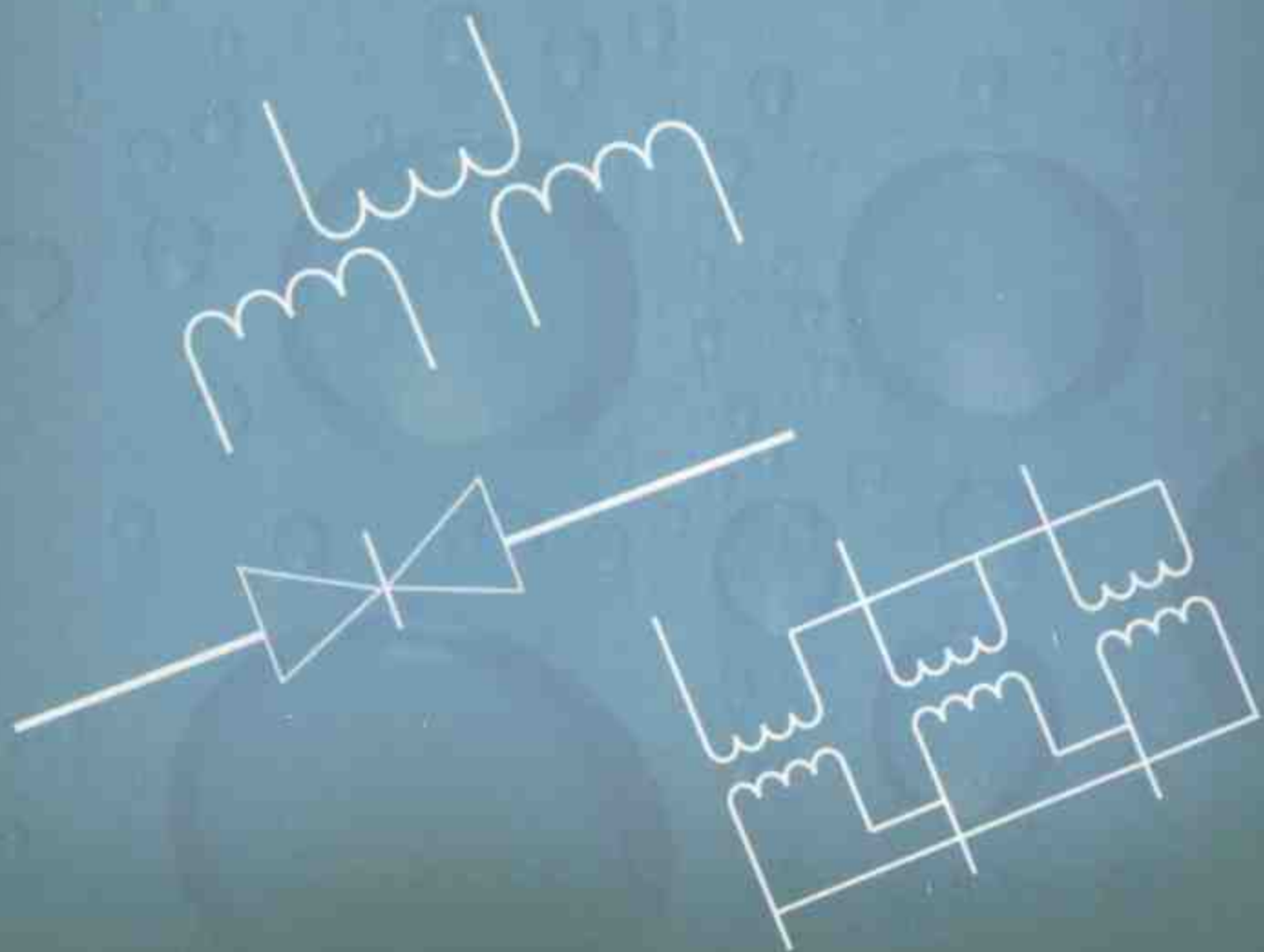




1+X 职业技术·职业资格培训教材

水电工 [中级]

劳动和社会保障部教材办公室
上海市职业培训指导中心 组织编写



中国劳动社会保障出版社

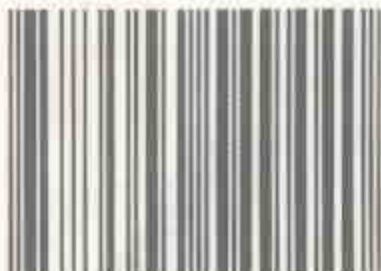
责任编辑：高俊卿
责任校对：薛宝丽
封面设计：邱雅卓
版式设计：朱 姝

水电工

职业技术·职业资格培训教材

- 水电工（初级）
- 水电工（中级）

ISBN 7-5045-4944-4



9 787504 549440 >

ISBN 7-5045-4944-4

定价：34.00元

1+X 职业技术·职业资格培训教材

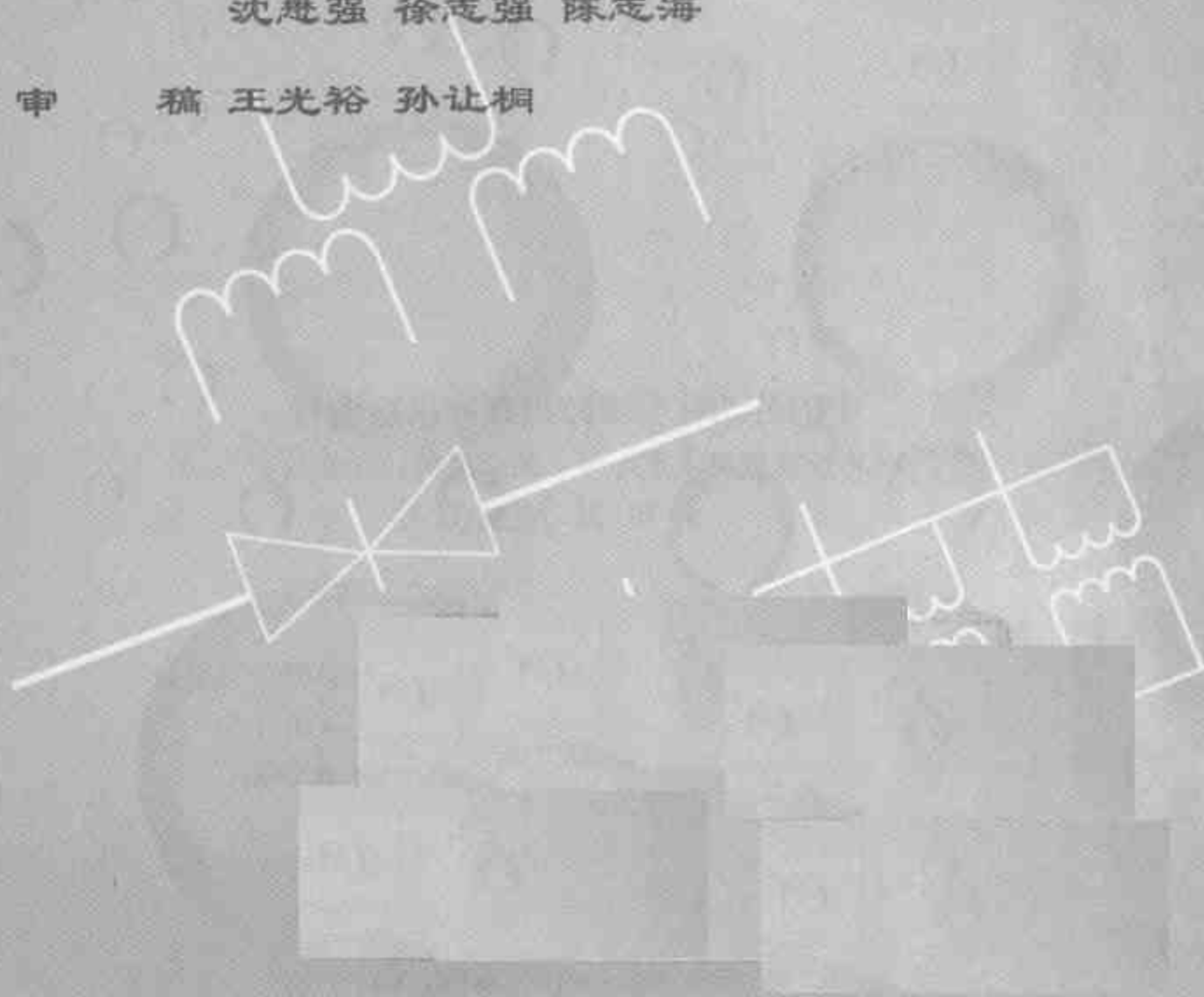
水电工 [中级]

主 编 岑春骅

编写人员 岑春骅 匡荣辉 王成伟

沈懋强 徐志强 陈志海

审 稿 王光裕 孙让桐



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

水电工: 中级/岑春骅主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2004
职业技术·职业资格培训教材
ISBN 7-5045-4944-4

I. 水… II. 岑… III. ①水暖工—技术培训—教材 ②房屋建筑设备: 电气设备—技术培训—教材 IV. ①TU832 ②TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 143587 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷 北京京顺印刷有限公司装订

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 478 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月第 1 次印刷

印数: 3 500 册

定价: 34.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

内 容 简 介

本教材由劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心依据上海 1+X 职业技能鉴定细目——水电工（中级）组织编写。本书从强化培养操作技能，掌握一门实用技术的角度出发，较好地体现了本职业当前最新的实用知识，对于提高从业人员基本素质，掌握水电工（中级）的核心知识有很好的帮助和指导作用。

本教材主要内容包括：交、直流电路和计算知识、管道工基础知识、晶体管电路、电力拖动、变压器知识、变配电知识、新型管道材料及安装、阀门和水泵、技术规程和质量检验知识等。

为便于读者巩固、提高所学知识，每单元后附有模拟测试题及答案，全书后附有模拟考试试卷及答案，另附有：给水管段设计秒流量计算表、三相异步电动机的主要技术参数、单相异步电动机的主要技术参数，供读者学习时参考使用。

本教材可作为水电工（中级）职业技能培训与鉴定考核教材，也可供中等职业学校师生及从事物业管理修缮的人员学习、掌握水电工（中级）的先进知识和技能或参加职业培训、岗位培训、就业培训使用。

前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识和技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地进行系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。

前 言

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发，适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核，同时，也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作，由于时间紧迫，不足之处在所难免，欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

劳动和社会保障部教材办公室

上海市职业培训指导中心

目 录

第一单元 交、直流电路与计算知识	(1)
第一节 复杂直流电路的计算	(1)
第二节 磁路及基本定律	(8)
第三节 正弦交流电路	(13)
第四节 三相交流电路	(21)
单元测试题	(27)
单元测试题答案	(29)
第二单元 管道工基础知识	(31)
第一节 流体力学基础知识	(31)
第二节 建筑给排水系统	(36)
第三节 管道施工图的识读	(60)
第四节 生活给水管网计算	(71)
单元测试题	(87)
单元测试题答案	(90)
第三单元 晶体管电路	(91)
第一节 晶体二极管	(91)
第二节 晶体管整流电路	(98)
第三节 晶体三极管	(103)
第四节 晶体管放大电路	(106)
第五节 晶闸管及其应用	(125)
单元测试题	(134)
单元测试题答案	(136)
第四单元 电力拖动知识	(138)
第一节 电力拖动概述	(138)
第二节 三相异步电动机的主要特性	(139)
第三节 三相异步电动机的速度调节	(142)
第四节 三相异步电动机的制动	(145)

目 录

第五节 单相交流异步电动机	(152)
第六节 同步电机及其控制	(157)
第七节 常用电力拖动控制线路	(162)
第八节 应用实例——水泵的控制	(183)
单元测试题	(209)
单元测试题答案	(211)
第五单元 变压器知识	(212)
第一节 变压器的基本原理和特性	(212)
第二节 电流互感器和电压互感器	(214)
第三节 三相变压器	(216)
单元测试题	(222)
单元测试题答案	(223)
第六单元 变配电知识	(225)
第一节 供电基本要求	(225)
第二节 导线和电缆截面的选择	(227)
第三节 架空线路的施工方法	(231)
第四节 10 kV, 35 kV 及以下室内变电所	(251)
第五节 避雷装置	(259)
单元测试题	(265)
单元测试题答案	(267)
第七单元 新型管道材料、阀门与水泵	(268)
第一节 新型管道材料及安装	(268)
第二节 阀门	(279)
第三节 水泵	(297)
单元测试题	(317)
单元测试题答案	(319)
知识考核模拟试卷	(320)
知识考核模拟试卷答案	(325)
附录 1 给水管段设计秒流量计算表	(326)
附录 2 三相异步电动机的主要技术参数	(338)
附录 3 单相异步电动机的主要技术参数	(341)

第一单元 交、直流电路与计算知识



第一节 复杂直流电路的计算

一、基尔霍夫定律

分析和计算各种简单和复杂电路的最基本定律，除了欧姆定律外，还有基尔霍夫第一定律和第二定律。基尔霍夫第一定律应用于结点，第二定律应用于回路。

为了阐明该定律，先介绍几个电路的基本术语。

支路：电路中的每一分支称为支路，支路上流过的电流称为支路电流，图 1—1 所示的电路中一共有三条支路。含有电源的支路称为有源支路，没有电源的支路称为无源支路。

节点：电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点。图 1—1 所示的电路中一共有两个节点。

回路：电路中任一闭合路径都叫回路。一个回路可能只含一条支路，也可能包含几条支路。图 1—1 所示的电路中一共有三个回路。

网孔：在回路中间不框入任何其他支路的回路叫网孔，电路中的网孔数等于独立回路数，如图 1—1 所示的电路中有 2 个网孔。

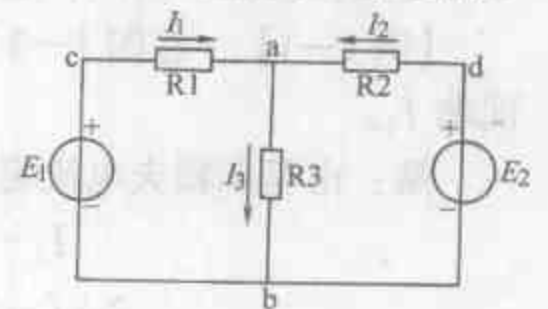


图 1—1 复杂直流电路

1. 基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)

基尔霍夫电流定律是用来确定连接在同一节点上的各支路电流间关系的。由于电流的连续性, 电路中任何一点均不能堆积电荷。因此, 在任一瞬间, 流入某一节点的电流之和应该等于由该节点流出的电流之和。

在图 1—1 所示的电路中, 对节点 a 可以写出:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

或将上式改写成:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即:

$$\sum I = 0$$

就是在任一瞬间, 一个节点上电流的代数和恒等于零。

如果规定参考方向指向节点取正号, 背离节点取负号。根据计算的结果, 有些支路的电流可能是负值, 这是由于所选定的电流的参考方向与实际方向相反所致。

基尔霍夫电流定律通常应用于节点, 也可以把它推广应用于包围部分电路的任一假设的闭合面。如图 1—2 所示的闭合面包围的是一个三角形电路, 它有三个节点, 应用电流定律列出:

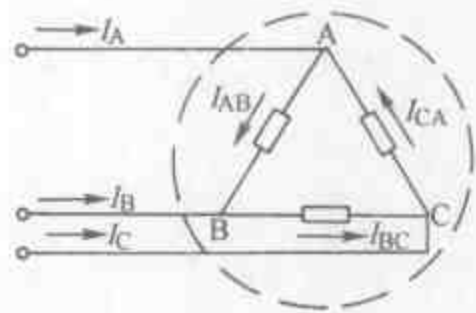


图 1—2 基尔霍夫电流定律推广应用

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC}$$

三式相加, 便得:

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

或: $\sum I = 0$

可见, 在任一瞬间, 通过任一闭合面的电流的代数和也恒等于零。

【例 1—1】 在图 1—3 中, $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = -3 \text{ A}$, $I_3 = -2 \text{ A}$,

试求 I_4 。

解: 由基尔霍夫电流定律可列出:

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

$$2 - (-3) + (-2) - I_4 = 0$$

得: $I_4 = 3 \text{ A}$

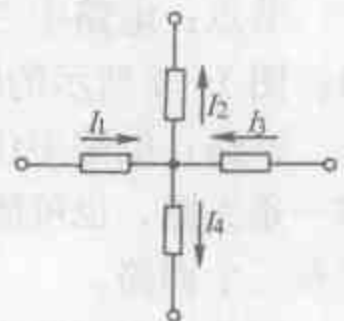


图 1—3 例 1—1 的电路

由本例可见, 式中有两类正负号, I 前的正负号是由基尔霍夫电流定律根据电流的参

考方向确定的，括号内数字前的正负号则是表示电流本身数值的正负。

2. 基尔霍夫第二定律（回路电压定律）

基尔霍夫电压定律是用来确定回路中各段电压间关系的。如果从回路中任意一点出发，以顺时针方向或逆时针方向沿回路循行一周，则在这个方向上的电位降之和等于电位升之和。回到原来的出发点时，该点的电位是不会发生变化的，即电压为零。所以在电路的任何闭合回路中，各段电压的代数和等于零。这就是基尔霍夫第二定律。

用式表示为：

$$\sum U = 0$$

以图 1—4 所示的回路为例，图中电源电动势、电流和各段电压的参考方向均已标出。按照虚线所示方向循行一周，根据电压的参考方向可列出：

$$U_1 + U_4 = U_2 + U_3$$

或将上式改写为：

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

即：

$$\sum U = 0$$

就是在任一瞬时，沿任一回路循行方向（顺时针方向或逆时针方向），回路中各段电压的代数和恒等于零。如果规定电位降取正号，则电位升就取负号。

图 1—4 所示的回路是由电源电动势和电阻构成的，上式可改写成：

$$E_1 - E_2 - R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0$$

或：

$$E_1 - E_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

即：

$$\sum E = \sum RI$$

此为基尔霍夫电压定律在电阻电路中的另一种表达式，就是在任一回路循行方向上，回路中电动势的代数和等于电阻上电压降的代数和。在这里，凡是电动势的参考方向与所选回路循行方向相反者取正号，一致者则取负号。凡是电流的参考方向与回路循行方向相反者，则该电流在电阻上所产生的电压降取正号，一致者则取负号。

3. 复杂直流电路的一般解法

一般求解复杂直流电路都是已知电源电动势和电阻值，求各支路中的电流。最常用的方法是支路电流法。

所谓支路电流法是以各支路的电流为未知量，依据基尔霍夫定律列出方程组，然后解联立方程得到各支路的电流值。

支路电流法解题步骤如下：

(1) 先标出各支路的电流参考方向和独立回路的循行方向。支路电流参考方向和独立回路循行方向可以任意假设，一般与电动势方向一致；对具有二个以上电动势的回路，一般取电动势大的方向为循行方向。

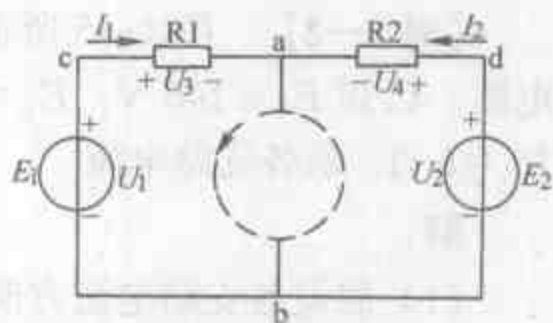


图 1—4 回路

(2) 用基尔霍夫定律列出节点电流方程式和回路电压方程式。一个具有 n 条支路、 m 个节点 ($n > m$) 的复杂直流电路, 需列出 n 个方程式来联立求解。由于 m 个节点只能列出 $(m - 1)$ 个独立的节点电流方程式, 这样还缺 $n - (m - 1)$ 个方程式。不足的方程式可由回路电压方程式补足, 一般回路电压方程式在独立回路中列出。

(3) 代入已知数, 解联立方程式求出各支路的电流, 并确定各支路电流的实际方向。计算结果为正值时, 实际方向与参考方向相同; 计算结果为负值时, 实际方向与参考方向相反。

【例 1—2】 图 1—5 所示是两个电源并联对负载供电的电路。已知 $E_1 = 140 \text{ V}$, $E_2 = 90 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, $R_3 = 6 \Omega$, 求各支路电流。

解:

(1) 假设各支路电流方向和循行方向如图所示。

(2) 电路中只有两个节点, 所以只能列出一个独立的节点电流方程式。对节点 A 有:

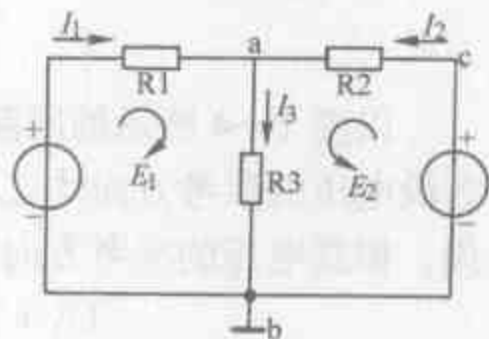


图 1—5 复杂电路

$$I_1 + I_2 = I_3$$

电路中有三条支路, 需列三个方程式。现已有一个, 另外二个方程式由基尔霍夫第二定律列出。

对于回路 1 和回路 2 分别列出:

$$E_1 = R_1 I_1 + R_3 I_3$$

$$E_2 = R_2 I_2 + R_3 I_3$$

(3) 代入已知数, 解联立方程式:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$140 = 20I_1 + 6I_3$$

$$90 = 5I_2 + 6I_3$$

得:

$$I_1 = 4 \text{ A}$$

$$I_2 = 6 \text{ A}$$

$$I_3 = 10 \text{ A}$$

二、电压源和电流源及其等效变换

电源(如发电机、电池等)工作时给负载提供电压和电流, 所以电源常用两种等效电路来表示——电压源和电流源。

1. 电压源

实际的电源具有一定的电动势和内电阻。用电动势 E 和内电阻 R_0 串联形式表示的这种等效电路称为电压源电路, 如图 1—6 所示。

负载的端电压为:

$$U = E - IR_0$$

当电源内电阻为零时, 则: $U = E$

因为电动势 E 通常为常数, 所以负载电阻或输出电流变化时, 其输出电压 U 恒等于 E 。因此把内电阻 $R_0 = 0$ 的电压源称为理想电压源, 也称为稳压源。

理想电压源实际上并不存在, 如果 R_0 远小于负载电阻 R , 即内电阻上的电压 U_0 远小于负载电阻上的电压 U , 于是 $U \approx E$ 基本上可看成理想电压源。常用的稳压电源可看成是理想电压源。

2. 电流源

用恒定电流 I_s 和内电阻 R'_0 并联形式表示的等效电路称为电流源电路, 如图 1—7 所示。

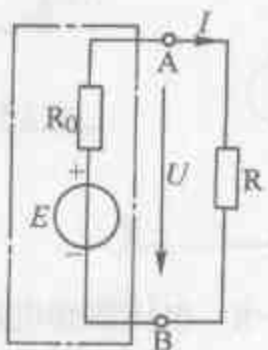


图 1—6 电压源电路

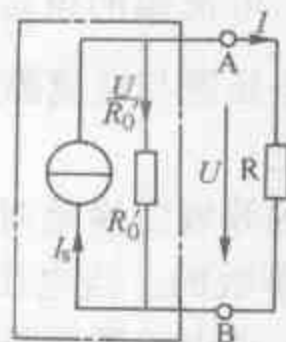


图 1—7 电流源电路

负载上的电流为:

$$I = I_s - \frac{U}{R'_0}$$

式中的 $\frac{U}{R'_0}$ 为电源内电阻的分流电流, 当电源内电阻 $R'_0 = \infty$ 时, 则:

$$I = I_s$$

因为恒定电流 I_s 通常为常数, 所以负载电阻或输出电压变化时, 其输出电流 I 恒等于 I_s 。我们把内电阻 $R'_0 = \infty$ 的电流源称为理想电流源, 也称为恒流源。

理想电流源实际上并不存在, 但如果电源内阻 R'_0 远大于负载电阻 R , 即内电阻 R'_0 上的电流 $\frac{U}{R'_0}$ 远小于负载电阻 R 上的电流 I , 于是 $I \approx I_s$ 基本恒定, 可近似看成是理想电流源。通常, 放大电路中的三极管可认为是理想电流源。

3. 电压源与电流源的等效变换

一个实际电源可用电压源表示, 也可用电流源表示。

对于负载来说, 如果用电压源时得到的电压和电流, 与用电流源时得到的电压和电流相等, 则它们是等效的。

在电压源电路中, 负载 R 上得到的电流为:

$$I = \frac{E - U}{R_0} = \frac{E}{R_0} - \frac{U}{R_0}$$

在电流源电路中, 负载 R' 上得到的电流为:

$$I = I_s - \frac{U}{R'_0}$$

根据等效的要求, 上述两式的对应项应相等, 由此得出电压源与电流源等效变换的条件为:

$$I_s = \frac{E}{R_0} \quad \text{或} \quad E = I_s R_0$$

$$R_0 = R'_0$$

图 1—8 所示为电压源和电流源的等效变换。

由此可见, 电流源的恒定电流 $I_s = \frac{E}{R_0}$ 为电压源的短路电流; 电压源与电流源变换时, 内电阻不变。

需注意的是:

(1) 电源的等效变换是对电源以外的负载而言, 电源内部是不等效的。当电压源开路时, 内电阻 R_0 上不损耗功率; 而电流源开路时, 内电阻 R'_0 上损耗功率。

(2) 在变换时, 应保持电压源的 E 和电流源的 I_s 方向一致。

(3) 理想的电压源和电流源不能等效变换。因为理想电压源的内电阻 $R_0 = 0$, 若将它变成电流源, I_s 将变为无穷大, 不能得到有限值。同样, 理想电流源的内电阻 R'_0 为无穷大, 若将它变换成电压源, E 将变为无穷大, 也不能得到有限值, 故两者不能等效变换。

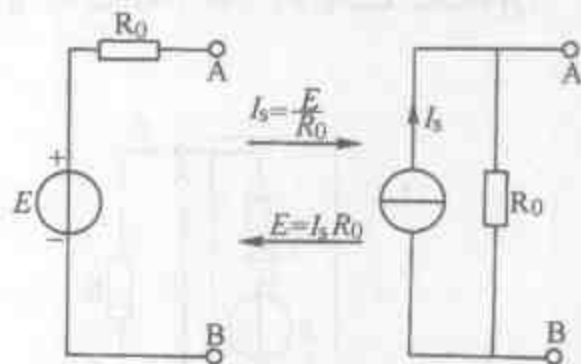


图 1—8 电压源和电流源的等效变换

【例 1—3】 有一电源的电动势 $E = 25 \text{ V}$, 内电阻 $R_0 = 1 \Omega$, 负载电阻 $R = 24 \Omega$, 试用两种等效电源求负载的电流和电压。

解:

(1) 电压源等效电路:

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{25}{1 + 24} = 1 \text{ A}$$

$$U = IR = 1 \times 24 = 24 \text{ V}$$

(2) 电流源等效电路:

$$I_s = \frac{E}{R_0} = \frac{25}{1} = 25 \text{ A}$$

根据分流公式得:

$$I = \frac{R_0}{R_0 + R} I_s = \frac{1}{1 + 24} \times 25 = 1 \text{ A}$$

$$U = IR = 1 \times 24 = 24 \text{ V}$$

由此可见，用两种电源计算的负载电流和电压是相同的，即对负载而言，两种电源是等效的。

运用电压源和电流源的等效变换，还可以分析和计算复杂电路。

三、戴维南定理

在有些情况下，只要求计算电路中某一条支路的电流或电压，这时用支路电流法和其他方法求解比较麻烦，若用戴维南定理，则比较方便。

如图 1—9a 所示，如果要求 R_3 中的电流 I_3 ，可先把被求支路 R_3 划出，这时的电路就成为含有电源的具有两个输出端的网络，为有源二端网络（见图 1—9b）。

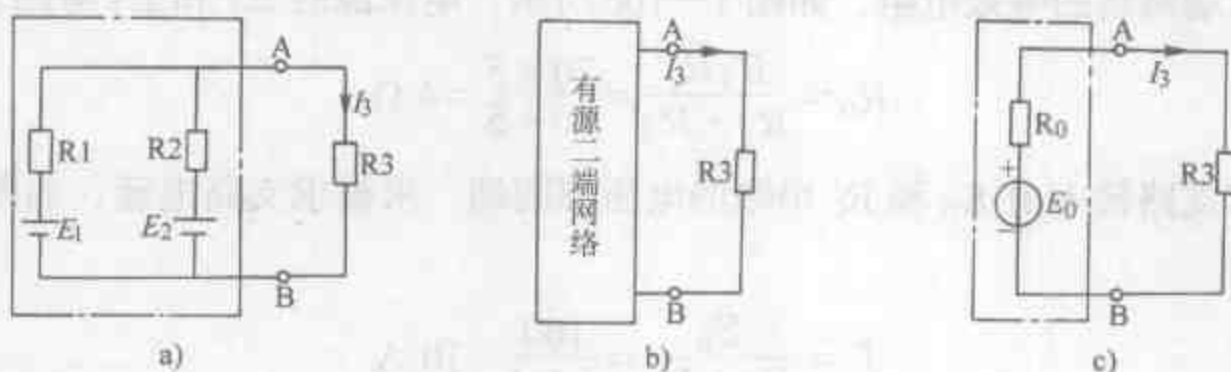


图 1—9 戴维南定理

a) 原电路 b) 有源二端网络 c) 等效电源

有源二端网络能给被求支路 R_3 提供电流，所以有源二端网络相当于一个电源，可简化成电动势 E_0 和内阻 R_0 相串联的电压源。这样复杂电路就成为等效电源与被求支路相串联的简单电路，如图 1—9c 所示。

被求支路 R_3 中的电流为：

$$I = \frac{E}{R_3 + R_0}$$

戴维南定理为：任何线性有源二端网络都可用一个具有电动势 E_0 和内电阻 R_0 串联的等效电压源来代替。其中 E_0 为该有源二端网络的开路电压； R_0 为该有源二端网络除去电源后，从二端看进去的等效电阻，又称二端网络的输入电阻。

【例 1—4】 如图 1—10 所示电路，已知 $E_1 = 140 \text{ V}$ ， $E_2 = 90 \text{ V}$ ， $R_1 = 20 \Omega$ ， $R_2 = 5 \Omega$ ， $R_3 = 6 \Omega$ ，用戴维南定理求 R_3 中的电流。

解：应用戴维南定理

(1) 将被求支路划出，成为一有源二端网络，如图 1—10b 所示。

(2) 求有源二端网络的开路电压 E_0 。

首先求图 1—10b 中的电流：

$$I' = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{140 - 90}{20 + 5} = 2 \text{ A}$$

$$E_0 = U_{AB} = E_2 + I'R_2 = 90 + 5 \times 2 = 100 \text{ V}$$

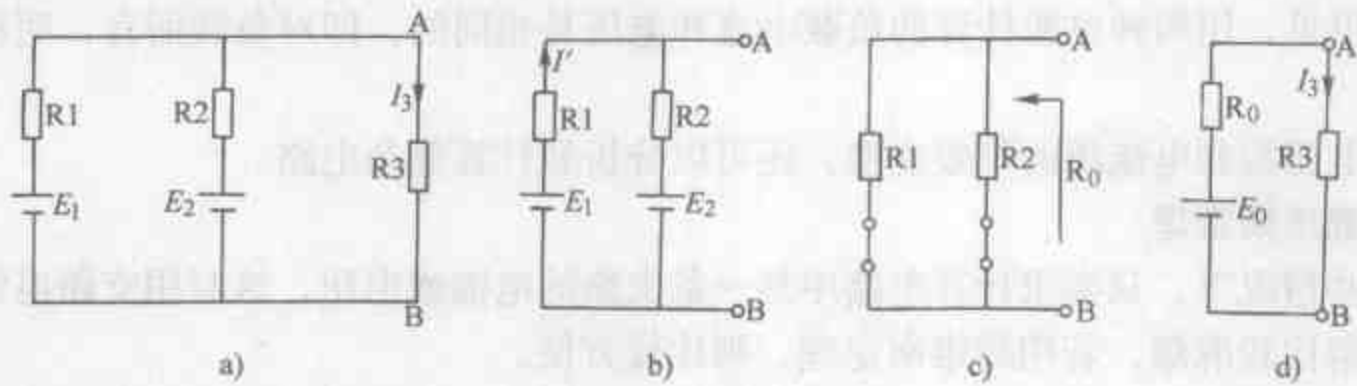


图 1—10 例题附图

(3) 求二端网络的等效电阻, 如图 1—10c 所示, 电压源的 E_1 和 E_2 短路。

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 5}{20 + 5} = 4 \Omega$$

(4) 被求支路接入由 E_0 和 R_0 串联的电压源两端, 求被求支路电流, 如图 1—10d 所示。

$$I_3 = \frac{E_0}{R_3 + R_0} = \frac{100}{6 + 4} = 10 \text{ A}$$

计算结果与其他方法求解相同。

第二节 磁路及基本定律

一、磁性材料的磁性能

1. 高导磁性

由于磁性物质不同于其他物质, 有其内部特殊性, 所以磁性材料的磁导率很高, 这就使它们具有被强烈磁化呈现磁性的特性。

我们知道电流产生磁场, 在物质的分子中由于电子环绕原子核运动和本身自转运动而形成分子电流, 分子电流产生磁场, 这样每个分子相当于一个基本小磁铁。同时在磁性物质内部还分成许多小区域, 由于磁性物质的分子间有一种特殊的作用力, 从而使每一区域内的分子磁铁都排列整齐、显示磁性。这些小区域称为磁畴。在没有外磁场的作用时, 各个磁畴排列混乱, 磁场互相抵消, 对外不显示磁性, 如图 1—11a 所示。在外磁场作用下, 磁畴顺外磁场方向转向, 对外显示出磁性。随着外磁场的增强, 磁畴就逐渐转到与外磁场相同的方向上, 如图 1—11b 所示, 这样, 便产生了一个很强的与外磁场同方向的磁化磁场, 而使磁性物质内的磁感应强度大大增加。

磁性物质的这一磁性能被广泛地应用于电工设备中, 例如电动机、变压器及各种铁磁元件的线圈中都放有铁心, 在线圈中通入不大的励磁电流, 便可应生足够大的磁通和磁感