



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

配电线路

马振良 编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

配电线路

马振良 编
谷明远 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

全书以模块的方式，共分为4个模块19个单元119个课题。本书按照配电网人员工作中所需要的基础知识和技能要求进行了阐述。其中，基础知识部分包括电工基础，力学知识，识绘图知识，电测仪表，电力系统，安全生产知识；电气设备部分包括配电路，变压器及配电设备；配电路的运行维护部分包括运行与操作，巡视工作，配电路的防护，故障的查找，处理，运行管理；检修与施工部分包括检修工作，配电路施工，设备安装，施工测量，工器具的使用。

本书可作为职业技术学院电力技术专业教学用书，也可作为电力行业配电网施工职业技能鉴定内线安装工培训教材，还可作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电路/马振良编. —北京: 中国电力出版社, 2007

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5083-4807-0

I. 配... II. 马... III. 配电路—职业教育—教材
IV. TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 011876 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://jc.cepp.com.cn)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

x

2007年2月第1版 2007年2月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 21印张 507千字

印数0001—3000册 定价29.80元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

前言

本教材以《中华人民共和国职业技能鉴定·电力行业》和《国家职业标准》为依据，按照中华人民共和国劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心关于国家职业资格培训教程编写的要求进行编写。

本教材在内容上体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，紧贴该工种技能鉴定的标准、规范和指导书，突出技能操作，同时适当选编了相关基础知识内容，并以模块、单元、课题的层次结构来安排。本教材以实际操作为主线来编写，讲解通俗易懂，强调了“干什么，怎么干，为什么这么干”的原则，其内容符合电力行业相关典型规程和企业现行生产运行规程。

本书由吉林供电公司马振良高级工程师编写，由吉林供电公司谷明远高级工程师审稿。

本书在编写过程中，得到了电力行业相关领导和上述专家所在单位的大力支持，在此一并感谢。

由于编写人员水平所限，书中不妥之处在所难免，请读者批评指正。

编者

2006年12月

目 录

前言

模块一 基础知识

第一单元 电工基础	1
课题一 直流电路.....	1
课题二 单相正弦交流电路.....	8
课题三 三相交流电路.....	17
课题四 电磁和电磁感应.....	23
复习思考题.....	24
第二单元 力学在配电生产中的应用	25
课题一 力学的基本知识.....	25
课题二 力的合成与分解.....	25
课题三 力矩与力偶.....	28
课题四 应力与安全承载能力.....	29
复习思考题.....	32
第三单元 识图与绘图	33
课题一 三视图.....	33
课题二 电气图识图知识.....	34
课题三 识读电气图.....	40
复习思考题.....	42
第四单元 电工仪表	43
课题一 电工仪表的概述.....	43
课题二 电流表与电压表.....	45
课题三 万用表.....	47
课题四 钳形电流表.....	49
课题五 绝缘电阻表.....	50
课题六 接地电阻测量仪.....	51
课题七 直流电桥.....	53
复习思考题.....	54
第五单元 电力系统与电力供应	55
课题一 电力生产过程简介.....	55
课题二 电力系统.....	56

课题三 配电网	58
课题四 电力供应	62
复习思考题	65
第六单元 安全生产知识	67
课题一 安全常识	67
课题二 安全生产的基本措施及事故的预防	69
课题三 生产伤害的急救	74
课题四 电气防火	76
课题五 安全工器具的配置与管理	78
复习思考题	83

模块二 电气设备

第七单元 架空配电线路	84
课题一 电杆装置	84
课题二 横担与抱箍	90
课题三 导线	93
课题四 金具	100
课题五 绝缘子	118
课题六 拉线	124
课题七 基础	127
课题八 电力电缆	129
复习思考题	132
第八单元 配电变压器、互感器	134
课题一 配电变压器	134
课题二 互感器	140
复习思考题	142
第九单元 配电线路设备	143
课题一 跌落式熔断器	143
课题二 柱上开关设备	146
课题三 防雷装置	156
课题四 低压无功补偿装置	159
课题五 配电站	163
课题六 10kV 箱式变电站	165
课题七 开关站、环网柜与电缆分接箱	168
复习思考题	172

模块三 运行与维护

第十单元 运行与操作	174
课题一 运行值班	174

课题二	配电主要设备的运行标准	174
课题三	配电变压器的运行标准	178
课题四	变压器负荷电流的测量	179
课题五	配电变压器三相负荷不平衡的解决方法	180
课题六	电压监测	182
课题七	变压器熔断器熔断的原因及选择与更换	183
课题八	变压器低压熔断器的选择与熔断器的操作	184
课题九	操作 10kV 跌落式熔断器	185
课题十	配电变压器的停送电操作	185
课题十一	分接开关的操作	186
课题十二	采取变压器油样	188
课题十三	识绘配电线路图	189
课题十四	接地电阻的测量	194
	复习思考题	196
第十一单元	巡视工作	197
课题一	巡视工作的基本方法	197
课题二	低压线路与接户线的巡视	198
课题三	巡视 10kV 配电线路	199
课题四	巡视跌落式熔断器与开关设备	201
课题五	防雷接地装置的巡视检查	202
课题六	配电变压器与变压器台的巡视	202
课题七	电缆线路的巡视检查	204
课题八	箱式变电站设备的巡视检查	205
课题九	开关站、环网柜、电缆分接箱的巡视	207
课题十	电容器的巡视	208
课题十一	线路故障的巡视	208
课题十二	配电设备特殊条件下的巡视	209
	复习思考题	210
第十二单元	配电线路的防护	211
课题一	配电线路防护区	211
课题二	架空配电线路故障的原因及反事故措施	213
课题三	线路防污闪工作	215
课题四	防雷工作	216
课题五	线路防风工作	218
课题六	线路防汛工作	218
课题七	线路防外力破坏	220
课题八	线路防振	220
课题九	防止低洼地点的杆塔“冻鼓”的措施	221
课题十	低压架空线路常见的电气故障与预防	221

复习思考题	223
第十三单元 故障的查找与处理	224
课题一 10kV 架空线路故障分析查找	224
课题二 配电变压器故障原因与处理	225
课题三 配电变压器运行中渗漏油的处理	227
课题四 箱式变电站的倒闸操作与事故处理	229
复习思考题	230
第十四单元 运行管理	231
课题一 基础资料管理	231
课题二 配电设备运行维护分界点的划分	232
课题三 配电线路的杆号的编制与命名	233
课题四 配电线路的缺陷管理	235
课题五 配电线路的施工验收	239
课题六 新装配电变压器交接检查与验收	240
课题七 电缆线路的验收	241
复习思考题	244

模块四 检修与施工

第十五单元 检修工作	245
课题一 停电检修的组织措施与技术措施	245
课题二 上杆的基本要领与杆上作业	249
课题三 更换与调整电杆	250
课题四 更换绝缘子与金具	252
课题五 裸导线接头过热的处理与绝缘导线的补修	253
课题六 拉线的制作与更换	254
课题七 砍伐树木工作	258
课题八 配电线路故障的处理	259
复习思考题	261
第十六单元 配电线路施工	262
课题一 基础施工	262
课题二 安装横担、绝缘子、引线及设备的线夹	264
课题三 防雷接地装置的施工	268
课题四 电杆的组立	271
课题五 导线架设	277
课题六 导线的接续	282
课题七 跨越架	287
复习思考题	289
第十七单元 设备安装	290
课题一 开断设备电容器和避雷器的安装	290

课题二 配电变压器台的备料与组装	293
课题三 箱式变电站的安装与操作	302
课题四 环网柜的安装与检修	303
课题五 电缆分接箱的安装与操作	304
复习思考题	305
第十八单元 施工测量	306
课题一 经纬仪	306
课题二 利用经纬仪测量直线桩、水平角和施工基面	308
课题三 分坑	309
课题四 导线交叉跨越与对障碍物净空距离的测量	311
复习思考题	312
第十九单元 工器具	313
课题一 绳索	313
课题二 滑轮	318
课题三 起重机械	321
课题四 常用的钳工工具	322
复习思考题	323
参考文献	324

模块一 基础知识

第一单元 电工基础

课题一 直流电路

电路就是电流所流过的路径，它分实际电路和电路模型两种。图 1-1 (a) 是用两节干电池经开关向灯泡供电的实际电路。组成实际电路的器件通常可分为四类：

- (1) 电源，是供给电能的设备。
- (2) 负荷，是用电设备。
- (3) 控制电器，是在电路中起控制和保护作用的开关电器。
- (4) 导线，用于将电源、负荷和控制电器连接起来。

将电路中的实际器件用理想元件表示后，就得到与实际电路相对应的电路模型，称为电气回路图，简称电路图，如图 1-1 (b) 所示。在电路图中的灯泡应视为理想电阻元件，干电池视为理想电压源。

方向和大小都不随时间而改变的电流、电压、电动势叫做稳恒直流，通常简称直流。所构成的回路叫直流电路。

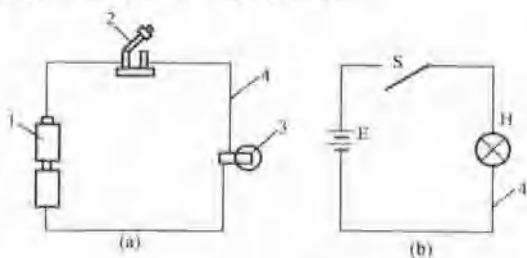


图 1-1 简单电路

(a) 实际电路图；(b) 电气回路图（电路模型）

1, E—电池；2, S—开关；3, H—灯泡；4—导线

一、基本物理量

1. 电流

导体内的自由电子在电场力的作用下做有规则的定向运动，就形成了电流。习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。

单位时间内流过导体截面的电荷量叫作电流强度，简称电流，用 I 表示。其表达式为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过导体截面的电荷量，C；

t ——通过电荷量 Q 所用的时间，s。

电流的单位为 A（安）。电流的实用单位除 A 外，还有 kA、mA 等。

其换算关系为

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}; 1\text{A} = 10^3\text{mA}; 1\text{A} = 10^6\text{mA}$$

2. 电位与电压

电路中某点的电位，在数值上等于单位正电荷沿任意路径从该点移至无限远处的过程中，电场力所做的功。其单位为 V（伏）。a 点处的电位，用 φ_a 表示，即

$$\varphi_a = \frac{W_a}{Q} \quad (1-2)$$

式中 Q ——电荷的电荷量，C；

W_a ——在 a 点电荷 Q 所具有的电位能，J。

在电路中电位等于零的点叫作参考点，凡电位高于参考点的，其电位为正电位，凡电位低于参考点的，其电位为负。通常往往以大地作为参考点。

电路中任意两点之间的电位差，称为电压。用 U 表示。电压的单位也是 V，其实用单位还有 mV、kV 和 MV。其换算关系为

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}; 1\text{V} = 10^3\text{mV}; 1\text{V} = 10^{-6}\text{MV}$$

电路中各点的电位，随着参考点的改变而改变，但是无论参考点如何改变，任意两点间的电位差，即电压是不变的，电压的正方向是从高电位点指向低电位点。

3. 电源和电动势

能将其他形式的能量转化为电能的设备称为电源。如发电机、蓄电池，分别可将机械能、化学能转化为电能。

在电场中，将单位正电荷从低电位移到高电位所做的功，叫电源的电动势，用 E 表示，单位也是 V，即

$$E = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

电动势的正方向由低电位端指向高电位端，即电位升的方向。

4. 电阻、导体和绝缘体

容易通过电流的物体叫导体。电流流过导电物体所受到的阻力称为导体的电阻，用 R 表示，导体电阻的大小由下式决定

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-4)$$

式中 ρ ——电阻率，其大小与导体材料性质有关， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

L ——导体长度，m；

S ——导体横截面积， mm^2 。

导体的电阻还与导体的温度有关。一般金属材料的电阻随温度的升高而增加，电解液导体的电阻随温度的升高而降低。考虑温度影响时金属导体的电阻应为

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-5)$$

式中 α ——导体的电阻温度系数， $1/^\circ\text{C}$ ；

R_1 ——温度为 t_1 时的电阻值， Ω ；

R_2 ——温度为 t_2 时的电阻值， Ω 。

常用金属材料的电阻率和电阻温度系数，见表 1-1。

表 1-1 常用金属材料的电阻率和电阻温度系数

金属材料名称	电阻率 (20°C , $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	电阻温度系数 ($\times 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$)
银	0.0162	3.80
铜	0.0172	3.93
铝	0.0282	3.90
铁	0.100	5.00
镍铬合金	1.09	0.07

电阻的常用单位是 Ω (欧), 实用单位还有 $k\Omega$ 和 $M\Omega$ 。其换算关系为

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

各种导体都有一定的导电能力。这种能力称为电导, 以 G 表示, 它与电阻都是说明导体的导电能力大小。电导与电阻的关系为 $G = \frac{1}{R}$ 。电导的单位是西门子, 简称西, 用 S 表示。

二、欧姆定律

欧姆定律是表示电压 (或电动势)、电流和电阻三者关系的基本定律。实验证明, 流过电阻的电流, 与电阻两端的电压成正比, 与电阻值成反比, 称为部分电路欧姆定律。图 1-2 (a) 所示电路中, 欧姆定律用公式表示为

$$I = \frac{U}{R} \quad (1 \cdot 6)$$

欧姆定律也适用于图 1-2 (b) 所示的全电路。

在这样的闭合电路中, 电路中的电流与电源的电动势成正比, 与电路中负载电阻及电源内阻之和成反比, 称为全电路欧姆定律, 即

$$I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1 \cdot 7)$$

式中 E —— 电源电动势, V ;

R 、 R_0 —— 分别为负载电阻和电源内阻, Ω ;

I —— 电路中流过的电流, A 。

式 (1-7) 又可变换成

$$E = I(R + R_0) = IR + IR_0 = IR_0 + U$$

$$U = E - IR_0$$

式中 U —— 外电路负载电阻 R 两端的电压, 即电源端电压。

【例 1-1】 在图 1-2 (b) 中所示电路, 若 $E = 12V$, $R_0 = 0.1\Omega$, $R = 3.9\Omega$, 求电路中的电流 I 、电源内阻 R_0 上的电压降 U_0 及电源端电压 U 。

解

$$I = \frac{E}{R + R_0} = \frac{12}{3.9 + 0.1} = 3(A)$$

$$U_0 = IR_0 = 3 \times 0.1 = 0.3(V)$$

$$U = E - U_0 = 12 - 0.3 = 11.7(V)$$

三、电路连接

1. 电阻串联

几个电阻头尾依次相接, 使电流只有一条通路的连接方式叫作电阻的串联, 如图 1-3 (a) 所示。

该电阻串联电路有以下特点:

(1) 电路各电阻上流过的是同一个电流, 即 $I = I_1 = I_2 = I_3$ 。

(2) 各个电阻上电压降之和等于总电压, 即 $U = IR_1 + IR_2 + IR_3 = U_1 + U_2 + U_3$ 。

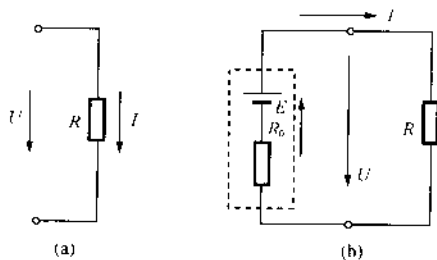


图 1-2 欧姆定律的例图

(a) 部分电路; (b) 全电路

(3) 总电阻等于各电阻之和, 即总电阻为

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-8)$$

(4) 各电阻上电压降之比等于其电阻比, 即 $U_1/U_2 = R_1/R_2$ 、 $U_1/U_3 = R_1/R_3$ 。

串联电路的总电阻通常也叫等效电阻。图 1-3 (b) 是图 1-3 (a) 的等效电路图。

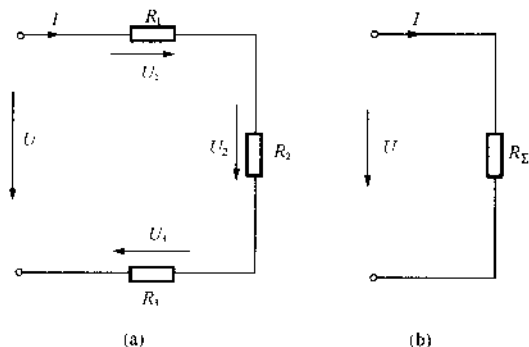


图 1-3 电阻的串联

(a) 原电路; (b) 等效电路

【例 1-2】 在图 1-3 (a) 所示电路中, 若 $U=140\text{V}$, $I=4\text{A}$, $R_1=10\Omega$, $R_2=15\Omega$, 求 R_3 和 U_3 。

解

$$R_{\Sigma} = \frac{U}{I} = \frac{140}{4} = 35 \quad (\Omega)$$

$$R_3 = R_{\Sigma} - R_1 - R_2 = 35 - 10 - 15 = 10 \quad (\Omega)$$

$$U_3 = IR_3 = 4 \times 10 = 40(\text{V})$$

2. 电阻并联

将几个电阻的头与头接在一起, 尾与尾接在一起的连接方式叫作电阻的并联, 如图 1-4 (a) 所示。

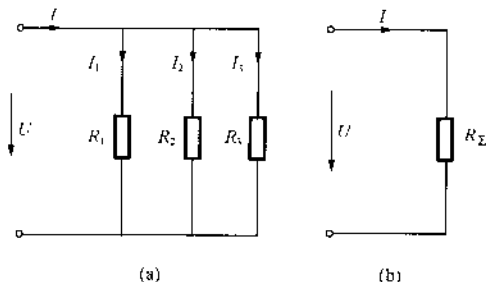


图 1-4 电阻的并联

(a) 原电路; (b) 等效电路

该电阻并联电路有以下特点:

(1) 各并联电阻两端的电压相等。

(2) 电路中的总电流等于各电阻支路电流之和, 即 $I=I_1+I_2+I_3$ 。

(3) 并联电路等效电阻的倒数等于各支路电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (1-9)$$

(4) 通过各支路电流与其电阻成反比, 即 $I_1/I_2 = R_2/R_1$, $I_2/I_3 = R_3/R_2$ 。

【例 1-3】 在图 1-4 中, 若 $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 60\Omega$, 求电路的总电阻 R_{Σ} 。

解

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{1}{10}$$

$$R_{\Sigma} = 10 \quad (\Omega)$$

3. 电阻混联

既有电阻串联, 又有电阻并联的电路称为电阻的混联电路, 如图 1-5 (a) 所示。

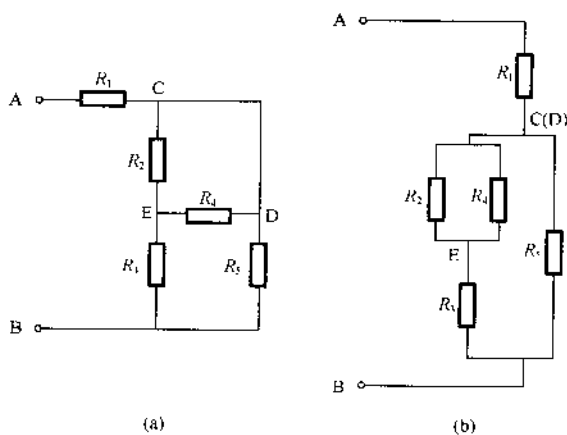


图 1-5 电阻的混联电路

(a) 混联电路; (b) 改画的混联电路图

分析计算混联的电路的方法如下:

- (1) 应用电阻的串联、并联逐步简化电路, 求出电路的等效电阻。
- (2) 由电路的等效电阻和总电压, 根据欧姆定律求电路的总电流。
- (3) 根据欧姆定律以及分压、分流规律由总电流求各支路的电流和电压。

在分析和计算混联电路时, 首先将电路中的串、并联关系搞清楚。当电路图中这些关系不易辨认时, 可将电路图改画, 使其美观、清楚。图 1-5 (b) 就是图 1-5 (a) 的改画电路。

【例 1-4】 在图 1-6 中, 若 $E = 120\text{V}$, $R_0 = 1\Omega$, $R_1 = 19\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $R_3 = 60\Omega$, 求内阻 R_0 上的电压降 U_{R_0} 和流过 R_2 的电流 I_{R_2} 。

解

$$R_{2,3} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{30} + \frac{1}{60}} = 20 \quad (\Omega)$$

$$R_{\Sigma} = R_0 + R_1 + R_{2,3} = 1 + 19 + 20 = 40 \quad (\Omega)$$

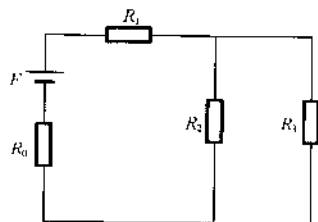


图 1-6 电路图

$$I = \frac{E}{R_{\Sigma}} = 120/40 = 3(\text{A})$$

$$U_{R_0} = IR_0 = 3 \times 1 = 3(\text{V})$$

$$I_{R_2} = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot I = \frac{60}{30 + 60} \times 3 = 2(\text{A})$$

4. 电源的串并联

与电阻的串、并联相似，电源也可以经串联、并联后使用。

电源串联时，等效电动势为各电源电动势的代数和，其等效内阻为各电源内阻之和，而在各电源上流过的电流相同。电源串联的效果是提高电路的总电动势。将电源串联使用时应注意：①电源的正负极必须是首尾相连，防止接反而使电动势互相抵消；②各电源的内阻应尽量接近，以免工作时内阻高的电源电压降过大而发热。

电动势和内阻相同的电源并联时，其等效电动势仍为单个电动势值，等效总内阻按各电源内阻并联关系算得，而总电流为流过各电源的电流之和。电源并联的效果是提高电路的总电流。将电源并联使用时应注意：①应将电源的所有正极和所有负极分别连在一起，不能接反；②各电源的电动势和内阻应尽量相等，以免造成各电动势之间的环流及电流分配不均。

四、电功、电功率及电流热效应

1. 电功

电流所做的功叫作电功，又叫电能，用 W 表示。其表达式为

$$W = IUt = I^2Rt = \frac{U^2}{R}t \quad (1-10)$$

式中 I ——电路中的电流，A；

U ——电路两端的电压，V；

R ——电路的电阻， Ω ；

t ——通电时间，s。

电功及电能的单位是 J (焦)。它的实用单位是 kW·h (千瓦·时)。它们的换算关系为

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{J} = 3.6\text{MJ}$$

2. 电功率

电功率简称功率，即单位时间内电流所做的功，以 P 表示。其表达式为

$$P = \frac{W}{t} = IU = I^2R = \frac{U^2}{R} \quad (1-11)$$

式中 I ——电路中的电流，A；

U ——电阻端电压，V；

R ——电阻， Ω 。

电功率的单位是 W (瓦)，常用单位还有 kW、MW，其换算关系是

$$1\text{kW} = 10^3 \text{W} = 10^{-3} \text{MW}$$

3. 电流热效应

电流通过电阻时，由于自由电子的碰撞，电能不断地转换成热能，使电阻发热。这种电流通过电阻会产生热的现象，称为电流的热效应。

电流热效应产生的热量，用 Q 表示，其表达式为

$$Q = I^2 R t = R I^2 \frac{U^2}{R} t \quad (1-12)$$

式中, I 、 U 、 R 、 t 的意义及单位同式 (1-11); 热量 Q 的单位为 J。

五、直流复杂电路的计算

不能用串并联方法进行简化求其等效电阻的电路, 称为复杂电路。

1. 基尔霍夫定律

欧姆定律只适用于计算简单电路。如要计算多电源带分支的复杂电路, 常常需要运用基尔霍夫定律。

(1) 基尔霍夫第一定律, 也称作电流定律, 用 KCL 表示。其内容为: 在电路的任一节点上, 任一瞬间流进节点的电流之和等于同一时刻流出节点的电流之和。如规定流入节点的电流为正值, 流出节点的电流为负值, 则流进流出节点各电流的代数和为零, 即

$$\sum I = 0$$

(2) 基尔霍夫第二定律, 也称作电压定律, 用 KVL 表示。其内容为: 沿着任一闭合电路回路, 按任一方向绕行一周, 各电源电动势的代数和等于各电阻电压降的代数和, 即

$$\sum E = \sum U \quad (1-13)$$

或

$$\sum E = \sum IR \quad (1-14)$$

应用式 (1-14) 时应注意以下几点:

1) 绕行方向 (顺时针或逆时针) 可任意选定。

2) 绕行方向选定后, 与绕行方向一致的电动势取正号, 反之取负号。当电流流经电阻时, 如电流绕行方向一致, 电阻上的电压取正号, 反之取负号。

如果把电动势 E 视作负的电压降, 即 $E = -U$, 则基尔霍夫第二定律也可写成

$$\sum U = 0 \quad (1-15)$$

2. 支路电流法

所谓支路电流法就是以各支路的电流为未知数, 应用基尔霍夫定律列出方程式, 联立求解计算出各支路电流的方法。其步骤如下:

(1) 选定各支路电流的参考方向。

(2) 若电路有 n 个节点, 则可根据 KCL 列出 $(n-1)$ 个节点电流方程。

(3) 若电路有 m 个支路, 则待求的电流个数也有 m 个, 根据 KVL 可列出 $(m-n+1)$ 个电压方程, 从而组成了 m 元一次方程组。

(4) 解联立方程组, 求出各支路电流。如求得的电流为正值, 表示所设定的电流方向与实际方向相同; 如求得电流为负值, 表示所设电流方向与实际电流方向相反。

【例 1-5】 设图 1-7 所示电路中, $E_1 = 20\text{V}$, $E_2 = 10\text{V}$, $R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 20\Omega$ 。分别求出三个支路中的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 。

解 在图 1-7 所示电路中有三条支路, 两个节点, 即 $m=3$, $n=2$, 因此, 根据 KCL 可列出 $2-1=1$ 个节点电流方程, 即式 (1-16); 根据 KVL 列出 $m-n+1=3-2+1=2$ 个电压方程,

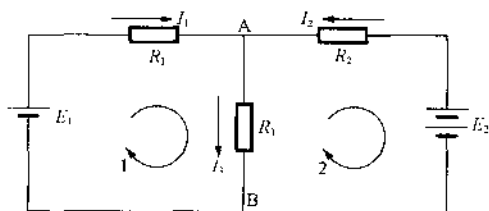


图 1-7 [例 1-5] 图

即式 (1-17) 和式 (1-18)。方程式为

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1-16)$$

$$E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 \quad (1-17)$$

$$-E_2 = -I_3 R_3 - I_2 R_2 \quad (1-18)$$

对这三个方程式联立可计算出三个未知数 I_1 、 I_2 、 I_3 。式 (1-17) 和式 (1-18) 相加，并代入数据得

$$\begin{aligned} 20 - 10 &= 5I_1 - 10I_2 \\ I_1 &= \frac{10 + 10I_2}{5} = 2 + 2I_2 \end{aligned} \quad (1-19)$$

将式 (1-19) 代入式 (1-16)，得

$$\begin{aligned} 2 + 2I_2 + I_2 - I_3 &= 0 \\ 3I_2 - I_3 &= -2 \\ I_3 &= 3I_2 + 2 \end{aligned} \quad (1-20)$$

将式 (1-20) 代入式 (1-18)，并代入数据，得

$$\begin{aligned} -10 &= -(3I_2 + 2) \times 20 - I_2 \times 10 \\ -10 &= -60I_2 - 40 - 10I_2 \\ I_2 &= -\frac{3}{7} (\text{A}) \end{aligned}$$

将 I_2 值代入式 (1-20) 得

$$I_3 = 3 \times \left(-\frac{3}{7}\right) + 2 = \frac{5}{7} (\text{A})$$

将 I_2 、 I_3 值代入式 (1-16)，得

$$\begin{aligned} I_1 + \left(-\frac{3}{7}\right) - \frac{5}{7} &= 0 \\ I_1 &= \frac{8}{7} = 1\frac{1}{7} (\text{A}) \end{aligned}$$

由于 I_2 为负值，其实际电流方向与图 1-7 中的 I_2 箭头方向相反。而 I_1 、 I_3 为正值，其实际电流方向与图中箭头方向相同。

课题二 单相正弦交流电路

交流电的电动势、电压或电流的大小和方向都随时间变化。按正弦规律变化的交流电，称为正弦交流电，简称交流电。

一、正弦交流电

1. 正弦交流电的产生

正弦交流电是由交流发电机产生的。实际使用的大型交流发电机有定子和转子，定子上装设绕组，转子上安装磁极。磁极的磁性是由直流产生的。转子由原动机带动，转子旋转，亦磁极旋转，磁力线切割定子绕组导线，定子绕组感应出交流电动势。发电机在制造时，使定子和转子之间的气隙中磁感应强度按正弦规律分布，因此发电机发出的电动势为正弦交流电动势。