

策划编辑：李灵芝  
责任编辑：任瑞丽  
封面设计：蒋碧君

• 广西普通高等教育专升本考试 •

|       |       |
|-------|-------|
| 专用教材  | 语文    |
|       | 数学    |
|       | 英语    |
|       | 电子与信息 |
|       | 财经商贸  |
| 考前冲刺卷 | 教育与体育 |
|       | 语文    |
|       | 数学    |
|       | 英语    |
|       | 电子与信息 |
|       | 财经商贸  |
|       | 教育与体育 |



定价：68.00元

广西普通高等教育专升本考试专用教材·电子与信息

华腾新思专升本考试研究中心 主编

北京邮电大学出版社



依据2026年《广西普通高等教育专升本考试大纲与说明》编写

广西

华腾新思专升本考试研究中心 主编

普通高等教育专升本考试专用教材

电子与信息



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

依据2026年《广西普通高等教育专升本考试大纲与说明》编写

# 广西

华腾新思专升本考试研究中心 主编

## 普通高等教育专升本考试专用教材

# 电子与信息



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书参照《广西普通高等教育专升本考试大纲与说明(电子与信息大类)》编写。全书包括“电工电子技术基础”“C 语言程序设计”“计算机网络基础”三章。每章又细分为不同的小节,每节设置了“考点集结”“考试情报站”“考点精讲”“巩固演练”四个栏目,旨在帮助考生梳理知识内容,并通过讲练结合的方式强化考生对基础知识的理解与运用。

本书既可作为参加广西普通高等教育专升本考试的考生的复习资料,也可作为广大专科学校学生的学习资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

广西普通高等教育专升本考试专用教材. 电子与信息 /  
华腾新思专升本考试研究中心主编. -- 北京: 北京邮电  
大学出版社, 2025. -- ISBN 978-7-5635-7645-6

I. G724.4

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025CP6773 号

策划编辑: 李灵芝      责任编辑: 任瑞丽      封面设计: 蒋碧君

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185    传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市众誉天成印务有限公司

开 本: 880 mm×1 230 mm    1/16

印 张: 18

字 数: 528 千字

版 次: 2025 年 9 月第 1 版

印 次: 2025 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-7645-6

定 价: 68.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

服务电话: 400-615-1233



PREFACE

# 前言

广西普通高等教育专升本考试(以下简称广西专升本考试)是广大考生提升学历、实现自我价值的重要途径,报考人数众多,竞争日益激烈。尤其是实行统考以来,广西专升本考试呈现出一些新的趋势:题型灵活多变,更加注重对基础知识、应用能力及考生的综合素质的考查。

电子与信息大类作为广西专升本考试的专业课之一,一直都是考生备考的重点。为了帮助广大考生系统、全面、精准、高效地复习备考,我们特组织具有丰富教研经验的教研员,以广西专升本考试电子与信息大类科目的考试大纲为依据,深入研究近几年考试的命题情况,紧密结合考生的学习特点,精心编写了这本复习教材。

本书具有以下特色:

## 1. 紧扣考纲,契合考情

本书以广西专升本考试电子与信息大类科目的最新考试大纲为依据进行编写,难度与考试要求高度一致。考生利用本书可以更好地把握考情,强化对基础知识的理解与运用,学习必备的应试技巧,切实提高应试能力。

## 2. 体例科学,栏目丰富

本书经过精心设计,设置了“考点集结”“考试情报站”“考点精讲”“巩固演练”等栏目,以清晰的脉络呈现考生应知应会的知识的全貌,确保考生学习无死角、无遗漏。为便于考生理解知识点,帮助考生对知识形成立体认知,提升应试技能,本书还设置了“典例剖析”“名师点拨”“知识拓展”“学一学”“小提示”等形式新颖的小栏目。

## 3. 讲练结合,提升能力

本书采取讲练结合的方式,在讲解知识点的过程中穿插典型例题,帮助考生明确答题误区,习得解题技巧;还设置了精选的练习题,帮助考生及时巩固所学,查漏补缺,从而有步骤、有计划地掌握所学知识。

专升本考试是人生道路上的一次重要挑战,也是实现梦想的一次宝贵机会。祝愿考生朋友们在即将到来的考试中取得优异成绩,圆梦本科院校!

编 者





## “专用教材” 这样用

### 考点集结

思维导图展示考点，一目了然！

### 考试情报站

考过什么？什么最重要？都在这里了！

### 考点精讲

一网打尽重点难点常考点！

#### 典例剖析

典型例题引领学习

#### 名师点拨

名师点拨解题思路

#### 知识拓展

不能不看的新知识

#### 小提示

提醒关注重要细节

#### 学一学

拓展讲解疑难考点

### 巩固演练

学以致用，精选习题刷起来！





## CONTENTS

# 目录

|            |                 |     |
|------------|-----------------|-----|
| <b>第一章</b> | <b>电工电子技术基础</b> | 1   |
| 第一节        | 电路基本概念与直流电路     | 1   |
| 第二节        | 单相正弦交流电路和动态电路   | 19  |
| 第三节        | 二极管和直流稳压电源电路    | 35  |
| 第四节        | 三极管电路           | 54  |
| 第五节        | 运算放大器电路         | 72  |
| 第六节        | 逻辑代数及门电路基础      | 85  |
| 第七节        | 组合逻辑电路和时序逻辑电路   | 101 |
| <b>第二章</b> | <b>C 语言程序设计</b> | 122 |
| 第一节        | 程序设计和 C 语言      | 122 |
| 第二节        | 数据表现形式及运算       | 129 |
| 第三节        | 顺序程序设计          | 137 |
| 第四节        | 选择结构程序设计        | 146 |
| 第五节        | 循环结构程序设计        | 159 |
| 第六节        | 数组              | 169 |
| 第七节        | 函数              | 178 |
| 第八节        | 指针              | 192 |
| 第九节        | 建立数据类型          | 200 |
| 第十节        | 文件              | 210 |
| <b>第三章</b> | <b>计算机网络基础</b>  | 218 |
| 第一节        | 计算机网络概述         | 218 |
| 第二节        | 物理层             | 230 |
| 第三节        | 数据链路层           | 238 |
| 第四节        | 网络层             | 247 |
| 第五节        | 传输层             | 266 |
| 第六节        | 应用层             | 274 |



# 1

## 第一章

# 电工电子技术基础

### 第一节

## 电路基本概念与直流电路



### 考点集结

#### 电路基本概念与 直流电路

##### 电路的基本物理量

电流

电压

电位

电功率

##### 理想电压源和理想 电流源的特性

理想电压源

理想电流源

##### 万用表的使用

指针式万用表

数字式万用表

##### 电阻的连接及分析

电阻元件

电阻的串联

电阻的并联

##### 基尔霍夫定律

基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电压定律

##### 戴维南定理和叠加定理

戴维南定理

叠加定理

## 考试情报站

| 考纲要求                                                                                                                                                    | 考情分析                                                           | 重难点                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1)了解电路的基本物理量(电流、电压、电位、电功率)的定义;<br>(2)了解理想电压源和理想电流源的特性;<br>(3)掌握使用万用表测量电阻、电压和电流的方法;<br>(4)掌握电阻串联、并联电路的分析;<br>(5)掌握基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律;<br>(6)了解戴维南定理和叠加定理 | 就整个学科体系而言,本节是电工学的基础。<br>知识点覆盖面广,涉及题型多样,所以,考生在复习中要在巩固基础的前提下全面准备 | (1)理想电压源和理想电流源的特性;<br>(2)使用万用表测量电阻、电压和电流的方法;<br>(3)电阻串联、并联电路的分析;<br>(4)基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律 |

## 考点精讲

## 一、电路的基本物理量

## 1. 电流

电流是指单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

$$I = \frac{q}{t}$$

式中: $I$ 为电流,A; $q$ 为电荷量,C; $t$ 为时间,s。

电荷的定向移动形成电流,一般规定正电荷的移动方向为电流的方向。大小和方向都不随时间而改变的电流,称为直流。大小和方向随时间做周期性变化的电流,称为交流。

## 2. 电压

电压是指电路中任意两点之间的电位之差,即

$$V_a - V_b = U_{ab}$$

电压的单位为V。电压的方向由高电位点指向低电位点。

## 3. 电位

电位是指电路中某一点相对于参考点的电压,如电路中某一点 $a$ 的电位可以表示成 $V_a$ ,单位为V。电位没有方向,但有相对于参考点的正、负电位,规定高于参考点的电位为正,反之为负。

## 4. 电功率

电功率是指负载设备(用电器)在单位时间内所消耗的电功率,即

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

## 学一学

电能,也称电功,是指在电场力作用下,正电荷定向移动形成的电流所做的功,即 $W=UIt$ 。式中: $W$ 为电能(电功),J; $U$ 为电路两端的电压,V; $I$ 为电路中的电流,A; $t$ 为通电时间,s。在生活中,电功的常用单位是kW·h(千瓦时,俗称度),它和焦耳的换算公式为 $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$ 。

式中:  $P$  为电功率,  $W$ ;  $W$  为电能(电功),  $J$ ;  $t$  为完成电功所用的时间,  $s$ 。

### 典例剖析

1. (单项选择题) 单位是千瓦时( $kW \cdot h$ )的物理量是( )。

- A. 电压  
B. 电能  
C. 电功率  
D. 电位

**解析** B 电功(电能)的单位是  $kW \cdot h$ , 电压和电位的单位都是  $V$ , 电功率的单位是  $W$ 、 $kW$ 。

2. (填空题) 图 1-1-1 所示电路中, 已知  $V_a = 10 V$ ,  $V_b = 2 V$ , 则  $c$  点电位为\_\_\_\_\_。

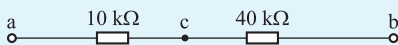


图 1-1-1

**解析** 8.4 V 本题中,  $U_{ab} = V_a - V_b = 10 - 2 = 8(V)$ ,  $I_{ab} = U_{ab} / R_{ab} = 8 / (10 + 40) = 0.16(mA)$ ,  $U_{ac} = I_{ab} R_{ac} = 0.16 \times 10 = 1.6(V)$ , 因此,  $V_c = V_a - U_{ac} = 10 - 1.6 = 8.4(V)$ 。

## 二、理想电压源和理想电流源的特性

### 1. 理想电压源

任何一个实际电源, 都可以用恒定电动势  $E$  和内阻  $r_0$  串联的电路来表示, 称之为电压源, 如图 1-1-2 虚线框内所示。电压源是以输出电压的形式向负载供电的, 输出电压的大小为  $U = E - I r_0$ 。如果电源内阻  $r_0 = 0$ , 电源始终输出恒定电压  $U = E$ , 把内阻  $r_0 = 0$  的电压源称为理想电压源, 电路符号如图 1-1-3(a) 所示。直流理想电压源也常用图 1-1-3(b) 表示。

### 学一学

电动势是指静电力把正电荷由负极经过电源内部移到正极所做的功与被移送的电荷量之间的比值。电动势用  $E$  表示, 其单位为  $V$ 。电动势的正方向由电源的负极(低电位点)指向正极(高电位点)。

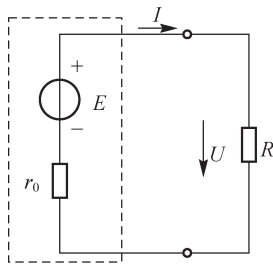


图 1-1-2 实际电压源电路符号

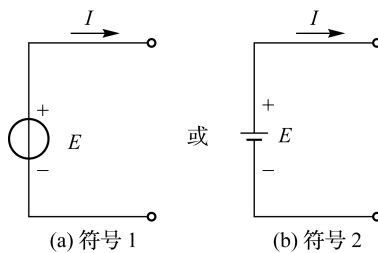


图 1-1-3 理想电压源电路符号

### 2. 理想电流源

电流源是一种不断向外电路输出电流的装置。实际电流源如图 1-1-4(a) 虚线框内电路所示,  $I_s$  为电流源的定值电流,  $r_0$  为电流源的内阻。根据 KCL 可得  $I = I_s - \frac{U}{r_0}$ , 式中,  $\frac{U}{r_0}$  为内阻上的电流,  $I$  为电流源的输出电流。实际电流源内阻越大, 内部分流越小。当  $r_0 = \infty$  时, 输出电流  $I$  接近于定值电流  $I_s$ , 即与输出电压无关, 这种情况下的电流源称为理想电流源, 电路符号如图 1-1-4(b) 所示。

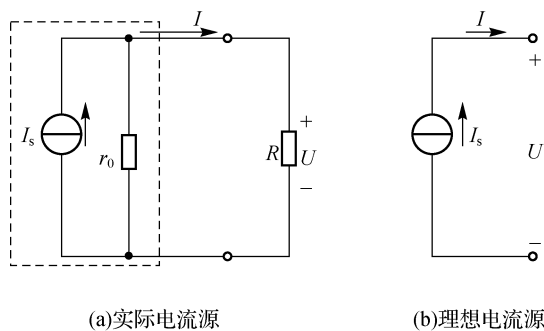


图 1-1-4 实际电流源与理想电流源电路符号

同一个电源既可以用电压源来表示,也可以用电源来表示,而且两者之间可以等效互换,如图 1-1-5 所示。

其表达式为

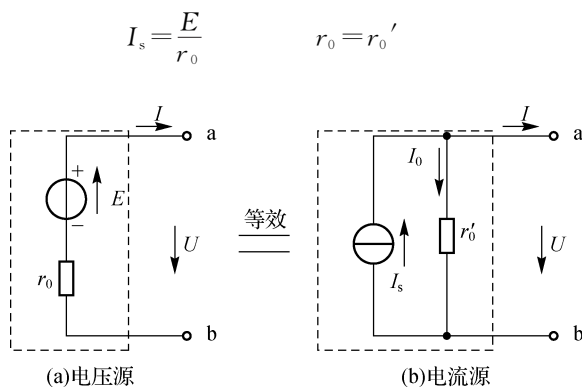


图 1-1-5 电压源与电流源的等效变换

### 名师点拨

电压源与电流源的等效变换只是对外电路,即对图中虚线框的外部而言,两种电源内部并不等效。由于理想电压源的内阻定义为零,理想电流源的内阻定义为无穷大,因此两者之间不能进行等效变换。电压源中的电动势  $E$  和电流源中的恒定电流  $I_s$  在电路中应保持方向一致,即  $I_s$  的方向从  $E$  的“—”端指向“+”端。

## 三、万用表的使用

常用的万用表有指针式和数字式两种。

### 1. 指针式万用表

#### 1) 主要结构

MF47 型指针式万用表的基本结构分为面板、表头与表盘、测量线路及转换开关等四个部分。MF47 型指针式万用表面板结构如图 1-1-6 所示。

MF47 型指针式万用表内部的原理电路如图 1-1-7 所示。通过挡位转换,串联不同阻值的电阻(见图 1-1-7 中 5 挡、6 挡),将其改装成不同量程的电压表;通过并联不同阻值的电阻(见图 1-1-7 中 1 挡、2 挡),将其改装成不同量程的电流表;通过与内部电源和电阻连接(见图 1-1-7 中 3 挡、4 挡),可以测量外部电阻的阻值等。

MF47 型指针式万用表有六条标度尺(见图 1-1-8),它们分别代表了各自的测量项目。在欧姆标度尺上只有一组数字,为测量电阻专用。转换开关选择“ $R \times 1$ ”挡时,应在标度尺上直接读取数据。在选择其他挡位时,应乘以相应倍率。例如,选择“ $R \times 1 \text{ k}$ ”挡时,就要对已读取的数据乘以 1 000。



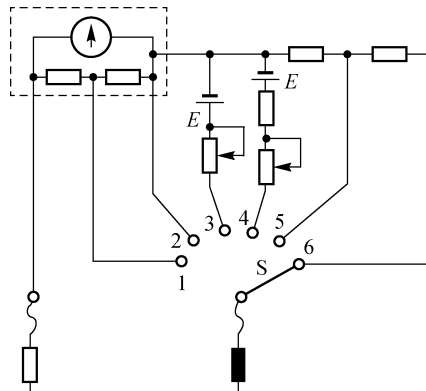


图 1-1-7 MF47 型指针式万用表内部的原理电路

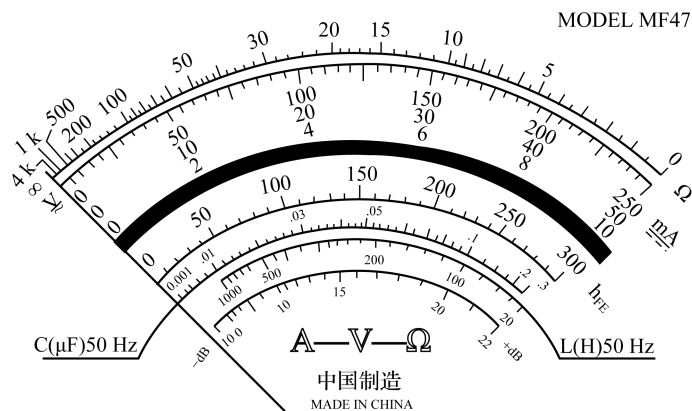


图 1-1-8 MF47 型指针式万用表的表盘示意图

### 名师点拨

欧姆标度尺的刻度是不均匀的,当指针停留在两条刻度线之间的某位置时,估读数据要根据左边和右边刻度缩小和扩大的趋势进行,尽量减小读数误差。

(3)测量时,应根据被测量的种类和量程,调准转换开关的位置。合适的量程标准:测量电压、电流时,一般以万用表的指针偏转到满刻度的  $2/3$  左右位置时为合适量程。测量电阻时,以万用表的指针偏转到电阻挡中心位置时为合适量程。



(4)测量电压时,表笔应与被测电路并联。

(5)测量电流时,万用表串联到被测电路中。

(6)测量电阻时,直接将表笔跨接在被测电阻的两端。测量前或每次更换倍率挡时,都应重新调整欧姆零点。还应注意,不允许用手同时触及被测电阻两端,以避免并联上人体电阻使读数减小,造成测量误差。

(7)万用表测量完毕,应将转换开关置于交流电压的最高量程挡。

### 典例剖析

(实验题)图 1-1-9(a)为某同学组装完成的简易万用表的电路图, $E$  是电池, $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$  和  $R_5$  是固定电阻, $R_6$  是可变电阻;表头  $G$  的满偏电流为  $250\ \mu\text{A}$ ,内阻为  $480\ \Omega$ 。虚线方框内为换挡开关, $A$  端和  $B$  端分别与两表笔相连。该万用表有 5 个挡位,5 个挡位为:直流电压  $1\ \text{V}$  挡和  $5\ \text{V}$  挡,直流电流  $1\ \text{mA}$  挡和  $2.5\ \text{mA}$  挡,欧姆  $\times 100\ \Omega$  挡。

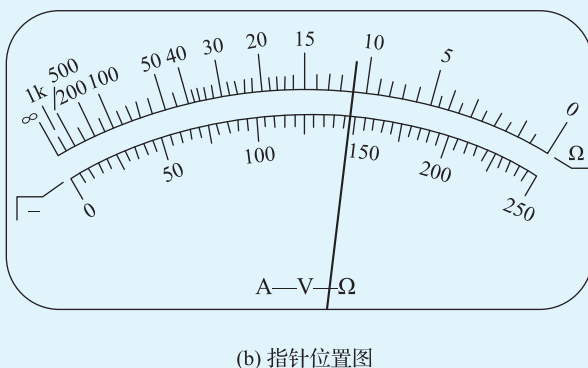
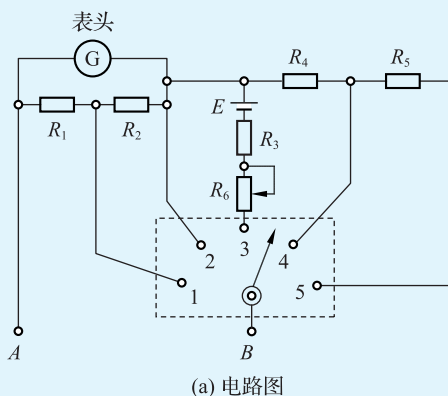


图 1-1-9 实验题示意图

(1)图 1-1-9(a)中的  $A$  端与\_\_\_\_\_ (填“红”或“黑”)色表笔相连接。

(2)关于  $R_6$  的使用,下列说法正确的是\_\_\_\_\_ (填正确答案标号)。

- A. 在使用万用表之前,调整  $R_6$  使电表指针指在表盘左端电流“0”位置
- B. 使用欧姆挡时,先将两表笔短接,调整  $R_6$  使电表指针指在表盘右端电阻“0”位置
- C. 使用电流挡时,调整  $R_6$  使电表指针尽可能指在表盘右端电流最大位置

(3)某次测量时该万用表指针位置如图 1-1-9(b)所示。若此时  $B$  端与“1”相连,则万用表读数为\_\_\_\_\_ ;若此时  $B$  端与“3”相连,则读数为\_\_\_\_\_ ;若此时  $B$  端与“5”相连,则读数为\_\_\_\_\_ 。(结果均保留 3 位有效数字)

**解析** (1)黑 (2)B (3) $1.47\ \text{mA}$   $1.10 \times 10^3\ \Omega$   $2.95\ \text{V}$

(1)黑表笔与欧姆表内电源正极相连。(2) $R_6$  的作用是将欧姆表调零,即使用欧姆挡时,先将两表笔短接,调整  $R_6$  使电表指针指在表盘右端电阻“0”位置。(3)若  $B$  端与“1”相连,则万用表是量程为  $2.5\ \text{mA}$  的电流表,则读数为  $1.47\ \text{mA}$ ;若  $B$  端与“3”相连接,万用表是欧姆  $\times 100\ \Omega$  挡,则读数为  $1.10 \times 10^3\ \Omega$ ;若此时  $B$  端与“5”相连接,万用表是量程为  $5\ \text{V}$  电压表,则读数为  $2.95\ \text{V}$ 。

## 2. 数字式万用表

### 1) 主要结构

DT-890B<sup>+</sup>型数字式万用表是性能稳定、可靠性高且具有高度防震的多功能、多量程测量仪表,其面板结构如图 1-1-10 所示,包括 LCD 液晶显示器、电源开关、量程转换开关、电容插孔等。

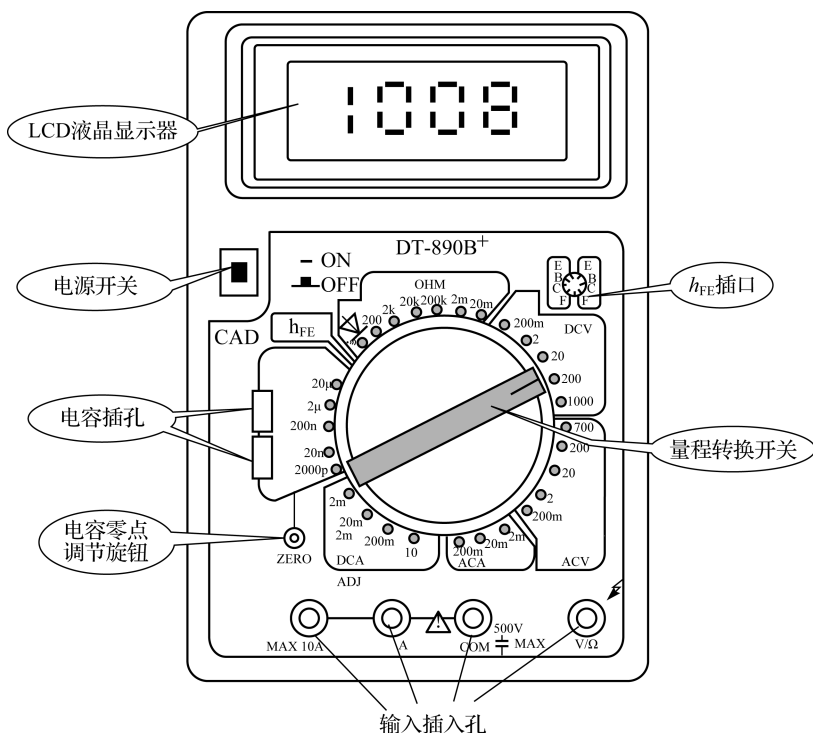


图 1-1-10 DT-890B<sup>+</sup>型数字式万用表面板结构图

### 2) 使用及测量注意事项

- (1) 将电源开关置于 ON 状态,液晶显示器应有符号显示。若此时显示电池形符号,应更换表内的电池。
- (2) 表笔插孔旁的符号,表示测量时输入电流、电压不得超过量程规定值,否则将损坏内部测量线路。
- (3) 测量前转换开关应置于所需量程。若显示器只显示“1”,表示量程选择偏小,转换开关应置于更高量程。
- (4) 测量完毕,应将转换开关置于“OFF”挡。

## 四、电阻的连接及分析

### 1. 电阻元件

#### 1) 电阻与电阻器

电阻元件是电路中最基本的元件。在温度不变时,一定材料制成的导体的电阻与它的长度成正比,与它的横截面积成反比。这个实验规律称为电阻定律,公式为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中: $R$  为导体的电阻, $\Omega$ ; $\rho$  为与制成导体的材料有关的物理量,称为电阻率或电阻系数, $\Omega \cdot \text{m}$ ;  $l$  为导体的长度, $\text{m}$ ;  $S$  为导体的横截面积, $\text{m}^2$ 。

利用电阻的这种特性制成的元件成为电阻器,简称电阻。

## 知识拓展

导体电阻的大小与温度有关。通常情况下,纯金属的电阻随温度的升高而增大。有的合金(如康铜和锰铜)的电阻与温度变化的关系不大,因此该材料适宜制造标准电阻器。而碳材料的电阻或半导体材料的电阻会随温度的升高而减小。有些材料的电阻在一定温度条件下会降为零,这种现象称为超导现象,这种材料称为超导材料。

## 2) 电阻器的主要参数

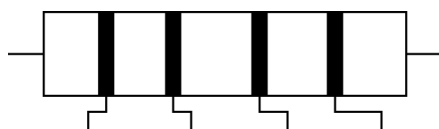
电阻器的主要参数有标称阻值(简称阻值)、允许误差和额定功率等。电阻器阻值的标注方法有直标法、文字符号法、数码法和色标法。

(1)直标法。直标法是用数字和单位符号直接标称电阻值,并标注在电阻器上,如“15W0.1Ω”,表示额定功率为15W,标称阻值为0.1Ω,允许误差为±5%。

(2)文字符号法。文字符号法用数字和文字符号组合在一起,文字符号前面的数字表示整数阻值,文字符号后面的数字表示小数点后面的小数阻值,文字符号表示单位,如“5R60”,表示标称阻值为5.6Ω,其中,R表示单位Ω。

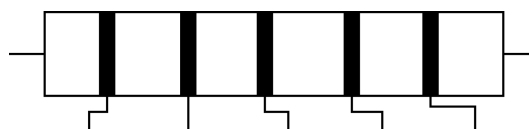
(3)数码法。数码法用3位数码表示,数码从左到右,前两位表示电阻的有效值,第三位表示倍率(即乘以10的多少次幂),单位为Ω,如“201”表示标称阻值为 $20 \times 10^1 = 200(\Omega)$ 。

(4)色标法。色标法使用颜色环表示电阻器的阻值和允许误差,用不同的颜色代表不同的数值。普通电阻器采用四色环标注法,精密电阻器采用五色环标注法,分别如图1-1-11和图1-1-12所示。



| 颜色 | 第一色环<br>第一位数 | 第二色环<br>第二位数 | 第三色环<br>倍率 | 第四色环<br>误差 |
|----|--------------|--------------|------------|------------|
| 黑  | 0            | 0            | $10^0$     | —          |
| 棕  | 1            | 1            | $10^1$     | —          |
| 红  | 2            | 2            | $10^2$     | —          |
| 橙  | 3            | 3            | $10^3$     | —          |
| 黄  | 4            | 4            | $10^4$     | —          |
| 绿  | 5            | 5            | $10^5$     | —          |
| 蓝  | 6            | 6            | $10^6$     | —          |
| 紫  | 7            | 7            | $10^7$     | —          |
| 灰  | 8            | 8            | $10^8$     | —          |
| 白  | 9            | 9            | $10^9$     | —          |
| 金  | —            | —            | $10^{-1}$  | ±5%        |
| 银  | —            | —            | $10^{-2}$  | ±10%       |

图 1-1-11 四色环标注法



| 颜色 | 第一色环<br>第一位数 | 第二色环<br>第二位数 | 第三色环<br>第三位数 | 第四色环<br>倍率 | 第五色环<br>误差 |
|----|--------------|--------------|--------------|------------|------------|
| 黑  | 0            | 0            | 0            | $10^0$     | —          |
| 棕  | 1            | 1            | 1            | $10^1$     | ±1%        |
| 红  | 2            | 2            | 2            | $10^2$     | ±2%        |
| 橙  | 3            | 3            | 3            | $10^3$     | —          |
| 黄  | 4            | 4            | 4            | $10^4$     | —          |
| 绿  | 5            | 5            | 5            | $10^5$     | ±0.5%      |
| 蓝  | 6            | 6            | 6            | $10^6$     | ±0.2%      |
| 紫  | 7            | 7            | 7            | $10^7$     | ±0.1%      |
| 灰  | 8            | 8            | 8            | $10^8$     | —          |
| 白  | 9            | 9            | 9            | $10^9$     | —          |
| 金  | —            | —            | —            | $10^{-1}$  | ±5%        |
| 银  | —            | —            | —            | $10^{-2}$  | ±10%       |

图 1-1-12 五色环标注法

## 典例剖析

1. (单项选择题)某标识为“470”的贴片电阻元件,其电阻值是( )。

- A. 470 Ω      B. 47 Ω      C. 470 kΩ      D. 47 kΩ

**解析** B 标识为“470”的贴片电阻元件,其电阻值为  $47 \times 10^0 = 47(\Omega)$ 。



2. (单项选择题) 某四色环电阻两端电压为 4.7 V, 通过的电流为 0.1 A, 则这个电阻前三个色环颜色为( )。

- A. 黄紫棕  
C. 黄紫黑

- B. 绿紫黑  
D. 黄绿棕

**解析 C** 四色环电阻的编码规则: ①第一、二环分别代表电阻值的第一位和第二位有效数字; ②第三环代表倍率(即 10 的多少次幂); ③第四环代表电阻的误差。根据题目, 电阻两端的电压为 4.7 V, 通过的电流为 0.1 A, 所以电阻  $R = 4.7/0.1 = 47(\Omega)$ 。47=47×10<sup>0</sup>, 4 对应黄色、7 对应紫色、0 对应黑色。

## 2. 电阻的串联

电阻串联电路具有以下特点。

(1) 电阻特点。串联电路的总电阻(等效电阻)等于各个电阻的阻值之和, 即

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

(2) 电压特点。电路两端总电压等于各串联电阻两端电压之和, 即

$$U_{\text{总}} = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n$$

(3) 电流特点。串联电路中各个电阻上的电流都相等, 即

$$I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n$$

(4) 功率特点。

①电阻串联电路的总功率等于各电阻的功率之和, 即

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

②串联电路中各电阻上消耗的功率与它的电阻成正比, 即

$$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \frac{P_3}{R_3} = \cdots = \frac{P_n}{R_n}$$

(5) 分压特点(分压公式)。两个电阻串联, 则电阻  $R_1$ 、 $R_2$  上的电压分别为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{\text{总}}$$

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{总}}$$

### 名师点拨

在某一个电路中同时存在电阻串联和电阻并联, 称为混联电路。

对于较为复杂的电阻混联电路, 一般不容易判断出各电阻的串、并联关系, 就无法求得等效电阻。遇到这种情况, 较为有效的办法就是画出等效电路图, 即把原电路图整理为较为直观的串、并联关系的电路图, 然后再计算其等效电阻。

## 3. 电阻的并联

电阻并联电路具有以下特点。

(1) 电阻特点。并联电路总电阻(等效电阻)的倒数等于各个支路电阻阻值的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

$n$  个阻值相同的电阻  $R$  并联后总电阻等于  $R/n$ 。

(2) 电压特点。并联电路中电阻两端的电压相等, 即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n$$

(3) 电流特点。并联电路中总电流等于各支路电流之和, 即

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n$$

(4) 功率特点。并联电路中电阻的总功率等于各电阻的功率之和, 即

$$P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots + P_n$$

(5) 分流特点(分流公式)。两个电阻  $R_1$ 、 $R_2$  并联, 电阻  $R_1$ 、 $R_2$  上分得的电流分别为

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_{\text{总}}$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I_{\text{总}}$$

### 典例剖析

1. (判断题) 串联电路和并联电路中, 消耗的总功率都等于各个电阻消耗功率的和。 ( )

**解析** ✓ 串联电路中, 各处的电流  $I$  相等, 总电压等于各分电压之和, 即  $U = U_1 + U_2 + \cdots$ , 电路消耗的总功率  $P = UI = (U_1 + U_2 + \cdots)I = U_1I + U_2I + \cdots = P_1 + P_2 + \cdots$ ; 并联电路中, 各支路两端的电压相等, 干路电流等于各支路电流之和, 即  $I = I_1 + I_2 + \cdots$ , 电路消耗的总功率  $P = UI = U(I_1 + I_2 + \cdots) = UI_1 + UI_2 + \cdots = P_1 + P_2 + \cdots$ 。因此, 无论是串联电路还是并联电路总功率等于各用电器消耗的电功率之和。

2. (应用题) 图 1-1-13 所示电路中, 已知  $E = 20 \text{ V}$ ,  $R_0 = 8 \Omega$ ,  $R_1 = 4 \Omega$ ,  $R_2 = 5 \Omega$ ,  $R_3 = 4 \Omega$ 。

(1) 当  $R_4$  为多大时, 可获得最大功率?

(2) 最大功率是多少?

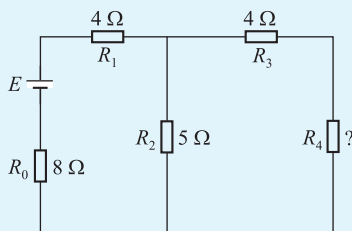


图 1-1-13

**解析** (1) 设  $R_1 \sim R_4$  混联后的电阻为  $R_5$ , 可得

$$R_5 = R_1 + \frac{R_2 \times (R_3 + R_4)}{R_2 + (R_3 + R_4)}$$

令  $R_0$  为电源的内阻,  $R_5$  的功率为

$$P = I^2 R_5 = \left( \frac{E}{R_0 + R_5} \right)^2 \times R_5 = \frac{E^2}{\frac{(R_0 - R_5)^2}{R_5} + 4R_0}$$

可知, 当  $R_5 = R_0$  时,  $R_5$  的功率最大, 可得

$$R_5 = R_1 + \frac{R_2 \times (R_3 + R_4)}{R_2 + (R_3 + R_4)} = R_0 = 8 (\Omega)$$

代入数据, 求出  $R_4 = 16 \Omega$ , 即当  $R_4$  为  $16 \Omega$  时, 可获得最大功率。

(2) 最大功率为

$$P_{\text{max}} = \frac{E^2}{4R_0} = \frac{20^2}{4 \times 8} = 12.5 (\text{W})$$

## 五、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律既适用于直流电路(线性电路),又适用于交流电路和含有电子元件的非线性电路。

电路结构中的几个名词如下。

(1)支路。电路中每个流过同一个电流的分支称为支路,图 1-1-14 中  $adc$ ,  $abc$ ,  $aR_3c$  分别组成了三条支路。

(2)节点。三条或三条以上支路的公共连接点称为节点,图 1-1-14 中  $a$  和  $c$  都是节点,而  $b$  和  $d$  则不是节点。

(3)回路。电路中任一闭合的路径称为回路,如图 1-1-14 中  $R_3cbaR_3$ ,  $abcda$ ,  $aR_3cda$  都是回路。只有一个回路的电路称为单回路。

(4)网孔。内部不含有支路的回路称为网孔,图 1-1-14 中  $aR_3cba$  和  $abcda$  两个回路中均不含支路,是网孔。而回路  $aR_3cda$  中含有支路  $abc$ ,因而不是网孔。网孔一定是回路,但回路不一定是网孔。

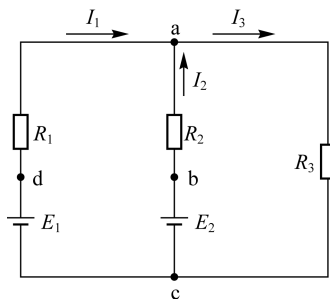


图 1-1-14 复杂直流电路图

### 1. 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律简称 KCL,又称节点电流定律,其基本内容是:在任意瞬间,流进任一节点的电流之和恒等于流出这个节点的电流之和,即

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

在图 1-1-15 所示的电路中,对于节点  $a$ ,应用基尔霍夫电流定律可写出  $I_1 + I_4 = I_2 + I_3 + I_5$ ,如果规定流入节点的电流为正值,流出节点的电流为负值,上式可改写为  $I_1 + I_4 - I_2 - I_3 - I_5 = 0$ ,写成一般形式为

$$\sum I = 0$$

即在任意瞬间通过电路中任一节点的电流代数和恒等于零。这是 KCL 的另一种表达形式。

#### 名师点拨

KCL 具有普遍意义,它通常用于电路中的节点,也可以将节点推广到电路中的一个闭合的假定封闭面,那么流入封闭面的电流等于流出封闭面的电流。

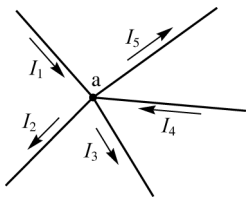


图 1-1-15 基尔霍夫电流定律示意图



### 典例剖析

(单项选择题)图 1-1-16 所示电路中,电流  $I$  的大小为( )。

A. 12 A

B. -2 A

C. -12 A

D. 2 A

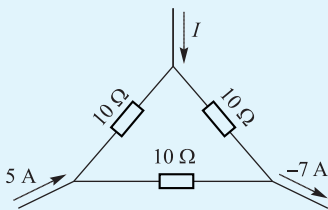


图 1-1-16 电路示意图

**解析** C 根据 KCL 定律,  $I = -7 - 5 = -12(\text{A})$ 。这里应注意, KCL 定律可应用于任意假定的封闭面。

### 2. 基尔霍夫电压定律

基尔霍夫电压定律简称 KVL, 又称回路电压定律, 基本内容是: 在任意瞬间沿电路中任一回路绕行一周, 各段电压的代数和恒等于零, 即

$$\sum U = 0$$

图 1-1-17 所示的电路, 选取绕向为顺时针方向, 则利用 KVL 可表示为

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_4 - U_5 = 0$$

由于  $U_1 = I_1 R_1$ ,  $U_2 = I_2 R_2$ ,  $U_3 = I_3 R_3$ ,  $U_4 = E_1$ ,  $U_5 = E_2$ , 分别代入上述公式, 可得

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_1 + E_2$$

写成一般形式为

$$\sum E = \sum IR$$

即在任一回路中, 电动势的代数和恒等于各电阻上电压降的代数和, 这是 KVL 的另一种表达形式。

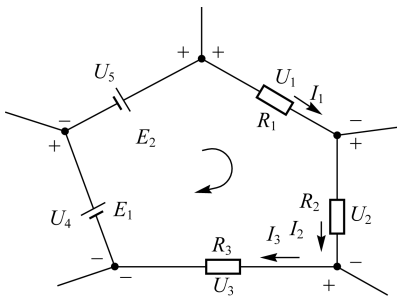


图 1-1-17 基尔霍夫电压定律示意图

### 名师点拨

(1) 在应用公式  $\sum U = 0$  列电压方程时, 首先要选取回路绕行方向, 可按顺时针方向, 也可按逆时针方向; 其次确定各段电压的参考方向。这里规定, 凡电压的参考方向和回路绕行方向一致时该电压取正值, 反之则取负值。

(2) 在应用公式  $\sum E = \sum IR$  列方程时, 要根据电位确定方向。当起点电位高于终点电位时, 所取电压为正值; 而当起点电位低于终点电位时, 所取电压为负值。

(3) KVL 不仅可以应用于任一闭合回路, 而且可以应用于任一不闭合的电路。基尔霍夫电压定律的推广定律: 电路中某两点 a 和 b 之间的电压等于从 a 点到 b 点所经路径上全部电压的代数和。

对于一个复杂电路,以各条支路为未知量,先假定各个支路的电流的参考方向和回路方向,再根据基尔霍夫定律列出方程式进行计算的方法称为支路电流法。

支路电流法求解电路的一般步骤如下。

- (1) 首先找出复杂电路的支路数  $m$ 、节点数  $n$  和网孔数,然后任意假设各支路电流的参考方向和网孔的绕行方向。
- (2) 根据 KCL 列出  $n-1$  个独立的节点电流方程。
- (3) 根据 KVL 列出  $m-(n-1)$  个独立的回路电压方程。
- (4) 代入数据,联立方程组求得各支路电流。

### 名师点拨

确定各支路电流的实际方向。当计算结果为正时,说明电流的实际方向和参考方向相同,若计算结果为负值,则说明电流的实际方向与假设的参考方向相反。

### 典例剖析

(应用题) 已知电路如图 1-1-18 所示,  $E_1 = 12\text{ V}$ ,  $E_2 = 12\text{ V}$ ,  $R_1 = 3\ \Omega$ ,  $R_2 = 6\ \Omega$ ,  $R_3 = 6\ \Omega$ 。试用支路电流法求各支路电流的大小和方向。

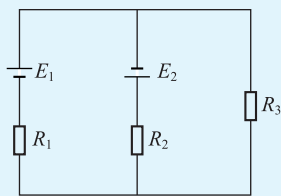


图 1-1-18 应用题电路

**解析** 此电路的支路数  $m=3$ , 节点数  $n=2$ , 所以需列出 1 个节点的电流方程, 2 个网孔的电压方程。标注电流参考方向、网孔和元件电压正负极的电路如图 1-1-19 所示。

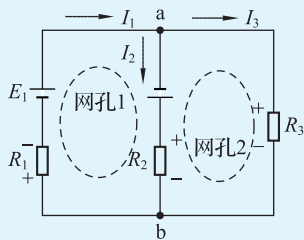


图 1-1-19 标注电流参考方向、网孔和元件电压正负极的电路

根据基尔霍夫定律列出三个方程

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ -E_2 + I_2 \times R_2 + I_1 \times R_1 - E_1 = 0 \\ I_3 \times R_3 - I_2 \times R_2 + E_2 = 0 \end{cases}$$

代入已知数据,解方程组,得

$$\begin{cases} I_1 = 3\text{ A} \\ I_2 = 2.5\text{ A} \\ I_3 = 0.5\text{ A} \end{cases}$$

各支路电流均为正数,表明它们的实际方向与图中所标定的参考方向相同。





## 六、戴维南定理和叠加定理

### 1. 戴维南定理

#### 1) 二端网络

在电路分析中,任何具有两个引出端的部分电路都可称为二端网络。二端网络中,如果含有电源就称为有源二端网络,如图 1-1-20(a)所示;如果没有电源则称为无源二端网络,如图 1-1-20(b)所示。电阻的串联、并联、混联电路都属于无源二端网络,它总可以用一个等效电阻来替代,而一个有源二端网络则可以用一个等效电压源来代替。

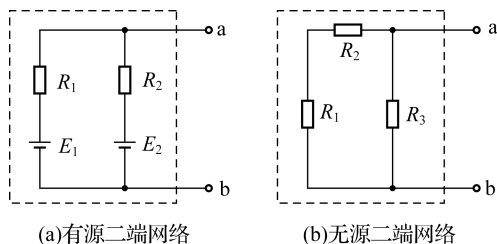


图 1-1-20 二端网络

#### 2) 戴维宁定理的内容

对外电路来说,线性有源二端网络可以用一个理想电压源和一个电阻的串联组合来代替。理想电压源的电压等于该有源二端网络两端点间的开路电压,用  $U_0$  表示;电阻则等于该网络中所有电源都不起作用时(电压源短接,电流源切断)两端点间的等效电阻,用  $R_0$  表示。

#### 3) 应用戴维宁定理的解题步骤

应用戴维宁定理求某一支路电流和电压的步骤如下。

- (1) 把复杂电路分成待求支路和有源二端网络两部分。
- (2) 把待求支路移开,求出有源二端网络两端点间的开路电压  $U_0$ 。
- (3) 把网络内各电压源短路,切断电流源,求出无源二端网络两端点间的等效电阻  $R_0$ 。
- (4) 画出等效电压源图。该电压源的电动势  $E=U_0$ ,内阻  $r_0=R_0$ ,并将其与待求支路接通,形成与原电路等效的简化电路,用欧姆定律或基尔霍夫定律求支路的电流或电压。

### 2. 叠加定理

#### 1) 叠加定理的内容

在线性电路中,任一支路中的电流(或电压)等于各个电源单独作用时,在此支路中所产生的电流(或电压)的代数和。

#### 2) 应用叠加定理的解题步骤

(1) 基本步骤。应用叠加定理求复杂电路,可将电路等效变换成几个简单电路,然后将计算结果叠加,求得原来电路的电流、电压。

(2) 注意事项。在等效变换过程中,要保持电路中所有电阻不变(包括电源内阻),假定电路中只有一个电源起作用,而

#### 名师点拨

运用叠加定理求支路电流和负载电压的方法虽然可行,但过程比较烦琐,因而在计算复杂电路时不常采用。而且,运用叠加定理只能计算电路中的电压或电流,而不能用于计算功率。因为功率与电流(或电压)之间的关系不是线性关系。



将其他电源作多余电源处理,多余电压源作短路处理,多余电流源作开路处理。

### 典例剖析

(单项选择题)观察图 1-1-21 所示电路,下列说法中,正确的是( )。

- A. 此电路为线性电路  
B. 不可以应用基尔霍夫定律计算支路电压和电流  
C. 此电路为非线性电路  
D. 可以应用叠加定理计算支路电压和电流

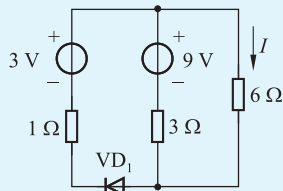


图 1-1-21 电路示意图

**解析** C 因为电路中存在二极管,所以该电路是非线性电路。基尔霍夫定律可以应用于非线性电路。叠加定理只能应用于线性电路。

### 巩固演练

#### 一、单项选择题

- 一根导体的电阻为  $R$ ,若将其从中间对折合并成一根新导线,其阻值为( )。  
A.  $R/2$  B.  $R$   
C.  $R/4$  D.  $R/8$
- 导体的电阻是导体本身的一种性质,以下说法错误的是( )。  
A. 和导体截面积有关 B. 和导体长度有关  
C. 和环境温度无关 D. 和材料性质有关
- 在 1 分钟内流过导体横截面的电荷量为 12 C,则导体中的电流强度是( )。  
A. 12 A B. 0.2 A  
C. 1.2 A D. 1 A
- 4 个电阻阻值均为  $R$ ,并联后电阻的阻值为( )。  
A.  $R$  B.  $4R$   
C.  $0.25R$  D.  $2R$
- 电路如图 1-1-22 示,  $I = ( )$ 。

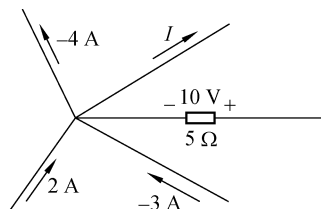


图 1-1-22 电路示意图

- A.  $-3A$  B.  $3A$  C.  $5A$  D.  $-5A$





7. 当外电路开路时,电源端电压等于零。 ( )
8.  $R = \frac{U}{I}$  中的  $R$  是元件参数,它的值是由电压和电流的大小决定的。 ( )
9. 电气设备上的直流电压用字母 AC 标注,交流电压用字母 DC 标注。 ( )
10. 使用万用表测量电阻时,手指可以抓在被测电阻引脚的两端。 ( )

### 三、填空题

1. 参考点的电位为 \_\_\_\_\_, 高于参考点的电位取 \_\_\_\_\_ 值, 低于参考点的电位取 \_\_\_\_\_ 值。
2. 电源电动势  $E=4.5\text{ V}$ , 内阻  $r=0.5\ \Omega$ , 负载电阻  $R=4\ \Omega$ , 则电路中的电流  $I$  为 \_\_\_\_\_ A, 端电压  $U$  为 \_\_\_\_\_ V。
3. 图 1-1-24 所示电路中, 电流  $I=$  \_\_\_\_\_ A。

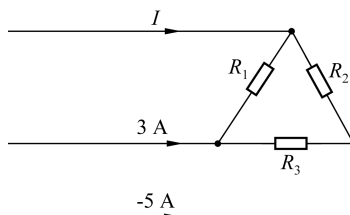


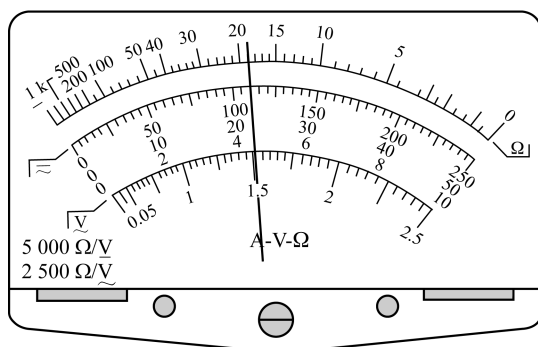
图 1-1-24 电路示意图

4. 家用电烤箱的额定功率为  $2.2\text{ kW}$ , 额定电压为  $220\text{ V}$ ; 在额定工作状态下, 通过电烤箱的电流为 \_\_\_\_\_ A; 若烤制食品半小时, 则需耗电 \_\_\_\_\_ 度。
5. 电阻器常用的三项参数是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。

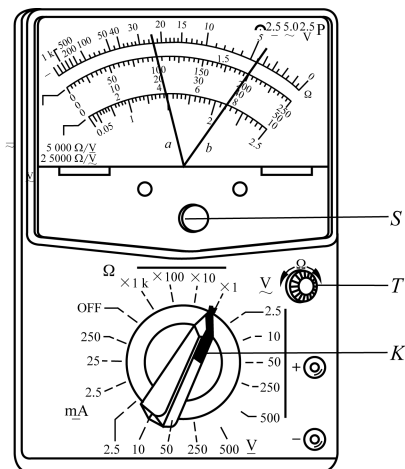
### 四、实验题

万用表是物理实验室常用的仪表之一。

1. 小敏同学测量  $20\text{ V}$  左右的交流电压。
  - (1) 下列操作不合理的是 \_\_\_\_\_。
    - a. 先调节图 4-5-15(b) 中的  $T$  旋钮, 使指针指向左侧零刻度
    - b. 将挡位  $K$  调至  $\text{V } 50\text{ V}$
    - c. 测量并读数
  - (2) 指针位置如图 1-1-25(a) 所示, 则此交变电流的电压为 \_\_\_\_\_。
2. 小白同学用多用表的欧姆挡粗略测量一定值电阻的阻值  $R_x$ , 先把选择开关旋到“ $\times 100$ ”挡位, 测量时发现指针偏转过小, 接下来的操作顺序是 \_\_\_\_\_。
  - a. 将两表笔短接, 调节欧姆挡调零旋钮, 使指针对准刻度盘上欧姆挡的零刻度, 然后断开两表笔
  - b. 旋转选择开关至交流电压最大量程处, 并拔出两表笔
  - c. 将选择开关旋到“ $\times 10$ ”挡
  - d. 将选择开关旋到“ $\times 1\text{ k}$ ”挡
  - e. 将两表笔分别连接到被测电阻的两端, 读出阻值  $R_x$ , 断开两表笔



(a) 指针位置



(b) 万用表

图 1-1-25 实验示意图

### 五、应用题

1. 图 1-1-26 所示电路中, 已知  $R_1=R_2=R_3=R_4=10\ \Omega$ ,  $E_1=12\ \text{V}$ ,  $E_2=9\ \text{V}$ ,  $E_3=18\ \text{V}$ ,  $E_4=3\ \text{V}$ , 用基尔霍夫定律求回路中的电流及 E、A 两端的电压。

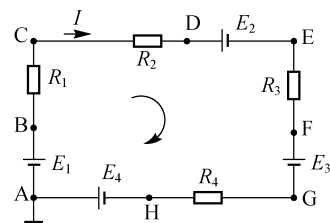


图 1-1-26 电路示意图

2. 电路如图 1-1-27 所示, 要求:

- (1) 计算开关 S 断开时 ab 端口的等效电阻  $R_{ab}$ ;
- (2) 画出开关 S 断开时 cb 端口的戴维南等效电路;
- (3) 计算开关 S 闭合时的电流  $I$ 。

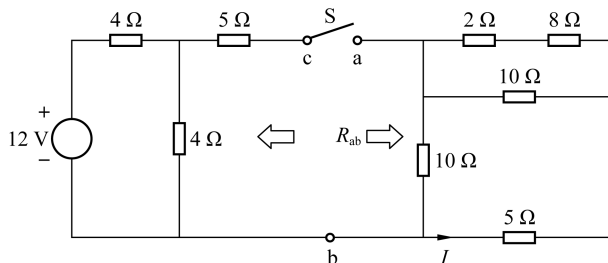


图 1-1-27 电路示意图



## 第二节 单相正弦交流电路和动态电路

### 考点集结

#### 单相正弦交流电路和动态电路

##### 正弦交流电的三要素

角频率

最大值

初相位

##### 正弦交流电波形的分析

正弦交流电波形的分析内容

正弦交流电波形的表达式转化

##### 电容的伏安关系和容抗

电容元件

电容的伏安关系和容抗基本知识

##### 电感的伏安关系和感抗

电感元件

电感的伏安关系和感抗基本知识

##### 换路定律

电路的稳态与瞬态

换路定律的内涵

##### RC电路的充电、放电规律及时间常数

RC放电电路

RC充电电路

##### RL电路的充电、放电规律及时间常数

RL放电电路

RL充电电路

## 考试情报站

| 考纲要求                                                                                                                                        | 考情分析                                               | 重难点                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| (1)了解正弦交流电的三要素;<br>(2)掌握正弦交流电波形的分析;<br>(3)了解电容、电感的伏安关系;<br>(4)了解容抗和感抗的概念;<br>(5)掌握换路定律;<br>(6)了解 RC、RL 电路的充电、放电规律;<br>(7)了解 RC、RL 电路的时间常数概念 | 本节是电工学内容的重点,知识点覆盖面广,题型有一定的深度,所以,考生在复习中要在理解的前提下举一反三 | (1)正弦交流电的三要素;<br>(2)正弦交流电波形的分析;<br>(3)电容、电感的伏安关系;<br>(4)容抗和感抗的概念;<br>(5)换路定律 |

## 考点精讲

一、正弦交流电的三要素<sup>了解</sup>

凡大小和方向随时间作周期性变化的电流、电压和电动势统称为交流电。随时间按照正弦规律变化的交流电称为正弦交流电。在日常生活中广泛采用单相或三相正弦交流电。

正弦交流电的特征表现在变化快慢、变化幅度及起始状态三个方面,它们分别由角频率、最大值(幅值)和初相位来确定。因此,角频率、最大值(幅值)和初相位就称为正弦交流电的三要素。

## 1. 角频率

角频率  $\omega$ , 即交流发电机的线圈旋转的角频率, 单位是 rad/s, 其计算公式为

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

式中:  $T$  为周期, 即正弦交流电完成一次周期性变化所需要的时间, s;  $f$  为频率, 即正弦交流电在 1 s 内完成周期性变化的次数, Hz。

周期与频率之间的关系为

$$f = \frac{1}{T}$$

## 2. 最大值

正弦交流电在某一瞬间的大小称为瞬时值, 用小写字母表示, 如  $e$ 、 $u$ 、 $i$ 。

正弦交流电变化时出现的最大瞬时值, 称为最大值, 也称峰值或幅值, 最大值用带下标 m 的大写字母表示, 如  $E_m$ 、 $U_m$ 、 $I_m$ 。

正弦交流电的大小往往不是用其最大值, 而是常用有效值计量的。交流电的有效值是根据它的热效应确定的。将交流电流  $i$  和直流电流  $I$  分别通过同一电阻  $R$ , 若在相同的时间内产生的热量相等, 则此直流电的数值即为该交流电的有效值。有效值用大写字母表示, 如  $E$ 、 $U$ 、 $I$ 。

理论分析表明, 交流电的有效值和最大值之间有如下关系。

## 学一学

我国的电力系统中, 工业交流电的标准频率为 50 Hz, 简称工频, 周期是 0.02 s。





$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0.707 U_m$$

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = 0.707 E_m$$

### 名师点拨

通常说照明电路的电压是 220 V,就是指有效值,与其对应的交流电压的幅值是 311 V。各种交流电的电器设备上所标的额定电压和额定电流均为有效值。另外,利用交流电流表和交流电压表测量的交流电流和交流电压也都是有效值。

### 典例剖析

1. (单项选择题)我国的照明用电电压是 220 V,它的最大值是( )。

- A. 220 V                      B. 311 V                      C. 380 V                      D. 550 V

**解析** B 我国的照明用电电压是指交流电的有效值,因此,其最大值为  $220 \times \sqrt{2} = 311(\text{V})$ 。

2. (单项选择题)小李同学用万用表交流电压挡测得家中插座电压是 220 V,这是交流电压的( )。

- A. 有效值                      B. 平均值                      C. 最大值                      D. 瞬时值

**解析** A 用交流电工仪表测量出来的电流、电压都是有效值。

3. (判断题)某电器设备耐压值为 280 V,可以将它接入交流 220 V 的线路中。 ( )

**解析** × 因为电器设备的耐压值(280 V)低于交流 220 V 电压的最大值(约 311 V),所以不能将其接入交流 220 V 的线路中。

### 3. 初相位

正弦交流电流表达式为  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$ , 其波形图如图 1-2-1 所示。

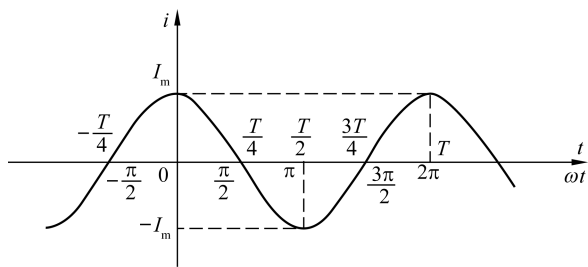


图 1-2-1 正弦交流电流波形图

在式  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$  中,将  $\omega t + \varphi_0$  称为相位,它决定了正弦交流电的变化趋势,可以反映出不同瞬间正弦电流的值。

初相位是  $t=0$  时的相位,用字母  $\varphi_0$  表示。初相位可以为正,可以为负,也可以是零,但规定其绝对值不大于  $180^\circ$ 。

两个同频率正弦量的相位之差称为相位差,如图 1-2-2(a)所示。设  $i_1$  的相位为  $\omega t + \varphi_1$ ,  $i_2$  的相位为  $\omega t + \varphi_2$ , 则其相位差为

$$\varphi = (\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$



相位差是两个频率相同的正弦量进行比较的重要参数。如图 1-2-2(b) 所示,  $\varphi = 0$  称为同相; 如图 1-2-2(c) 所示,  $\varphi = \pm\pi$  称为反相; 如图 1-2-2(d) 所示,  $\varphi = \pm\frac{\pi}{2}$  称为正交。

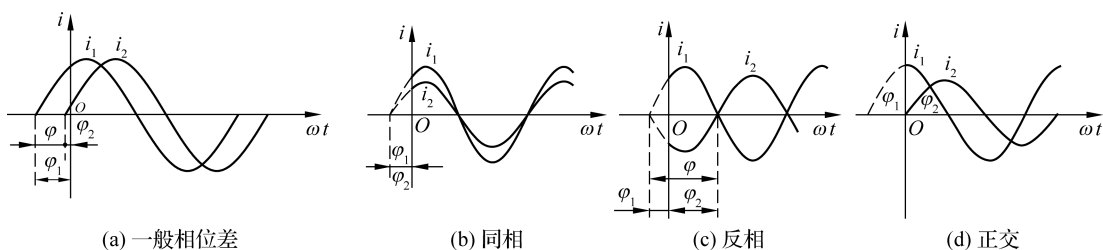


图 1-2-2 相位差示意图

### 典例剖析

(填空题) 已知正弦交流电压  $u_1 = 30\sqrt{2} \sin(314t + 30^\circ)$  V,  $u_2 = 50\sqrt{2} \sin(314t + 120^\circ)$  V, 则  $u_2$  超前  $u_1$  的相位差为\_\_\_\_\_。

**解析**  $90^\circ$  本题中, 相位差  $= 120^\circ - 30^\circ = 90^\circ$ 。

## 二、正弦交流电波形的分析

### 1. 正弦交流电波形的分析内容

正弦交流电波形图的横坐标表示时间或电角度, 纵坐标表示交流电的瞬时值, 从波形图中可以直观地看出正弦交流电的最大值、周期和初相位, 如图 1-2-3 所示。

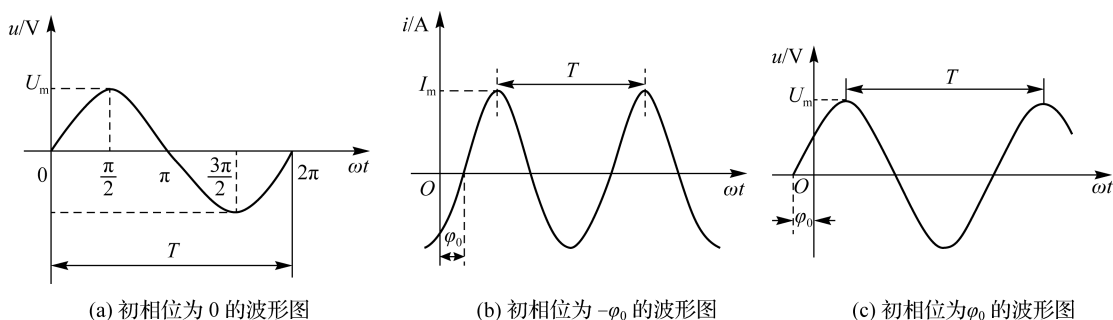


图 1-2-3 正弦交流电波形表示法

### 2. 正弦交流电波形的表达式转化

角频率可通过公式计算得出, 有了最大值、角频率和初相位这三个数值就可以写出交流电的解析表达式。

图 1-2-3(a) 的解析表达式为

$$u = U_m \sin \omega t$$

图 1-2-3(b) 的解析表达式为

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi_0)$$

图 1-2-3 (c) 的解析表达式为

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

### 名师点拨

观察初相位,通常以纵坐标为判断依据。当  $t=0$  时,波形图从原点开始变化,这时的初相位为 0;当  $t=0$  时,波形图从纵坐标的右边开始变化,这时的初相位为负值 ( $-\varphi_0$ );当  $t=0$  时,波形图从纵坐标的左边开始变化,这时的初相位为正值 ( $\varphi_0$ )。总结一句话,初相位的值“左正右负”,以此可根据波形图写出解析表达式。

### 知识拓展

正弦交流电也可以用矢量图表示。矢量图表示法也称为旋转矢量法,是在一个直角坐标系中用绕原点旋转的矢量来表示正弦交流电的方法。其中,矢量的长度表示正弦量的有效值,矢量与  $x$  轴正方向的夹角表示正弦量的初相位,矢量的符号用电量符号加一圆点表示。例如,对于

$$u = 220\sqrt{2}\sin(\omega t + 53^\circ) \text{ V}, \quad i = 0.41\sqrt{2}\sin \omega t \text{ A}$$

它们的有效值矢量图如图 1-2-4 所示。

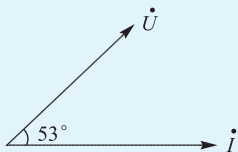


图 1-2-4 正弦交流电的有效值矢量图

## 三、电容的伏安关系和容抗

### 1. 电容元件

(1) 电容。电容器所带的电荷  $Q$  与它两极间的电压  $U$  的比值称为电容器的电容,即

$$C = \frac{Q}{U}$$

电容的单位是 F,常用单位有微法  $\mu\text{F}$  和皮法  $\text{pF}$ ,它们之间的转换关系为

$$1 \text{ F} = 10^6 \mu\text{F} = 10^9 \text{ nF} = 10^{12} \text{ pF}$$

电容是表示电容器储存电荷能力的物理量,电容是电容器的固有属性。

(2) 决定平行板电容器电容大小的因素。对于平行板电容器,决定电容大小的因素是介质种类、极板正对面积和极板间距离,即

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi K d}$$

式中:  $C$  为电容, F;  $S$  为极板面积,  $\text{m}^2$ ;  $d$  为两极板间距, m;  $\epsilon$  为电介质常数,  $\text{F/m}$ ;  $K$  为静电力常量。

(3) 电容的连接。电容器串联、并联电路的特点如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1 电容器串联、并联电路的特点

| 物 理 量 | 串 联                                                                                                                                                                                | 并 联                                                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 荷   | $Q=Q_1=Q_2=\cdots=Q_n$                                                                                                                                                             | $Q=Q_1+Q_2+\cdots+Q_n$                                                                                     |
| 电 压   | $U=U_1+U_2+\cdots+U_n$                                                                                                                                                             | $U=U_1=U_2=\cdots=U_n$                                                                                     |
| 电 容   | 由 $\frac{Q}{C_{\text{等效}}} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \cdots + \frac{Q_n}{C_n}$ 得<br>$\frac{1}{C_{\text{等效}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$ | 由 $C_{\text{等效}} U = C_1 U_1 + C_2 U_2 + \cdots + C_n U_n$ 得<br>$C_{\text{等效}} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ |

(4) 电容器参数的标注方法。电容器参数的标注方法有直标法、文字符号法、数码法和色标法。数码法中,用三位有效数字表示容量大小,数码从左到右,第一、二位表示容量的有效数字,第三位表示倍率,单位为 pF。色标法中,电容器使用的色环颜色代表数字与电阻器相同,只是电容器的单位是 pF。

## 2. 电容的伏安关系和容抗基本知识

仅由介质损耗很小、绝缘电阻很大的电容器组成的交流电路,可近似地看成纯电容电路。线性电容元件与正弦电源连接的电路如图 1-2-5(a) 所示。

交流电流通过电容器时,电源和电容器之间不断地充电和放电。电容充放电电流  $i = \frac{dq}{dt} = \frac{dC \cdot u}{dt} = C \frac{du}{dt}$ ,若在电容器两端加一正弦电压  $u = U_m \sin \omega t$ ,则代入  $i = C \frac{du}{dt}$  中有

$$i = \omega C U_m \sin(\omega t + 90^\circ) = I_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

即  $u$  和  $i$  也是一个同频率的正弦量。电流  $i$  和电压  $u$  的正弦波形如图 1-2-5(b) 所示。

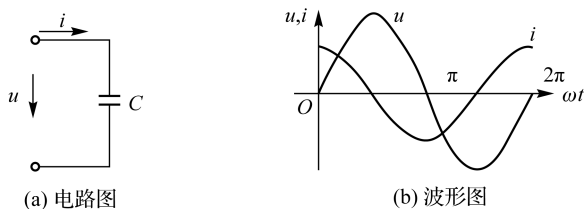


图 1-2-5 电容元件交流电路

比较以上  $u, i$  两式可知,在电容元件电路中,电压在相位上比电流滞后  $90^\circ$  (电压与电流的相位差为  $-90^\circ$ ),且电压与电流的有效值符合

$$I_m = U_m \omega C \text{ 或 } \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C}$$

可见,在电容元件电路中,电压的幅值(有效值)与电流的幅值(有效值)之比为  $\frac{1}{\omega C}$ ,它的单位也为欧姆。当电压  $U$  一定时,  $\frac{1}{\omega C}$  越大,则电流  $I$  越小。可见,它具有对电流起阻碍作用的物理性质,称为容抗,用  $X_C$  表示,即

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

### 学一学

电容器外壳上一般都标有它的额定工作电压值(安全电压),使用电容器时加在电容器上的电压不应超过它的额定工作电压值。电容器上所标明的额定工作电压,通常指的是直流工作电压值。如果电容器用在交流电路中,应保证交流电压的最大值不超过电容器的额定工作电压值,否则,电容器会被击穿。

### 名师点拨

电路中,当电容器两端电压增加时,电容器从电源吸收能量并储存起来;当电容器两端电压降低时,电容器便把它原来所储存的能量释放出来。即电容器本身只与电源进行能量交换,并不损耗能量,因此电容器是一种储能元件。

容抗  $X_C$  与电容  $C$ 、频率  $f$  成反比。因此,电容对低频电流的阻碍作用很大。对直流( $f=0$ )而言, $X_C \rightarrow \infty$ ,可视为开路。另外,应当注意容抗只是电压与电流的幅值或有效值之比,而不是它们的瞬时值之比。

## 四、电感的伏安关系和感抗

### 1. 电感元件

(1)电感器的主要参数。电感用字母  $L$  表示。在国际单位制中,电感的单位为亨利(H)。当线圈中电流变化率为  $1 \text{ A/s}$ ,产生  $1 \text{ V}$  的感应电动势时,该电感线圈的电感为  $1 \text{ H}$ 。工程上也常采用毫亨(mH)和微亨( $\mu\text{H}$ ),它们之间的转换关系为

$$1 \text{ H} = 10^3 \text{ mH} = 10^6 \mu\text{H}$$

电感的参数还包括标称电流、品质因数( $Q$ )等。标称电流是电感器长期正常工作所允许通过的最大电流。品质因数( $Q$ )是指电感线圈中储存能量与消耗能量的比值。

(2)电感器参数的标注方法。电感器参数的标注方法有直标法、文字符号法、数码法和色标法。数码法中,用三位有效数字表示电感量大小,数码从左到右,第一、二位表示电感量的有效数字,第三位表示倍率,单位为  $\mu\text{H}$ 。色标法中,电感器使用的色环颜色代表数字与电阻器相同,只是电感器的单位是  $\mu\text{H}$ 。

### 名师点拨

线圈的电感是由线圈本身的特性所决定的,它与线圈的尺寸、匝数和线圈中有无铁心有关,与线圈中有无电流及电流的大小无关。

### 2. 电感的伏安关系和感抗基础知识

纯电感电路是只有空心线圈的负载,而且线圈的电阻和分布电容均可忽略不计的交流电路。

假设线圈只有电感  $L$ ,而电阻  $R$  可以忽略不计,称之为纯电感,今后所说的电感如无特殊说明就是指纯电感。当电感线圈中通过交流电流  $i$  时,其中产生自感电动势  $e_L$ 。设电流  $i$ 、电动势  $e_L$  和电压  $u$  的正方向如图 1-2-6(a)所示,根据基尔霍夫电压定律得出

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt}$$

设有电流  $i = I_m \sin \omega t$  流过电感  $L$ ,则代入上式得电感上的电压  $u$  为

$$u = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ) = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

即  $u$  和  $i$  也是一个同频率的正弦量。电流  $i$  和电压  $u$  的正弦波形如图 1-2-6(b)所示。

比较以上  $u, i$  两式可知,在电感元件电路中,电流在相位上比电压滞后  $90^\circ$ ,且电压与电流的有效值符合

$$U_m = I_m \omega L \text{ 或 } \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \omega L$$

即在电感元件电路中,电压的幅值(有效值)与电流的幅值(有效值)之比为  $\omega L$ ,显然它的单位也为欧姆。电压  $U$  一定时, $\omega L$  越大,则电流  $I$  越小。可见,它具有对电流起阻碍作用的物理性质,称为感抗,用  $X_L$  表示,即

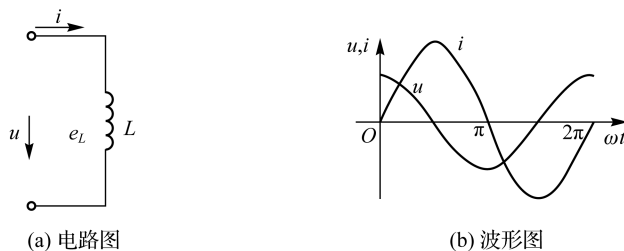


图 1-2-6 电感元件交流电路

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

感抗  $X_L$  与电感  $L$ 、频率  $f$  成正比,因此,电感线圈对高频电流的阻碍作用很大,而对直流则可视作短路。另外,应当注意感抗只是电压与电流的幅值或有效值之比,而不是它们的瞬时值之比。

### 典例剖析

(单项选择题)在纯电感电路中,电流滞后电压( )。

A.  $\pi/2$

B.  $\pi$

C.  $-\pi$

D.  $\pi/4$

**解析** A 在纯电感电路中,电流滞后电压  $\pi/2$ ,或者说电压超前电流  $\pi/2$ 。

### 名师点拨

在交流电路中,只含有电阻,而没有电感和电容的电路成为纯电阻电路。在纯电阻电路中,电阻端电压和流过电阻电流的瞬时值、最大值、有效值均符合欧姆定律,即

$$i = \frac{u_R}{R} = \frac{\sqrt{2}U_R \sin \omega t}{R} = \sqrt{2}I \sin \omega t, I_m = \frac{U_{Rm}}{R}, I = \frac{U_R}{R}$$

另外,在纯电阻电路中,流经电阻的电流与其端电压同相。

### 知识拓展

涉及感抗和容抗的串联电路有  $RLC$  串联电路、 $RL$  串联电路、 $RC$  串联电路。

由电阻、电感、电容相串联构成的电路叫作  $RLC$  串联电路(见图 1-2-7)。

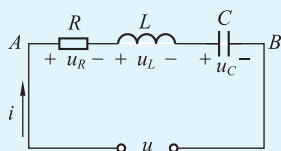


图 1-2-7  $RLC$  串联电路

根据基尔霍夫电压定律(KVL),在任意时刻总电压  $u$  的瞬时值为

$$u = u_R + u_L + u_C$$

电路的阻抗为

$$|Z| = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + X^2}$$

式中:  $|Z|$  叫作  $RLC$  串联电路的阻抗,其中  $X = X_L - X_C$  叫作电抗。阻抗和电抗的单位均是欧姆( $\Omega$ )。

(1)感性电路:当  $X > 0$  时,即  $X_L > X_C$ ,  $\varphi > 0$ ,电压  $U$  比电流  $I$  超前  $\varphi$ ,称电路呈感性。

(2)容性电路:当  $X < 0$  时,即  $X_L < X_C$ ,  $\varphi < 0$ ,电压  $U$  比电流  $I$  滞后  $|\varphi|$ ,称电路呈容性。

(3)谐振电路:当  $X = 0$  时,即  $X_L = X_C$ ,  $\varphi = 0$ ,电压  $U$  与电流  $I$  同相,称电路呈电阻性,电路处于这种状态时,叫作谐振电路。

$RLC$  串联电路中,若  $X_C = 0$ ,则电路为纯电感电路;若  $X_L = 0$ ,则电路为纯电容电路。 $RL$ 、 $RC$  电路串联电路的特点如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2  $RL$ 、 $RC$  电路串联电路的特点

| 项 目        | $RL$ 串联电路                         | $RC$ 串联电路                         |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 阻抗值        | $ Z  = \sqrt{R^2 + X_L^2}$        | $ Z  = \sqrt{R^2 + X_C^2}$        |
| 阻抗角        | $\varphi = \arctan \frac{X_L}{R}$ | $\varphi = \arctan \frac{X_C}{R}$ |
| 电压与电流大小的关系 | $I = \frac{U}{ Z }$               | $I = \frac{U}{ Z }$               |
| 电压与电流相位的关系 | 电压超前电流 $\varphi$                  | 电流超前电压 $\varphi$                  |
| 总电压        | $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$        | $U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$        |

## 五、换路定律

### 1. 电路的稳态与瞬态

电路中的电压与电流恒定不变,或者随时间按周期规律变化的电路,其状态是稳定的,此时的状态就叫稳定状态,简称稳态。

在含有储能元件(如电容、电感)的电路中,当电路状态发生变化(如切换开关、电源变化、电路变动、改变元件参数等)时,电路存在着从一个稳定状态向另一个稳定状态转变的过程,这个过程称为过渡过程或瞬态过程(简称瞬态),这种电路称为瞬态电路或动态电路。电路状态的变化,统称为换路,一般假定换路是瞬间完成的。

### 2. 换路定律的内涵

电容电压的变化具有连续性,流过电感上的电流的变化也具有连续性,根据这些特性可得到电路在换路时所遵循的规律,即换路定律。连接了电容的电路,在换路后的一瞬间,如果电容中的电流保持为有限值,则电容上的电压应当保持换路前一瞬间的原有值而不能跃变,即电容上的电压不能跃变。同理,连接了电感的电路,在换路后的一瞬间,如果电感两端的电压保持为有限值,则电感中的电流应当保持换路前一瞬间的原有值而不能跃变,即电感中的电流不能跃变。

设  $t=0$  为换路瞬间,以  $t=0_-$  表示换路前的终了瞬间,  $t=0_+$  表示换路后的初始瞬间。

则换路定律的等式为

$$u_C(0_+) = u_C(0_-)$$

$$i_L(0_+) = i_L(0_-)$$

可根据换路定律来确定  $t=0_+$  时电路中电压和电流的值,即瞬态过程的初始值。当电路发生换路后经过了无限长(即  $t=\infty$ )的时间时,电路中的电压、电流达到稳定,对应的值称为稳态值。此时,电容电压  $u_C(\infty)$  或电感电流  $i_L(\infty)$  均不再变化。

### 名师点拨

电路在换路时,只有电容上的电压和电感中的电流是不能跃变的,电路中其他的电压和电流是可以跃变的。

### 典例剖析

(应用题) 确定图 1-2-8 所示电路( $t=0_-$ )中各电流和电压的初始值和稳态值。设开关 S 闭合前电感元件和电容元件均未储能。

**解析** 在图 1-2-8 所示电路中,开关未闭合,由此可知



$$i(0_-)=0, u_C(0_-)=0, i_L(0_-)=0$$

根据换路定律可知

$$u_C(0_+)=0, i_L(0_+)=0$$

在图 1-2-9 所示电路中,电容元件相当于短路,电感元件相当于开路,由此可知

$$i(0_+)=i_C(0_+)=\frac{U}{R_1+R_2}=\frac{6}{2+4}=1(\text{A})$$

$$u_L(0_+)=R_2 i_C(0_+)=4 \times 1=4(\text{V})$$

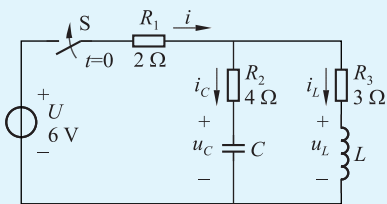


图 1-2-8  $t=0_-$  的电路

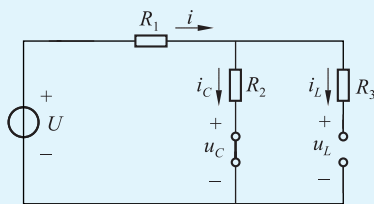


图 1-2-9  $t=0_+$  的电路

在图 1-2-10 所示电路( $t=\infty$ )中,电容元件相当于开路,电感元件相当于短路,由此可知

$$i_C(\infty)=0, u_L(\infty)=0$$

$$i_L(\infty)=i(\infty)=\frac{U}{R_1+R_3}=\frac{6}{2+3}=1.2(\text{A})$$

$$u_C(\infty)=R_3 i_L(\infty)=3 \times 1.2=3.6(\text{V})$$

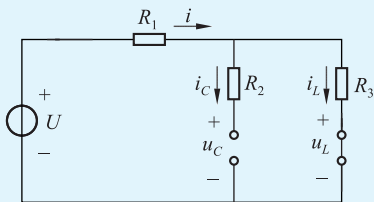


图 1-2-10  $t=\infty$  的电路

## 六、RC 电路的充电、放电规律及时间常数

### 1. RC 放电电路

电路在没有独立电压源或电流源的情况下,仅由储能元件的初始储能引起的响应称为零输入响应。RC 电路的放电过程就是零输入响应。

在图 1-2-11 所示的电路中,开关 S 先置于位置 1,此时,电容  $u_C(0_-)=U_0$ ,其储存的电场能量  $W_C(0_-)=\frac{1}{2}CU_0^2$ 。然后,开关 S 置于位置 2,电容的电能通过电阻不断释放,  $u_C$  和  $i$  均减小,电路进入过渡过程。

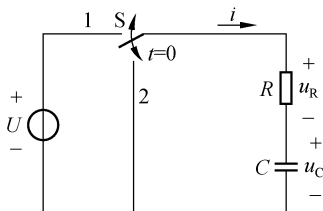


图 1-2-11 RC 放电电路



$u_C$ 、 $u_R$  和  $i$  可分别表示为

$$\begin{aligned} u_C(t) &= U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \\ u_R(t) &= -u_C(t) = -U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \\ i(t) &= \frac{u_R(t)}{R} = -\frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

式中:  $\tau = RC$ , 它具有时间的量纲(单位为 s), 称为 RC 电路的时间常数。

### 知识拓展

RC 电路时间常数的推导过程: 根据基尔霍夫电压定律,  $t=0_+$  时电路的电路方程为  $u_R + u_C = Ri + u_C = RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$ 。该方程的通解为  $u_C = Ae^{pt}$ , 据此可得到特征方程  $RCp + 1 = 0$ , 其特征根为  $p = -\frac{1}{RC}$ 。

$u_C$ 、 $u_R$  和  $i$  随时间的变化曲线如图 1-2-12 所示。

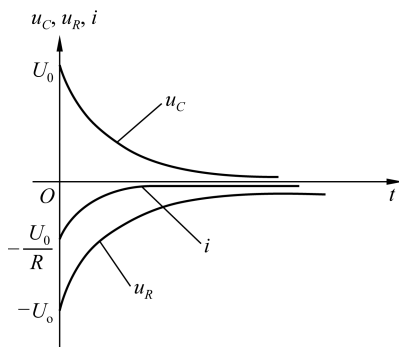


图 1-2-12  $u_C$ 、 $u_R$  和  $i$  随时间的变化曲线

当  $t = \tau$  时

$$u_C(\tau) = U_0 e^{-1} = 0.368U_0 = 36.8\%U_0$$

即从  $t=0$  经过一个  $\tau$  的时间,  $u_C$  衰减到初始值的 36.8%。通常认为, 经过  $t = (3 \sim 5)\tau$  的时间,  $u_C$  已衰减到初始值的 5% 以下, 电路已经基本到达稳定状态了。

$u_C$  衰减的快慢取决于电路的时间常数  $\tau$ 。 $\tau$  值越小,  $u_C$  衰减越快, 如图 1-2-13 所示。

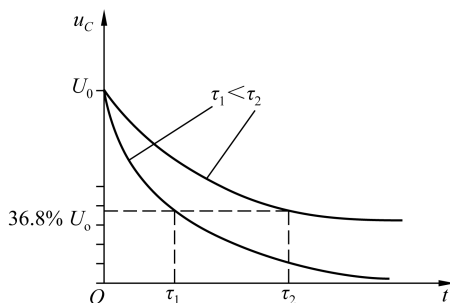


图 1-2-13 不同时间常数时的  $u_C$  曲线

## 2. RC 充电电路

电路在电容元件未储能的情况下, 仅由电源激励所产生的电路响应, 称为零状态响应。RC 电路在充分



放电后的充电过程就是零状态响应。

在图 1-2-11 所示的电路中,开关 S 先置于位置 2,此时,电路处于稳定状态,即电容器已充分放电。然后,开关 S 置于位置 1,电源开始对电容元件充电, $u_C$  增大, $i$  减小,电路进入过渡过程。

设换路前电容元件未储有能量,可得

$$\begin{aligned} u_C(t) &= U_0(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \\ u_R(t) &= U_0 - u_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \\ i(t) &= \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

$u_C$ 、 $u_R$  和  $i$  随时间的变化曲线如图 1-2-14 所示。

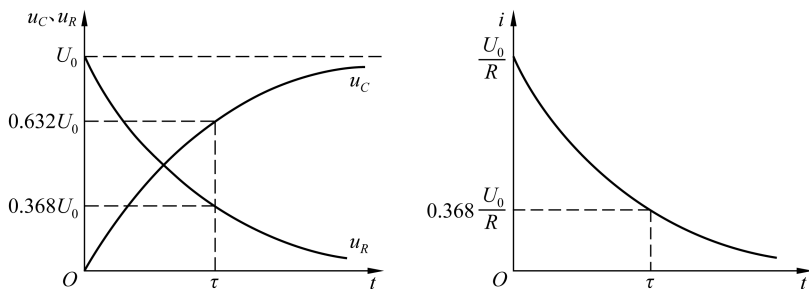


图 1-2-14  $u_C$ 、 $u_R$  和  $i$  随时间的变化曲线

当  $t = \tau$  时

$$u_C(\tau) = U_0(1 - e^{-1}) = (1 - 0.368)U_0 = 63.2\%U_0$$

即从  $t=0$  经过一个  $\tau$  的时间, $u_C$  增长到稳态值的 63.2%。通常认为,经过  $t=5\tau$  的时间, $u_C$  已增长到稳态值的 99.3%,电路已经基本到达稳定状态了。

## 七、RL 电路的充电、放电规律及时间常数

### 1. RL 放电电路

在图 1-2-15 所示的电路中,开关 S 先置于位置 1,当其中的电流  $i$  达到  $I_0$  时,将开关 S 在  $t=0$  时由位置 1 合到位置 2,使电路脱离电源,输入为零。电流的初始值  $i(0_+) = i(0_-) = I_0$ 。

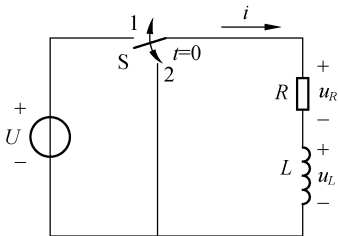


图 1-2-15 RL 电路

参照 RC 电路的零输入响应, $i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  可分别表示为

$$\begin{aligned} i &= I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \\ u_R &= Ri = RI_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

### 名师点拨

与电容放电过程一样,充电过程中的响应也都是时间的指数函数。改变电路的时间常数,即改变  $R$  或  $C$  的数值,就可以改变电容元件充、放电的快慢。



$$u_L = L \frac{di}{dt} = -RI_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中:电路的时间常数  $\tau = \frac{L}{R}$ 。

### 知识拓展

$RL$  电路时间常数的推导过程:根据基尔霍夫电压定律, $t=0_+$  时电路的电路方程为  $u_R + u_L = Ri + u_L = Ri + L \frac{di}{dt} = 0$ 。该方程的通解为  $i = i(0_+)e^{-\frac{R}{L}t} = i(0_+)e^{-\frac{t}{\tau}}$ 。

$i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  随时间的变化曲线如图 1-2-16 所示。

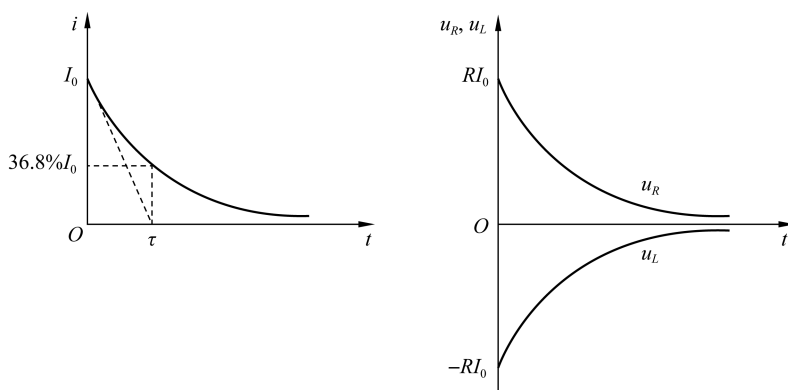


图 1-2-16  $i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  随时间的变化曲线

电阻  $R$  在电感  $L$  放电过程中所消耗的能量为

$$W_R = \frac{1}{2} LI_0^2$$

## 2. $RL$ 充电电路

在图 1-2-15 所示的电路中,开关  $S$  先置于位置 2。在  $t=0$  时,将开关由位置 2 合到位置 1 上,电路即与一电压为  $U$  的电压源接通,其中电流为  $i$ 。

在换路前,电感元件未储存有能量,此时,  $i(0_+) = i(0_-) = 0$ 。当  $t \geq 0_+$  时,电路的微分方程为

$$U = Ri + L \frac{di}{dt}$$

则  $i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  可分别表示为

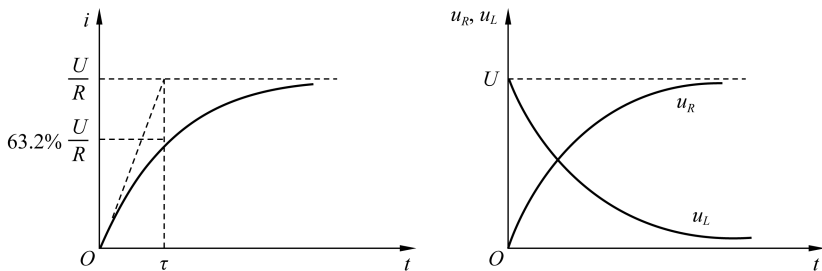
$$\begin{aligned} i &= \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{U}{R} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \\ u_R &= Ri = U(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \\ u_L &= L \frac{di}{dt} = U e^{-\frac{t}{\tau}} \end{aligned}$$

$i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  随时间的变化曲线如图 1-2-17 所示。

在稳态时,电感元件相当于短路,其上电压为零。

### 名师点拨

电感放电之初储存的能量在整个瞬态过程中全部转化为电阻上消耗的热能。

图 1-2-17  $i$ 、 $u_R$  和  $u_L$  随时间的变化曲线

## 知识拓展

RC 电路、RL 电路均存在全响应状态。全响应状态是指零输入响应与零状态响应两者的叠加状态,也就是说,电路的响应均由稳态分量(包括零值)和暂态分量两部分相加而得。若写成一般公式则为

$$y(t) = y(\infty) + Ae^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中: $y(t)$  是电流或电压, $y(\infty)$  是稳态分量, $Ae^{-\frac{t}{\tau}}$  是暂态分量。若初始值为  $y(0_+)$ , 则  $A = y(0_+) - y(\infty)$ 。因此可得

$$y(t) = y(\infty) + [y(0_+) - y(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

上式为分析直流电压激励作用下的瞬态电路中任意变量的一般公式。运用该公式分析的方法称为“三要素法”,即只要求出  $y(0_+)$ 、 $y(\infty)$  和  $\tau$  三个要素的值,就能直接写出电路的任一电流或电压。



## 巩固演练

## 一、单项选择题

- 确定正弦交流电的三要素是( )。
  - 瞬时值 周期 初相位
  - 最大值 角频率 初相位
  - 有效值 周期 相位差
  - 最大值 频率 相位差
- 常用的交流电灯泡的额定电压是 220 V,它实际所承受的最大电压是( )。
  - 380 V
  - 157 V
  - 311 V
  - 270 V
- 正弦交流电压,初相角为  $30^\circ$ ,当时间  $t=0$  时,电压值为 2 V,则这个正弦交流电压的幅值为( )。
  - 4 V
  - 2 V
  - 8 V
  - 0 V
- 两个同频率正弦交流电的相位差等于  $180^\circ$  时,则它们相位关系是( )。
  - 同相
  - 反相
  - 相等
  - 不确定
- 对于 RC 电路中电容的放电过程,从  $t=0$  经过一个  $\tau$  的时间, $u_C$  衰减到初始值的( )。
  - 63.2%
  - 36.8%
  - 5%
  - 0.7%



#### D. 阻高频

#### D. $I = u_c / X_c$

D. 80  $\mu$ F

### D. 两极板间距离

D. 电感线圈具有阻碍电流变化的作用

( )

( )

( )

( )

( )

( )

( )

( )

( )

( )

$$C = \underline{\hspace{2cm}}^\circ$$

rad/s.

5. 在电路的瞬态过程中,电路的时间常数  $\tau$  越大,则电路电压的衰减或增长就越。

 **华腾新思®**  
科学辅导专升本

$X_L = 30 \Omega$ 。完成用 MF47 型万用表测量电阻的测量步骤。

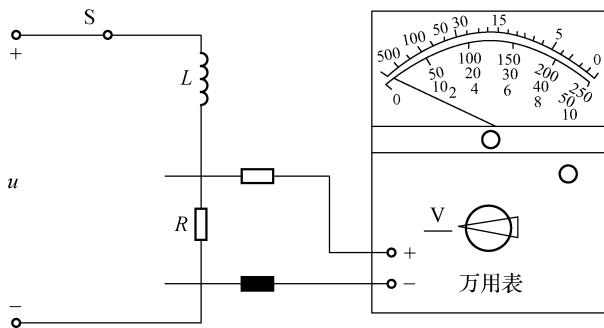


图 1-2-18 实验电路示意图

- (1) 断开\_\_\_\_\_。
- (2) 万用表的红表笔接\_\_\_\_\_孔, 黑表笔接\_\_\_\_\_孔。(填“+”或“-”)
- (3) 将万用表的选择开关旋转到  $R \times$  \_\_\_\_\_ 挡, 并进行\_\_\_\_\_。
- (4) 读数完毕后, 拆除万用表, 其量程置于\_\_\_\_\_挡。

### 五、应用题

在  $RLC$  串联交流电路中, 已知  $R = 30 \Omega$ ,  $L = 127 \text{ mH}$ ,  $C = 40 \mu\text{F}$ ,  $u = 220\sqrt{2} \sin(314t + 20^\circ) \text{ V}$ 。

- (1) 计算电流的有效值  $I$ 。
- (2) 计算各部分电压的有效值。

**广西普通高等教育专升本考试  
专用教材·电子与信息  
参考答案及解析**

# 目 录

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>第一章 电工电子技术基础 .....</b> | <b>1</b>  |
| 第一节 电路基本概念与直流电路 .....     | 1         |
| 第二节 单相正弦交流电路和动态电路 .....   | 2         |
| 第三节 二极管和直流稳压电源电路 .....    | 4         |
| 第四节 三极管电路 .....           | 6         |
| 第五节 运算放大器电路 .....         | 7         |
| 第六节 逻辑代数及门电路基础 .....      | 9         |
| 第七节 组合逻辑电路和时序逻辑电路 .....   | 10        |
| <b>第二章 C 语言程序设计 .....</b> | <b>12</b> |
| 第一节 程序设计和 C 语言 .....      | 12        |
| 第二节 数据表现形式及运算 .....       | 13        |
| 第三节 顺序程序设计 .....          | 14        |
| 第四节 选择结构程序设计 .....        | 15        |
| 第五节 循环结构程序设计 .....        | 16        |
| 第六节 数组 .....              | 18        |
| 第七节 函数 .....              | 19        |
| 第八节 指针 .....              | 21        |
| 第九节 建立数据类型 .....          | 21        |
| 第十节 文件 .....              | 22        |
| <b>第三章 计算机网络基础 .....</b>  | <b>23</b> |
| 第一节 计算机网络概述 .....         | 23        |
| 第二节 物理层 .....             | 24        |
| 第三节 数据链路层 .....           | 25        |
| 第四节 网络层 .....             | 26        |
| 第五节 传输层 .....             | 28        |
| 第六节 应用层 .....             | 29        |



# 第一章 电工电子技术基础

## 第一节 电路基本概念与直流电路

### 一、单项选择题

1. C 【解析】导体对折后长度变为原来的一半,横截面积变为原来的二倍。
2. C 【解析】导体电阻和环境温度有关。
3. B 【解析】 $I = \frac{q}{t} = \frac{12}{60} = 0.2(\text{A})$ 。
4. C 【解析】 $n$  个阻值都为  $R$  的电阻,并联后  $R_{\text{并}} = \frac{R}{n}$ 。
5. C 【解析】根据基尔霍夫电流定律,  $2 + (-3) + (10/5) = (-4) + I$ , 因此,  $I = 5(\text{A})$ 。
6. B 【解析】四色环电阻的编码规则:①第一、二环分别代表电阻值的第一位和第二位有效数字;②第三环代表倍率(即 10 的多少次幂);③第四环代表电阻的误差。黄色对应数字 4,紫色对应数字 7,金色对应  $10^{-1}$ ,银色对应  $\pm 10\%$  的误差。因此,该电阻的阻值为  $47 \times 10^{-1} = 4.7(\Omega)$ 。
7. A 【解析】等效的电流源  $I_s = E/r = 6/2 = 3(\text{A})$ 。在电压源和电流源的等效变换中,内阻  $r$  是保持不变的。因此,等效的电流源模型的内阻  $r$  仍为  $2\Omega$ 。
8. A 【解析】串联电路中每处电压的大小与电阻值的大小有关。
9. D 【解析】无论是线性电路还是非线性电路,基尔霍夫定律均成立。
10. B 【解析】三条或三条以上支路的公共

连接点称为节点。题目中电路图只有 2 个节点。

### 二、判断题

1.  $\checkmark$  【解析】参考点决定电位。
2.  $\checkmark$  【解析】有些材料的电阻在一定温度条件下会降为零,这种现象称为超导现象,这种材料称为超导材料。
3.  $\checkmark$  【解析】MF47 型万用表欧姆挡的黑表笔与内部电池的正极相接,红表笔与内部电池的负极相接。
4.  $\times$  【解析】根据  $P = \frac{U^2}{R}$ ,当电压变为原来的  $1/2$  时,功率变为原来的  $1/4$ 。
5.  $\times$  【解析】当  $R_1$ 、 $R_2$  与  $R_3$  并联时等效电阻为  $\frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2}$ 。
6.  $\times$  【解析】测量电阻时,转换开关选择“ $R \times 1$ ”挡时,应在标度尺上直接读取数据。在选择其他挡位时,应乘以相应倍率。例如,选择“ $R \times 1 \text{ k}$ ”挡时,就要对已读取的数据乘以 1 000。
7.  $\times$  【解析】当外电路开路时,电源端电压等于电源电压。
8.  $\times$  【解析】电阻值的大小由物质本身的材料、长度、横截面积,以及外界温度共同决定,与加在电阻上的电压、电流无关。
9.  $\times$  【解析】电气设备上的直流电压用字母 DC 标注,交流电压用字母 AC 标注。
10.  $\times$  【解析】使用万用表测量电阻时,不允许用手同时触及被测电阻两端,以避免并联上人体电阻使读数减小,造成测量误差。

### 三、填空题

1. 0 正 负

2. 1 4

3. 2

4. 10 1.1

5. 标称阻值 额定功率 允许误差

### 四、实验题

1. (1)a (2)22

2. daeb

### 四、应用题

#### 1. 【参考答案】

(1) 电路为单回路, 电路中各元件通过同一电流  $I$ , 按顺时针绕行方向, 列出 KVL 方程为

$$-E_1 + IR_1 + IR_2 + E_2 + IR_3 + E_3 + IR_4 - E_4 = 0$$

即

$$I = \frac{E_1 - E_2 - E_3 + E_4}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = -0.3(\text{A})$$

因为  $I$  计算结果为负值, 所以回路中电流实际方向与参考方向相反, 数值为 0.3 A。

(2) 可以通过两条路径计算  $U_{\text{EA}}$ 。

通过回路 EFGHA

$$\begin{aligned} U_{\text{EA}} &= IR_3 + E_3 + IR_4 - E_4 \\ &= -0.3 \times 10 + 18 - 0.3 \times 10 - 3 = 9(\text{V}) \end{aligned}$$

通过回路 EDCBA

$$\begin{aligned} U_{\text{EA}} &= -E_2 - IR_2 - IR_1 + E_1 \\ &= -9 + 0.3 \times 10 + 0.3 \times 10 + 12 = 9(\text{V}) \end{aligned}$$

由以上计算看出, 沿两条不同路径计算时, 其结果是一样的, 但在实际计算时, 一般尽量选取较短的路径, 以简化计算。

#### 2. 【参考答案】

(1) 开关 S 断开时 ab 端口的等效电阻

$R_{\text{ab}}$  为

$$R_{\text{ab}} = \frac{\left[ \frac{(2+8) \times 10}{2+8+10} + 5 \right] \times 10}{\left[ \frac{(2+8) \times 10}{2+8+10} + 5 \right] + 10} = 5(\Omega)$$

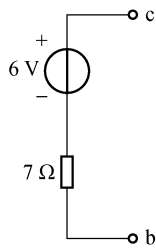
(2) 开关 S 断开时, 开路端电压  $U_{\text{cb}}$  为

$$U_{\text{cb}} = 12 \times \frac{4}{4+4} = 6(\text{V})$$

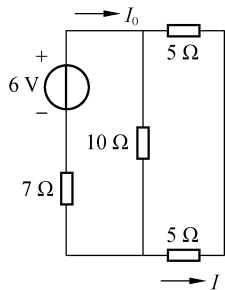
等效电阻  $R_{\text{cb}}$  为

$$R_{\text{cb}} = \frac{4 \times 4}{4+4} + 5 = 7(\Omega)$$

因此, cb 端口的戴维南等效电路如下图所示。



(3) 开关 S 闭合时, 等效电路如下图所示。



$$I_0 = \frac{6}{7+5} = 0.5(\text{A})$$

因此, 电流  $I$  为

$$I = -\frac{1}{2} I_0 = -0.25(\text{A})$$

负号表示电流  $I$  与  $I_0$  的参考方向相反。

## 第二节 单相正弦交流电路和动态电路

### 一、单项选择题

1. B 【解析】正弦交流电的三要素是最大

值、角频率、初相位。

2. C 【解析】 $U_m = 220\sqrt{2} \approx 311(\text{V})$ 。

3. A 【解析】设电压幅值为  $U_m$ ，根据题意可知， $U_m \sin 30^\circ = 2(\text{V})$ ，求出， $U_m = 4(\text{V})$ 。

4. B 【解析】相位差等于  $180^\circ$ ，称为反相。

5. B 【解析】对于  $RC$  电路中电容的放电过程，从  $t=0$  经过一个  $\tau$  的时间， $u_C$  衰减到初始值的  $36.8\%$ 。

6. B 【解析】电容在交流电路中，“通交流、阻直流，通高频、阻低频”。

7. A 【解析】在纯电容电路中，电容电压和流过电容的电流的最大值和有效值之间的关系符合欧姆定律，但它们之间的瞬时值关系不符合欧姆定律。纯电感电路同理。

8. C 【解析】串联时总电容的倒数等于各电容倒数之和，并联时总电容等于各电容之和。设每个电容器的电容为  $C$ ，根据电容器的串联特点可知： $1/C_{\#} = 1/C + 1/C$ ，解得： $C = 20(\mu\text{F})$ ；根据电容器的并联特点可知： $C_{\#} = C + C = 40(\mu\text{F})$ 。

9. A 【解析】对于平行板电容器，决定电容大小的因素是介质种类、极板正对面积和极板间距离。

10. B 【解析】电容、电感都是储能元件，电阻属于耗能元件。

## 二、判断题

1.  $\times$  【解析】交流电气设备铭牌上所标示的电压值、电流值是有效值。

2.  $\times$  【解析】一个正弦交流电，只有当它的角频率、最大值和初相位全都确定之后，这个正弦交流电的变化情况就完全确定下来。

3.  $\times$  【解析】该电动势有效值为  $10\sqrt{2} \text{ V}$ 。

4.  $\checkmark$  【解析】电工仪表中交流电压表测得的读数是交流电的有效值，而不是最大值。

5.  $\checkmark$  【解析】在纯电阻组成的正弦交流电路中，电压与电流同相，即相位差为零。

6.  $\times$  【解析】两个电容器串联时，电压分配与电容值成反比，即

$$\begin{aligned} U_1 &= U_0 \times \frac{C_2}{C_1 + C_2} \\ &= 50 \times \frac{20}{10 + 20} \\ &= \frac{100}{3}(\text{V}) > 25(\text{V}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_2 &= U_0 \times \frac{C_1}{C_1 + C_2} \\ &= 50 \times \frac{10}{10 + 20} \\ &= \frac{50}{3}(\text{V}) < 25(\text{V}) \end{aligned}$$

由于其中一个电容器的分压超过  $25 \text{ V}$  (额定电容值)，因此，它们不能安全地串联接入  $50 \text{ V}$  的直流线路中。

7.  $\times$  【解析】电容器上所标明的额定工作电压，通常指的是直流工作电压值。

8.  $\checkmark$  【解析】 $RC$  电路中，电容放电快慢取决于  $R$  与  $C$  乘积的数值，与其他因素如电压、电流的大小无关。

9.  $\checkmark$  【解析】电容器的电容量是其固有属性，它不会随着电容器两端电压增大而增大。

10.  $\times$  【解析】电感器的电感量是其固有属性，它不会随着通过电感线圈的电流增大而增大。

## 三、填空题

1. 解析式法 波形图法 矢量图法

$$2. \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \quad C_1 + C_2$$

$$3. 50 \quad 0.02 \quad 314 (\text{或 } 100\pi)$$

4. 零输入响应

5. 慢

#### 四、实验题

(1) 电源开关 S

(2) + -

(3) 10 欧姆调零

(4) 交流电压最高

#### 五、应用题

#### 【参考答案】

感抗为

$$X_L = \omega L = 314 \times 127 \times 10^{-3} = 40 (\Omega)$$

容抗为

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 40 \times 10^{-6}} = 80 (\Omega)$$

阻抗为

$$\begin{aligned} |Z| &= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \\ &= \sqrt{30^2 + (40 - 80)^2} = 50 (\Omega) \end{aligned}$$

(1) 电流的有效值为

$$I = \frac{U}{|Z|} = \frac{220}{50} = 4.4 (\text{A})$$

(2) 电阻、电感、电容电压的有效值分别为

$$U_R = IR = 4.4 \times 30 = 132 (\text{V})$$

$$U_L = IX_L = 4.4 \times 40 = 176 (\text{V})$$

$$U_C = IX_C = 4.4 \times 80 = 352 (\text{V})$$

### 第三节 二极管和直流稳压电源电路

#### 一、单项选择题

1. D 【解析】稳压二极管的稳定电压是指其反向击穿电压。

2. C 【解析】二极管两端电压  $U = -8 - (-3) = -5 (\text{V})$ , 二极管处于反偏状态。

3. D 【解析】CW78 $\times\times$ 表示输出正电压, CW79 $\times\times$ 表示输出负电压。

4. A 【解析】在单相整流滤波电路中, 电感串联, 电容并联。

5. B 【解析】在单相半波整流电路中, 电压的频率保持不变。

6. D 【解析】 $\pi$ 型 LC 滤波电路中, 输入端电容在通电瞬间会快速充电, 导致整流二极管导通时产生较大的冲击电流。D 项说法错误。

7. D 【解析】单相半波整流滤波电路输出直流电压约为  $U_2$ , 单相桥式整流滤波电路输出直流电压约为  $1.2U_2$ , 滤波电容的耐压值应不小于  $\sqrt{2}U_2$ 。A、B、C 三项说法错误。

8. A 【解析】在电感滤波电路中, 电感线圈与负载串联, 线圈的电感较大。

9. A 【解析】单相桥式整流电容滤波电路接入电容前, 输出直流电压为  $0.9U_2$ ; 接入电容后, 输出直流电压为  $1.2U_2$ 。

10. D 【解析】串联型直流稳压电源电路的核心功能是稳定输出电压, 其工作原理通常包括取样、比较、放大和调整四个环节。取样环节通过电阻分压网络获取输出电压的一部分, 形成取样电压; 基准电压则是一个稳定的参考值, 用于与取样电压进行比较。比较环节将取样电压与基准电压相减, 得到误差信号 (即两者的差值)。放大环节的作用是将这个误差信号进行放大, 以增强电路对调整环节的控制能力, 确保输出电压稳定。

#### 二、判断题

1.  $\times$  【解析】二极管导通后, 其电流大小与正向电压成非线性关系。