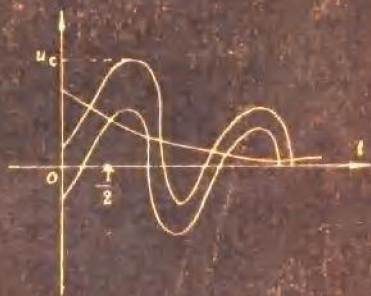


# 电工基础题解



湖南科学技术出版社

**电工基础题解**

刘汉川 黄于忠 等编

责任编辑：周翰宗

\*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷一厂印刷

\*

1980年8月第1版第1次印刷

字数：247,000 印张：10.75 印数：1—55,000

统一书号：15204·40 定价：1.15元

## 前 言

自湖南省电力学校、重庆电力学校和成都水力发电学校合编的《电工基础》一书出版以来，读者纷纷来信要求出版该书的题解。在广大读者的鼓励和鞭策下，我们湖南省电力学校电工教研组在教学之余编写了此书。其中解答思考题159道、习题207道（有“\*”者为补充题）。

本书着重从解题思路、原理，逐步分析、推导予以解答。力求说理确切简明，论证严谨，方法步骤明确，有些解答作了必要的延伸；对某些题还列出多种解法，以资比较。然而限于篇幅不能全部列出，望读者自己广开思路，莫受约束，以求得概念的进一步巩固及灵活运用。

参加本书编写的有：黄于忠、万易、方惠疆、蒋兴国、祝婵艳、李昌浩、于均礼、顾宏岐、李国敬、刘炳炎、杨美昆、刘汉川等同志，由刘汉川同志担任主编。

编 者

一九七九年十二月

# 目 录

第一章 直流电路的基本概念 .....	( 1 )
思考题 .....	( 1 )
习题 .....	( 16 )
第二章 直流电路的分析与计算 .....	( 36 )
思考题 .....	( 36 )
习题 .....	( 50 )
第三章 电磁和电磁感应 .....	( 84 )
思考题 .....	( 84 )
习题 .....	( 102 )
第四章 单相正弦交流电路 .....	( 118 )
思考题 .....	( 118 )
习题 .....	( 134 )
第五章 三相正弦交流电路 .....	( 179 )
思考题 .....	( 179 )
习题 .....	( 191 )
第六章 应用复数来计算正弦交流电路 .....	( 206 )
思考题 .....	( 206 )
习题 .....	( 214 )

第七章 非正弦交流电路 .....	(249)
思考题 .....	(249)
习题 .....	(252)
第八章 交流铁芯线圈 .....	(266)
思考题 .....	(266)
习题 .....	(273)
第九章 电路的过渡过程 .....	(281)
思考题 .....	(281)
习题 .....	(290)
第十章 常用电工仪表及测量 .....	(316)
思考题 .....	(316)
习题 .....	(328)

## 附录

附录一. 国际单位制 (SI制)

附录二. 一些电量的单位换算

附录三. 几种常用导电材料的电阻系数及温度系数

# 第一章 直流电路的基本概念

## I 思考题

1—1。如图 1—1 所示，已知  $U_{AB} = 120\text{V}$ ， $U_{CD} = 220\text{V}$ 。试就下列各种情况讨论 A、C 两点电位的高低：

- (1) B、C 两点接地时；
- (2) B、D 不接地而用导线联接 B、C 时；
- (3) 不接地，用导线联接 A、D 时；
- (4) 不接地，A、C 相联时；
- (5) 不接地，而 B、D 相联时；
- (6) 两电路无任何电气联系时。

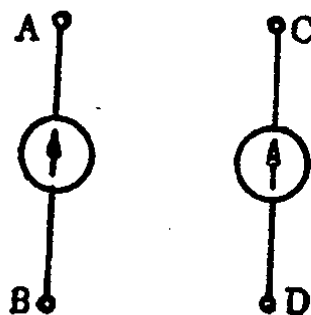


图 1—1

解：如图所示的两段直流电路，当两者之间有电气联系时，根据电压的大小与电位参考点的选择无关及电压等于电位之差的关系，可对 A、C 两点的电位高低进行比较。

(1) 当 B、C 两点接地时，地为电位的参考点，则  $\varphi_B = \varphi_C = 0$ ，而  $\varphi_A - \varphi_B = U_{AB}$ ，所以  $\varphi_A = \varphi_B + U_{AB} = 120\text{伏}$ ，即 A 点的电位比 C 点的电位高 120 伏。

(2) 当 B、D 不接地，而用导线联接 B、C 时，则  $\varphi_B = \varphi_C$ ，而  $\varphi_A = \varphi_B + U_{AB} = \varphi_C + 120\text{伏}$ ，所以 A 点的电位比 C 点的电位高 120 伏。

(3) 不接地，用导线联接 A、D 时，则  $\varphi_A = \varphi_D$ ，而  $\varphi_C = \varphi_D + U_{CD} = \varphi_A + 220\text{伏}$ ，所以 C 点比 A 点的电位高 220 伏。

(4) 不接地，A、C 相联时，则  $\varphi_A = \varphi_C$ ，即 A、C 两点的电位相

等。

(5) 不接地，而B、D相联时，则 $\varphi_B = \varphi_D$ ，而 $\varphi_C = \varphi_A + U_{BA} + U_{CD} = \varphi_A - 120 + 220 = \varphi_A + 100$ 伏，所以C点比A点的电位高100伏。

(6) 两段电路无任何电气联系时，对A、C两点的电位无法进行比较。

1—2. 电压和电位之间有什么关系？如果电路中某二点的电位很高，能否说该两点之间的电压也很高，为什么？

解：在库仑电场（静电场或直流电路的电场）中，从任一点a移动单位正电荷到另一点b，电场力将对此电荷做功，当电场一定时，所作功的数值与电荷移动的路径无关，仅与a、b两点的位置有关。据此，引入了电压、电位这两个物理量来反映电场具有做功的性能。a、b两点间的电压 $U_{ab}$ ，其值等于电场力推动单位正电荷由a经任一路径移到b所作的功，而a（或b）点的电位 $\varphi_a$ （或 $\varphi_b$ ）就是由a（或b）点到参考点的电压。据此，参考点的电位为零。参考点可以任意选择（工程上一般取地为参考点），当参考点选定后，各点的电位就有唯一确定的值（称为电位单值性原理），不指定参考点谈论电位是没有意义的。如若选定任一点O为参考点，则有

$$\varphi_a = U_{ao}, \quad \varphi_b = U_{bo}$$

而 
$$U_{ab} = U_{ao} + U_{ob} = U_{ao} - U_{bo} = \varphi_a - \varphi_b$$

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

可见，a、b两点间的电压可用该两点的电位之差来表示，所以电压又叫电位差。由于电位是对参考点而言的电压，当参考点选得不同时，各点的电位值也相应而变，但是两点间的电压不会改变。因此，电压与电位两者是既有联系又有区别的。由此可知，

如果电路中某两点的电位都很高,则该两点间的电压不一定很高。

最后应着重指出的是:只有在库仑电场的情况下,电压才等于电位差,也就是电压的概念才可用电位差的概念来代替。

1—3. 我们常说“高压危险”,但我们在高压输电线上经常带电检修(工作方法如图1—2所示),为什么不会发生危险呢?

解:在图所示的带电作业中,工作人员所站的金属板与手所触及的高压送电线之间有导线相联接,因此,两者的电位相等,作用在人体的两部位之间的电压为零,不会有电流通过人体,所以虽触及高压也

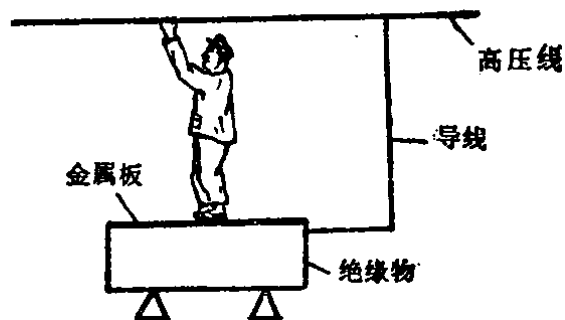


图1—2

不会发生危险。由此可见,“高压危险”是指作用在人体的两个部位之间的电压达到一定数值时才是危险的。

1—4. 电压、电位、电动势有什么异同?

解:在上面第(1—2)题中,论述了电压与电位这两个物理量的联系与区别。电压和电位都是用来反映库仑电场力作功的能力。在一定电场中,各点电位的大小与参考点的选择有关,而电压等于电位差,其大小与参考点的选择无关。电压与电位的单位相同,在国际单位制中是伏。电压的实际方向规定为电场力推动正电荷运动的方向,即电位降低的方向。

电动势是用来反映电源中电源力(非库仑电场力)作功的能力的一个物理量,其值等于电源力推动单位正电荷由电源的负极经电源内部移到正极所作的功。电动势与电压的单位相同,在国际单位制中也是伏。电动势的实际方向规定为电源力推动正电荷运动的方向,即电位升高的方向,所以电源的端电压与电动势的



实际方向相反。

1—5. 电源内部电子的移动和电源外部电路中电子的移动原因是不是一样?

解: 不一样。在电源内部电路中, 电源力驱使电子自电源的正极向负极移动, 克服库仑电场力作功, 把非电形式的能量 (如化学能) 转变为库仑电场的能量 (即电能)。在电源外部电路中, 库仑电场力驱使电子自电源的负极经负载向正极移动, 电场力作功, 把电能转变为非电形式的能量 (如机械能)。

1—6. 什么是一段无源电路的欧姆定律? 在图1—4中, 根据各图中标出的  $U$ 、 $I$  与  $R$ , 那一个电路可以应用公式  $I = \frac{U}{R}$ ?

解: 对于一段电阻电路, 在大多数情况下, 通过电阻的电流  $I$  的大小与其端电压  $U$  的大小成正比, 与电阻  $R$  成反比; 电流与电压的实际方向总是一致的, 这就是欧姆定律。在  $U$  和  $I$  的正方向选择得一致的情况下 (如图1—3), 欧姆定律的数学表示式为

$$I = \frac{U}{R}$$

这是因为, 在图1—3所示的正方向下, 若设  $U$  的实际方向与其正方向相同, 即  $U$  为正值时,  $a$  点的电位比  $b$  点的电位高, 电流的实际方向是从  $a$  点流向  $b$  点, 即  $I$  的实际方向与其正方向也应相同,  $I$  也为正值; 如设  $U$  的实际方向与其正方向相反, 即  $U$  为负值时,  $I$  也为负值, 所以  $U$  和  $I$  总是同号的代数量, 从而有

$I = \frac{U}{R}$  的形式。

同理, 在  $U$  和  $I$  的正方向选得相反的情况下,  $U$  和  $I$  总是异号, 欧姆定律的数学表示式应写成

$$I = -\frac{U}{R}$$

注意：欧姆定律的每一种表示式是对应着一定的正方向的，有关电路其他定律的表示式也是如此。因此，对于每一个公式应理解其意义和使用条件，灵活运用，不能死搬硬套。

根据上述欧姆定律表示式的使用条件，对图 1—4 中各电路加以分析后可知，在图

(a) 中  $I = \frac{U}{R_1}$  成立；图 (b) 中  $I = \frac{U}{R}$  成立。

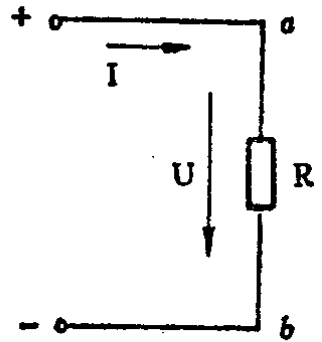


图 1—3

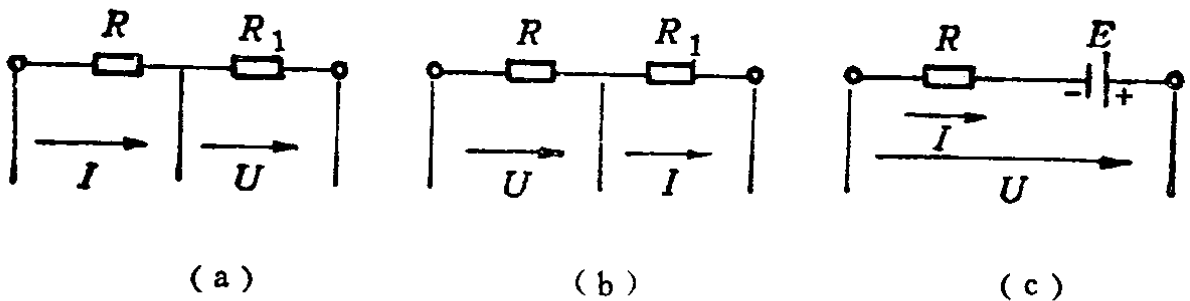


图 1—4

√1—7. 如图1—5所示，若假定电阻 R 上 U 与 I 的正方向相反，试写出 U 与 I 之间的关系式。

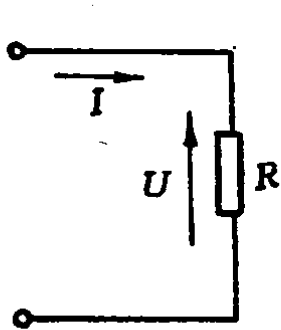
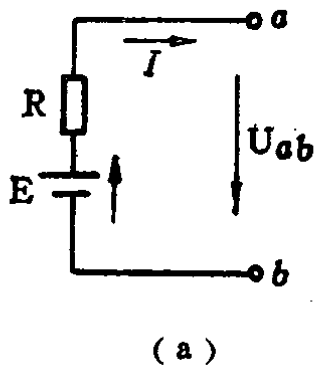
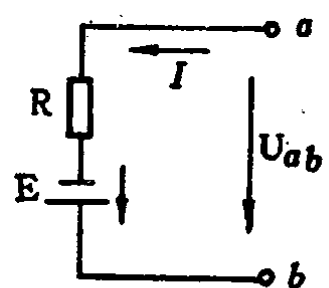


图 1—5



(a)



(b)

图 1—6

解：见上题的解答，U 与 I 之间的关系应为  $U = -I R$ 。

√1—8. 试写出图1—6所示电路中 a、b 两点间的电压方程式。

解：任何含源支路ab的端电压 $U_{ab}$ 等于由a到b这个支路上全部电压降的代数和，其中各部分电压降的正负，依所设电压、电流和电动势的正方向按沿支路由a至b的方向来判断。

对于图(a)电路，在图示正方向下，可列出电压方程式为

$$U_{ab} = E + (-IR) = E - IR$$

对于图(b)电路，在图示正方向下，可列出电压方程式为

$$U_{ab} = -E + IR$$

把含源支路视为一虚构闭合回路，直接应用基尔霍夫第二定律也可列出上面的方程式。

√ 1—9. 试写出图1—7所示电路中a、b两点间的电压方程式。

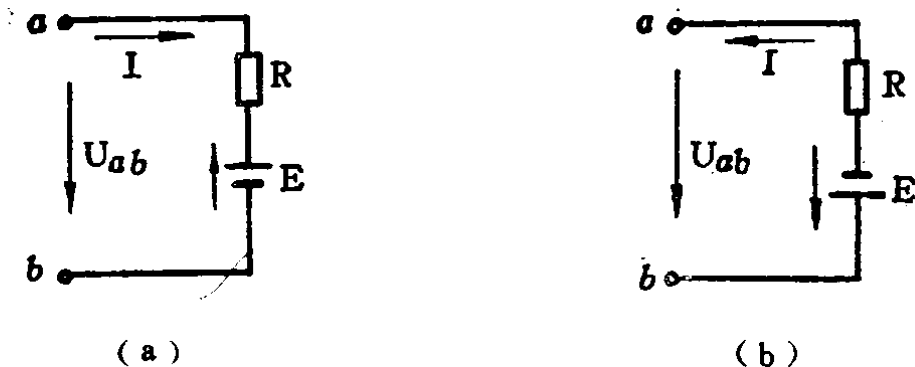


图 1--7

解：对图(a)  $U_{ab} = E + IR$

对图(b)  $U_{ab} = -E - IR$

√ 1—10. 如图1—8所示电路，若电源内阻 $r_0$ 不变，负载电阻R减小时，电源内阻电压降的大小怎样变化？端电压U怎样变化？电流I怎样变化？

解：运用欧姆定律，在图示U、I、E的正方向下，可分别列出电路中电流I、

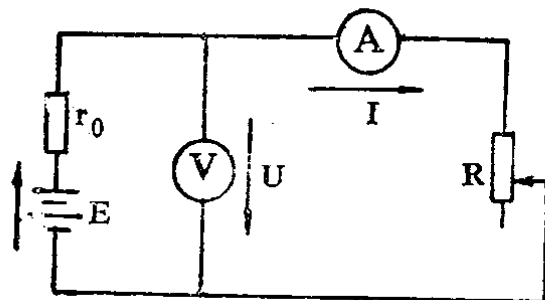


图 1—8

电源端电压  $U$  及电源内阻压降  $\Delta U$  的表示式为

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

$$U = E - Ir_0$$

$$\Delta U = Ir_0$$

由此可见，在电源的电动势  $E$  及内阻  $r_0$  不变的条件下，负载电阻  $R$  减小时，回路中的电流  $I$  将增大，内阻  $r_0$  的压降  $\Delta U$  也将增大，从而电源的端电压  $U$  会下降。

✓ 1—11. 图1—9(a)、(b)为复杂电路的一部分，已知  $a$ 、 $b$  两点等电位。试问  $ab$  支路中有无电流通过？

解：按题给条件，图(a)电路中的  $ab$  支路里无电流通过，而图(b)电路中的  $ab$  支路里有电流通过。论证如下：

对于图(a)，假设  $ab$  支路中的电流为  $I_{ab}$ ，则运用欧姆定律得

$$I_{ab}R = U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 0$$

所以  $I_{ab} = 0$

对于图(b)，假设  $ab$  支路中的电流为  $I_{ba}$ ，则含源支路  $ab$  的端电压  $U_{ab}$  可表示为

$$U_{ab} = E - I_{ba}R$$

由于  $U_{ab} = 0$

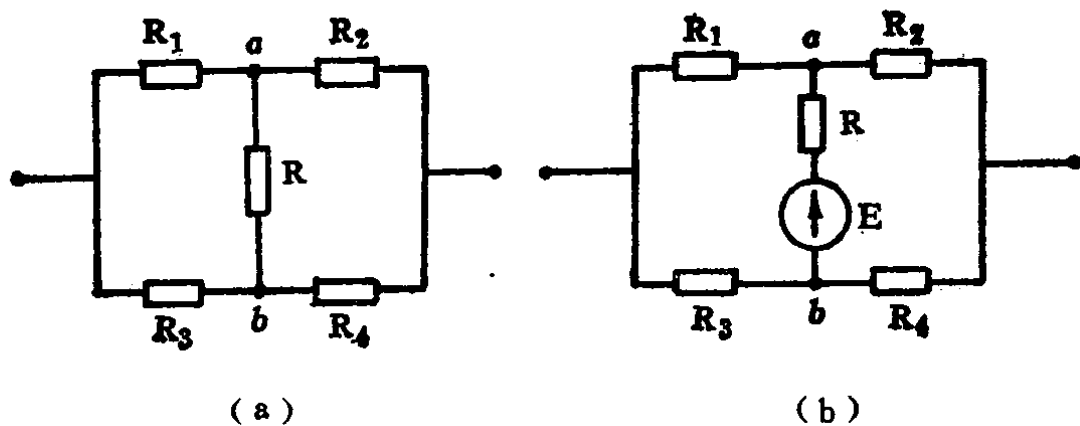


图 1—9

所以 
$$I_{ba} = \frac{E}{R}$$

因此可得如下结论：任一无源直流支路的两端点的电位相等时，该支路中无电流通过；任一含源直流支路的两端点的电位相等时，该支路中是有电流的。

1—12. 有人说：“没有电压就没有电流”，“没有电流也就没有电压”。这话对吗？怎样全面回答这个问题？

解：这两种说法都不全面。如上题图 1—9 (b) 所示 ab 含源支路的两端没有电压，但该支路中有电流；又如当含源支路被断开时，它的两端具有一定的电压，但在该支路中无电流。因此不能笼统地说：“没有电压就没有电流，没有电流也就没有电压”。如果说“在具有一定电阻的无源电路中，没有电压就没有电流，没有电流也就没有电压”，那就对了。

✓ 1—13 (1) 如图 1—10(a) 所示电路，求 a、b 两点间的电位差及电阻 R？当开关闭合后，问各支路电流是否改变了？

(2) 如图 1—10(b) 所示电路，求 a、b 两点间的电位差及电阻 R'，当开关 K 闭合后，问各支路电流是否改变了？

(3) 在 (1) 及 (2) 中都是用一根导线联接 a、b 两点(通过开

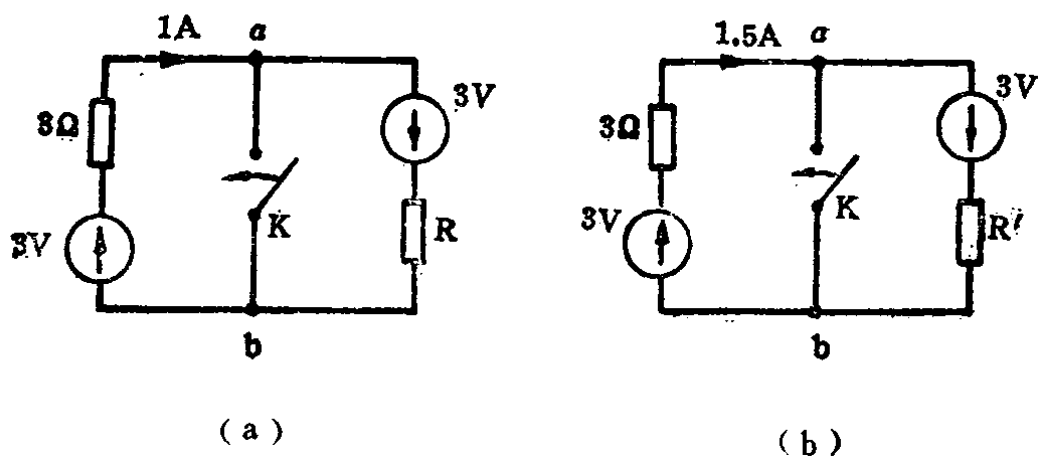


图 1—10

关K的闭合),使a、b两点成为等电位点。问在什么情况下,对原电路的电流分配没有影响?而在什么情况下有影响?

解:(1)对于图(a)电路,当开关K未闭合时,取顺时针方向为回路的绕行方向,运用基尔霍夫第二定律得回路电压方程式

$$3 + 3 = 1 \times 3 + R$$

解之得  $R = 3$  欧

而ab左边的含源支路中,其端电压 $U_{ab}$ 为

$$U_{ab} = 3 - 1 \times 3 = 0$$

即此时a、b两点的电位相等。据此,当将开关K闭合时,不管计及或不计及K的接触电阻,都不会改变a、b两点的电位,从而不致影响原电路的工作状态,也就是说各支路中的电流不会发生变化。

(2)对于图(b)电路,当开关K未闭合时,按上述同样的方法进行分析计算后得

$$R' = 1 \text{ 欧}, \quad U_{ab} = -1.5 \text{ 伏}$$

由于a、b两点间存在电压,则将开关K闭合时,沿K的支路必将出现电流,从而使原电路中a、b两点间的电压及各支路中的电流发生变化。如若忽略K的接触电阻,则a、b两点间的电压降为零;而各支路中的电流经计算得:ab右边支路中的电流增大至3安,ab左边支路中的电流减少至1安,通过K支路的电流为2安。

(3)综上所述可知,当用一根电阻可忽略的导线联接电路中的a、b两点使成等电位点时,若a、b两点的电位原来相同,则在联接导线中没有电流通过,也不影响原电路的电流分配;若a、b两点的电位原来是不相同的,则在联接导线中有电流通过,从而影响原电路的电流分配。

1-14 如图 1--11 有两个电路, 中间只有一条导线相联, 问此导线 AB 中的电流  $I_{AB} = ?$  又问对于任意中间只有一条导线相联的两个电路 (在两个电子仪器一起工作时, 常常把它们的地线联接在一起, 就是这种情况)。这联接导线上的电流应该多大?

解: 如图所示电路, 将 AB 连线右边的闭合回路当作一个扩大的结点 (如虚线框所限定的封闭面), 运用基尔霍夫第一定律于此结点, 可列出结点电流方程式为

$$\sum I = I_{AB} = 0$$

据此可得出如下结论: 由于电流是连续性的, 它只可能在闭合回路里流通, 因此, 两个互相孤立的电路用一根导线联接时, 在连线中不会出现电流。

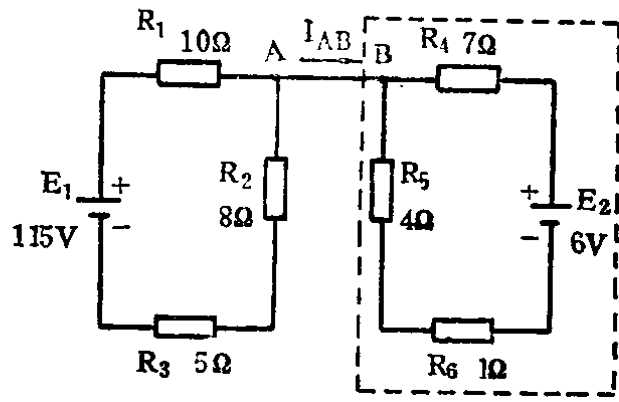


图 1—11

1-15 在图 1—12(a) 所示的低压用电系统中, 电源的一端 O 接有一根地线, 问地线中有没有电流? 为什么?

解: 对图 1—12(a) 所示电路, 按上题相同的方法进行分析可得出结论, 当直流用电系统中只有一点接地时, 在正常工作状态下, 该接地线中总不会出现电流。如若系统因故障而在另一点

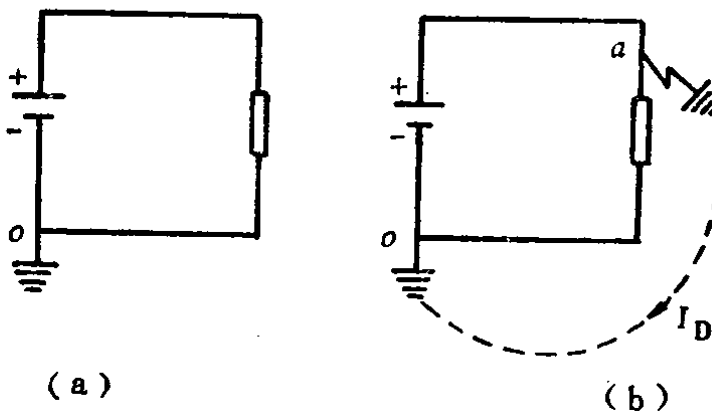


图 1—12

也发生了接地，如图 1—12(b)所示，由于两接地点间有电压作用，并以大地构成通路，则在接地线中会出现电流 $I_D$ 。

1—16 电功率和电能量有什么不同？它们的常用单位各有哪些？公式 $P = EI$ ， $P = UI$ 各用在什么地方？

解：电能是指伴随电压电流的电磁场的能量。在电路中，电源产生的电能是由非电形式的能量转换而来；负载吸收的电能又转换为非电形式的能量。电功率（简称功率）就是用来衡量上述电能转换快慢的一个物理量，其值等于单位时间内转换的电能。据此，对直流电路来说，在 $t$ 个单位时间内，电源产生的电能或负载吸取的电能( $W$ )与功率( $P$ )的关系为

$$W = Pt$$

在国际单位制中， $W$ 与 $t$ 的单位分别是焦耳和秒，则 $P$ 的单位为焦耳/秒，即瓦。工程上常用较大的单位，即 $P$ 的单位用千瓦，电能的单位用千瓦·小时（即度）， $1$ 千瓦·小时 $= 1$ 度 $= 10^3$ 瓦 $\times 3600$ 秒 $= 3.6 \times 10^6$ 瓦秒 $= 3.6 \times 10^6$ 焦耳。

可见，电能与功率是两个不同的概念，两者既有联系又有区别。

公式 $P = EI$ 仅用来计算直流电源电动势发出或吸收的功率。那末应如何来判断它是表示发出或吸收功率呢？现利用功能概念（即能量转换的多少可以用功的大小来量度）来论述一下这个公式。

如图 1—13(a)所示的多电源电路的一个电源支路，电源的内阻略去不计。设电流 $I$ 与电动势 $E$ 的实际方向一致，也就是电流 $I$ 通过电源时，是从低电位到高电位。根据电动势和电流的定义可知，在单位时间内电源力克服电场力推动电荷所作的总功为 $Eq = EI$ ，把非电形式的能量转换为电能，所以， $P = EI$ 是表示电



电动势发出的功率。反之,当  $I$ 、 $E$  的实际方向相反时,电流  $I$  自高电位至低电位通过电源,此时在单位时间内电场力克服电源力所作的总功也为  $Eq = EI$ ,把电能转换为非电形式的能量,电源吸收电能成了负载,所以  $E$  是反电动势,  $P = EI$  表示反电动势吸收的功率。

公式  $P = UI$  可用来计算任何一段直电路(无源的或有源的)吸收或发出的功率。按上面同样的方法进行分析可知:若电压与电流的实际方向一致,如图 1—13(b)所示,则  $P = UI$  表示该电路中吸取的功率;反之,  $U$ 、 $I$  的实际方向相反时,  $P = UI$  表示该段电路中发出的功率。应该注意,对于一段无源直流电路来说,  $I$ 、 $U$  的实际方向总是一致的,因而该段电路总是吸收功率。

上面是针对  $U$ 、 $I$ 、 $E$  的实际方向来讨论的,但是通常在分析计算电路时,采用它们的正方向,又将是怎样的情况呢?用上述方法进行分析,亦可得出相似的结论。

对于任一电源,当选取  $I$ 、 $E$  的正方向一致时,  $P = EI$  仍用来表示电动势发出的功率;反之,  $P = EI$  用来表示吸收的功率。对于任一段直电路,当选取  $U$ 、 $I$  的正方向一致时,  $P = UI$  仍用来表示该段电路中吸收的功率;反之,  $P = UI$  用来表示发出的功率。但应特别注意:在采用正方向的条件下,  $U$ 、 $I$  和  $E$  都是代数量,

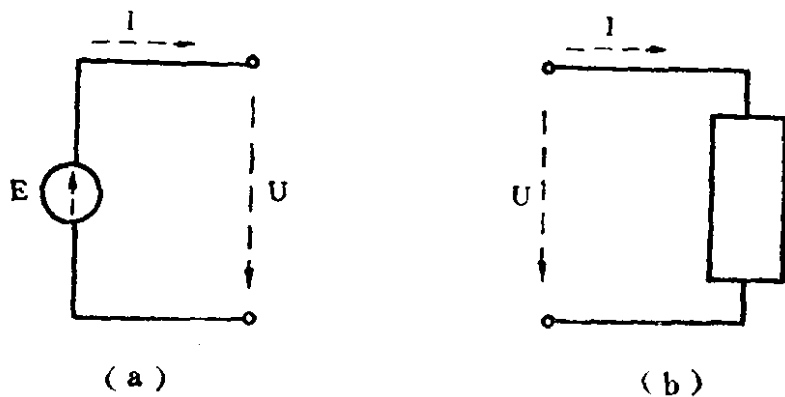


图 1—13