

实用 维修电工技术 问答



高安光 主编
曹俊强 主审

SHIYONG WEIXIU
DIANGONG
JISHU WENDA

实用维修电工技术问答

高 敏 冷安光 南 雁 主编
曹俊南 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据维修电工国家职业标准的要求编写而成。本书共分为三篇，第一篇为基础知识，包括电工基础知识和钳工基础知识；第二篇为初级维修电工的基本技能，包括工作前的准备、电气故障检修、配线与安装、电气系统的调试等；第三篇为中级维修电工基本技能，包括仪器、仪表选用与电路图，电气故障检修，配线与安装、测绘、机械设备的调试等。

本书可作为维修电工的工具书，也可作为维修电工培训用的教学参考书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用维修电工技术问答 / 高敏，冷安光，南雁主编. —北京：电子工业出版社，2009.7
ISBN 978-7-121-08830-8

I. 实… II. ①高…②冷…③南… III. 电工技术—问答 IV. TM-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 074276 号

策划编辑：李 洁 (lijie@phei.com.cn)

责任编辑：谭丽莎

印 刷：北京市天竺颖华印刷厂

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：720×1000 1/16 印张：17 字数：387 千字

印 次：2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：33.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

本书根据维修电工国家职业标准的要求编写而成。本书本着基础知识与生产技能相结合，坚持理论联系实际的精神，力求做到“少而精”，学以致用。本书以问答形式，阐述了维修电工需要掌握的基本知识和基本技能。

本书分为三篇，第一篇为基础知识，包括电工基础知识和钳工基础知识；第二篇为初级维修电工的基本技能，包括工作前的准备、电气故障检修、配线与安装、电气系统的调试等；第三篇为中级维修电工的基本技能，包括仪器、仪表选用与电路图、电气故障的检修、配线与安装、测绘、机械设备的调试等。

本书由高敏、冷安光、南雁任主编，曹俊南任主审，参加编写的还有曹晟熙、林子辰、路兴龙、吴迪、刘畅、马刚等。

本书可作为维修电工的工具书，也可作为维修电工培训用的教学参考书。由于作者水平有限，难免存在错误之处，敬请广大读者提出意见和建议。

目 录

第一篇 基础知识	(1)	4.2 检查、排除一般复杂程度的	
第1章 电工基础知识	(1)	机械设备的电气故障	(102)
1.1 直流电与电磁的基础知识	(1)	4.3 拆卸、检查、修复、装配、	
1.2 交流电路的基本知识	(17)	测试小型三相异步电动机 ...	(104)
1.3 常用变压器与异步电动机	(24)	4.4 拆卸、检查、修复、装配、	
1.4 常用低压电器	(34)	测试小型变压器	(109)
1.5 半导体二极管、晶体三极		4.5 检查、修复、测量常用低压	
管和整流稳压电路	(47)	电器	(112)
1.6 晶闸管的基础知识	(51)	第5章 配线与安装	(119)
1.7 电工读图的基本知识	(54)	5.1 电工操作技术工艺知识	(119)
1.8 供电和用电的一般知识	(64)	5.2 机床配线、安装工艺知识 ...	(122)
1.9 防护及登高用具等的使用知识	(67)	5.3 电子电路的基本原理及其	
第2章 钳工基础知识	(71)	应用	(123)
2.1 锯削	(71)	5.4 电子电路的焊接、安装、	
2.2 锉削	(71)	测试	(130)
2.3 钻孔	(73)	5.5 根据用电设备的性质和容量选	
2.4 手工加工螺纹	(75)	择常用电气元器件及导线规格	(132)
2.5 电动机的拆卸知识	(77)	5.6 一般复杂程度机械设备主、	
第二篇 初级维修电工的基本技能	(78)	控制线路配电板的配线及整	
第3章 工作前的准备	(78)	机的安装工作	(137)
3.1 根据工作内容合理选用工具、		5.7 校验、调整速度继电器、温	
量具及仪表	(78)	度继电器、压力继电器等专	
3.2 根据工作内容正确选用材料 ...	(83)	用继电器	(139)
3.3 一般复杂程度的机械设备的电		5.8 焊接、安装、测试单相整流稳	
气控制原理图及接线图	(86)	压电路和简单的放大电路 ...	(141)
3.4 分析、判断常见故障可能存在		第6章 电气系统的调试	(145)
的范围和部位	(94)	6.1 电气系统的一般调试方法和	
第4章 电气故障检修	(97)	步骤	(145)
4.1 检查、排除动力和照明线路及		6.2 试验记录的基本知识	(149)
接地系统的电气故障	(97)		

第三篇 中级维修电工的基本技能 …	(150)	9.2 较复杂机械设备的主、控 线路配电板的配线及整台 设备的电气安装工作 ……	(230)
第7章 仪器、仪表选用与电路图 …	(150)	9.3 按图纸焊接晶闸管调速器、 调功器电路及测试 ……	(239)
7.1 根据工作内容正确选择仪器、 仪表 ……	(150)	第10章 测绘 ……	(253)
7.2 较复杂电路图的读图方法 …	(155)	10.1 电气测绘的基本方法 ……	(253)
7.3 常用较复杂机械设备电气 控制线路图 ……	(169)	10.2 测绘一般复杂程度的机械 设备的电气部分 ……	(253)
第8章 电气故障的检修 ……	(187)	第11章 机械设备的调试 ……	(258)
8.1 正确使用示波器、电桥、晶 体管图示仪 ……	(187)	11.1 较复杂程度机械设备的通 电工作及处理调试中出现 的问题 ……	(258)
8.2 正确分析、检修、排除中、 小型电机的故障 ……	(194)	11.2 测试、调整并达到控制 要求 ……	(262)
8.3 正确分析、检修、排除较复 杂机械设备控制系统电路的 电气故障 ……	(209)	参考文献 ……	(266)
第9章 配线与安装 ……	(224)		
9.1 明、暗线及电气元件的计算 与选用 ……	(224)		

第一篇 基础知识

第1章 电工基础知识

1.1 直流电与电磁的基础知识

1. 什么叫电路？电路一般由哪几部分组成？

电路是电流经过的路径。电路一般由电源、负载及中间环节（连接导线、控制和保护器件等）三个基本部分组成，以实现电能的传输、分配和转换。

电源是提供电能的装置，它把其他形式的能量转换成电能。例如，电池把化学能转换成电能，发电机把机械能转换成电能等。电源所提供的电流分为直流电和交流电两种。电流的大小和方向不随时间变化的称为直流电（如电池、直流发电机提供的）；电流的大小和方向随时间变化的称为交流电（如交流发电机提供的）。直流电源的电路称为直流电路，交流电源的电路称为交流电路。

负载即用电设备，如电灯、电炉、电动机等都是电路中的负载，它们的作用是把电能转换成光、热和机械能等。

中间环节是连接和控制电源与负载，以及保护其安全等的重要组成部分。连接导线是把电源与负载连接起来并输送电能的导体。为了控制电能和保护设备，要在电路中安装开关、熔断器等控制保护器件。

电源、负载及各种不同的中间环节共同构成一个完整的电路。

2. 什么叫电流？

电流就是电荷的有规则移动。在金属导体中，电流是自由电子在电场力作用下形成的；在某些液体或气体中，电流是带正、负电荷的离子在电场力的作用下向相反方向移动形成的。

在导电物质中，形成电流的运动电荷有正也有负，规定正电荷移动的方向为电流的方向。在金属导体中，电子运动的反方向才是电流的实际方向。

对于直流电，电流在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量，用符号 I 表示，即

$$I = Q/t \quad (1-1)$$

式中， Q 为电量，单位为库仑（C）； t 为时间，单位为秒（s）； I 为电流，单位为安培（A），简称安。

常用的电流单位还有毫安（mA）、微安（ μ A）和千安（kA）等，它们之间的换算关系是

$$1\text{A} = 1\,000\text{mA}$$

$$1\text{mA} = 1\,000\mu\text{A}$$

$$1\text{kA} = 1\,000\text{A}$$



3. 电流的方向或正负是如何规定的?

电流是有大小和方向的物理量。

习惯上规定正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向为电流的方向(实际方向)。

当电路比较复杂时,某段电路中电流的实际方向难以确定,此时可任意选定某一方向作为电流的参考方向,然后列方程求解,当解出的电流为正值时,就认为电流的实际方向与假定的参考方向相同。反之,当电流为负值时,则电流的实际方向与假定的参考方向相反。这样,在选定了参考方向的情况下,就可以用一个正数或负数表示电流的大小和方向了。

4. 什么叫电压?

电压是电场或电路中两点的电位差,其数值等于单位正电荷在电场力的作用下,从一点移动到另一点所做的功。如果电场力把正电荷 Q 从 a 点移动到 b 点所做的功为 W_{ab} ,则电场中 a 点到 b 点的电压为

$$U_{ab} = W_{ab}/Q \quad (1-2)$$

电压的单位是伏特,简称伏,用符号 V 表示。在实际应用中,常用的电压单位还有毫伏(mV)、微伏(μV)和千伏(kV),它们之间的换算关系是

$$1V = 1\,000mV$$

$$1mV = 1\,000\mu V$$

$$1kV = 1\,000V$$

5. 电压的方向或正负是如何规定的?

如果单位正电荷从 a 点移动到 b 点电场力做了负功,则在单位正电荷从 b 点移到 a 点这一过程中必是外力克服电场力做了功,这两部分功差一个负号,所以 b 点到 a 的电压为

$$U_{ba} = -U_{ab} \quad (1-3)$$

因此,对于两点间的电压,必须分清其起点和终点,因为它有正、负之分。

电压的方向规定为由高电位端指向低电位端,即为电位降低的方向。在电路中,一般都选择一个参考方向,当电压的实际方向与参考方向一致,则为正值;当电压的实际方向与参考方向相反,则为负值。

6. 什么叫电位?

电场中某点的电位是指电场力把单位电荷从该点移动到参考点所做的功。在电场中任选一点 o 作为参考点,电场力把正电荷 Q 从某点 a 移到参考点 o 所做的功为 W_{ao} ,则 a 点的电位为

$$\varphi_a = W_{ao}/Q \quad (1-4)$$

从式(1-4)可知,电场中某点的电位,就等于该点到参考点之间的电压,即

$$\varphi_a = U_{ao}$$

实际上,电位就是电压,是对参考点的电压。它也有正、负之分,其单位也是伏特。参考点的电位为零,在电工技术中通常选大地或电气设备的外壳为参考点。



7. 电压与电位有哪些关系?

电压与电位有以下关系。

(1) 电路中任意两点间的电压等于这两点之间的电位差, 即

$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b \quad (1-5)$$

因此, 电压又称电位差。

(2) 电压的实际方向就是电位的降低方向。若 $\varphi_a > \varphi_b$, 则 $U_{ab} > 0$; 若 $\varphi_a < \varphi_b$, 则 $U_{ab} < 0$ 。

(3) 电位与参考点有关, 而电压与参考点无关。

8. 电路中某两点的电位很高, 那么这两点之间的电压是否也很高?

因为电路中任意两点之间的电压等于这两点之间的电位差, 如果这两点的电位很高, 但它们之间的差值不是很大, 那么这两点之间的电压就不会很高。

9. 什么叫电动势?

电源能给电路提供持续不断的电流, 而由于电流是由电位差(电压)引起的, 因此可以知道电源两极之间存在着电位差。

对于不同的电源, 产生电位差的原因是不同的。但是它们有一个共同点, 就是能把电源内部的正、负电荷分别推向电源的两极, 使得一个极带正电荷, 另一个极带负电荷, 从而使两极间形成电场, 并产生一定的电位差。电源内部的这种能推动电荷移动的作用力称为电源力。

电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功, 称为电源的电动势, 简称电势, 用符号 E 来表示。如果电源力移动电荷 Q 所做的功为 W_e , 则

$$E = W_e / Q \quad (1-6)$$

电动势的单位也是伏特(V)。电动势的方向规定为在电源内部从负极(低电位点)指向正极(高电位点), 习惯上选电动势的参考方向为其实际方向。

10. 电动势与电压有何区别?

电动势是电源力把单位电荷从电源的负极移动到正极所做的功; 而电压是电场力把单位正电荷从电源的正极移动到负极所做的功。

电动势的方向为从电源内部的低电位指向高电位, 即电位升高的方向; 而电压存在于电源两端及外部, 其方向为从高电位指向低电位, 即电位降低的方向。

11. 什么叫电阻?

电流通过导体时所发生的阻力作用, 叫做导体的电阻。把不同材料的金属导体分别接到同一电源上时, 金属导体中通过电流的大小是不同的。例如, 给两根长短、粗细相同的棒加上电压, 其中一根为铜棒, 一根为铝棒, 则两根棒中流过的电流将相差很大。这是因为不同材料的金属导体对电流具有不同的阻力。导体对电流的电阻作用大, 则它的导电能力就差; 导体对电流的电阻作用小, 它的导电能力就强。

电阻用 R 表示, 它的单位是欧姆, 简称欧, 用符号 Ω 表示。除欧姆外, 常用的电阻单位还有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$), 它们之间的换算关系是



$$1\text{k}\Omega = 1\,000\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 1\,000\text{k}\Omega = 10^6\Omega$$

12. 什么叫电阻率?

实验证明,在一定温度下导体的电阻与导体的长度成正比,与导体的截面积成反比,并与导体的材料性质有关。对于长度为 L , 截面积为 S 的导体,其电阻可用下式表示。

$$R = \rho \cdot L / S \quad (1-7)$$

式中, ρ 是与导体性质有关的物理量,称电阻率或电阻系数。电阻率通常是指在 20°C 时,长 1m ,横截面面积是 1mm^2 的某种材料的电阻值。当 L 、 S 、 R 的单位分别是 m 、 m^2 、 Ω 时, ρ 的单位是 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

几种常用材料在温度为 20°C 时的电阻率如表 1-1 所示。银、铜、铝的电阻率较小,但常用铜、铝作为导电材料,用银做导电材料则成本太高。

表 1-1 几种常用材料的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$) 和电阻温度系数

材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α	材料名称	电阻率 ρ	电阻温度系数 α
银	1.6×10^{-8}	0.0036	铁	10×10^{-8}	0.006
铜	1.7×10^{-8}	0.004	碳	35×10^{-8}	-0.0005
铝	2.9×10^{-8}	0.004	锰铜	42×10^{-8}	0.000005
钨	5.3×10^{-8}	0.0028	康铜	50×10^{-8}	0.000005

13. 什么叫电阻温度系数?

导体电阻的大小,除了与其本身的长度、截面、材料有关外,还与其他因素有关。温度就是影响因素之一。实验发现,导体的温度发生变化时,它的电阻也随之变化。一般的金属材料的导体,随着温度升高,其电阻也增加。

把温度升高 1°C 时,电阻所产生的变动值与原电阻的比值,称为电阻温度变化系数,用 α 表示,单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

当温度为 t_1 时,导体的电阻为 R_1 ; 当温度为 t_2 时,导体的电阻为 R_2 , R_2 可由下列求出。

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha(t_2 - t_1)) \quad (1-8)$$

几种常用材料的温度变化系数值如表 1-1 所示。

14. 什么叫电导?

电阻的倒数叫做电阻元件的电导,用符号 G 表示,其数学表达式为

$$G = 1/R \quad (1-9)$$

电导的单位为西门子,简称西,用 S 表示。

电阻率的倒数称为电导率,用 γ 表示。电导率也叫电导系数,是衡量材料导电性能好与差的一个物理量,其数值大小用公式表达为

$$\gamma = 1/\rho \quad (1-10)$$

电导率的单位为 $1/\Omega \cdot \text{m}$ 。



15. 什么叫欧姆定律?

欧姆定律是研究电流、电压、电阻及电动势等物理量之间的相互关系的定律。欧姆定律分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律两种。

(1) 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律主要研究不含电源的电路中电流、电压及电阻三者之间的关系。

图 1-1 是一段电阻电路, 它不含电源。实验表明, 通过这段无源电阻电路的电流 I 与加在这段电路的电阻两端的电压 U 成正比, 而与这段电路的电阻 R 成反比。这就是一段无源电路(部分电路)的欧姆定律, 用公式表示为

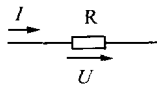


图 1-1 一段电阻电路

$$I = U/R \quad (1-11)$$

式中, I 为电流 (A); U 为电压 (V); R 为电阻 (Ω)。

根据式 (1-11), 已知电流和电阻时, 就可以求出电压为

$$U = IR \quad (1-12)$$

而当已知电压和电流时, 就可求出电阻

$$R = U/I \quad (1-13)$$

部分电路欧姆定律是电工中最基本的定律之一, 是分析和计算电路的主要依据。

(2) 全电路欧姆定律

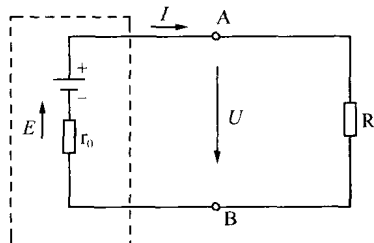


图 1-2 最简单的全电路

图 1-2 是最简单的全电路, 它是由电源 E 、负载电阻 R 组成的。电源内部也存在电阻, 称为内电阻, 用 r_0 表示。为了便于分析, 将 r_0 画在电源外边。电流从电源正极流出, 经过负载电阻 R 及内电阻 r_0 流回电源负极。实验表明, 流过电路的电流 I 的大小与电源的电动势 E 成正比, 而与回路的电阻 ($R + r_0$) 成反比。这就是全电路欧姆定律, 其数学表达式为

$$I = E/(R + r_0) \quad (1-14)$$

在图 1-2 中, A、B 两点之间的电压 U 是由电动势 E 产生的, 它既是负载电阻两端的电压, 又是电源两端的电压。即

$$U = IR, \text{ 或 } U = E - Ir_0$$

可见, 随着电流 I 的增大, 电源的内电阻压降 Ir_0 也增大。因此, 电源的端电压 U 是随着电流 I 的增大而减小的。

在电路分析中, 如果没有特别指出电源的内电阻时, 则表示电源的内电阻忽略不计。

16. 什么叫电功率?

电流通过负载时会把电能转换成其他能量, 如通过电灯变成光和热, 通过电动机转换成机械能等。在能量转换过程中, 电流做了功。电流在单位时间内所做的功叫做电功率, 用符号 P 表示。如果电流 I 在时间 t 内所做的功为 W , 则



$$P=W/t \quad (1-15)$$

由式 (1-2) 和式 (1-1) 可知, $W=UQ=UIt$, 将 W 的值代入式 (1-15), 可得

$$P=UI \quad (1-16)$$

把式 (1-2) 代入式 (1-16), 得

$$P=I^2R \quad (1-17)$$

把式 (1-11) 代入式 (1-16) 得

$$P=U^2/R \quad (1-18)$$

电功率的大小等于电压与电流的乘积, 电功率的单位为瓦特, 简称瓦, 用 W 表示。电功率的其他常用单位还有千瓦 (kW)、兆瓦 (MW) 及毫瓦 (mW) 等, 它们之间的换算关系为

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

$$1\text{MW}=10^6\text{W}$$

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

17. 什么叫电能?

电流通过用电设备时, 如果要把电源的电能转换成其他形式的能量, 则电流需要做功。这个能量是电源输出的能量, 也是负载消耗的能量。电流所做的功叫做电功, 也叫电能, 用 W 表示。如果电功率的单位为瓦, 时间的单位为秒, 则电能的单位为焦耳 (J)。用焦耳 (J) 表示电能的单位太小, 在实际工作中常用千瓦时 (kW·h) 作为电能的单位, 也叫“度”。1 度电就是 1kW 的电功率用 1h (时) 所消耗的电能。

18. 电路中的支路、结点、回路是什么意思?

(1) 电路中的每条包含电源或负载的分支就叫支路。如图 1-3 所示, R_1 和 E_1 构成一条支路; R_3 构成一条支路, R_2 和 E_2 构成另外一条支路。

(2) 电路中三条或三条以上支路的交汇点叫做结点。如图 1-4 中的 A、B、C、D 四个点就是结点。

(3) 电路中任一闭合路径叫做回路。一个回路可能只包含一条支路, 也可能包含几条支路。如图 1-3 中的 A- R_3 -B- E_1 - R_1 -A 和 A- R_2 - E_2 -B- E_1 - R_1 -A 就是回路。

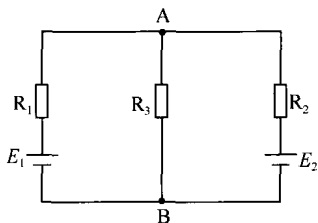


图 1-3 支路

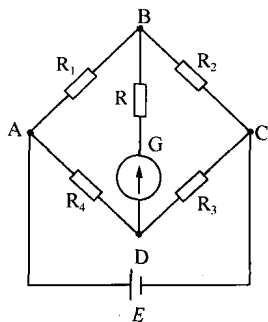


图 1-4 结点



19. 基尔霍夫定律是解决什么问题的定律?

基尔霍夫定律是用来解决复杂直流电路的电流、电压问题的基本定律,它包括第一、第二两个定律。第一定律称为结点电流定律,第二定律称为回路电压定律。

20. 基尔霍夫第一定律的内容是什么?

基尔霍夫第一定律也称结点电流定律,它是确定流过同一结点上的各支路电流之间关系的定律。在直流电路中,任意时刻流入任意一个结点的电流等于流出该结点的电流,其数学表达式为

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}} \quad (1-19)$$

式中, $I_{\text{入}}$ 为流入电流; $I_{\text{出}}$ 为流出电流。

如果规定流入结点的电流为正,流出结点的电流为负,那么流过任一结点的电流的代数和等于零,则基尔霍夫第一定律的另一种表达式为

$$\sum I_i = 0 \quad (1-20)$$

式中, I_i 包括所有流入和流出的电流。

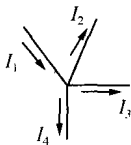


图 1-5 结点电流

图 1-5 表示有四个电流交汇的结点,根据图中标出的电流方向及结点电流定律,可列出电流方程为

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

21. 应用结点电流定律时应注意什么?

在应用结点电流定律列任意一个结点的电流方程时,首先要确定电流的方向,对已知电流,按实际电流方向标定;对未知电流的方向可以任意标定。然后列出电流方程进行计算,再根据计算结果确定未知电流的方向。若计算结果为正值时,说明未知电流的方向与标定的电流方向相同;若计算结果为负值时,说明未知电流方向与标定的电流方向相反。

例如,在图 1-5 中已知 $I_1=20\text{A}$, $I_2=-15\text{A}$, $I_3=-8\text{A}$, 求 $I_4=?$ 因为不知道 I_4 的大小和方向,所以首先假定各个电流流经结点的方向如图 1-5 所示。

根据结点电流定律,得出

$$I_4 = I_1 - I_2 - I_3 = 20\text{A} - 15\text{A} - 8\text{A} = -3\text{A}$$

所以 I_4 的大小为 3A, I_4 的实际方向与标定方向相反,即 I_4 应是流入结点的电流。

22. 为什么流入、流出电路中任一闭合面的电流相等?

基尔霍夫第一定律虽然是针对电路中的结点而言的,但根据电流的连续性,它也适用于电路中任一闭合面,即流过电路中任一闭合面的各电流的代数和等于零,所以流入、流出闭合面的电流一定相等,如图 1-6 所示。

电路中某一部分被闭合面 S 包围,则流入此闭合面的电流 I_1 必等于流出此曲面的电流 I_2 , 即 $I_1 = I_2$ 。

23. 为什么一个电路中只有一点接地,而且接地线中电流为零?

根据基尔霍夫第一定律,一个电路只有一处用导线和地相接,这根与地相接的导线中是没有电流的。如在图 1-7 中, O 点接地,取图中虚线所示的闭合面,则接地导线中的电流 $I=0$ 。

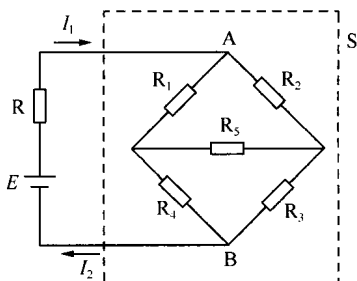


图 1-6 流入、流出闭合面的电流相等

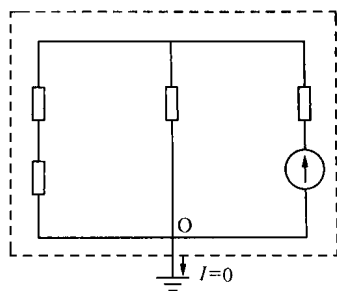


图 1-7 一点接地, 接地线中无电流

24. 基尔霍夫第二定律的内容是什么?

基尔霍夫第二定律是描述电路回路中各部分电压之间的相互关系的定律, 又称回路电压定律。

回路电压定律的具体内容为: 在任一闭合回路中各段电压的代数和等于零, 其数学表达式为

$$\sum U = 0 \quad (1-21)$$

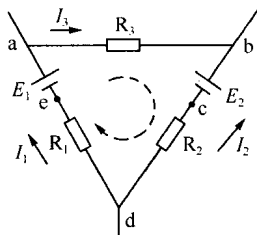


图 1-8 回路电压

计算电压时, 先要确定回路的绕行方向。回路方向可任意选择, 一般选电动势的正方向为回路方向。当支路电流方向与回路方向一致时, 电压为正, 反之为负。如图 1-8 所示, 选虚线方向为回路方向。则在图 1-8 中的各段电压为

$$U_{ab} = I_3 R_3; \quad U_{bc} = E_2;$$

$$U_{cd} = -I_2 R_2; \quad U_{de} = I_1 R_1;$$

$$U_{ea} = -E_1$$

根据回路电压定律列出回路电压方程为

$$U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{de} + U_{ea} = 0$$

即

$$I_3 R_3 + E_2 - I_2 R_2 + I_1 R_1 - E_1 = 0$$

将电动势移到等号右端得

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

由此推出

$$\sum IR = \sum E \quad (1-22)$$

式 (1-22) 是回路电压定律的另一种表达形式, 即在电路的任何闭合回路中, 其各个电阻上电压的代数和等于各个电动势的代数和。

25. 应用回路电压定律时应注意什么?

应用回路电压定律时要注意各个电压和电动势的正、负方向。

首先任意选定回路的绕行方向和各支路电流的参考方向, 然后判断电动势与电压的正负。当电动势的实际方向与回路的绕行方向一致时, 该电动势取为正, 反之为负; 当通过电阻的电流方



向与回路绕行方向一致时, 该电阻上的电压取为正, 反之为负。

26. 电路有哪几种运行状态?

根据电流在电路中的流通情况, 电路有以下几种运行状态。

(1) 电源有载工作

将图 1-9 中的开关合上, 接通电源和负载, 电路中有电流 I 通过, 这就是电源有载工作状态。

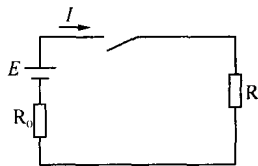


图 1-9 电源有载工作

(2) 电源开路

在图 1-9 的电路中, 当开关断开时, 电源处于开路(空载)状态。开路时外电路的电阻对电源来说相当于无穷大, 因此电路中的电流为零。这时电源的端电压(称开路电压或空载电压 U_0)等于电源电动势, 电源不输出电能。

(3) 电源短路

在如图 1-9 所示的电路中, 当电源的两端不经过任何电器而直接连在一起时, 则电源处于短路状态。电源短路时, 外电路的电阻相当于为零, 电流不通过负载。因为在通过电流的回路中仅有很小的电源内阻 R_0 , 所以这时电流很大, 此电流称为短路电流。短路电流可能会使电源损伤或毁坏。

27. 电阻有哪些连接方式?

在电路中, 电阻之间的连接方式有三种, 一种是将若干个电阻首、尾依次连接起来, 使电流只有一条通路, 这种连接方式叫做电阻的串联, 如图 1-10 所示。

另一种是将几个电阻的首端和尾端分别连接在两个结点上, 这种连接方式叫做电阻的并联, 如图 1-11 所示。

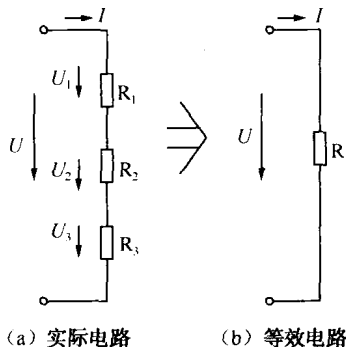


图 1-10 电阻的串联

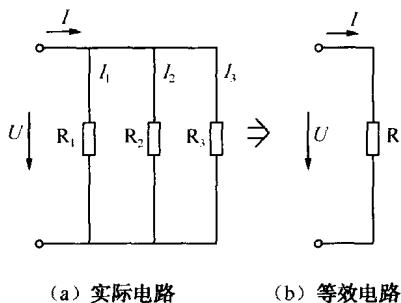


图 1-11 电阻的并联

第三种情况是在一个电路中, 既有电阻的串联, 又有电阻的并联, 以这种形式连接的电路称为电阻的混联电路, 如图 1-12 所示。

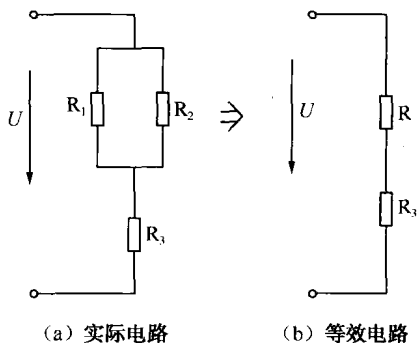


图 1-12 电阻的混联

28. 串联电阻电路有哪些特点?

串联电阻电路有以下几个特点。

- (1) 在串联电阻电路中, 流过每个电阻的电流都相等, 即

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots = I_n \quad (1-23)$$

式中, 下标 1, 2, 3, ..., n 分别代表第 1, 2, 3, ..., n 个电阻。

- (2) 电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-24)$$

- (3) 串联电阻电路的等效电阻等于各串联电阻之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-25)$$

- (4) 在串联电阻电路中, 各电阻上的电压与各电阻值成正比, 即

$$U_i = U \cdot R_i / R \quad (1-26)$$

式中, i 分别为 1, 2, 3, ..., n 。

29. 电阻并联电路有哪些特点?

电阻并联电路有以下几个特点。

- (1) 电阻并联电路中各电阻两端的电压相等, 而且等于电路两端的电压, 即

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-27)$$

- (2) 电阻并联电路中的总电流 I 等于各电阻中的电流 I_i 之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-28)$$

- (3) 电阻并联电路的等效电阻 R 的倒数等于各并联电阻 R_i 的倒数之和, 即

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \cdots + 1/R_n \quad (1-29)$$

- (4) 在电阻并联电路中, 各支路电流 I_i 与支路的电阻 R_i 成反比, 即

$$I_i = I \cdot R / R_i \quad (1-30)$$

式中, i 分别为 1, 2, 3, ..., n 。



30. 如何计算电阻混联电路的电流、电压?

电路中既有电阻的串联,又有电阻的并联时,这样的电路称为电阻的混联电路,如图 1-12 所示。

在计算这种电路的电流、电压时,可以先求出并联电路部分 R_1 与 R_2 的等效电阻 R ,然后再把 R 与串联电路部分的电阻 R_3 串联起来,求出总的等效电阻、总电流,再求出各部分的电压、电流等。

31. 什么叫焦耳定律?

电流通过导体时使导体发热的现象,称为电流的热效应,电流通过导体产生的热量与电流的平方、导体的电阻及通电的时间成正比,其关系表达式为

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (1-31)$$

式中, Q 为热量 (J); I 为电流 (A); R 为电阻 (Ω); t 为时间 (s)。式 (1-31) 就称为焦耳定律。

32. 阻值为 40Ω , 额定功率为 $2.5W$ 的电阻, 允许的最大电压和最大电流是多少?

根据功率与电压和电阻的关系式 (1-18) 有 $P = U^2/R$, 由此求得最大电压 $U = \sqrt{PR} = \sqrt{2.5W \times 40\Omega} = 10V$ 。

根据功率与电压和电流的关系式 (1-16) 得出最大电流为

$$I = P/U = 2.5W/10V = 0.25A$$

33. 什么叫电容?

电容是电容器和电容量的简称。

将两块金属导体的中间隔以绝缘介质 (如云母、电解质等), 就形成了一个电容器。电容器的基本特性就是能存放电荷。如果在两极板上加上直流电压, 电源负极的自由电子就移动到 B 极板上, 使 B 极板上带上负电荷, 而 A 极板上带上等量的正电荷, 如图 1-13 所示。

电容器存放电荷的能力, 称为电容量。实验证明, 电容器极板存放的电量 Q 与两极板间的电压 U 的比值是一个常数, 这个常数就叫电容量, 用符号 C 表示, 即

$$C = Q/U \quad (1-32)$$

当电量 Q 的单位为库仑 (C), 电压的单位为伏特 (V) 时, 电容量的单位为法拉 (F)。在实际应用中, 法拉这一单位太大, 常用较小的微法 (μF)、皮法 (pF)。它们之间的关系是

$$1\mu F = 10^{-6}F$$

$$1pF = 10^{-12}F$$

34. 电容有哪几种连接方式? 各有何特点?

在生产实践中, 将若干个电容器适当连接起来, 可以适应电路或电器的要求。电容有以下几种连接方式。

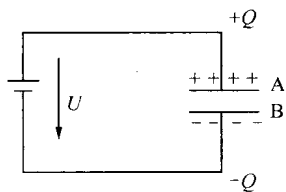


图 1-13 电容器储存电荷