

刘大茂 方张龙 等 编

福建省面向中等职业教育

招收 **高等职业教育** 学生入学考试

复习指导用书

电子电气类专业基础知识

(第三版)

语文科
数学科
英语科

商贸管理类
财经类
政法类
师范教育类
文秘类
工艺美术类

旅游类
机械类
计算机类
电子电气类
建筑类
农学类
医学类

厦门大学出版社

福建省面向中等职业教育招收高等职业教育学生
入学考试复习指导用书

电子电气类专业基础知识

(第三版)

刘大茂 方张龙 陈秀祥 陈锦彬 编

厦门大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子电气类专业基础知识/刘大茂,方张龙等编.一三版.一厦门:厦门大学出版社,2003.9

福建省面向中等职业教育招收高等职业教育学生入学考试复习指导用书

ISBN 7-5615-1595-2

I. 电… II. ①刘… ②方… III. 电工技术-高等教育:职业教育-入学考试-复习参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 16618 号

陈秀祥、陈锦彬编写第一部分;

方张龙编写第二、三部分;

陈秀祥编写第四部分;

刘大茂组织编写并统稿。

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门大学 邮编:361005)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门市新嘉莹彩色印刷有限公司印刷

(地址:厦门市岭兜新村工业园 邮编:361009)

2003 年 9 月第 3 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:9.625 字数:250 千字

定价:20.00 元

如有印装质量问题请与承印厂调换

序

由省教育厅组织专家编写的《福建省面向中等职业教育招收高等职业教育学生入学考试复习指导用书》于2000年3月正式出版后,又于2000年12月重印,及时为广大中职学校应、往届毕业生参加省高职单招考试提供了一套很好的复习用书,受到广大中职学校师生的欢迎。2001年下半年,本套丛书大部分分册在修订后出版发行,为第二版。现在,根据形势的发展,省教育厅决定本套丛书修订后出版第三版。我们相信,此次修订将使我省高职单招考试朝科学化、规范化发展上迈出重要的一步。

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。大力发展高等职业技术教育,既是经济建设和社会发展的需要,也是多样化发展高等教育事业,不断提高国民素质和创新能力的需要。根据全国的统一部署,我省从1999年开始,按新的管理模式和运行机制举办高等职业技术教育,首次安排计划招生,其中也首次面向中等职业教育招生。高等职业技术教育是专科层次的普通高等学历教育,承担着培养拥护党的基本路线,适应生产、建设、管理、服务第一线需要的德、智、体、美等方面全面发展的高等技术应用型专门人才的重任。这就要求所培养的学生应在具有必备的基础理论知识和专门知识的基础上,重点掌握从事本专业领域实际工作的基本能力和基本技能,具有良好的职业道德和敬业精神。当前,教育部门和从事高职人才培养的院校必须认真贯彻落实党中央、国务院《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》及省委、省政府《关于加快实施科教兴省战略的决定》精神,进一步明确办学的指导思想,深化教学改革,加强教学建设,全面推进素质教育,高起点、高标准地推进高等职业技术教育的改革和发展,在努力提高人才培养质量的同时,不断办出水平,办出特色。

高等职业技术教育是今后一个时期高等教育发展的重点。认真做好高职的单招考试工作,是促进高等职业技术教育健康发展的一项重要工作。在这里,我们谨向为撰写和编辑出版《福建省面向中等职业教育招收高等职业教育学生入学考试复习指导用书》付出了辛勤劳动,做出了重要贡献的各位专家和厦门大学出版社同志们表示衷心的感谢!我们相信,在省委、省政府的高度重视下,在大家的共同努力下,我省的高等职业技术教育一定会越办越好,为经济社会发展做出更大的贡献。

本丛书编委会

2003年8月

目 录

第一部分 电工基础

第一章 直流电路

1.1 电路的基本概念和定律	(1)
1.2 简单直流电路	(3)
1.3 复杂直流电路及其分析方法概述	(6)
1.4 电源的等效变换	(6)
1.5 常用的三种方程法	(7)
1.6 常用的两个定理	(9)
习题一	(13)

第二章 磁场和电磁感应

2.1 电流的磁场	(18)
2.2 磁场对电流的作用	(19)
2.3 电磁感应	(21)
习题二	(25)

第三章 正弦交流电路

3.1 正弦交流电路概述	(29)
3.2 单一参数的正弦电流电路	(32)
3.3 电阻、电感和电容的串联电路及串联谐振	(39)
3.4 电阻、电感和电容的并联电路及并联谐振	(42)
3.5 三相电路	(43)
习题三	(45)

第四章 电路测量与常用仪表使用

4.1 电路实验的测量	(48)
4.2 常用的测量仪表	(49)
习题四	(52)

第二部分 模拟电子线路

第五章 晶体二极管和二极管整流电路

5.1 半导体基础知识	(54)
5.2 晶体二极管	(54)
5.3 晶体二极管整流电路	(56)
5.4 滤波器	(59)

习题五	(62)
第六章 晶体三极管及基本放大电路	
6.1 晶体三极管	(63)
6.2 放大器的基本概念	(67)
6.3 单级低频小信号放大器	(68)
6.4 共发射极放大电路的分析方法	(70)
6.5 分压式稳定工作点偏置电路	(72)
6.6 调谐放大器	(73)
6.7 多级放大器	(75)
习题六	(76)
第七章 负反馈放大器	
7.1 反馈及其分类	(78)
7.2 负反馈对放大器性能的影响	(79)
7.3 射极输出器	(81)
习题七	(82)
第八章 直流放大器和集成运算放大器	
8.1 直流放大器	(84)
8.2 集成运算放大器	(87)
习题八	(89)
第九章 正弦波振荡器	
9.1 自激振荡的工作原理	(91)
9.2 LC 振荡器	(92)
9.3 石英晶体振荡器	(95)
9.4 RC 振荡器	(97)
习题九	(99)
第十章 低频功率放大器	
10.1 功率放大器的基本要求及分类	(100)
10.2 推挽功率放大器	(101)
10.3 无输出变压器推挽功率放大器	(103)
10.4 无输出电容功率放大器	(104)
10.5 集成功率放大器	(105)
习题十	(106)
第十一章 直流稳压电源	
11.1 硅稳压管稳压电路	(107)
11.2 串联型直流稳压电源	(108)
11.3 集成稳压电源简介	(110)
习题十一	(110)
第十二章 电子元器件识读、测量与常用仪器使用	
12.1 电子元器件测量	(112)

12.2 常用仪器的使用.....	(115)
实践练习.....	(116)

第三部分 脉冲与数字电路

第十三章 脉冲与数字电路基础

13.1 脉冲电路基础.....	(117)
13.2 数字电路基础.....	(120)
13.3 逻辑代数及其应用.....	(124)
13.4 门电路应用举例.....	(126)
习题十三	(129)

第十四章 逻辑电路介绍

14.1 RS 触发器	(131)
14.2 几种逻辑功能不同的触发器.....	(134)
14.3 组合逻辑电路举例.....	(135)
14.4 时序逻辑电路举例.....	(137)
习题十四.....	(140)

习题参考答案	(141)
--------------	-------

第一部分 电工基础

第一章 直流电路

电路的基本概念和定律是分析电路的基础,是学好电路和电子学课程必备的基本知识。

本章介绍电路基本概念和基本定律及应用基本定律分析简单及复杂直流电路的基本方法。

1.1 电路的基本概念和定律

电流所流经的路径叫电路。电路是由电源、负载、开关和连接导线组成,电路有三种状态:通路、开路和短路。

1.1.1 电路的几个物理量

1. 电流强度

穿过导体横截面的电荷量 Q 跟穿过这些电量所用的时间 t 的比值定义为电流强度,简称电流,如图 1-1 所示。规定正电荷运动的方向为电流的方向,用 I 表示大小及方向都不变的直流电流则 $I=Q/t$,国际单位制中电流的单位为安培(A)。(以下各直流量均用大写字母表示)。

2. 电压

设电场力把正电荷 Q 从 a 点(起点)移至 b 点(终点)所做的功为 W_{ab} ,则 ab 两点间的电压 $U_{ab} = W_{ab}/Q$,如图 1-2 所示,电压的方向由起点指向终点(或称电压的极性,起点为正,终点为负。)用 U 表示直流电压,国际单位制中电压的单位为伏特(V)。

电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点,电场力做了功,电场能量减少,那么在外力作用下逆着电场的方向把单位正电荷从 b 点移到 a 点外力做了功,电场能量增加,也就是说电场对单位正电荷做了负功,这两部分功的大小应该相等,但符号相反,故有:

$$U_{ba} = -U_{ab}$$

因电场力为保守力,保守力做功只与起、终点有关而与路径无关,因此任意两点间的电压只与起、终点有关而与电荷移动的路径无关,故有:

$$U_{ab} = U_{ao} + U_{ob}$$

3. 电位

选出电路中某一点 O 为参考点,任意点 a 与参考点 O 之间的电压 U_{ao} 称为 a 点的电位 V_a ,这样规定下,参考点 O 的电位 $V_o = 0$,参考点 O 称为电位参考点,可见电位也是既有大小且有

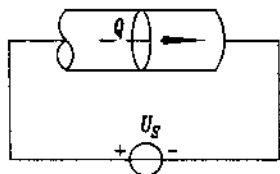


图 1-1

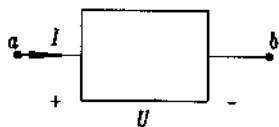


图 1-2

方向。且单位同电压单位为伏特(V)。

$$\text{因为 } V_a = U_{ao} \quad V_b = U_{bo}$$

$$\text{所以: } V_a - V_b = U_{ao} - U_{bo} = U_{ao} + U_{ob} = U_{ab}$$

即两点间的电压等于这两点间的电位差,因此有时也称电压为电位差,电位降或电压降。

电路中任意一点的电位值随参考点选择不同而不同,但任意两点间的电位差(电压)却不随参考点改变而改变。

例 1-1 已知 $V_A = 20 \text{ V}$, $V_B = -40 \text{ V}$, $V_C = 10 \text{ V}$, 求 U_{AB} 和 U_{BC} 各为多少?

解:

$$U_{AB} = V_A - V_B = 20 - (-40) = 60 \text{ V}$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = -40 - 10 = -50 \text{ V}$$

4. 电动势

电源把其他形式的能转化为电能的本领用电动势表示,直流电源的电动势 E 为非静电力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功,其方向规定为自负极通过电源内部到正极的方向为电动势的方向,其单位同电压单位为伏特(V)。

5. 电功

电场力移动正电荷形成电流所做的功称为电功常说成是电流做的功,由定义知:电流在一段电路上 T 时间内所做的功 $W = U \cdot I \cdot T$, 国际单位制中电功单位为焦耳(J)。

6. 电功率

电流在单位时间内所做的电功叫做电功率 P 。

电功和电功率的区别在于电功是衡量电能转换多少的物理量,而电功率则是体现了电能转换快、慢的物理量, $P = W/T = U \cdot I$, 国际单位制中电功率单位为瓦特(W)。

7. 电阻

电阻 R 是表示物体对电流阻碍作用大小的物理量,是客观存在的,不会因所加电压的大小而变化(线性电阻)长直金属导体的电阻其大小与该金属导体的几何尺寸材料及温度有关,当温度为 20°C 时 $R = \rho \frac{l}{s}$, 其中 ρ 为材料的电阻率($t = 20^\circ\text{C}$), l 为导体的长度, s 为导体的截面积。较短的导线因其电阻很小可忽略不计,国际单位制中电阻单位为欧姆(Ω)。

例 1-2 用康铜丝来制 10Ω 的电阻,问需要直径为 1 毫米的康铜丝多少米?

解:因 $R = \rho \cdot l/s$ 得: $l = Rs/\rho$, 而 $s = \pi d^2/4$, 查康铜丝的 $\rho = 5 \times 10^{-7} \Omega\text{m}$

$$\text{则 } l = \frac{10}{5 \times 10^{-7}} \times 3.14 \times (10^{-3})^2 / 4 = 15.7 \text{ m}$$

1.1.2 电路的两个基本定律

1. 欧姆定律

流过电阻的电流等于电阻两端的电压除以电阻值,即 $I = U/R$ 。

当 U 、 I 方向关联时, $I = U/R$, 如图 1-3。当 U 、 I 方向非关联时 $I = -U/R$, 如图 1-4。

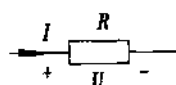


图 1-3

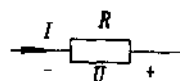


图 1-4

2. 基尔霍夫定律

(1) 定律一：电流定律(KCL)

任一瞬间，流入任一节点的电流的代数和恒等于零，即 $\sum I = 0$ ，如图 1-5 有 $I_1 + I_2 = I_3 + I_4$ ，该定律不仅适用于节点，也可推广用于任一闭合面，即流入任一闭合面的电流的代数和恒等于零，如图 1-6 有 $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ 。

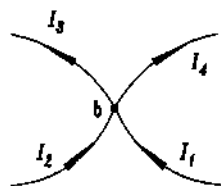


图 1-5

(2) 定律二：电压定律(KVL)

任一瞬间，沿任一回路，各段电压的代数和等于零，即 $\sum U = 0$ ，(要确定回路电压绕行方向)，如图 1-7 回路有：

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} - U_{AD} = 0,$$

$$\text{可改写成 } I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 + E_3 - E_4 - I_4 R_4 = 0$$

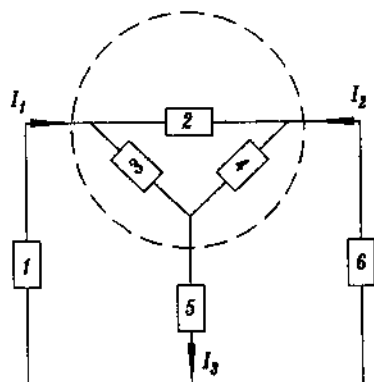


图 1-6

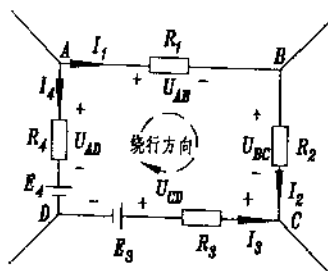


图 1-7

1.2 简单直流电路

1.2.1 电阻的连接方式

1. 串联：图 1-8 (a) 所示。

特点：只有一个电流

(1) 总电压等于各电阻上电压之和

(2) 总电阻等于各电阻上电阻之和，图 1-8(b) 所示

(3) 各电阻两端电压与各电阻值成正比。

2. 并联：图 1-9(a) 所示

特点：只有一个电压

(1) 总电流等于各电阻上电流之和。

(2) 总电阻的倒数等于各电阻倒数之和，

图 1-9(b) 所示。

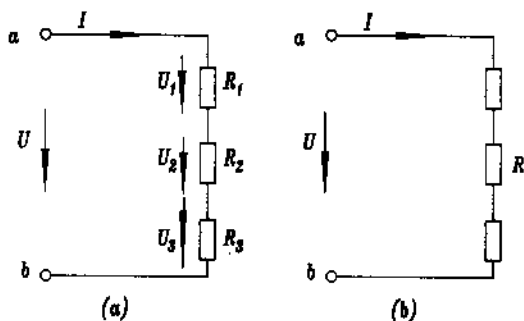


图 1-8

(3)各电阻上的电流与各电阻值成反比。

3. 混联:既有串联又有并联,图 1-10 所示。

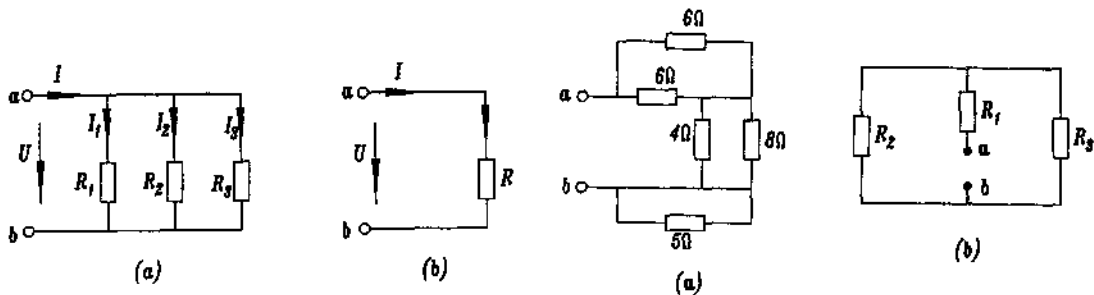


图 1-9

图 1-10

1.2.2 简单直流电路的分析方法

凡是可以用电阻串、并联等效方法将电路简化为无分支的单一直流闭合电路称为简单直流电路,电路计算的最基本问题在于求电流,要求电流就要简化电路使其成为简单的直流电路,而电路中电源电动势和内阻是由电源确定的参量,一般看做不变的量,电流、电压、电功率均随外电路电阻变化,这样就可以利用欧姆定律及电阻串、并联等效求出电路中各个物理量。

例 1-3 求出图 1-11 所示电路中,当开关 S 断开和闭合两种情况下 a 点的电位 V_a 。

解:(1)当 S 断开时,电路为单一支路,三个电阻上流过同一个电流,因此可得下式:

$$\frac{-12 - V_a}{(4+6) \times 10^3} = \frac{V_a - 12}{20 \times 10^3} \quad \text{求得 } V_a = -4 \text{ V}$$

(2)当 S 闭合时, $V_b = 0$, $4 \text{ k}\Omega$ 和 $20 \text{ k}\Omega$ 电阻流过同一电流,因此,

$$\frac{V_b - V_a}{4 \times 10^3} = \frac{V_a - 12}{20 \times 10^3} \quad \text{求得 } V_a = 2 \text{ V}$$

计算电路中某点电位的方法可以归结为:

(1)确定电位参考点

(2)从待求点通过一定的路径绕到所确定的参考点,此路径上全部电压的代数和就等于该点的电位。

(3)电路中某点的电位与路径无关,但若参考点改变,该点的电位也将随之改变。

例 1-4 在图 1-12 中,已知 $R_1 = R_2 = 8 \Omega$, $R_3 = R_4 = 6 \Omega$, $R_5 = R_6 = 4 \Omega$, $R_7 = R_8 = 24 \Omega$, $R_9 = 16 \Omega$,

求(1)A、B 间总的等效电阻;

(2)若外加电压为 $U = 224 \text{ V}$,试求通过 R_9 中的电流。

解:(1)要求出总等效电阻,先将图 1-12 电路根据电流的流向进行整理,总电流通过 R_1 后在 C 点分成两路,一

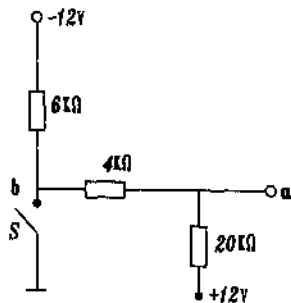


图 1-11

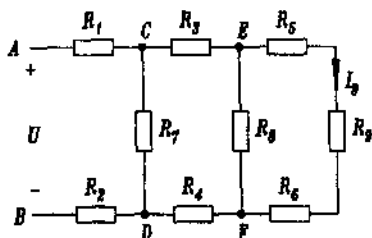


图 1-12

支路径经 R_7 到 D 点；另一支路径经 R_3 到 E 点后又分成两路，一支路径经 R_5 到 F 点，另一支路径经 R_5 、 R_6 、 R_8 也到 F 点，两支路电流汇合后经 R_4 到 D 点，与经 R_7 到 D 点的电流汇合成总电流通过 R_2 ，故画出等效电路如图 1-13 所示。

图 1-13 所示。

然后根据电阻的串、并联关系计算出电路的总等效电阻，可得： $R_{AB}=28\ \Omega$

$$(2) I_{\text{总}} = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{224}{28} = 8\text{ A}$$

根据电阻并联的分流关系，可计算出经过 R_3 的电流是

$$I_3 = 2\text{ A}$$

例 1-5 图 1-14 电路中，已知每个电阻的阻值 $R=10\ \Omega$ ，求 A 、 B 间的等效电阻 R_{AB} 。

解：先利用电路中各等电位点分析电路，画出等效电路。

A 点与 C 点等电位， B 点与 D 点等电位，因此 $U_{AB}=U_{AD}=U_{CB}=U_{CD}$ ，即 4 个电阻两端的电压都相等，画出等效电路图如图 1-15 所示。

电路中总的电阻是：

$$R_{AB} = \frac{R}{4} = \frac{10}{4} = 2.5\ \Omega$$

由以上两个例子的分析计算可以看出，混联电路计算的一般步骤为：

(1) 首先把电路进行等效变换，也就是把不容易看清串、并联关系的电路整理，简化为易看清串、并联关系的电路；

(2) 计算各电阻串联和并联的等效电阻值，再计算电路的总等效电阻；

(3) 计算出电路的总电流；

(4) 根据串联的分压关系和并联的分流关系，推算出各部分的电流与电压。

例 1-6 图 1-16 电路中，已知 $E=10\text{ V}$ ， $R_1=3\ \Omega$ ， $R_2=R_3=4\ \Omega$ ，试求电流 I_3 。

解：先求出总电流 I_1 ，即

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + (R_2 \cdot R_3)/(R_2 + R_3)} = \frac{10}{3 + (4 \cdot 4)/(4 + 4)} = 2\text{ A}$$

然后根据分流即可求出 I_3

$$I_3 = I_1 \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 2 \times \frac{4}{4 + 4} = 1\text{ A}$$

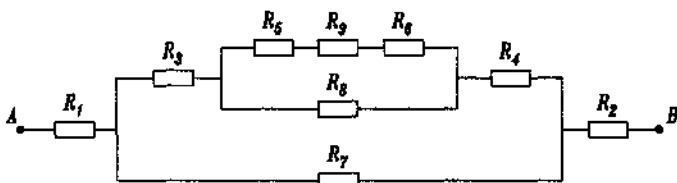


图 1-13

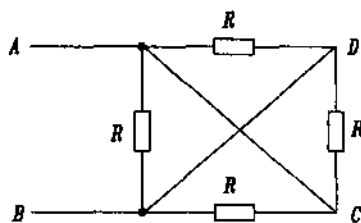


图 1-14

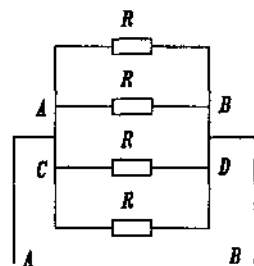


图 1-15

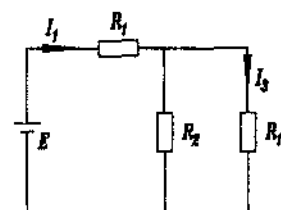


图 1-16

1.3 复杂直流电路及其分析方法概述

凡是不能用电阻串、并联等效将电路简化成无分支的单一回路的电路称为复杂电路(若为直流即称复杂直流电路)。

分析复杂直流电路可以从两个不同途径着手,一种是以欧姆定律、基尔霍夫定律为依据,列出所需的电路方程,然后联立求解。对于含 n 条支路、 m 个节点的电路,应用基尔霍夫电流定律可以列出 $m-1$ 个独立的节点电流方程,应用基尔霍夫电压定律可列出 $n-(m-1)$ 个独立的回路电压方程。常用的方法有:支路电流法、回路电流法、节点电压法。另一种是以线性电路的重要原理和定理为依据,利用它们可以简化电路的分析计算,常用的定理有叠加定理、戴维南定理。分析复杂直流电路时,应先假设电流或电压的参考方向。

复杂直流电路中还常遇到电压源、电流源共存的电路,可以通过电压源与电流源的等效变换使电路得到简化,以便分析计算。以下分别讨论复杂直流电路的几种分析方法,为方便叙述先讲电源的等效变换。

1.4 电源的等效变换

1.4.1 电压源和电流源

实际电源有两种模型:一种是电压源,另一种是电流源。

为电路提供一定电压的电源称为电压源。实际电压源的内阻越小,其输出电流变化时,输出电压的变化越小,即输出电压越稳定。如果电压源的内阻为零,电源将提供一个恒定不变的电压,称为理想电压源,简称恒压源。恒压源在电路中的符号如图 1-17 所示,而图 1-18 是实际电压源在电路中的符号,即用一个恒压源和一个电阻串联组合来表示,电阻 r_0 称为电压源的内阻。

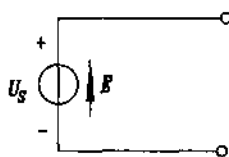


图 1-17

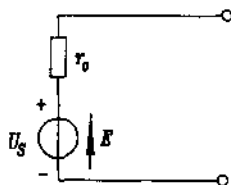


图 1-18

为电路提供一定电流的电源称为电流源,实际电流源的内阻越大,其输出电压变化时,输出电流的变化越小,即输出电流越稳定,如果电流源内阻为无穷大,电源将提供一个恒定不变的电流,称为理想电流源,简称恒流源。恒流源在电路中的符号如图 1-19 所示,图 1-20 是实际电流源在电路中的符号,即用一个恒流源和一个电阻的并联组合来表示, R_0 称为电流源的内阻。

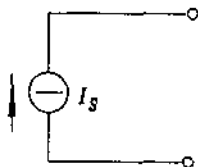


图 1-19

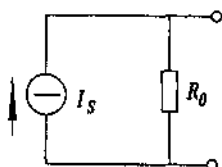


图 1-20

1.4.2 电源的等效变换

在电路计算中为解题方便,有时要将电流源模型来等效替代电压源模型,或者反之。它们之间等效变换的条件是:

$$r_0 = R_0, I_s = \frac{U_s}{r_0} \text{ 或 } U_s = I_s \cdot R_0$$

电源等效变换应注意以下两个问题:

1. 这种等效变换仅是指对外电路等效,而对电源内部是不等效的。
2. 恒压源与恒流源之间是不能等效变换的。

1.5 常用的三种方程法

1.5.1 支路电流法

以支路电流为未知量,应用基尔霍夫电流、电压定律列出联立方程,求出各支路电流的方法叫支路电流法。

用支路电流法分析电路的一般步骤如下:

1. 标出各支路电流的(参考)方向和网孔或回路的绕行方向。
2. 对 n 条支路 m 个节点的电路,可列出 $m-1$ 个节点电流方程和 $n-(m-1)$ 个回路电压方程。
3. 联立求解方程组,求出各支路电流。

例 1-7 图 1-21 电路中,已知 $E_2 = 40 \text{ V}$, $R_1 = 4 \Omega$, $R_2 = 10 \Omega$, $R_3 = 40 \Omega$, E_1 、 E_2 内阻均不计。求(1)当使电流 $I_1 = 0$ 时, E_1 应为多大?(2)若使 $I_2 = 0$, E_1 又为何值?(3)当 $E_1 = 20 \text{ V}$ 时, R_3 中电流为多大?

解: 本题采用支路电流法(也可以用其他方法,读者可自己进行分析)。

首先,假定三条支路的电流方向如图 1-21 所示,两个网孔绕行方向取顺时针方向。

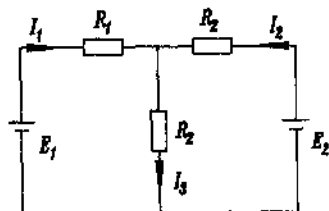


图 1-21

$$\text{按 KCL: } I_1 + I_2 = I_3 \quad ①$$

$$\text{按 KVL: } I_1 R_1 + I_3 R_3 - E_1 = 0 \quad ②$$

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

现分三种情况:

$$(1) I_1 = 0 \text{ 时, } E_1 \text{ 的值: 因为 } I_1 = 0 \text{ 时, 由 } ① \text{ 式可得 } I_2 = I_3 \quad ④$$

$$\text{把 } ④ \text{ 式代入 } ③ \text{ 式得: } I_3(R_2 + R_3) = E_2$$

$$\text{即 } I_3 = \frac{E_2}{R_2 + R_3} = \frac{40}{10 + 40} = 0.8 \text{ A}$$

$$\text{将 } I_3 \text{ 值代入 } ② \text{ 式得: } E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 = 0.8 \times 40 = 32 \text{ V}$$

$$(2) I_2 = 0 \text{ 时, } E_1 \text{ 的值: 因为 } I_2 = 0, \text{ 则由 } ① \text{ 式和 } ③ \text{ 式分别得 } I_1 = I_3 \quad ⑤$$

$$I_3 = \frac{E_2}{R_3} = \frac{40}{40} = 1 \text{ A}$$

$$\text{将 } ⑤ \text{ 式和 } I_3 \text{ 的值代入 } ② \text{ 式得: } E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 = I_3(R_1 + R_3) = 1 \times (4 + 40) = 44 \text{ V}$$

$$(3) \text{ 当 } E_1 = 20 \text{ V 时, } I_3 \text{ 的值: 将已知条件代入 } ①②③ \text{ 式}$$

$$\text{可得 } I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1 + 10I_3 - 5 = 0$$

$$I_2 + 4I_3 - 4 = 0$$

联立求解可得： $I_1 = -1 \text{ A}$, $I_2 = 1.6 \text{ A}$, $I_3 = 0.6 \text{ A}$ 。

下面采用功率平衡关系进行验算。

负载吸收的功率：

$$P_{R1} = I_1^2 \cdot R_1 = (-1)^2 \times 4 = 4 \text{ W}$$

$$P_{R2} = I_2^2 \cdot R_2 = (1.6)^2 \times 10 = 25.6 \text{ W}$$

$$P_{R3} = I_3^2 \cdot R_3 = (0.6)^2 \times 40 = 14.4 \text{ W}$$

$$P_{E1} = I_1 \cdot E_1 = 1 \times 20 = 20 \text{ W}$$

注意这里电源 E_1 的电动势方向和电流 I_1 的实际方向是相反的, 所以 E_1 实际是作为负载在充电(即吸收功率), 所以整个电路吸收的功率为:

$$P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{E1} = 4 + 25.6 + 14.4 + 20 = 64 \text{ W}$$

而电源 E_2 发出的功率为 $P_{E2} = I_2 E_2 = 1.6 \times 40 = 64 \text{ W}$

可见电路中功率是平衡的。

1.5.2 回路电流法

以选定的回路电流为未知量, 应用基尔霍夫电压定律列出回路电压的联立方程, 求出各回路电流, 进而求出支路电流等的方法叫回路电流法。

用回路电流法分析电路的一般步骤如下:

1. 选取独立回路(平面电路中的网孔都是独立回路), 标出各回路电流的参考方向, 并以回路电流的方向作为回路绕行方向;

2. 列出回路电压方程;

3. 联立求解方程组, 求出各回路电流;

4. 利用回路电流求支路电流或其他电量。

例 1-8 图 1-22 电路, 求各支路电流。

解: 本题有 6 条支路, 3 个网孔, 显然用回路电流法比支路电流法简单得多, 现采用回路电流法分析如下:

先选取 3 个网孔作为独立回路, 并标出回路电流 I_A 、 I_B 、 I_C 如图示, 并以回路电流 I_A 、 I_B 、 I_C 的方向作为回路绕行方向。

回路电压方程为:(注意列写回路电压方程时不要漏写相邻回路电流在该回路产生的电压)。

$$(3+6+1)I_A - 1I_B - 6I_C = 19$$

$$-1I_A + (1+2+2)I_B - 2I_C = -12$$

$$-6I_A - 2I_B + (3+6+2)I_C = 6$$

整理得: $10I_A - I_B + 6I_C = 19$

$$-I_A + 5I_B - 2I_C = -12$$

$$-6I_A - 2I_B + 11I_C = 6$$

解得: $I_A = 3 \text{ A}$ $I_B = -1 \text{ A}$ $I_C = 2 \text{ A}$

设各支路电流参考方向如图中所示, 则

$$I_1 = I_A = 3 \text{ A}$$

$$I_2 = I_B = -1 \text{ A}$$

$$I_3 = I_C = 2 \text{ A}$$

$$I_4 = I_A - I_C = 3 - 2 = 1 \text{ A}$$

$$I_5 = I_B - I_C = -1 - 2 = -3 \text{ A}$$

$$I_6 = I_A - I_B = 3 - (-1) = 4 \text{ A}$$

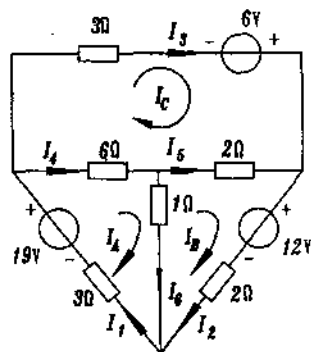


图 1-22

如果需要,可由支路电流求电路中任何处的电压、功率。

因回路电流法自动满足 KCL,所以若需检验答案正确性只能用是否满足 KVL 及功率平衡。

第三种是节点电位法,本书略去。

1.6 常用的两个定理

1.6.1 叠加定理

叠加定理是反映线性电路基本性质的原理之一,它的内容是:若多个电源作用于线性电路,则任何一条支路中的电流(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。

应用叠加定理分析电路的步骤为:

1. 将有几个电源共同作用的电路分成只有单一电源的电路,标出各支路的电流方向。
2. 求出各电源单独作用时的各支路电流。
3. 将每一支路的电流分别进行叠加,就可以得出各支路的电流。

应用叠加定理应注意以下几点:

1. 叠加定理只适用于电流或电压的叠加,不适用于功率的叠加。
2. 每个电源单独作用时,其余的电源应置零,但其内阻应保留。
3. 叠加时应注意电流(或

电压)的方向。

4. 叠加定理只适用于线性电路。

例 1-9 在图 1-23(a) 电路中,已知 $E_1=125\text{ V}$, $E_2=120\text{ V}$, 内阻均不计, $R_1=40\ \Omega$, $R_2=36\ \Omega$, $R_3=R_4=60\ \Omega$, 试用叠加定理求各支路电流。

解:(1) 设 E_1 单独作用时,如图 1-23(b) 所示。

$$I'_1 = \frac{E_1}{R_1 + \frac{R_4 R_2}{R_4 + R_2}} = \frac{125}{40 + \frac{60 \times 36}{60 + 36}} = \frac{125}{62.5} = 2\text{ A}$$

$$I'_2 = \frac{R_4}{R_4 + R_2} I'_1 = \frac{60}{60 + 36} \times 2 = 1.25\text{ A}$$

$$I'_4 = \frac{R_2}{R_4 + R_2} I'_1 = \frac{36}{60 + 36} \times 2 = 0.75\text{ A}$$

$$I'_3 = 0 \text{ (被短路)}$$

$$I'_5 = I'_2 = 1.25\text{ A}$$

(2) E_2 单独作用时,如图 1-23(c) 所示。

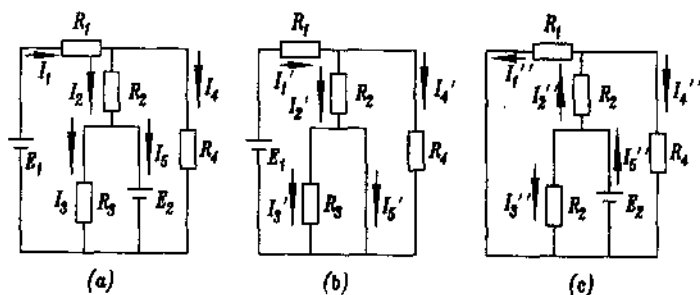


图 1-23

$$I''_2 = \frac{E_2}{R_2 + \frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4}} = \frac{120}{36 + \frac{40 \times 60}{40 + 60}} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A}$$

$$I''_1 = \frac{R_4}{R_1 + R_4} I''_2 = \frac{60}{40 + 60} \times 2 = 1.2 \text{ A}$$

$$I''_4 = \frac{R_1}{R_1 + R_4} I''_2 = \frac{40}{40 + 60} \times 2 = 0.8 \text{ A}$$

$$I''_3 = \frac{E_2}{R_3} = \frac{120}{60} = 2 \text{ A}$$

$$I''_5 = I''_2 + I''_3 = 2 + 2 = 4 \text{ A}$$

(3) 将各电源单独作用时所得各支路电流分量叠加, 可得支路电流(注意电流的方向)

$$I_1 = I'_1 - I''_1 = 2 - 1.2 = 0.8 \text{ A}$$

$$I_2 = I'_2 - I''_2 = 1.25 - 2 = -0.75 \text{ A}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = 0 + 2 = 2 \text{ A}$$

$$I_4 = I'_4 + I''_4 = 0.75 + 0.8 = 1.55 \text{ A}$$

$$I_5 = I'_5 - I''_5 = 1.25 - 4 = -2.75 \text{ A}$$

1.6.2 戴维南定理

戴维南定理指出: 任何线性有源二端网络, 对外电路来讲, 都可以用一个电压源来代替, 该电压源的电动势 E 等于二端网络的开路电压, 其内阻等于有源二端网络所有电源不作用时(仅保留内阻)所得到的无源二端网络网端间的入端电阻(输入电阻)。

应用戴维南定理分析电路的步骤为:

1. 断开待求支路, 求开路电压;
2. 求入端电阻;
3. 画出等效电路后接上所断之路, 求出待求量。

应用戴维南定理应注意的问题:

1. 每个步骤电路都不一样, 应画出相应的图。
2. 求出的等效电源的极性(方向)应与原所求的开路电压的极性(方向一致)。

例 1-10 图 1-24(a) 电路中, $E_1 = 15 \text{ V}$, $E_2 = 12 \text{ V}$, $E_3 = 3 \text{ V}$, 内阻均不计, $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1 \Omega$, $R_5 = 11 \Omega$, 求(1) 开关 S 断开时, 电阻 R_5 中电流及 a 、 b 两端电压 U_{ab} ; (2) 开关闭合后, 电阻 R_5 中电流。

解: (1) 因为 S 断开, 根据 KCL 推广形式, 显然流过 R_5 的电流为零, 因此, $U_{ab} = I_5 R_5 = 0$

(2) S 闭合后, 求 R_5 中电流显然用戴维南定理比较方便。

断开待求支路 R_5 , 求二端网络的开路电压, 如图 1-24(b) 所示。

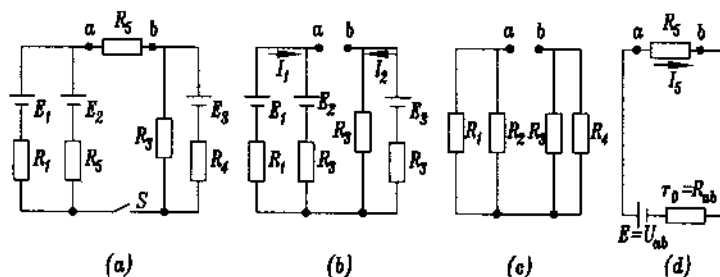


图 1-24