

机电工业考评技师复习丛书

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

维修电工

机械工业出版社



内 容 简 介

本书简明、系统地介绍了高级维修电工方面的基础知识。全书共分为三篇十三章，包括：直流电路、电子基础、微型计算机原理及使用、测量仪表、直流电机、变压器、异步电动机、同步电机、控制电机、晶闸管整流及触发电路、自动控制系统的概念、晶闸管——直流电动机可逆调速系统及数控机床与自动化生产线等，每章末附有复习题，书末附有复习题答案选摘。

本书供参加考评技师的工人复习使用，也可供技师考评工作人员参考。

本书由秦皇岛机电技工学校宋玉春、张沙萨、张欣平编写，宋玉春主编，由山海关桥梁厂吴章凯主审，由秦皇岛机电技工学校和念之参审。

维 修 电 工

机电工业考评技师复习丛书编审委员会 编

责任编辑：边 萌 责任校对：马志正
封面设计：方 芬 版式设计：霍永明
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ · 印张 $10^{1/4}$ · 字数 225 千字

1990年7月北京第一版·1990年7月北京第一次印刷

印数 00,001—10,500 · 定价：5.00元

ISBN 7-111-02052-9/TM·278

编审委员会名单

主 任	郭洪泽					
副主任	董无岸	刘葵香	雷柏青(常务)			
	杨惠永(常务)					
委 员	和念之	陈 东	杨 明	张昭海	程新国	
	胡家振	胡小华				

前 言

技师聘任制是在高级技术工人中实行技术职务的一项重要政策。对鼓励工人钻研业务，不断提高技术素质，稳定工人队伍，发挥高级技术工人的作用，适应经济建设需要，具有十分重要的意义。

目前，全国机电行业正在贯彻落实机电工业部和劳动人事部有关文件的精神，积极开展技师职称考评工作。为了配合这项工作的开展，我们组织编写了《机电工业考评技师复习丛书》。

《丛书》共20种，是依据部颁《工人技术等级标准（通用部分）》有关工种的“应知”要求，参考原国家机械工业委员会人事劳动司审定的《机械工业考评工人技师复习题例》和统编《机械工人技术理论培训教材》编写的。在内容安排上，《丛书》和《题例》配套，围绕《题例》中涉及到的重点问题，结合企业高级工、技师岗位生产（工作）实际，用《培训教材》中的有关内容，从理论上加以阐述，融《题例》和《培训教材》于一体。这是本套《丛书》最大的特点。

《丛书》内容精炼，除了供参加考评技师的工人复习、自测使用外，也可供各级技师考评组织在命题和评定成绩时参考，还可作为高级工和技师日常工作中的参考书。

对《丛书》的不足之处，欢迎提出宝贵意见，以便再版时修订。

机电工业考评技师复习丛书编审委员会

1980年4月

目 录

前言

第一篇 电工、电子及测量仪表

第一章 直流电路	1
§ 1.1 基尔霍夫定律	1
§ 1.2 支路电流法	5
§ 1.3 回路电流法	7
复习题	9
第二章 电子基础	11
§ 2.1 常用电子元器件	11
§ 2.2 常用电子线路	18
复习题	21
第三章 微型计算机原理及使用	23
§ 3.1 微型计算机原理	23
§ 3.2 微型计算机的使用	27
复习题	32
第四章 测量仪表	34
§ 4.1 晶体管特性图示仪	34
§ 4.2 SB-10通用示波器	36
复习题	39

第二篇 电 机

第五章 直流电机	41
§ 5.1 直流电机的基本结构	41

§ 5.2	直流电机的基本工作原理	46
§ 5.3	电枢绕组概述	48
§ 5.4	单叠绕组	51
§ 5.5	单波绕组	57
§ 5.6	复叠绕组	60
§ 5.7	复波绕组	62
§ 5.8	蛙形绕组	64
§ 5.9	电枢绕组的感应电势	66
§ 5.10	电磁力矩和电磁功率	68
§ 5.11	直流电机的电枢反应	70
§ 5.12	直流电机的换向	72
§ 5.13	直流电动机	75
§ 5.14	直流电动机的机械特性	80
§ 5.15	串励和复励电动机机械特性	87
§ 5.16	直流电动机的起动和反转	90
§ 5.17	直流电动机的制动	92
§ 5.18	他励直流发电机	101
	复习题	105
第六章	变压器	109
§ 6.1	变压器的基本工作原理	109
§ 6.2	变压器的联接组别	115
§ 6.3	小型单相变压器的重绕计算	127
§ 6.4	变压器的试验简介	131
	复习题	138
第七章	异步电动机	141
§ 7.1	异步电动机的定子绕组	141
§ 7.2	功率、转矩和机械特性	146
§ 7.3	笼型异步电动机的起动	149
§ 7.4	绕线式异步电动机的起动	152
§ 7.5	三相异步电动机调速	157

§ 7.6	三相异步电动机的制动	166
§ 7.7	单相异步电动机	170
§ 7.8	三相交流力矩电动机	175
§ 7.9	三相交流整流子电动机	177
§ 7.10	三相异步电动机试验简介	180
复习题		183
第八章	同步电机	186
§ 8.1	同步电机的电枢反应	186
§ 8.2	同步发电机的特性简介	191
§ 8.3	同步发电机的并列运行	194
§ 8.4	同步电动机的运行特性	196
§ 8.5	同步补偿机	199
§ 8.6	同步电动机的起动	201
复习题		204
第九章	控制电机	206
§ 9.1	电机放大机的用途和分类	206
§ 9.2	交磁放大机的基本结构	206
§ 9.3	交磁电机放大机基本工作原理	210
§ 9.4	交磁放大机的主要特性	212
§ 9.5	异步测速发电机的工作原理	215
§ 9.6	交流伺服电动机工作原理	217
§ 9.7	步进电动机工作原理	218
§ 9.8	单段三相反应式步进电动机	220
复习题		222

第三篇 晶闸管与自动控制

第十章	晶闸管整流及触发电路	225
§ 10.1	KGPS100-1型晶闸管中频电源原理	225
§ 10.2	KGPS100-1型晶闸管中频电源的控制	227

§ 10.3	KGPS100-1型晶闸管中频电源调试	231
复习题		233
第十一章	自动控制系统的基本概念	235
§ 11.1	开环与闭环控制系统	235
§ 11.2	自动控制系统的分类	238
§ 11.3	自动控制系统的品质与控制器	239
§ 11.4	多环控制系统	246
复习题		248
第十二章	晶闸管一直流电动机可逆调速系统	249
§ 12.1	晶闸管一直流电动机的可逆运行	249
§ 12.2	有环流可逆调速系统	252
§ 12.3	逻辑无环流可逆调速系统	260
§ 12.4	无环流逻辑控制系统的各种运行状态	273
§ 12.5	晶闸管一直流电动机可逆调速系统实例—— B2016型龙门刨床主拖动系统	276
复习题		301
第十三章	数控机床与自动化生产线	303
§ 13.1	数控机床	303
§ 13.2	自动化生产线	307
复习题		310
复习题答案选摘		312

第一篇 电工、电子及测量仪表

第一章 直流电路

本章主要介绍基尔霍夫的两个定律，同时介绍分析、计算复杂直流电路的几种常用方法。

§ 1.1 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路的基本定律，包括第一和第二两个定律。第一定律（又称为电流定律）反映了电路中电流之间的关系；第二定律（又称为电压定律）反映了电路中电压之间的关系。

在介绍基尔霍夫定律之前，先就图1-1所示电路介绍一些名词，并说明其意义。

支路 电路中的每个分支都叫做支路。在同一支路中流过所有元件的电流都相同。如图1-1所示电路中，bafe·be·

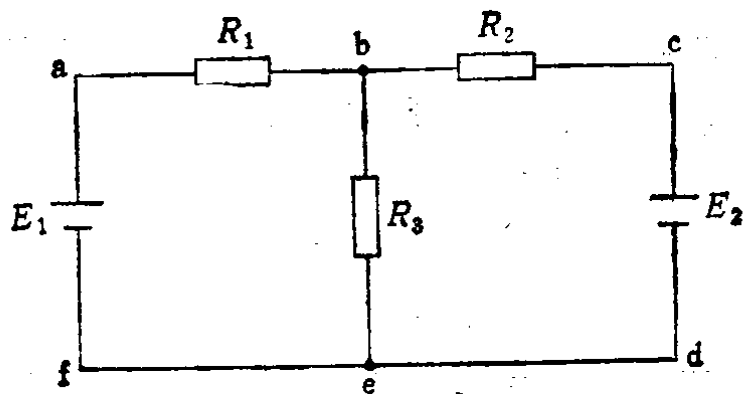


图1-1 复杂电路

bcde都是支路，其中be支路中没有电源，称为无源支路；bafe，bcde两支路中分别含有电源 G_1 和 G_2 ，则称为有源支路。

节点 三个或三个以上支路的联接点称为节点。如图中b、e两联接点就是节点。

回路 电路中任一闭合路径称为回路。如图1-1中abefa、bcdeb、abcdefa都是回路，这个电路共有三个回路。

网孔 对给定的电路图中不能再分的最简单的回路叫网孔。如图1-1中所示的abefa和bcdeb回路就是网孔。

一、基尔霍夫第一定律

基尔霍夫第一定律指出：在电路中，流入任意一个节点的电流必定等于流出该节点的电流。在图1-2中，流进节点a的电流是 I_1+I_2 ，流出节点a的电流是 I_3 ，因此

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

或 $\Sigma I_{\text{入}} = \Sigma I_{\text{出}} \quad (1-2)$

基尔霍夫第一定律，说明了电路中任一处的电流都是连续的，任一节点处电荷

即不会产生或消灭，又不可能积累。流入节点的电流如果不等于流出节点的电流，那么单位时间内流入节点的电荷与流出节点的电荷将不相等，在该节点处就要有电荷的产生或消灭，或者有电荷的积累，这是与大量实验事实相违背的。

把式(1-1)改写成

$$I_1+I_2-I_3=0$$

或 $\Sigma I = 0 \quad (1-3)$

式(1-3)表明在任意节点处，流入（或流出）该节点的电流的代数和恒等于零。

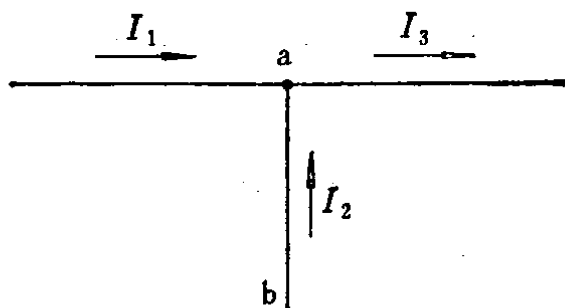


图1-2 节点电流

在式(1-3)中,若规定流入节点的电流取正号,则流出节点的电流取负号;相反的规定也可以,并不改变式(1-3)的实质。

例1.1: 在图1-2所示的电路中,各支路电流的参考方向均已指定。已知 $I_1=6\text{A}$, $I_3=4\text{A}$, 求 I_2 。

解: 根据基尔霍夫第一定律,在节点a处有

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_2 = I_3 - I_1 = 4 - 6 = -2\text{A}$$

电流 I_2 为负值,说明 I_2 的实际方向与它的参考方向相反,即由a点流向b点。

基尔霍夫第一定律不仅适用于节点,还可以推广到任何一个闭合面。这样的闭合面可以包围几个节点,也可以包围一部分电路。

在图1-3中,设流入闭合面的电流为正,则有

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

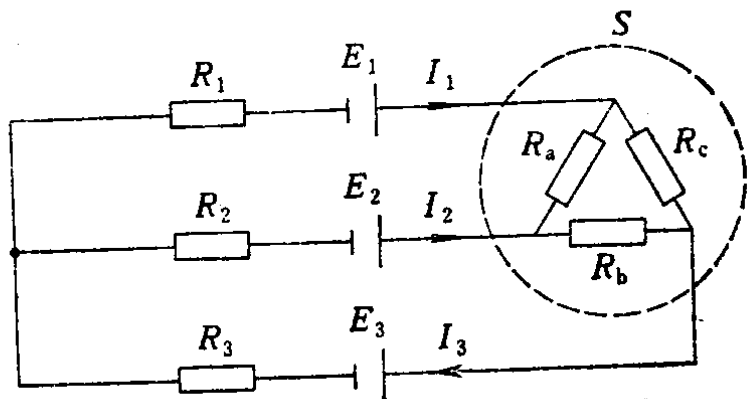


图1-3 闭合面电流

又如图1-4所示,将晶体管的外壳视为一个闭合面,它的基极电流 I_b 、发射极电流 I_e 与集电极电流 I_c 之间也具有同样关系,即

$$I_c = I_b + I_e$$

二、基尔霍夫第二定律

基尔霍夫第二定律是确定回路中电压间关系的一个定律,其内容是:电路中任一回路内各段电压的代数和为零,即:

$$\sum U = 0 \quad (1-4)$$

在应用上式时, 应将各支路的电流、电压和电动势正负号加以确定。

(1) 规定回路的绕行方向(顺时针方向或逆时针方向)。

(2) 选定各支路电流的参考方向。电流的参考方向若与回路绕行方向一致, 则电流取正号, 相反则取负号。

(3) 确定电压的符号。凡与回路绕行方向一致的电压取正号, 否则取负号。

(4) 确定电动势的符号。若电动势的实际方向与回路绕行方向一致则取正号, 否则取负号。

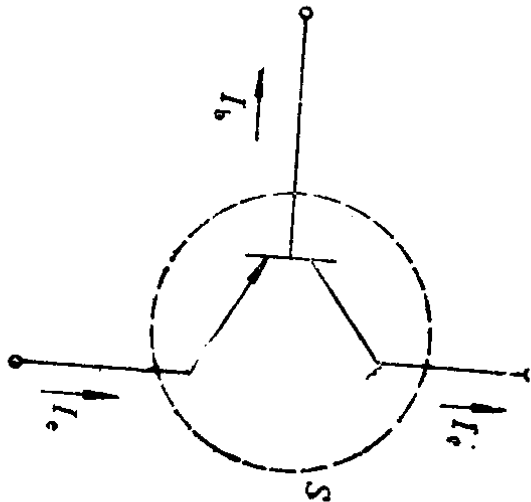


图1-4 晶体管外壳作为闭合面

图1-5给出某电路的一个回路, 其绕行方向已确定为顺时针方向, 各支路电流的参考方向也已选定。对闭合回路abcd而言, 各段电

路电压的代数和为

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{da} = 0$$

其中 $U_{ab} = I_1 R_1 + E_1$

$$U_{bc} = I_2 R_2$$

$$U_{cd} = -I_3 R_3 - E_2$$

$$U_{da} = -I_4 R_4$$

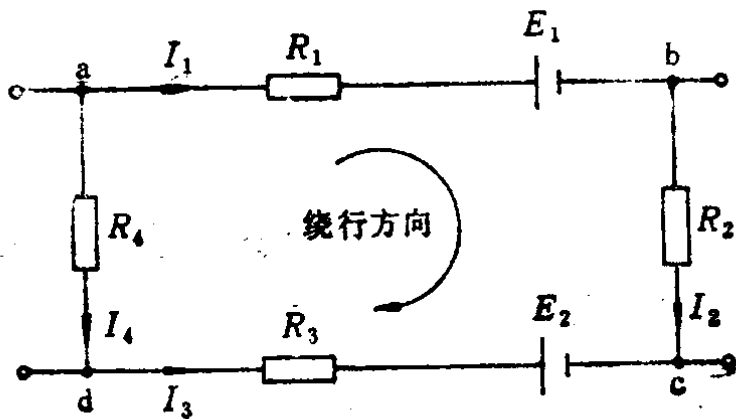


图1-5 基尔霍夫第二定律举例

根据基尔霍夫第二定律有

$$\begin{aligned} & U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{da} \\ &= I_1 R_1 + E_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - E_2 - I_4 R_4 = 0 \end{aligned}$$

整理得

$$I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4 = -E_1 + E_2$$

或

$$\sum IR = \sum E \quad (1-5)$$

上式说明，任一回路，电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和，它是基尔霍夫第二定律的另一种表示形式。但需指出：式(1-5)只适用于电阻电路。

例1.2：试利用图1-6所示电路，列出基尔霍夫第二定律的方程式。

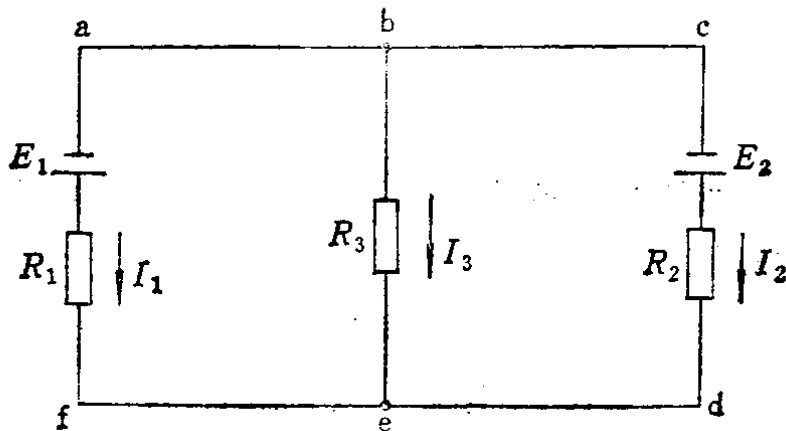


图1-6 基尔霍夫第二定律举例

解：电路中共有三个回路，选绕行方向为顺时针方向。

回路abefa有： $I_3 R_3 - I_1 R_1 = -E_1$

回路bcdeb有： $I_2 R_2 - I_3 R_3 = E_2$

回路abcdefa有： $I_2 R_2 - I_1 R_1 = E_2 - E_1$

§ 1.2 支路电流法

在计算复杂电路的各种方法中，支路电流法最为简便。这种方法以支路电流作为未知量，直接应用基尔霍夫两个定律，列出所需要的方程，然后联立解出各未知的支路电流。下面，以图1-7为例介绍这一方法。

在图1-7中具有三条支路、两个节点和三个回路，未知数有三个 (I_1 、 I_2 和 I_3)。首先选定各支路电流的参考方向，根据基尔霍夫第一定律列出节点电流方程。

节点 a:

$$+I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1-6)$$

节点 b:

$$-I_1 - I_2 + I_3 = 0 \quad (1-7)$$

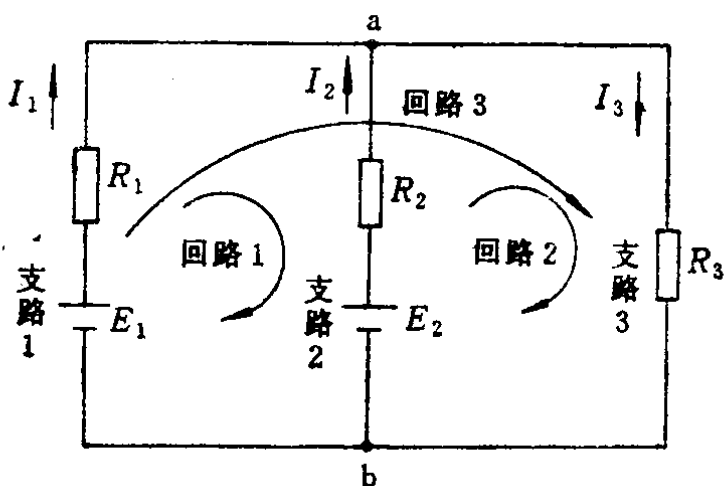


图1-7 支路电流法

其次，选取回路绕行方向，根据基尔霍夫第二定律列出回路电压方程。

回路 1: $I_1 R_1 - I_2 R_2 = E_1 - E_2 \quad (1-8)$

回路 2: $I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 \quad (1-9)$

回路 3: $I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \quad (1-10)$

从以上五个方程中不难发现，电流方程式 (1-6) 和式 (1-7) 实质是一样的，只能得到一个独立方程；电压方程也只有两个是独立的。所以一共只能列出三个独立方程，这恰好能够满足求解三个未知数的要求。这里选取式 (1-6)、式 (1-9) 和式 (1-10) 作为三个相互独立的方程，构成一个联立方程组：

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 \\ I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \end{cases} \quad (1-11)$$

对方程组 (1-11) 求解则可求出 I_1 、 I_2 和 I_3 。方程组 (1-11) 简称为支路电流方程。

由此可见，支路电流法的关键在于列出独立的支路电流方程。

通过上例可推论得：对于 m 条支路、 n 个节点的电路，应用基尔霍夫第一定律可以列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程；应用基尔霍夫第二定律可以列出 $m-(n-1)$ 个独立的回路电压方程。总共可列出 m 个独立方程。

为确保按基尔霍夫第二定律列出的方程都是独立的，最简便的方法是取网孔作为回路，即每个网孔列一个回路电压方程。

§ 1.3 回路电流法

以假设的回路电流为未知量，根据基尔霍夫第二定律列出回路电压方程，从而解出回路电流的方法称为回路电流法。采用回路电流法可以在电路较复杂、支路数较多而回路数较少的情况下减少联立方程数目，使求解过程简捷。

电路中只存在支路电流而不存在回路电流，回路电流仅是一种假设。回路电流法的实质在于通过求回路电流，最后达到求出支路电流的目的。

在图 1-8 所示的电路中有六条支路，其中有六个未知支路电流 $I_1, I_2, \dots, I_6$ ，它们的参考方向如图所示。这个电路可以看作由三个网孔回路组

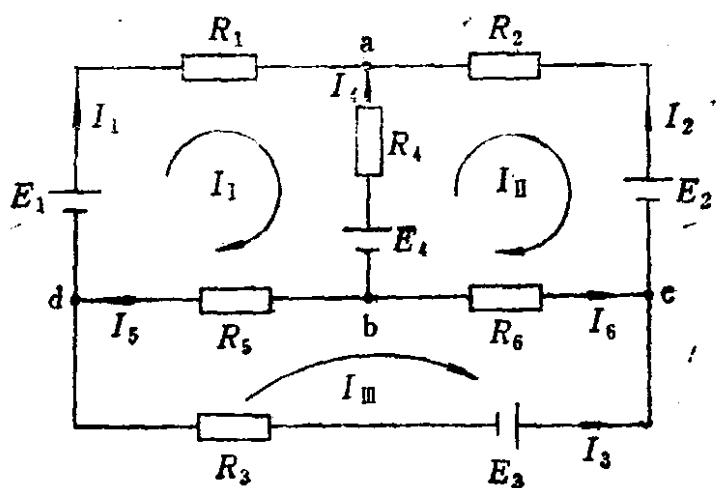


图1-8 回路电流法

成，并分别环行着假设的回路电流 I_I 、 I_{II} 和 I_{III} 。这里有

$$I_1 = I_I \quad I_2 = -I_{II} \quad I_3 = -I_{III}$$

$$I_4 = I_{II} - I_I \quad I_5 = I_I - I_{III} \quad I_6 = I_{III} - I_{II}$$

可见，只要求出各回路电流 I_I 、 I_{II} 和 I_{III} ，用上式即可求出各支路电流。因回路电流只有三个，所以只需列出三个独立电压方程即可求解。

在图1-8中，选用网孔作为回路电流的环流途径，即一个网孔一个回路电流，按习惯取回路电流的参考方向为顺时针方向。根据基尔霍夫第二定律列出三个回路电压方程。

对回路abda有：

$$\begin{aligned} E_1 - E_4 &= I_I R_1 + (I_I - I_{II}) R_4 + (I_I - I_{III}) R_5 \\ &= I_I (R_1 + R_4 + R_5) - I_{II} R_4 - I_{III} R_5 \end{aligned} \quad (1-12)$$

对回路acba有：

$$\begin{aligned} E_4 - E_2 &= I_{II} R_2 + (I_{II} - I_{III}) R_6 + (I_{II} - I_I) R_4 \\ &= I_{II} (R_2 + R_4 + R_6) - I_{III} R_6 - I_I R_4 \end{aligned} \quad (1-13)$$

对回路bcdcb有：

$$\begin{aligned} -E_3 &= I_{III} R_3 + (I_{III} - I_{II}) R_6 + (I_{III} - I_I) R_5 \\ &= I_{III} (R_3 + R_5 + R_6) - I_{II} R_6 - I_I R_5 \end{aligned} \quad (1-14)$$

将上述三个电压方程联立，即可解出 I_I 、 I_{II} 和 I_{III} ，进而可求出各条支路电流。

例1.3：在图1-9所示桥式电路中，电阻和电动势均已给定，试求各支路电流。

解：本电路有四个节点、六条支路。若采用回路电流法，由于有三个独立回路，回路电压方程是三元一次联立方程组，所以比支路电流法求解方程要简便得多。

(1) 选定回路电流 I_1 、 I_2 和 I_3 ，见图1-9。

(2) 列回路电压方程。

回路 1 有: $(10+20+30)I_1-20I_2-30I_3=0$

回路 2 有: $-20I_1+(20+20+25)I_2-25I_3=0$

回路 3 有: $-30I_1-25I_2+(30+25+3)I_3=11$

整理后得:

$$\begin{cases} 60I_1-20I_2-30I_3=0 \\ -20I_1+65I_2-25I_3=0 \\ -30I_1-25I_2+58I_3=11 \end{cases}$$

解得 $I_1=0.35\text{A}$ $I_2=0.3\text{A}$

$I_3=0.5\text{A}$

(3) 通过回路电流可求得各支路电流。

$I_a=I_1=0.35\text{A}$ $I_b=I_2=0.3\text{A}$

$I_c=I_3-I_1=0.15\text{A}$

$I_d=I_2-I_3=-0.2\text{A}$

$I_e=-I_3=-0.5\text{A}$

$I_f=I_1-I_2=0.05\text{A}$

支路电流 I_e 和 I_d 为负值, 说明这两条支路电流的实际方向与所选定的参考方向相反。

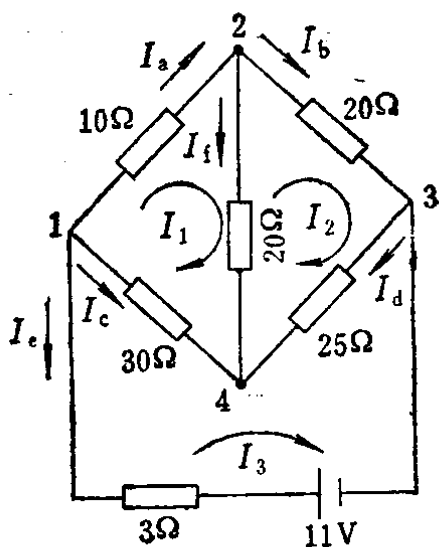


图1-9 桥式电路

复 习 题

一、名词术语解释

1. 支路电流法
2. 回路电流法
3. 支路
4. 节点

二、问答题