阻电路电场力做的功才等于电流产生的热量。

(4) 电气设备的额定值是一个很重要的概念,它是指导使用者正确使用电气设备的主要依据,电气设备在额定状态下工作是最合理的,其输出功率才等于额定功率。但要提醒注意的是,电气设备使用时的实际值并不一定是该设备的额定值。

2. 电路中的基本元件

电路中的基本元件有电阻、电源、电容、电感等,它们都是实际器件的模型,是构成电路的基本单元。学习本节内容时,应注重理论联系实际,通过元件认识→特性分析→使用要求的顺序来加深理解,通过习题练习巩固和掌握应用有关定律的方法。

(1) 电阻元件是电阻器、白炽灯等实际电气元件的理想化模型,简称电阻,可分为线性电阻和非线性电阻,一般电路中研究的是线性电阻。

① 导体的电阻是由它本身的物理条件决定的。其大小为 $R = \rho \frac{l}{A}$,与电压、电流无关。按照电阻率的不同,材料可分为导体、半导体和绝缘体。

② 导体的电阻还和温度有关,可表达为 $R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ 。利用这一特性可通过测定电动机绕组的电阻来计算运行中电动机的温度。

③ 工程技术中应用的电阻品种规格很多,可根据实际需要选用电阻的类型。使用时,一定要注意电阻的标称阻值、额定功率和允许误差。

④ 欧姆定律反映了电阻元件两端所加的电压与流过的电流的关系,其表达式为 $U = RI$ 。理解和应用此定律时应注意:此关系式只适用于线性电阻;应用时,首先要选定电压、电流的参考方向;式中, U 、 I 、 R 必须属于同一段电路;运用导出公式 $R = \frac{U}{I}$ 计算电阻时,仅仅意味着利用加在电阻两端的电压与流过电阻的电流来度量电阻的大小,而绝不意味着电阻是由电压和电流来决定的;根据公式 $R = \frac{U}{I}$,可通过伏安法测电阻,通过伏安特性曲线来判别电阻是线性电阻还是非线性电阻。

⑤ 电阻的串、并联在实际应用中相当广泛,如利用串联电阻的分压特性,可构成分压器;利用并联电阻的分流特性,可构成分流器。学习时,可通过习题练习巩固和掌握它们的特性,学会求解等效电阻的方法。

(2) 电源是提供电能的装置,根据其外特性可分为电压源和电流源两类。

① 电源的电动势 E 是由电源本身决定的,只存在于电源内部,跟外电路无关,其方向是由电源负极经电源内部指向正极。

② 全电路欧姆定律揭示了由电源电动势、内阻和外电路电阻构成的闭合电路中电流的规律,其表达式为 $I = \frac{E}{R+r}$ 。理解和应用此定律时应注意:此定律适用于外电路为纯电阻电路;式中,内电阻 r 是由电源决定的参数,外电阻 R 由外电路的结构(外电路中用电器的连接关系)决定。

③ 电源的外特性反映了电源的端电压随输出电流变化的规律。当电路处于断路状态时,端电压最大,数值上等于电动势;当电路处于短路状态时,端电压等于 0。

(3) 电容元件是忽略损耗的实际电容器的理想化模型,是储存电荷的容器,是一个储能元件。

① 电容器和电容量都可简称为电容,也都用大写字母 C 表示,但两者概念不同,不能混淆。

② 电容器的电容是由它本身的物理结构决定的。平行板电容器的电容 $C = \frac{\epsilon A}{d}$,电容器任一极板上的带电荷量与两极板之间的电压及电容有 $C = \frac{q}{U}$ 的关系。

③ 电容器的种类很多,选用时应根据实际电路的需要,选用不同类型、不同参数的电容器,其主要参数是标称容量、额定工作电压(俗称耐压)。

④ 使用电容器时,应注意:电容器两端的直流或交流电压的最大值不能超过电容器的额定工作电压;有极性的电容器(如电解电容器)接入电路时,必须注意极性接法的正确性。

⑤ 实际使用中,若需要不同的电容量时,可通过几个电容串、并联的方法来实现,采用此法时要利用电容串、并联的特性,仔细计算等效电容的最大安全工作电压,保证每个电容器两端的实际电压小于其耐压。

⑥ 电容器可以进行充电和放电。只有当电容器的端电压变化时,才会形成充、放电电流,故电容器具有“通交流、隔直流”的特性。

3. 常用电工仪表及其使用

正确使用常用电工仪表是从事电类相关专业的技术人员必须掌握的知识和技能。学习本节内容时,应注重实验和实训,在实践中加深对各种仪表基本原理的理解,掌握合理选择、使用电工仪表、维护保养和校调电工仪表的方法,掌握正确的电工测量方法。

(1) 磁场的基本物理量有磁通、磁感应强度等,磁感应强度是一个矢量。电流产生的磁场方向可用安培定则来判断,磁场对通电导体产生的作用力的方向可用左手定则来判定。磁电系仪表就是利用通电线圈在磁场中受到电磁力作用制成的。

(2) 测量电流时应把电流表串联在被测电路中,还应注意直流电流表正、负端的极性,并根据实际电路被测量的大小,确定合适量程。测量电流时,可用并联分流电阻的方法来扩大量程。

(3) 测量电压时,应把电压表并联在被测电路的两端,还应注意直流电压表正、负端的极性,并根据实际电路被测量的大小,确定合适量程。测量电压时,可用串联分压电阻的方法来扩大量程。

(4) 伏安法测量电阻的依据是欧姆定律。应用时,为了减小测量误差,应根据被测电阻的大小选择合适的接法。

(5) 万用表是一种多用途、多量程的便携式仪表,主要由表头、测量线路和转换开关等组成,可以对电流、电压和电阻等多种电量进行测量。使用时,必须分清面板上各条标度尺所对应的

量,了解万用表的使用条件,合理选择挡位,规范操作,正确读数。

(6) 直流单臂电桥又称惠斯通电桥,是一种专门用来精密测量电阻的比较式仪表。电桥平衡的条件是对臂电阻的乘积相等。

(7) 兆欧表是测量高电阻的仪表,本身带有高压发电机,因而能测量高电压电气设备的绝缘电阻。选择兆欧表时,应选择其额定电压比被测设备的额定电压稍高。操作前后都要注意安全。

4. 复杂直流电路

本节内容介绍了复杂直流电路的计算和分析方法,学习时应通过习题练习,理解基尔霍夫定律的内容和应用方法,学会电路的基本分析方法。

(1) 基尔霍夫定律是电路的基本定律,它包括节点电流定律(KCL)和回路电压定律(KVL)。

① 基尔霍夫电流定律可叙述为:任一瞬时,通过电路中任一节点的各支路电流的代数和恒等于零。其表达式为 $\sum I = 0$ 。基尔霍夫电流定律说明在电路中任一点(包括节点)电荷既不会聚集也不会减少。该定律对任意封闭面也是适用的。

② 基尔霍夫电压定律可叙述为:任一瞬时,电路中任一回路中各支路电压的代数和恒等于零。其表达式为 $\sum U = 0$ 。基尔霍夫电压定律说明电荷在电路中沿任何回路移动回到原点,其位能升降相抵,最终不变。该定律对任意虚拟的回路也是适用的。

③ 基尔霍夫定律反映了电路结构中的约束关系,与元件的性质无关,具有普遍的适用性,适用于任何电路、任一瞬时、任何变化的电流和电压。应用基尔霍夫定律时,首先要在电路图上标出电流和电压的参考方向,因为方程式中各项的正负号是由它们的参考方向确定的。

(2) 支路电流法是分析和计算电路的基本方法。它是以电路中的支路电流为未知量,应用基尔霍夫定律列出电路方程,通过解方程组得到各支路电流。

应用支路电流法时,首先要假定电路中各支路电流的参考方向。求得的电流为正值时,表明电流的实际方向与参考方向一致,否则相反。对于具有 n 个节点、 m 条支路的电路可列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程和 $[m-(n-1)]$ 个独立的回路电压方程。

* (3) 叠加定理是反映线性电路基本性质的一条重要定理,是分析电路的一种重要方法,叠加中要注意各电流分量和电压分量的方向,还要注意功率的计算不能用叠加定理。

* (4) 戴维宁定理是把一个线性有源二端网络用一个电压源来等效代替,从而使电路的分析和计算得到了简化。它是分析电路的另一种重要方法,适用于求解线性有源网络中某一支路的电流或电压,运用戴维宁定理的关键是计算等效电压源中的理想电压源电压和内阻。需要指出的是戴维宁定理的等效是对外电路而言的。

三、典型例题分析

例 1.1 线路电压为 220 V,每根输电导线的电阻 $R_l = 1 \Omega$,电路中并联了 100 盏 220 V、100 W 的白炽灯,求:(1) 只打开其中 10 盏时,每盏灯的功率;(2) 100 盏灯全部打开时,每盏灯的电压和功率。

解题点拨:(1) 电阻是由它本身的物理条件决定的,故每盏灯的电阻不随灯两端的电压和流过的电流变化而变化。

(2) 正确应用欧姆定律。

解：根据题意，可画出如图 1.1 所示电路。

(1) 只打开 10 盏电灯时

每盏灯的电阻

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} \Omega = 484 \Omega$$

10 盏灯并联时的电阻

$$R_{\text{并}} = \frac{R}{10} = 48.4 \Omega$$

电路中的总电阻

$$R_{\text{总}} = R_{\text{并}} + 2R_1 = 50.4 \Omega$$

电路的总电流

$$I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{220}{50.4} \text{ A} \approx 4.37 \text{ A}$$

两根输电导线上的电压

$$U_{\text{线}} = 2R_1 \times I = 2 \times 1 \times 4.37 \text{ V} = 8.74 \text{ V}$$

电灯两端的电压

$$U_{\text{灯}} = U - U_{\text{线}} = (220 - 8.74) \text{ V} = 211.26 \text{ V}$$

每盏电灯的功率

$$P = \frac{U_{\text{灯}}^2}{R} = \frac{211.26^2}{484} \text{ W} = 92.21 \text{ W}$$

(2) 100 盏电灯全部打开时

100 盏电灯并联的电阻

$$R_{\text{并}} = \frac{R}{100} = 4.84 \Omega$$

电路中的总电阻

$$R_{\text{总}} = R_{\text{并}} + 2R_1 = 6.84 \Omega$$

电路的总电流

$$I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{220}{6.84} \text{ A} \approx 32.16 \text{ A}$$

两根输电导线上的电压

$$U_{\text{线}} = 2R_1 \times I = 2 \times 1 \times 32.16 \text{ V} = 64.32 \text{ V}$$

电灯两端的电压

$$U_{\text{灯}} = U - U_{\text{线}} = (220 - 64.32) \text{ V} = 155.68 \text{ V}$$

每盏电灯的功率

$$P = \frac{U_{\text{灯}}^2}{R} = \frac{155.68^2}{484} \text{ W} = 48.80 \text{ W}$$

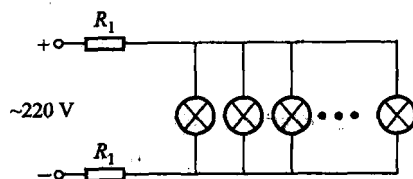


图 1.1

通过上例分析可知，电路中灯的实际功率不一定等于额定功率，当并联的灯数越多时，并联总电阻变小，电路中的总电流将变大，每个灯两端的端电压将下降，灯消耗的实际功率将下降，这也就是为什么傍晚时的灯没有深夜时亮的原因。

例 1.2 有一表头,满偏电流 $I_c = 100 \mu\text{A}$,内阻 $R_c = 1 \text{ k}\Omega$,现需将其量程扩大为 10 V 的直流电压表和 50 mA 的直流电流表。则:(1) 应分别选用多大的电阻?(2) 该电阻与表头的连接关系如何?

解题点拨:(1) 利用合适的串联电阻 R_v 的分压特性可构成扩大量程的电压表。

(2) 利用并联合适电阻 R_A 的分流特性可构成扩大量程的电流表。

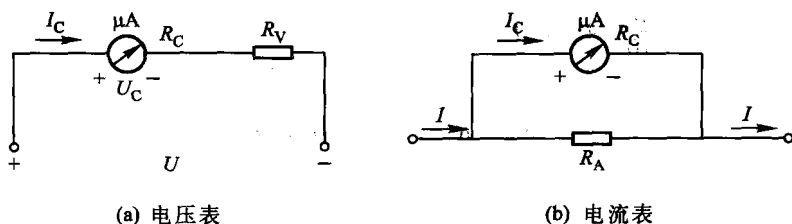


图 1.2

解:(1) 串联电阻 R_v 构成 10 V 直流电压表时,如图 1.2(a)所示。

表头满刻度电压

$$U_c = R_c I_c = 1 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-6} \text{ V} = 0.1 \text{ V}$$

电压表量程扩大倍数

$$m = \frac{U}{U_c} = \frac{10}{0.1} = 100$$

则串联电阻

$$R_v = R_c (m - 1) = 1 \times (100 - 1) \text{ k}\Omega = 99 \text{ k}\Omega$$

(2) 并联电阻 R_A 构成 50 mA 直流电流表时,如图 1.2(b)所示。

电流表量程扩大倍数

$$n = \frac{I}{I_c} = \frac{50 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-6}} = 500$$

则并联电阻

$$R_A = \frac{R_c}{n - 1} = \frac{1 \times 10^3}{(500 - 1)} \Omega = 2.004 \Omega$$

例 1.3 如图 1.3(a)所示电路, $R_1 = 9 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 7 \text{ k}\Omega$, $E_1 = 0.7 \text{ V}$,试确定 A、B 两点的电位。

解题点拨:(1) 将电路中常采用的习惯画法转换成电路图。

(2) 正确理解电位、电动势的概念。

解:将图 1.3(a)所示电路改画成如图 1.3(b)所示电路,则根据全电路欧姆定律

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{12}{(9 + 3) \times 10^3} \text{ A} = 10 \times 10^{-3} \text{ A}$$

R_1 两端电压

$$U_{BC} = R_1 I = 9 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-3} \text{ V} = 9 \text{ V}$$

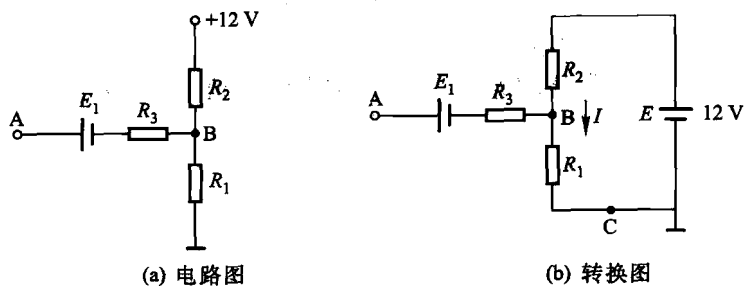


图 1.3

B 点的电位

$$V_B = U_{BC} + V_C = 9 \text{ V}$$

A 点的电位

$$V_A = E_1 + U_{BC} = (0.7 + 9) \text{ V} = 9.7 \text{ V}$$

例 1.4 现有 C_1 ($40 \mu\text{F}$, 25 V), C_2 ($10 \mu\text{F}$, 16 V), C_3 ($47 \mu\text{F}$, 25 V) 三只电容, 试回答: (1) 若实际电路需要接入 $87 \mu\text{F}$, 25 V 的等效电容, 该如何组合使用? (2) 若实际电路需要接入的等效电容为 $8 \mu\text{F}$, 该如何组合使用, 此时该组合电容的耐压是多少?

解题点拨: 本题的要点是正确应用电容器串、并联的特性, 即电容并联能增大等效电容的容量; 电容串联能减小等效电容的容量, 但耐压值必须仔细计算。

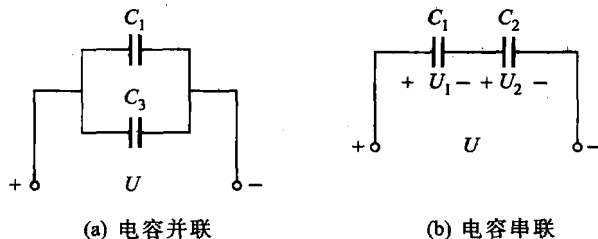


图 1.4

解: (1) 若等效电容为 $87 \mu\text{F}$, 25 V 时应采用 C_1 和 C_3 并联后接入电路, 如图 1.4(a) 所示, 根据电容并联的特点

$$U = U_1 = U_3 = 25 \text{ V}$$

等效电容

$$C = C_1 + C_3 = (40 + 47) \mu\text{F} = 87 \mu\text{F}$$

(2) 若等效电容为 $8 \mu\text{F}$ 时, 应将 C_1 和 C_2 串联后接入电路, 如图 1.4(b) 所示。根据电容串联的特点, 等效电容

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{10 \times 40}{10 + 40} \mu\text{F} = 8 \mu\text{F}$$

$$q_1 = C_1 U_1 = 40 \times 10^{-6} \times 25 \text{ C} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$q_2 = C_2 U_2 = 10 \times 10^{-6} \times 16 \text{ C} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ C}$$

根据电容串联时电荷量相等,故应取中 q_1 和 q_2 较小的值,则电路的等效电容的电荷量 $q = 1.6 \times 10^{-4} \text{ C}$ 。

最大耐压值

$$U = \frac{q}{C} = \frac{1.6 \times 10^{-4}}{8 \times 10^{-6}} \text{ V} = 20 \text{ V}$$

通过以上分析,可知两个电容并联时,等效电容的电容量可增大,每个电容的实际电压均不能超过耐压值;几个电容串联时,等效电容电容量将减小,但必须认真计算耐压值。

例 1.5 如图 1.5(a) 所示电路,已知 $E_1 = 14 \text{ V}$, $E_2 = 12 \text{ V}$, $R_1 = 0.5 \Omega$, $R_2 = 0.2 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$, 求各支路电流及 R_3 两端的电压 U 。

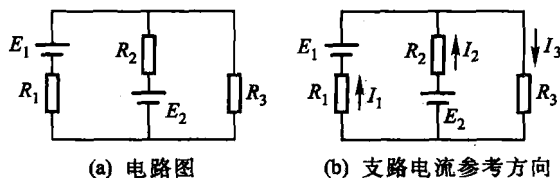


图 1.5

解题点拨: 本题要点是正确理解基尔霍夫定律,运用支路电流法来分析求解复杂的电路,具体为:

- (1) 确定电路节点个数 n 和支路个数 m ,并假定各支路电流的参考方向。
- (2) 应用基尔霍夫电流定律列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程式。
- (3) 选定回路的绕行方向,应用基尔霍夫电压定律列出 $m-(n-1)$ 个独立的回路电压方程式。
- (4) 代入数据求解 m 个独立的联立方程,确定各支路的电流。

解: 选择各支路电流 I_1 、 I_2 、 I_3 参考方向如图 1.5(b) 所示。该电路有 2 个节点,可列一个独立的 KCL 方程

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1)$$

列两个回路的 KVL 方程

$$R_1 I_1 - E_1 - R_2 I_2 + E_2 = 0 \quad (2)$$

$$R_3 I_3 - E_2 + R_2 I_2 = 0 \quad (3)$$

联立方程(1)、(2)、(3)组成的方程组,代入数据,求解 I_1 、 I_2 、 I_3 。有

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ 0.5 I_1 - 0.2 I_2 - 2 = 0 \\ 4 I_3 + 0.2 I_2 - 12 = 0 \end{cases}$$

解方程组得

$$I_1 \approx 3.72 \text{ A}, I_2 \approx -0.69 \text{ A}, I_3 \approx 3.03 \text{ A}$$

R_3 两端的电压

$$U = R_3 I_3 = 3.03 \times 4 \text{ V} = 12.12 \text{ V}$$

上例计算结果中, I_1 、 I_3 为正值, 说明它们的实际电流方向与参考方向相同, I_2 为负值, 说明它的实际电流方向与参考方向相反。

四、练习

1. 填空题

- (1) 电路可以说成是由 _____、_____ 和 _____ 三大部分组成的。
 - (2) 在分析与计算电路时, 常任意选定某一方向作为电压或电流的 _____, 当所选的电压或电流方向与实际方向一致时, 电压或电流为 _____ 值; 反之则为 _____ 值。
 - (3) 给功率为 60 W 的用电器供电 3 天, 供给的电能是 _____。若电价为 0.3 元/度, 则该用电器需付的电费是 _____。
 - (4) 一个标有“1 k Ω , 10 W”的电阻, 允许通过的最大电流是 _____, 允许加在它两端的最大电压是 _____。
 - (5) 有三个阻值为 6 Ω 的电阻, 若把它们串联, 等效电阻是 _____ Ω ; 若把它们并联, 等效电阻是 _____ Ω ; 若把两个并联后, 再与第三个串联, 等效电阻应是 _____ Ω 。
 - (6) 如图 1.6 所示电路中 $U_{ab} = 10 \text{ V}$, 则电压 $U =$ _____, 电流的大小等于 _____。
-
- 图 1.6
- (7) 已知电阻 $R_1 = 2R_2$, 如果将其串联, 则通过电阻 R_1 与 R_2 中的电流之比是 _____; 电阻 R_1 与 R_2 两端电压之比是 _____, 电阻 R_1 与 R_2 消耗的功率之比是 _____。
 - (8) 已知电阻 $3R_1 = R_2$, 如果将其并联, 则通过电阻 R_1 与 R_2 中的电流之比是 _____, 电阻 R_1 与 R_2 两端电压之比是 _____, 电阻 R_1 与 R_2 消耗的功率之比是 _____。
 - (9) 电阻串联可获得电阻值 _____ 的电阻, 还可以扩大 _____ 表的量程; 电阻并联可获得阻值 _____ 的电阻, 额定电压相同的负载几乎都是 _____ 使用的。
 - (10) 电源电动势与电源的开路电压大小 _____, 方向 _____。
 - (11) 如图 1.7 所示, 如果以 B 点为参考点, 则 $V_A =$ _____ V, $V_B =$ _____ V, $U_{AB} =$ _____ V; 如果以 C 点为参考点, 则 $U_{AC} =$ _____ V, $V_A =$ _____ V, $V_B =$ _____ V, $U_{AB} =$ _____ V。
-
- 图 1.7
- (12) 电阻元件是 _____ 能元件, 电容元件是 _____ 能元件。
 - (13) 电容器在充电过程中, 充电电流逐渐 _____。而电容器两端的电压逐渐 _____; 在放电过程中, 放电电流逐渐 _____, 电容器两端的电压逐渐 _____。
 - (14) 若一通电直导体在匀强磁场中受到的磁场力最大, 这时通电直导体与磁感线的夹角为 _____。
 - (15) 如果在磁场中每一点的磁感应强度大小 _____、方向 _____, 这种磁场称为匀强磁场。在匀强磁场中磁感线是一组 _____。
 - (16) 用电流表测量电流时, 应把电流表 _____ 在被测电路中; 用电压表测量电压时, 应把电压表与被测电路 _____。

(17) 万用表一般由 _____、_____、_____ 三个基本部分构成。

(18) 利用万用表测量电流和电压,选择量程时,最好使指针处在标度尺的 _____ 位置;选择电阻量程时,最好使指针处在标度尺的 _____ 位置。

(19) 直流单臂电桥中,电桥平衡的条件是 _____。

(20) 在图 1.8 所示电路中,则 $E =$ _____, $I_1 =$ _____, $I_2 =$ _____。

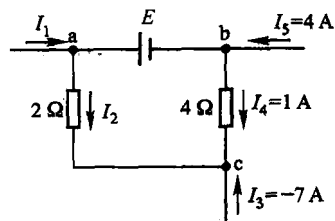


图 1.8

2. 判断题

- (1) 中间环节的作用是把电源和负载连接起来,形成闭合回路,并完成对电路的控制。 ()
- (2) 电路中某一点的电位具有相对性,只有参考点确定后该点的电位值才能确定。 ()
- (3) 如果电路中某两点的电位都很高,则该两点间的电压也很大。 ()
- (4) 电流的参考方向,既可能是电流的实际方向,也可能与实际方向相反。 ()
- (5) 根据 $P = UI$,当加在电阻 R 上的电压减小一半时,功率也对应减小一半。 ()
- (6) 额定电压为 220 V、功率为 100 W 的设备,当实际电压为 110 V 时,负载实际功率是 50 W。 ()
- (7) 由于计算电功率的公式有 $P = U^2/R$,所以阻值小的负载从电路中取用的电功率也就一定大。 ()
- (8) 电阻串联时,阻值大的电阻分得的电压大,阻值小的电阻分得的电压小,但通过的电流是一样的。 ()
- (9) 通过电阻的并联可以达到分流的目的,电阻越大,分流作用越显著。 ()
- (10) 由 $R = U/I$ 可知,导体的电阻与它两端的电压成正比,与通过它的电流成反比。 ()
- (11) 电源电动势的大小由电源本身性质决定,与外电路无关。 ()
- (12) 实际的电压源都有内阻,当外电路短路时不会损坏电源。 ()
- (13) 当电路处于通路状态时,端电压等于电源的电动势。 ()
- (14) 负载获得的最大功率就是电源输出的最大功率。 ()
- (15) 平行板电容器的电容量与外加电压有关。 ()
- (16) 用两只容量相等的电容器串联,可提高耐压。 ()
- (17) 电容器具有隔直流、通交流的作用。 ()
- (18) 当电容器带上一定电荷量后,移去直流电源,若把电流表接到电容器两端,则指针会发生偏转。 ()
- (19) 线圈中感应电动势的大小与穿过线圈的磁通的变化量成正比,这个定律称为法拉第电磁感应定律。 ()
- (20) 磁感应强度是矢量。 ()
- (21) 有电流必有磁场,有磁场必有电流。 ()

- (22) 直流电流表可以用于交流电路。 ()
- (23) 不可用万用表电阻挡直接测量微安表、检流计或标准电池的内阻。 ()
- (24) 若误用万用表的交流电压挡测量直流电压,结果会偏大。 ()
- (25) 万用表中的电阻挡的标尺为反向刻度,且刻度是不均匀的。 ()
- (26) 用万用表 $R \times 1 \text{ k}$ 挡测试电解电容器,黑表笔接电容器正极,红表笔接负极,表针慢慢增大,若停在 $10 \text{ k}\Omega$,说明电容器是好的。 ()
- (27) 利用基尔霍夫第一定律列写节点电流方程时,必须已知电流的实际方向。 ()
- (28) 利用基尔霍夫第二定律列写回路电压方程时,所设的回路绕行方向不同会影响计算结果的大小。 ()
- (29) 电路中任意一个节点上,流入节点的电流之和一定等于流出该节点的电流之和。 ()
- (30) KCL 仅适用于电路中的节点,与元件性质有关。 ()

3. 选择题

- (1) “12 V, 6 W”的白炽灯接入 6 V 的电路中,通过灯丝的实际电流是()。
- A. 2 A B. 1 A C. 0.5 A D. 0.25 A
- (2) 有一台电动机,它的励磁绕组用铜线绕成。在室温 20°C 时,测得电阻为 100Ω ,运行 2 h (小时)后,测得电阻为 120Ω ,此时电动机励磁绕组的温度等于() $^\circ\text{C}$ ($\alpha = 0.004/^\circ\text{C}$)。
- A. 50 B. 60 C. 70 D. 80
- (3) 如图 1.9 所示,3 只白炽灯 A、B、C 完全相同,当开关闭合时,白炽灯 A、B 的亮度变化是()。
- A. A 变亮、B 变暗 B. A 变暗、B 变亮
- C. A、B 都变暗 D. A、B 都变亮

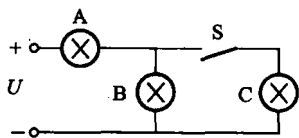


图 1.9

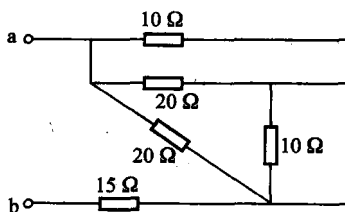


图 1.10

- (4) 图 1.10 所示电路中的 R_{ab} 为()。
- A. 5Ω B. 10Ω C. 15Ω D. 20Ω
- (5) 两个阻值相同的电阻器串联后的等效电阻与并联后的等效电阻之比是()。
- A. 4:1 B. 1:4 C. 1:2 D. 2:1
- (6) R_1 和 R_2 是两个并联电阻, $R_1 = 2R_2$, 且 R_1 上消耗的功率是 1 W, 则 R_2 上消耗的功率是()。
- A. 2 W B. 1 W C. 4 W D. 0.5 W

(7) “6 V, 12 W”的白炽灯接入 12 V 的电路中,为使灯正常工作,应串联的分压电阻阻值为()。

- A. $2\ \Omega$ B. $3\ \Omega$ C. $4\ \Omega$ D. $6\ \Omega$

(8) 4 个纯电阻用电器的额定电压和额定功率如下,其中电阻最大的是()。

- A. 220 V 40 W B. 220 V 100 W
C. 100 V 100 W D. 36 V 100 W

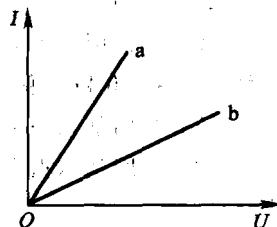


图 1.11

(9) 两电阻的伏安特性,如图 1.11 所示,其中 a 为电阻 R_1 的特性曲线, b 为电阻 R_2 的特性曲线,由图可知()。

- A. $R_1 > R_2$ B. $R_1 = R_2$
C. $R_1 < R_2$ D. 不能确定

(10) 电源电动势是 2 V,内电阻是 $0.1\ \Omega$,当外电路断路时,电路中的电流和端电压分别是()。

- A. 0, 2 V B. 20 A, 2 V
C. 20 A, 0 D. 0, 0

(11) 下列说法哪一种是错误的()。

- A. 电阻串联时,总电阻等于各电阻之和
B. 并联电阻越多,总电阻越小
C. 电阻并联时,总电阻的倒数等于各支路电阻倒数之和
D. 电阻并联时,总电阻比任何一个支路电阻都要大

(12) 如图 1.12 所示,已知 E 、 U 、 R ,则 $I =$ ()。

- A. $I = (U - E)/R$
B. $I = (E - U)/R$
C. $I = (U + E)/R$
D. $I = -(U + E)/R$

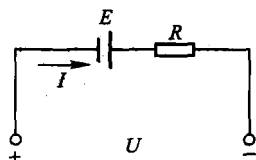


图 1.12

(13) 如图 1.13 所示电路,电流 I 为()。

- A. 1 A B. 2 A C. 4 A D. 6 A

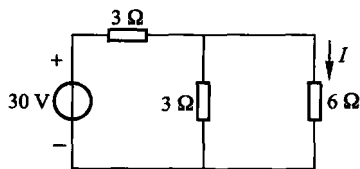


图 1.13

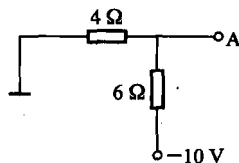


图 1.14

(14) 如图 1.14 所示电路,A 点的电位 U_A 为()。

- A. -10 V B. -6 V C. -4 V D. 0 V

(15) 一个电容器两端的电压为 40 V,它所带的电荷量为 0.4 C,若把它两端的电压降到