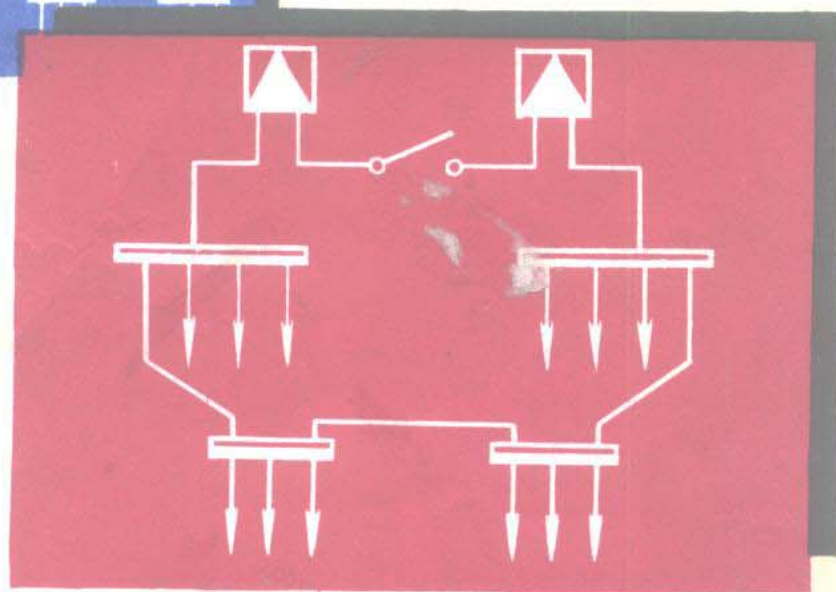
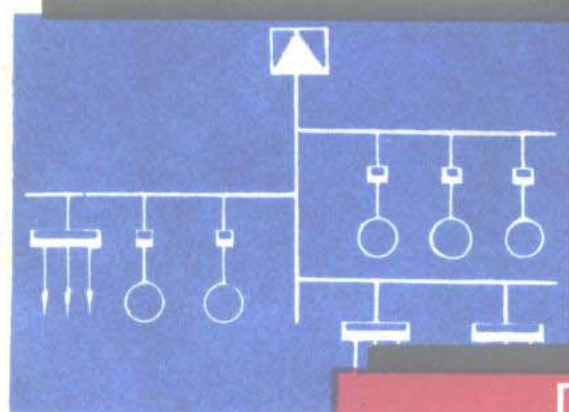
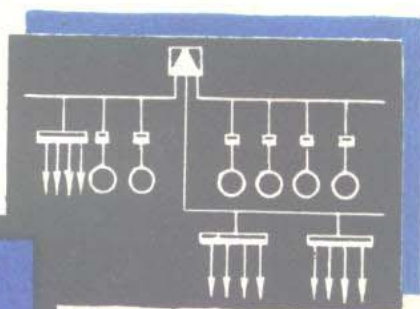
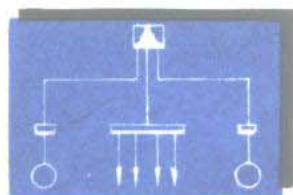


电工电力 技术与管理

★主编 杨域疆 郑嘉信 ★主审 刘承诰

★电子工业出版社

经济管理
院校用书



经济管理学院用书

电工电力技术与管理

主编 杨域疆 郑嘉信

主审 刘承诰

电子工业出版社

内 容 提 要

本书为经济管理人员编写,全书十一章,包括直流电路、交流电路、变压器、三相异步电动机、同步电机、直流电机、电力系统、企业供电、企业用电管理等内容。本书针对经济管理人员的特点,着重于概念的介绍,使读者对发电、用电、电力系统和节电、用电安全及管理的全过程有一个概括、全面的了解。

本书的内容是经济管理人员必备的知识,适宜于经济管理大专院校的师生企事业领导和管理人员阅读。

经济管理院校用书

电工电力技术与管理

主编 杨域疆 郑嘉信

主审 刘承浩

责任编辑 竞 力

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

北京市联华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 10.875 字数: 288千字

1990年10月第1版 1990年10月第1次印刷

印数: 11000册 定价: 4.75元

ISBN7-5053-1037-2/TN·325

前 言

电力以其来源广泛、输送方便、转换容易等特点,已普遍应用于国民经济各部门以及社会生活的各个领域。它作为国民经济的重要物质基础,对加速我国社会主义建设,实现四个现代化和提高人民生活水平,都发挥着举足轻重的作用。当前,电力生产和消费水平往往是衡量一个国家经济、文化发达程度的尺度和标志。

自新中国成立40年来,我国的电力工业获得了长足的发展。当前电力装机容量达1.155亿千瓦,居世界第五位;年发电量达5450亿千瓦时,居世界第四位。我国坚持自力更生为主的方针,建设了不同规模的水电站、火电厂和核电站。在完成总装机容量271.5万千瓦的葛洲坝水电站之后,又开始了总装机容量330万千瓦、单机容量为55万千瓦、大坝高度240米的二滩水电工程的兴建。500千伏超高压输电线路已投入运行,和其它不同等级的高压线路相联接并形成庞大的电力网络。40年来电力工业战线的成绩是辉煌的,但是和我国飞速发展的社会主义经济建设的需要相比,电力的发展速度不是快了,而是不敷所需;发展规模不是大了,而是仍嫌不足,还亟待开发。另一方面,电力工业生产和电能有效利用的管理水平,更有待进一步提高。只有“开源”与“节流”并举,“技术”与“管理”结合,才可望缓解电力供需之间的矛盾,满足经济发展的需求。

为了使从事经济管理的人员具备电力技术与管理知识,我国各经济管理院校大都设有电工电力方面课程。尽管学时不多,只要选材得当,对将来从事经济管理工作是非常有利和缺一不可的。但目前国内通用的有关教材,都是为工科院校或从事专业技术工作的人员编写的,无论深度、广度和学时数,都不符合经济管理专业要求,难以选用。为解决经济管理院校教学以及经济管理人员工作的需要,全国经济管理院校工业技术学研究会曾于1984年组织编写了《电工电力概论》教材。该书基本反映了上述要求,但也存在着一些不足之处。经过五年来的使用过程,认为有进一步精选内容以适应少学时特点和密切结合经济管理工作的必要性。因此,全国经济管理院校工业技术学研究会又组织了《电工电力技术与管理》教材的编写工作。本教材适用于少学时(40~60学时)的教学要求。

参加本书大纲研讨及编写工作的有:中国人民大学杨域疆、来惠民,北京经济学院陈庆麟、郑嘉信,西南财经大学刘承诒、颜安,东北财经大学任保英,湖南财经学院黄敬,陕西财经学院曾小春,江西财经学院吴锦文,河北经济管理干部学院祖培基,湖南经济管理干部学院首弟礼、张树林,中南民族学院徐开启。

本书由中国人民大学杨域疆、北京经济学院郑嘉信主编,由西南财经大学刘承诒主审。

在本书大纲讨论过程中,河南财经学院工业技术学教研室主任黄正申、天津财经学院工业技术学教研室主任王文叔、江西财经学院工业技术学教研室副主任傅佑之、郑州航空管理学院电工教研室主任嵇立成参加了讨论并提出了极为有益的意见,在此谨致谢意。

由于编者水平所限,又缺乏类似教材可资借鉴,本书中舛误和不足之处在所难免,恳请使用本教材的老师、同学或本书其它读者提出宝贵意见,使本书不断改进,日趋完善。

全国经济管理院校
工业技术学研究会

1990年2月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本概念	1
一、电路的组成及其作用	1
二、电路的基本物理量	1
第二节 电路的基本定律	3
一、欧姆定律	3
二、基尔霍夫定律	3
三、全电路欧姆定律	5
第三节 电阻的串联与并联	5
一、电阻的串联	5
二、电阻的并联	6
第四节 电路的状态	6
一、开路状态	7
二、短路状态	7
三、有载工作状态	7
第五节 直流电路的分析方法	8
一、支路电流法	8
二、节点电压法	9
三、叠加原理	10
四、戴维南定理	12
习题	14
第二章 单相交流电路	16
第一节 交流电的概念和表示方法	16
一、交流电的概念	16
二、正弦交流电的三要素	16
三、正弦交流电的矢量表示法	17
第二节 单一参数的交流电路	17
一、纯电阻电路	18
二、纯电感电路	18
三、纯电容电路	19
第三节 负载串联的交流电路	21
一、电流和电压的关系	21
二、电路中的功率	23
第四节 负载并联的交流电路	26
一、电流和电压的关系	26
二、电路中的功率	28

习题	31
第三章 三相交流电路	33
第一节 三相交流电源及其联接	33
一、三相交流电源	33
二、三相交流电源的联接	34
第二节 三相负载 及其联接	35
一、三相负载的星形联接	36
二、三相负载的三角形联接	38
第三节 三相电功率	39
习题	41
第四章 变压器	42
第一节 变压器的结构	42
一、变压器的基本结构	42
二、变压器的冷却	43
第二节 变压器的基本原理	43
一、变压器的工作原理	43
二、变压器的工作特性和电压变化率	45
三、变压器的损耗和效率	45
第三节 变压器的主要类型	46
一、三相变压器	46
二、三卷变压器和单卷变压器	47
三、特种变压器	47
第四节 变压器的额定值和变压器的并列运行	48
一、变压器的额定值	48
二、变压器的并列运行	49
三、变压器的发展方向	50
习题	50
第五章 三相异步电动机	51
第一节 三相异步电动机的结构	51
一、定子	51
二、转子	52
第二节 三相异步电动机的工作原理	53
一、旋转磁场的产生	53
二、旋转磁场的转速和方向	54
三、转子转动原理	54
四、异步电动机的转差率	55
第三节 三相异步电动机的电磁转矩	55
一、旋转磁场的磁通 Φ 与电源电压 U_1 的关系	55
二、转差率对转子电路的影响	56
三、三相异步电动机的电磁转矩	58
四、转矩特性曲线与机械特性	58
第四节 三相异步电动机的控制	59

一、三相异步电动机的启动	59
二、三相异步电动机的反转和制动	61
三、三相异步电动机的调速	62
四、三相异步电动机的继电接触控制	62
五、电动机的继电保护	64
第五节 三相异步电动机的选择	65
一、三相异步电动机的铭牌	65
二、三相异步电动机的选择	67
习题	68
第六章 同步电机	70
第一节 同步电机的基本结构	70
第二节 同步发电机	71
一、同步发电机的基本原理	71
二、同步发电机的并网	72
第三节 同步电动机	74
一、同步电动机	74
二、同步补偿机	75
习题	75
第七章 直流电机	76
第一节 直流电动机的基本结构与分类	76
一、直流电机的基本结构	76
二、直流电机的分类	77
第二节 直流发电机原理及运行特性	77
一、直流电的产生	77
二、直流电势的建立过程	78
三、直流发电机的运行特性	79
第三节 直流电动机原理及机械特性	81
一、直流电动机基本原理	31
二、直流电动机的机械特性	32
第四节 直流电动机的控制	83
一、直流电动机的调速	83
二、直流电动机的启动	84
三、直流电动机的反转	85
第五节 直流电动机与交流电动机的比较	85
习题	85
第八章 发电厂	87
第一节 火力发电厂	87
一、火力发电厂	87
二、火力发电厂的生产过程	88
三、火力发电厂的主要设备	90
四、火力发电厂的附属设备	93
第二节 水力发电厂	95
一、水力发电厂的基本生产过程	96

二、水力发电站的分类	96
三、水轮机	98
四、水工建筑物	100
第三节 核电站简介	100
第四节 发电厂的技术经济分析	102
一、发电厂的主要技术经济指标	102
二、水力与火力发电的比较	103
习题	104
第九章 电力系统	105
第一节 电力系统概述	105
第二节 电力系统的优越性	105
第三节 电力工业的特点和对电力系统的要求	106
一、电力工业的特点	106
二、对电力系统的要求	107
第四节 电能的质量指标	108
一、电压	108
二、频率	109
第五节 电力的输送和分配	109
第六节 电力系统的经济运行	113
一、电力系统的经济特性	113
二、电力系统的主要技术经济指标	113
习题	114
第十章 企业供电	115
第一节 企业供电概述	115
一、企业供电的意义	115
二、企业供电的基本要求	115
第二节 企业变配电所	116
一、企业变配电所的电气主接线图	116
二、变配电所位置的选择原则	117
三、变电所的变压器容量和台数的选择原则	117
第三节 常用高低压开关电器	118
一、高压开关电器	118
二、低压开关电器	119
第四节 企业计算负荷的确定	121
一、概述	121
二、计算负荷的确定方法	121
三、功率损耗与电能损耗计算	125
四、企业总计算负荷的确定	126
第五节 供电线路	127
一、供电线路的分类及其特点	127
二、供电线路的接线方式	127
三、导线和电缆截面的选择	128
第六节 企业电气照明	130

一、光通量和光照度	130
二、电光源、照明器及其选择	130
三、照明种类及照明标准	132
四、照明器的布置	134
习题	135
第十一章 企业用电管理	136
第一节 企业用电管理概述	136
一、加强企业用电管理的意义	136
二、建立健全用电管理机构	136
三、建立健全电能管理基本制度	137
第二节 计划用电管理	137
一、下达用电指标,进行用电考核	137
二、调整电力负荷,确保均衡用电	137
三、企业提高负荷率的方法	138
第三节 节约用电管理	139
一、提高功率因数	139
二、提高电气设备的经济运行水平	141
三、加强设备的维修工作	142
四、采用新技术、新材料、新工艺、高效低能耗的新型设备及元件	142
五、节约照明用电	142
第四节 安全用电管理	143
一、安全用电管理的意义	143
二、电流对人体的作用和触电类型	143
三、电气设备的接地与接零	144
四、低压漏电保护装置	147
五、静电防护	147
六、防雷保护	147
七、电气安全制度	150
第五节 电价与电费计算	150
习题	152
附录一 电力变压器型号命名方法	153
附录二 电机型号命名方法	155

第一章 直流电路

第一节 电路的基本概念

一、电路的组成及其作用

电路是电流的通路，它由电源、负载和中间环节三部分组成。如图1-1所示。

电源是电路中电能的供应者，如电池、发电机、整流电源等。负载是电路中将电能转换为其它形式能量的用电器，如电灯、电动机等。中间环节是连接电源与负载的导线、开关、熔断器等。电路的作用之一是用来传递或转换电能，如电力系统、发电厂的发电机就是把热能、原子能、水能等转换成电能，通过变压器、输电线路等输送给用户，在那里用电设备又把电能转换成机械能、光能、热能等。电路的作用之二是用来实现信息的传递和处理。如收音机、电视机将收到的无线电信号经过各种电路的“加工”和处理后变成声音和图象。

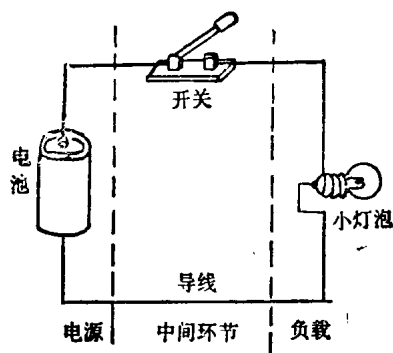


图1-1 电路的组成

二、电路的基本物理量

1. 电流 电荷有规则的移动即是电流。电流的方向规定为正电荷移动的方向。衡量电流强弱的物理量是电流强度，简称电流。它在数值上等于单位时间内通过某导体截面的电量，即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

大小和方向不随时间变化的电流叫直流，大小和方向都随时间变化的电流叫交流。

上面提到正电荷移动的方向就是电流的真实方向。但在分析和计算电路时，往往难以事先判断电流的真实方向，因此在分析和计算电路的过程中，可任意假定某一方向为电流的正方向，或称参考方向，用箭头标在电路图上。依此方向进行分析和计算，若电流为正值，则表示电流的参考方向与真实方向一致；若电流为负值，则表示电流的参考方向与真实方向相反，如图1-2所示。

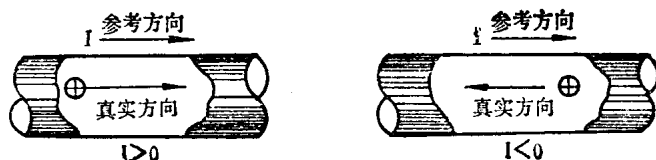


图1-2 电流的真实方向与参考方向

电流的单位是安培(A)，简称安。为了使用上的方便，常用的单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μA)。

1kA=10³A 1mA=10⁻³A 1μA=10⁻⁶A

2. 电压、电位和电动势 电荷在电场中，会受到电场力的作用，电场力移动电荷要

作功。例如在图 1-3 中，极板 a 带正电，极板 b 带负电，因而 a 、 b 之间存在电场，其方向由 a 指向 b 。如果用导线将两极板与灯泡相连，则 a 极板上的正电荷在电场力的作用下从 a 经过灯泡移动到 b ，于是形成电流，灯泡发光，这说明电场力作了功。为了衡量电场力对电荷做功的能力，引入电压这一物理量。 a 、 b 两点的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。设电场把正电荷 q 从 a 点移到 b 点所做的功为 W_{ab} ，则电场中 a 点到 b 点间的电压

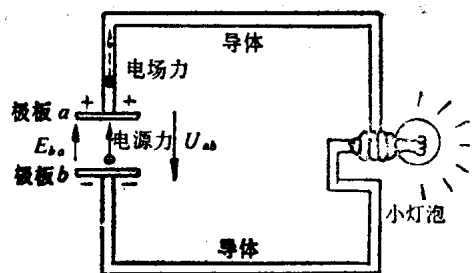


图 1-3 电场力对电荷作功

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{q} \tag{1-2}$$

在电场内两点间的电压也常称为两点间的电位差。即

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$$

式中， φ_a 为 a 点的电位， φ_b 为 b 点的电位。电位在数值上等于电场力将单位正电荷从该点沿任意路径移到参考点所做的功。

为了维持电流不断地在连接导体中流通，在图 1-3 中的 a 、 b 极板之间必须有一种力(非电场力)，它能源源不断地把正电荷从低电位 b 端搬到高电位 a 端，使 a 、 b 间始终维持一定强度的电场。在电源内部就存在这种力——电源力。电源力(非电场力)推动单位正电荷从电源的低电位端经电源内部移到高电位端所做的功称为电源的电动势。即

$$E_{ab} = \frac{W}{q} \tag{1-3}$$

式中 q 是在电源内部被电源力移动的电量， W 是电源力所做的功，即电荷 q 获得的能量。

电压和电动势的单位是伏特(V)，简称伏。

电压的真实方向是由高电位端指向低电位端，即为电位降低的方向。电动势的真实方向是由低电位端指向高电位端，即电位升高的方向。

在分析计算电路的过程中，当两点间电压的真实方向(实际极性)难以判断时，可任意假定电压的参考方向(参考极性)，用箭头标在电路图上，依此方向进行分析和计算。若计算结果电压为正值，则其参考方向与真实方向一致，若电压为负值，则参考方向与真实方向相反。如图 1-4 所示。

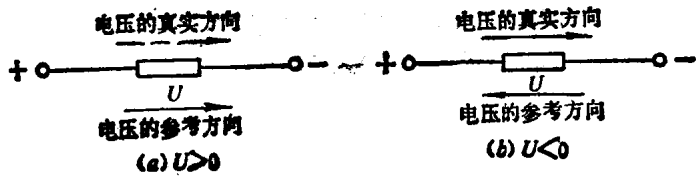


图 1-4 电压的真实方向与参考方向

3. 电功和电功率 在分析和计算电路时，除了分析计算电路中的电流、电压和电阻外，还要分析计算电功和电功率。如图 1-5 所示，左边是电源，其电动势为 E ，输出电流为 I ，右边是电阻负载，其电阻值为 R ，端电压为 U ，输入电流为 I 。电源是电能的供应

者, 负载是电能的消耗者。在时间 t 内, 流过电阻 R 的电量为 $Q=It$, 负载消耗的电能, 即电场所做的功叫电功, 用 W 表示。则

$$W=QU=UIt \quad (1-4)$$

在单位时间内电场所做的功叫电功率。用 P 表示。即

$$P=\frac{W}{t}=UI \quad (1-5)$$

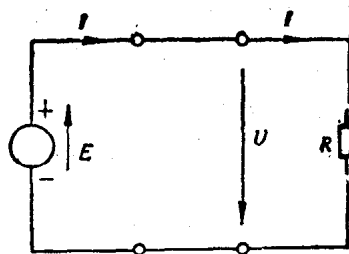


图1-5 简单电路实例

上式表明: 负载电阻所消耗的电功率在数值上等于电压和电流的乘积。对纯电阻电路, 电功率的另外两种表达形式是

$$P=I^2R \quad \text{和} \quad P=\frac{U^2}{R} \quad (1-6)$$

在式(1-4)、(1-5)、(1-6)中, 若电压用伏特、电流用安培、时间用秒作单位, 则电功的单位为焦耳(J)。实际应用中常用千瓦小时(kWh)为电功的单位, 俗称一度电。而电功率的单位为瓦特(W), 较大的电功率单位可用千瓦(kW)表示。

第二节 电路的基本定律

一、欧姆定律

欧姆定律是电路的基本定律之一。表达式为

$$I=\frac{U}{R} \quad (1-7)$$

即流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。当电压 U 一定时, 电阻 R 越大, 则电流 I 越小。显然, 电阻有对电流具有阻碍作用的物理性质。电阻的单位是欧姆(Ω)。当电阻两端的电压为1V, 通过的电流为1A时, 电阻为1 Ω 。

在应用欧姆定律时要注意以下两点:

(1) 式(1-7)只能在电压、电流参考方向选得一致时才能适用(电阻元件上电流、电压的真实方向总是一致的), 如图1-6(a)所示。如果电压、电流参考方向

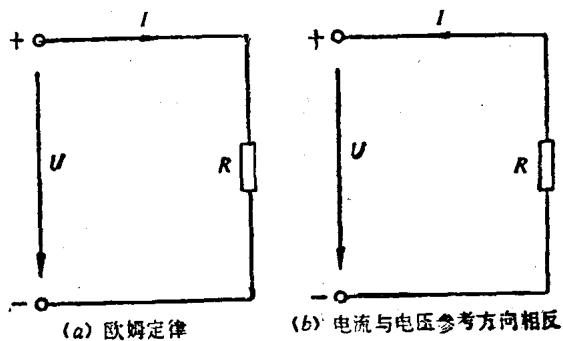


图1-6 欧姆定律

选得不一致时, 如图1-6(b)所示, 欧姆定律的表达式应为 $U=-IR$ 。

(2) 欧姆定律只适用于阻值不变的线性电阻。

二、基尔霍夫定律

分析与计算电路的基本定律, 除欧姆定律外, 还有基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。它们也是电路分析中最基本的定律。基尔霍夫电流定律应用于节点, 基尔霍夫电压定律应用于回路。

电路中的每一个分支称为支路, 一条支路流过一个电流。在图1-7中有 acb 、 ab 、 adb 三条支路。其中 acb 、 adb 称为有源支路, ab 支路称为无源支路。

电路中三条或三条以上支路的联接点称为节点。在图 1-7 中有两个节点 a 和 b 。

电路中的任一闭合路径称为回路。在图 1-7 中有三条回路。即 $cabc$ 、 $dabd$ 、 $cadbc$ 。

1. 基尔霍夫电流定律 在任一瞬间流入某节点的电流之和应该等于由该节点流出的电流之和。在图 1-7 中, 对于 a 点则有

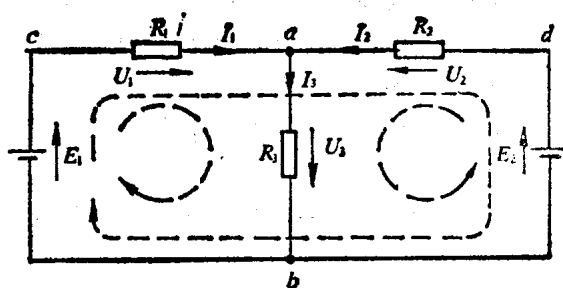


图1-7 电路举例

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1-8)$$

将上式改写成

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即

$$\sum I = 0 \quad (1-9)$$

式 (1-9) 是基尔霍夫电流定律的一般形式。即在任一瞬间, 一个节点上电流的代数和恒等于零。如果规定流入节点的电流为正, 则流出节点的电流应为负。

2. 基尔霍夫电压定律 它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绕行一周, 则在这个方向上的电位升之和等于电位降之和。在图 1-8 中, 电动势、电流和各段电压的正方向均已标出, 按照虚线所示方向绕行一周, 根据正方向可列出

$$U_1 + U_4 = U_2 + U_3 \quad (1-10)$$

将上式改写成

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

即

$$\sum U = 0 \quad (1-11)$$

式 (1-11) 是基尔霍夫电压定律的一般形式。即在任一瞬间, 沿任一回路绕行一周, 回路中各段电压的代数和恒等于零。如果规定电位升为正, 则电位降为负。

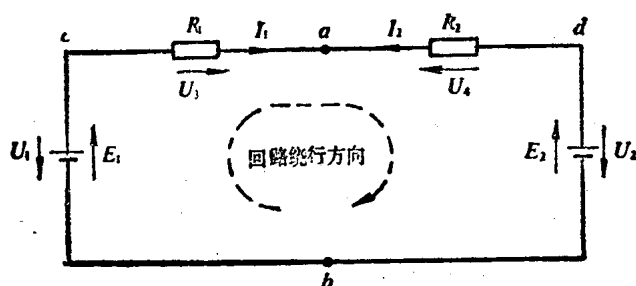


图1-8 基尔霍夫电压定律

图 1-8 所示回路是由电动势和电阻构成的, 上式又可写成

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

或

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

即

$$\sum E = \sum (IR) \quad (1-12)$$

式 (1-12) 是基尔霍夫电压定律在线性电阻电路中的另一种表达式。即在一回路内, 电动

势的代数和等于电阻上电压降的代数和。其中电动势的方向与回路绕行方向一致者取正号，相反者取负号；电流的参考方向与回路绕行方向一致者，则此电流在电阻上所产生的电压降取正号，相反则取负号。

〔例题 1-1〕 图 1-9 是某电路的一部分，已知 $I_2=2\text{A}$ ， $I_3=2\text{A}$ ， $E_1=100\text{V}$ ， $E_2=48\text{V}$ ， $R_2=6\Omega$ ，求 R_1 的大小。

〔解〕 根据基尔霍夫电流定律

$$I_1 = I_2 + I_3 = 4\text{A}$$

根据基尔霍夫电压定律

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

$$4R_1 + 12 = 100 - 48$$

$$R_1 = 10\Omega$$

即

三、全电路欧姆定律

由内外电路相联而成的闭合电路，称为全电路。如图 1-10 所示，虚线框内为内电路，其余部分为外电路。

在全电路中，除了外电路存在着电阻（主要是负载电阻）外，电源内部（即内电路中）也存在着电阻，它也有限制电流大小的作用。因此，在全电路中电流大小就不仅与电源的电动势及外电路的电阻有关，而且还与电源的内阻有关。由电流连续性原理可知，通过全电路的电流是处处相等的。当电流通过外电路电阻 R_L 和内电路电阻 r_0 时，在两电阻上产生的电压降分别为 IR_L 和 Ir_0 。根据基尔霍夫电压定律

$$E = IR_L + Ir_0$$

即

$$I = \frac{E}{R_L + r_0} \quad (1-13)$$

式 (1-13) 表明：在全电路中，电流与电动势成正比，与内外电路电阻之和成反比。这一结论就是全电路欧姆定律。

图中 U_{ab} 称为电源的端电压。

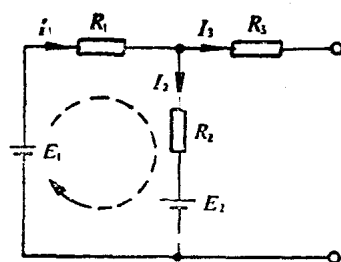


图 1-9 例题 1-1 电路

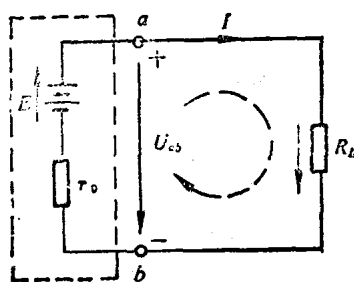


图 1-10 全电路欧姆定律

第三节 电阻的串联与并联

一、电阻的串联

如果电路中有两个或更多个电阻按顺序依次相联，并且在这些电阻中通过同一电流，则这样的联接法就称为电阻的串联。如图 1-11 所示。

根据基尔霍夫电压定律，串联电路的端电压应等于各电阻上的分电压之和。对图 1-11 有下列关系

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR$$

式中

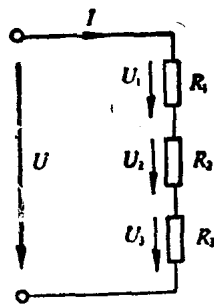


图 1-11 电阻串联电路

$$R=R_1+R_2+R_3 \quad (1-14)$$

式(1-14)表明:电阻串联电路中的总电阻等于各个串联电阻之和。

在图1-11中,每个串联电阻上的分电压为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= \frac{R_1}{R_1+R_2+R_3} U \\ U_2 &= \frac{R_2}{R_1+R_2+R_3} U \\ U_3 &= \frac{R_3}{R_1+R_2+R_3} U \end{aligned} \right\} \quad (1-15)$$

上式说明在电阻串联电路中,在总电压不变的条件下,各电阻两端电压的大小与它们的电阻值成正比,电阻大的分压大,电阻小的分压小。

二、电阻的并联

如果电路中有若干个电阻联接在两个公共节点之间,使各电阻承受同一电压,这种联接形式称为电阻的并联。图1-12即为两个电阻的并联电路。

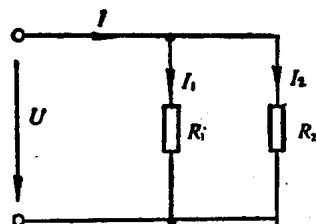


图1-12 电阻并联电路

两个并联电阻可用一个等效电阻 \$R\$ 来代替。根据基尔霍夫电流定律,并联电路的总电流应等于各支路电阻上的分电流之和

$$I=I_1+I_2=\frac{U}{R_1}+\frac{U}{R_2}=U\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=\frac{1}{R}\cdot U$$

式中

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \quad (1-16)$$

式(1-16)表明:并联电路中,等效电阻的倒数等于各并联电阻倒数之和。整理式(1-16)得

$$R=\frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} \quad (1-17)$$

两个并联电阻上的电流分别为

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{IR}{R_1} = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot I \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{IR}{R_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot I \end{aligned} \right\} \quad (1-18)$$

式(1-18)称为并联电路的分流公式。

第四节 电路的状态

由于电源与负载之间联接方式及工作要求不同,电路可能处于开路(空载)状态、短路状态和有载工作状态。下面以图1-13来分析三种状态下电路中的电流、电压和功率等方面的特征。

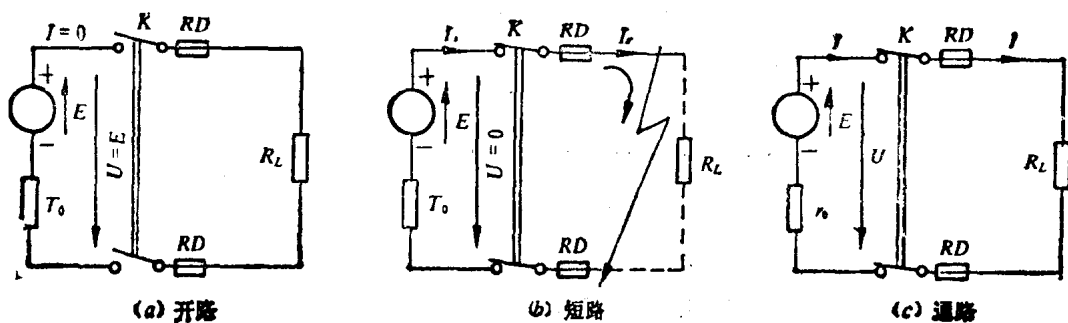


图1-13 电路的状态

一、开路状态

如图1-13(a)所示,当开关断开时,电路处于开路状态。开路时,相当于电源接上一个无穷大的电阻,电源输出的电流为零。此时电源的端电压即开路电压或空载电压等于电源电动势。电源不输出电能。电路的特征是:

$$\left. \begin{aligned} I &= 0 \\ U &= E \\ P &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1-19)$$

二、短路状态

如图1-13(b)所示。当电源两端的两根导线由于某种原因而联在一起时,电源则被短路。电源短路时,外电路的电阻可视为零。电源输出的电流经过联接导线直接流回电源,而未流过负载,因电源内阻 r_0 很小,所以短路电流 I_s 极大。短路电流能使电源遭受机械与热的损伤或毁坏。电源产生的电能全部被电源内阻所消耗。电路的特征是

$$\left. \begin{aligned} U &= 0 \\ I &= I_s = \frac{E}{r_0} \\ P_E &= I_s^2 r_0 \quad (\text{电源内阻消耗的功率}) \\ P &= 0 \quad (\text{电源供给负载的功率}) \end{aligned} \right\} \quad (1-20)$$

三、有载工作状态

如图1-13(c)所示,当电源与负载接通,电路处于有载工作状态,这时电路中有能量的转换。电路中电流为

$$I = \frac{E}{R_L + r_0}$$

负载电阻两端的电压为

$$U = IR_L \quad \text{或} \quad U = E - Ir_0$$

将上式两边乘以 I ,得到功率平衡方程式

$$UI = IE - I^2 r_0$$

即

$$P = P_E - \Delta P$$

式中 $P_s = IE$ 为电源产生的功率; $\Delta P = I^2 r_0$ 为电源内阻上损耗的功率; $P = IU$ 为电源输出的功率。

第五节 直流电路的分析方法

凡是能用串、并联方法简化成单一回路的电路称为简单电路。否则就称为复杂电路。简单电路的分析方法可直接应用欧姆定律计算出电路的电压、电流、电阻,进而可以计算电路的功率。而复杂电路的分析方法除应用欧姆定律外,大体上还须从以下两个不同的途径着手。一是以基尔霍夫定律为依据,列出相应的电路方程和方程组,然后联立求解,计算出电路中的电流、电压及电功率,如支路电流法等。二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和计算。如叠加原理、戴维南定理等。下面分别介绍这些方法。

一、支路电流法

支路电流法是计算复杂电路最直接、最基本的方法。它是以电路中的各支路电流为未知量,用基尔霍夫定律和欧姆定律列出联立方程,然后解出各支路电流,进而利用简单关系再求出各支路电压和有关元件所消耗或供给的功率。列方程时,必须先在电路图上标出未知支路电流的正方向。

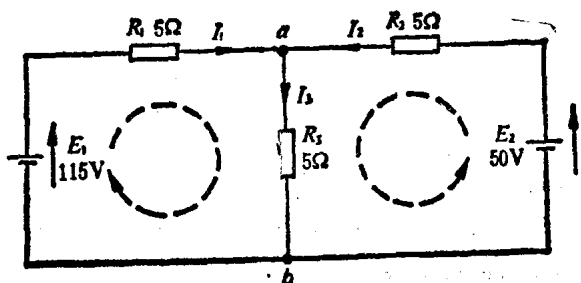


图1-14 支路电流法

现以图1-14所示两个电源并联电路为例来说明支路电流法的应用。在该电路中,支路数 $b=3$, 节点数 $n=2$ 。为了求出各支路电流,需列出三个独立方程。电动势和电流的方向如图所示。

首先,应用基尔霍夫电流定律对节点 a 和 b 分别列出如下两个方程。

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

显然,它们不是独立方程。对于有两个节点的电路,应用基尔霍夫电流定律只能列出 $2-1=1$ 个独立方程。一般说来,对具有 n 个节点的电路,应用电流定律只能列出 $(n-1)$ 个独立方程。

其次,可取单孔回路(或称网孔)应用基尔霍夫电压定律列出 $b-(n-1)$ 个方程,在图1-14中有两个单孔回路。对左面的单孔回路可列出

$$E_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3$$

对右面的单孔回路可列出

$$E_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3$$

单孔回路的数目恰好等于 $b-(n-1)$ 。

应用基尔霍夫电流定律和电压定律一共可列出 $(n-1) + [b-(n-1)] = b$ 个独立方程,所以能解出 b 个支路电流。