

OHM公式手册系列

电工公式

应用手册

〔日〕山口修广 编
程采译
彭凌校

$$e = \sqrt{2} E \sin(\omega t + \phi)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$e = 141 \cdot \sin(120\pi t - \frac{\pi}{6})$$

$$\sqrt{2} E = 141.4$$

$$E = 100 \text{ V} \quad \omega t = 120\pi t$$

$$\text{又} \because f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\therefore f = \frac{120\pi}{2\pi} = 60$$



科学出版社
www.sciencep.com

OHM 公式手册系列

电工公式应用手册

〔日〕山口修广 编
程 采 译
彭 凌 校

科学出版社

北 京

图字: 01-2004-5416 号

内 容 简 介

本书是“OHM公式手册系列”之一。本书收录了187个电路方面的重要公式,并通过典型例题解析,使读者充分理解并掌握相关公式。主要内容包括欧姆定律,基尔霍夫定律,弗莱明左手定则,自感与互感,基本电路,变压器,感应电动机,同步发电机,直流电机,内燃机的功率,原子能,负载功率因数的改善,光照度与光亮度,自动控制系统,功率放大电路等。本书简单明了,便于携带,是相关专业学生及技术人员的必备手册。

图书在版编目(CIP)数据

电工公式应用手册/(日)山口修广编;程采译;彭凌校. —北京:科学出版社,2005

(OHM公式手册系列)

ISBN 7-03-014425-2

I. 电… II. ①山… ②程… ③彭… III. 电工-公式-技术手册 IV. TM11-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 106513 号

责任编辑:杨 凯 崔炳哲 / 责任制作:魏 谨
责任印制:刘士平 / 封面设计:科龙创作室 抒音

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年1月第 一 版 开本: B6(720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张: 7 1/8

印数: 1—5 000 字数: 115 000

定价: 15.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

科学技术的进步日新月异,其发展速度也愈来愈快。

最近,随着数据通信的开发,信息处理产业也逐渐兴起。例如,在检查我们身体的时候,预先将所有可能想到的信息设置在计算机中,只要对应于病人的症状按下相应的按钮,就可以立即诊断出是感冒或者阑尾炎等。另外,将家中的终端设备与计算机中心、商店、银行等计算机网络连接起来,就可以了解蔬菜及肉的市场情况,计算其营养价值,获得商品的信息,使商家将喜欢的西装送货上门、通过银行自动支付货款,从而实现无现金的生活。

但是上述的这些电气应用需要建立在共同的基础理论之上才能实现。本书正是从这种观点出发,将电气现象的基础公式作为例题,为使读者能够充分理解、灵活掌握,还配有相应的 MEMO,在活跃思维的同时,还能丰富读者的知识。本书内容简明易懂,精心挑选相关公式及典型例题,采取一面一个公式的编排方式,按照从基础理论到实际应用,最后再到数学公式及数表的顺序进行介绍。

本书简明易懂,便于携带,是读者的良师益友。若本书能对广大读者有所帮助,本人不胜荣幸。

最后,对本书编辑过程中所参考的文献的著者深表谢意。

编者

目 录

1. 欧姆定律	1
2. 电阻的连接	2
3. 电池的连接	3
4. 基尔霍夫定律	4
5. 惠斯通电桥	5
6. 分流器与倍增器	6
7. 导体的电阻	7
8. 电阻的温度变化	8
9. 功率与电能	9
10. 焦耳定律	10
11. 与电解相关的法拉第定律	11
12. 与磁有关的库仑定律	12
13. 磁荷与磁场	13
14. 安培定律	14
15. 毕奥-萨伐尔定律	15
16. 直线电流产生的磁场	16
17. 环电流产生的磁场	17
18. 螺线管产生的磁场	18
19. 磁通密度与磁通	19
20. 磁 路	20
21. 弗莱明左手定则	21
22. 无限长平行直线电流间的电磁力	22
23. 长方形线圈的转矩	23
24. 电磁感应定律	24
25. 弗莱明右手定则	25
26. 自感应	26
27. 螺线管的自感	27
28. 互感应	28
29. 线圈间的互感	29

30. 自感与互感间的关系	30
31. 磁场能	31
32. 与静电相关的库仑定律	32
33. 电荷与电场	33
34. 高斯定理	34
35. 基于带电体的电场	35
36. 影像法	36
37. 基于带电体的电位	37
38. 电通密度与电通	38
39. 电 容	39
40. 电容的连接	40
41. 电场能	41
42. 电容与电阻	42
43. 正弦交流电压与其相量表示	43
44. 基本电路	44
45. RLC 串联电路	45
46. 串联谐振	46
47. RLC 并联电路	47
48. 并联谐振	48
49. 相量的复数表示	49
50. 交流的复数表示(符号法)	50
51. 阻抗的复数表示	51
52. 串联电路的复数计算	52
53. 并联电路的复数计算	53
54. 单相交流功率的符号表示	54
55. 交流电路中的基尔霍夫定律	55
56. 戴维南定理	56
57. 叠加定理	57
58. 电桥电路	58
59. 含有互感的电路(1)	59
60. 含有互感的电路(2)	60
61. 四端网络(1)	61
62. 四端网络(2)	62

63. 对称三相交流的相量与符号法表示	63
64. 电源、负载都Y形连结时的线电压及线(相)电流	64
65. 电源、负载都 Δ 连结时的相电流及线电流	65
66. Δ -Y的相互转换	66
67. V连结的电压与电流	67
68. V连结变压器的功率、利用率	68
69. 不平衡负载(1)	69
70. 不平衡负载(2)	70
71. 三相功率(平均负载)	71
72. 基于双瓦特计法的三相功率求法	72
73. 失真波交流电压、电流	73
74. 失真波三相交流	74
75. 变压器的感应电动势、匝数比	75
76. 变压器的电压、电流	76
77. 变压器的简易等效电路	77
78. 变压器的电压变动率、百分数阻抗	78
79. 变压器的损失、效率	79
80. 变压器的并联运转	80
81. 变压器的三相连结	81
82. 特殊变压器	82
83. 感应电动机的旋转速度、同步速度、转差率	83
84. 感应电动机的感应电动势、电流	84
85. 线圈系数	85
86. 感应电动机的简易等效电路	86
87. 感应电动机的二次输入、二次铜损、输出、转矩	87
88. 感应电动机的比例偏移	88
89. 感应电动机的圆图	89
90. 感应电动机的起动	90
91. 同步机的感应电动势	91
92. 同步发电机的输出、负载角、容量、效率	92
93. 同步发电机的特性	93
94. 同步发电机的并联运行	94
95. 同步电动机的感应电动势、输入、输出	95

96. 直流发电机的感应电动势	96
97. 直流发电机的特性	97
98. 直流电动机的速度特性	98
99. 直流电动机的转矩	99
100. 直流电动机的输出	100
101. 直流机的效率	101
102. 水银整流器的电压比、阳极电流及效率	102
103. 硅控整流器(闸流或 SCR)	103
104. 三相并绕整流子电动机的特性	104
105. 磁放大器的特性	105
106. 电磁铁的引力	106
107. 静水压	107
108. 流体的运动	108
109. 理论水力和发电站功率	109
110. 调整池的容量	110
111. 水路的横截面积、坡度及流速	111
112. 水压管的尺寸	112
113. 水车的特性	113
114. 蒸汽的能量	114
115. 燃料的发热量和燃烧所需的空气量	115
116. 锅炉容量和锅炉效率	116
117. 蒸汽汽轮机的特性	117
118. 内燃机的功率	118
119. 蒸汽发电站的热效率	119
120. 原子能	120
121. 送电方式	121
122. 输电线的线路参数	122
123. 短距离输电线的电压降、电压变动率	123
124. 输电线路的电压降	124
125. 负载功率因数的改善	125
126. 功率圆图	126
127. 配电用变压器的电容	127
128. 输配电线的短路电流	128

129. 输配电线的接地电流、灭弧电抗器	129
130. 对称坐标法	130
131. 行 波	131
132. 高架电线的松弛	132
133. 支撑物的强度	133
134. 光照强度与光亮度	134
135. 光照度与光束发散度	135
136. 温度辐射法则	136
137. 白炽灯的电压特性	137
138. 光度计的原理	138
139. 配光曲线和光通量	139
140. 鲁索图	140
141. 点光源的光照度	141
142. 面光源的直射光照度	142
143. 屋内整体照明设计	143
144. 电 热	144
145. 高频波加热	145
146. 电干燥	146
147. 电梯、起重机用电机的功率	147
148. 水泵、鼓风机电机的功率	148
149. 电动机车的特性	149
150. 电动机车的列车阻力、加速力	150
151. 电动机车的制动度、制动距离	151
152. 电解需要的电量	152
153. 电池的电动势、效率	153
154. 自动控制系统的传递参数	154
155. 自动控制系统的结构图	155
156. 自动控制系统的过渡响应	156
157. 伯德图	157
158. 自由电子	158
159. 电子的运动	159
160. 热电子的释放	160
161. 真空管的 $3/2$ 次方法则	161

162. 真空管的三个参数	162
163. 放大电路的噪声	163
164. 真空管的等效电路	164
165. 电压放大率和电压增益	165
166. 扼流圈及变压器耦合放大电路	166
167. CR 耦合放大电路	167
168. 功率放大电路(输入电压一定)	168
169. 功率放大电路(无失真最大输出功率)	169
170. 调谐电路	170
171. 高频波放大电路	171
172. 负反馈放大电路	172
173. LC 振荡电路	173
174. CR 振荡电路	174
175. 振幅调制电路	175
176. 频率调制电路	176
177. 整流电路的特性	177
178. 半波整流电路	178
179. 全波整流电路	179
180. 平滑电路	180
181. 晶体管的静态特性	181
182. 晶体管的 h 参数	182
183. 晶体管的放大电路	183
184. 半波长空中线	184
185. 垂直接地空中线	185
186. 电视电波	186
187. 供电线	187
附录 1 数学公式	189
附录 2 对数表	198
附录 3 三角函数表	202
附录 4 SI 单位	210

1 欧姆定律

[1] 电流强度

$$I = \frac{Q}{t} \quad (\text{A})$$

I : 电流(A), Q : 电荷(C), t : 时间(s)。

[2] 欧姆定律(参见图1)

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{A}), \quad V = RI \quad (\text{V}), \quad R = \frac{V}{I} \quad (\Omega) \quad (2)$$

I : 电流(A), V : 电压(V), R : 电阻(Ω)。

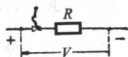


图 1

例题 10s 内, 50C 的电荷流过导线时, 其电流是多少?

解答 将数值代入式(1)中得

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{50}{10} = 5 \quad (\text{A})$$

例题 3A 的电流在 1 分钟内移动了多少个电子? 其中, 1 个电子的电荷为 $-1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ 。

解答
$$n = \frac{Q}{e} = \frac{It}{e} = \frac{3 \times 60}{1.602 \times 10^{-19}} = \frac{112.4}{10^{-19}} = 11.24 \times 10^{20}$$

例题 25 Ω 的电阻线上施加 100V 的电压, 其电流是多少?

解答 将数值代入式(2)中得

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{25} = 4 \quad (\text{A})$$

例题 5k Ω 的电阻器中流过 30mA 的电流时, 电阻器上所加的电压是多少?

解答 将数值代入式(2)中得

$$V = RI = 5 \times 10^3 \times 30 \times 10^{-5} = 150 \quad (\text{V})$$

【参考】

符号	M	k	m	μ	p
名称	兆	千	毫	微	皮
大小	10^6	10^3	10^{-3}	10^{-6}	10^{-12}

MEMO

欧姆定律是 1827 年欧姆(Georg Simon Ohm, 1787~1854, 德国)根据实验提出的。他最初将伏打电池作为电源, 与各种电阻相连, 测量其电流强度。但是由于电动势随电流显著变化, 所以得出不正确的结果。其后在 Poggendorf 的建议下, 将铜和铋的热电偶的两端分别保持在 0 $^{\circ}\text{C}$ 和 100 $^{\circ}\text{C}$, 并用作电源, 得出正确结果。因此, 欧姆定律的提出要比热电现象的塞贝克效应(Seebeck effect)的发现(1821 年)晚。

2 电阻的连接

[1] 串联 $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (参见图 1) (1)

[2] 并联 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ (参见图 2) (2)

[3] 并联电路 (参见图 3)

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}, \quad I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (3)$$

R : 等效电阻(Ω), R_1, R_2, R_n : 各电阻(Ω), I, I_1, I_2 : 电流(A).

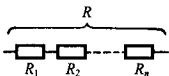


图 1

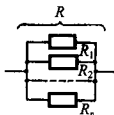


图 2

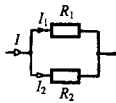


图 3

例题 将 20Ω 的电阻与 30Ω 的电阻串联, 其两端施加 100V 电压, 则电流为多少? 各电阻两端的电压为多少?

解答 由式(1)与欧姆定律可得

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{100}{20 + 30} = 2 \quad (\text{A})$$

20Ω 电阻上的电压 V_1 及 30Ω 电阻上的电压 V_2 分别为:

$$V_1 = R_1 I = 20 \times 2 = 40 \quad (\text{V}), \quad V_2 = R_2 I = 30 \times 2 = 60 \quad (\text{V})$$

例题 将 $10\Omega, 15\Omega, 30\Omega$ 三个电阻并联, 其等效电阻是多少?

解答 将数值代入式(2)中得

$$R = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{30}} = 5 \quad (\Omega)$$

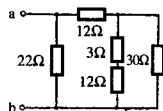


图 4

例题 在图 4 的电路中, a、b 两端的等效电阻为多少?

解答 利用式(1)、式(2)、式(3), 将图 4 按图 5 那样的顺序变形, 即可得出 a、b 两端的等效电阻 $R_{ab} = 11\Omega$ 。

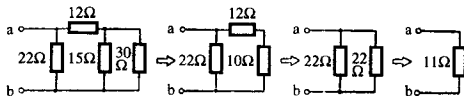


图 5

MEMO 串联 $V_1 : V_2 : V_3 : \dots : V_n = R_1 : R_2 : R_3 : \dots : R_n$

并联 $I_1 : I_2 : I_3 : \dots : I_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}$

3 电池的连接

[1] 电流与端电压(参见图 1)

$$V = E - rI \text{ (V)}, \quad I = \frac{E}{R + r} \text{ (A)} \quad (1)$$

[2] 电池的串联(参见图 2)

$$I = \frac{nE}{R + nr} \text{ (A)} \quad (2)$$

[3] 电池的并联(参见图 3)

$$I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}} \text{ (A)} \quad (3)$$

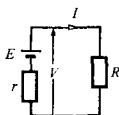


图 1

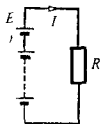


图 2

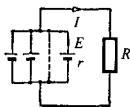


图 3

例题 将电动势为 45V、内阻为 0.3Ω 的电池与 4.7Ω 负载电阻连接,则流过电池的电流及端电压为多少?

解答 将数值代入式(1)中得

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{45}{4.7 + 0.3} = 9 \text{ (A)}$$

$$V = E - rI = 45 - 0.3 \times 9 = 42.3 \text{ (V)}$$

例题 某电池与 1Ω 负载电阻相连时,电流为 10A;与 0.4Ω 负载电阻相连时,电流为 20A。该电池的电动势及内阻为多少?

解答 分别将各场合下的数值代入式(1)中得

$$\left. \begin{aligned} 10 &= \frac{E}{1 + r}, 10 + 10r = E \\ 20 &= \frac{E}{0.4 + r}, 8 + 20r = E \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} r &= 0.2 \text{ (}\Omega\text{)} \\ E &= 12 \text{ (V)} \end{aligned}$$

例题 将 8 个内阻为 1Ω、电动势为 1.5V 的电池串联,如果两端与 7Ω 负载电阻相连,则电流为多少? 另外,如果将这两端短路,则短路电流为多少?

解答 将数值代入式(2)中得负载电流及短路电流:

$$I = \frac{nE}{R + nr} = \frac{8 \times 1.5}{7 + 8 \times 1} = 0.8 \text{ (A)}$$

$$I_s = \frac{nE}{nr} = \frac{8 \times 1.5}{8 \times 1} = 1.5 \text{ (A)}$$

MEMO

伏特(Alessandro Volta, 1745~1827, 意大利)于 1799 年发明伏打电池。在此之前,由于只知道静电,所以能够连续产生电流的电池的发明具有划时代的意义。

4 基尔霍夫定律

[1] 第一定律(参见图 1)

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = 0$$

(1)



[2] 第二定律(参见图 2)

$$E_1 + E_2 + \dots + E_n + (-R_1 I_1) + (-R_2 I_2) + \dots + (-R_n I_n) = 0$$

(2)

E_1, E_2, E_3 : 闭合回路中的电动势, $R_1 I_1, R_2 I_2, \dots, R_n I_n$: 该闭合回路各部分的电压降, 该闭合回路的反电动势及电流为负。

图 1

例题 在图 3 的电路中, 各电阻 R_1, R_2, R_3 中的电流为多少? 其中, $E_1 = 12\text{V}, E_2 = 8\text{V}, E_3 = 4\text{V}, R_1 = 10\Omega, R_2 = 2\Omega, R_3 = 5\Omega$ 。

解答 由式(1)可知,

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

(1)

在闭合回路 I 及 II 中, 使用式(2)

$$-10I_1 + 12 - 8 + 2I_2 = 0, \quad 5I_1 - I_2 = 2$$

(2)

$$-2I_2 + 8 - 4 + 5I_3 = 0, \quad 2I_2 - 5I_3 = 4$$

(3)

由式(1)和式(3)消去 I_3 得

$$5I_1 + 7I_2 = 4$$

(4)

解式(2)和式(4), 求出 I_1, I_2 , 并代入式(1)中求出 I_3 :

$$I_1 = 0.45\text{A}, \quad I_2 = 0.25\text{A}, \quad I_3 = -0.7\text{A}$$

例题 如图 4 所示, 在连接 5 个电阻的电路中, a、b 两端的等效电阻为多少?

解答 因为在电阻串联和并联的组合中不能求出等效电阻, 因此需要在 a、b 两端施加电动势 E , 利用基尔霍夫定律计算出电流 I , 再通过 $R = E/I$ 求出等效电阻。从给端子来看, 相互对称的各支路电流相等, 因此如图所示, 将未知的电流数限定在最小范围内, 对闭合回路 I 和 II 利用式(2)可得

$$\begin{cases} -10I_1 - 5(I_1 - I_2) + 20I_2 = 0, & 3I_1 - 5I_2 = 0 \\ -20I_2 - 10I_1 + E = 0, & 10I_1 + 20I_2 = E \end{cases}$$

解上述方程, 得 $I_1 = \frac{E}{22}, I_2 = \frac{E}{22} \times \frac{3}{5}$, 所以

$$R = \frac{E}{I_1 + I_2} = 13.75 \quad (\Omega)$$

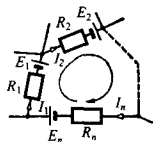


图 2

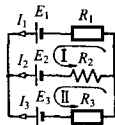


图 3

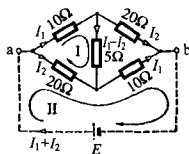


图 4

MEMO

基尔霍夫(Gustav Robert Kirchhoff, 1824~1887, 德国)于 1849 年提出基尔霍夫定律, 并在光学、力学、声学、热学等领域做出众多贡献。

5 惠斯通电桥

平衡条件(参见图 1)

$$R_1 R_4 = R_2 R_3, R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4 \quad (1)$$

其中, R_1, R_2, R_3, R_4 为检流计 G 中没有电流时的各边电阻。因此, 可由 R_1, R_2, R_4 求出未知电阻 R_3 。

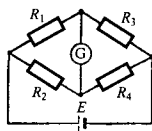


图 1

例题 在图 2 的电路中, 无论开关 S 闭或者开, 检流计 G 的指针都不摆动, 求电阻 x 。

解答 将数值代入式(1)中得

$$x = \frac{R_1}{R_2} R_4 = \frac{10}{100} \times 125 = 12.5 \quad (\Omega)$$

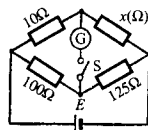


图 2

例题 在图 3 的电路中, 无论开关 S 闭或者开, 总电流 I 都不变, 求 a, b 间的等效电阻。

解答 总电流不变是因为电桥平衡, 各边的电流不变。因此由式(1)可得

$$x = \frac{10}{5} \times 10 = 20 \quad (\Omega)$$

另外, 由于 c, d 间没有电位差, 所以即使 c, d 间断开或用导线短路, 总电流 I 都不发生变化, 即 a, b 间的等效电阻不变。

(a) c, d 间断开时(参见图 4)

$$R_{ab} = \frac{(10 + 20)(5 + 10)}{(10 + 20) + (5 + 10)} = 10 \quad (\Omega)$$

(b) c, d 间短路时(参见图 5)

$$R_{ab} = \frac{10 \times 5}{10 + 5} + \frac{20 \times 10}{20 + 10} = 10 \quad (\Omega)$$

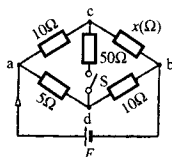


图 3

例题 在上题中, 流过电阻 x 的电流与总电流 I 的比为多少?

解答 与上题相同, 求出 $x = 20\Omega$ 。然后像图 4 那样并联, 则流过电阻 x 的电流 I_x 为:

$$I_x = \frac{5 + 10}{(10 + 20) + (5 + 10)} I = \frac{1}{3}$$

所以 $\frac{I_x}{I} = \frac{1}{3}$

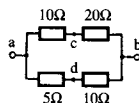


图 4

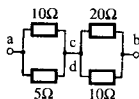


图 5

MEMO 惠斯通电桥是一种具有代表性的电阻测量装置。1834 年, 由惠斯通 (Charles Wheatstone, 1802~1875, 英国) 实用化。

6 分流器与倍增器

[1] 分流器(参见图 1)

$$I = \left(1 + \frac{r_a}{R_s}\right) I_a \quad (\text{A}) \quad (1)$$

I : 测定电流(A), I_a : 电流计中的电流(A), r_a : 电流计中的内阻(Ω), R_s : 分流器的电阻(Ω), $(1 + r_a/R_s)$: 分流器的倍率。

[2] 倍增器(参见图 2)

$$V = \left(1 + \frac{R_m}{r_v}\right) V_v \quad (\text{V}) \quad (2)$$

V : 测定电压(V), V_v : 电压计上所加的电压(V), r_v : 电压计的内阻(Ω), R_m : 倍增器的电阻(Ω), $(1 + R_m/r_v)$: 倍增器的倍率。

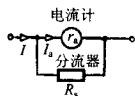


图 1

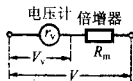


图 2

例题 使用内阻为 10Ω 、最大量程为 50mV 的直流毫伏表作为测定 150A 的电流表时,分流器的电阻为多少? 若作为测定 300V 的电压计,倍增器的电阻为多少?

解答 由欧姆定律可知,直流毫伏表的最大电流为

$$I_a = \frac{50 \times 10^{-3}}{10} = 5 \times 10^{-3} \quad (\text{A})$$

因此,将式(1)变形,可求出分流器的电阻

$$R_s = \frac{I_a}{I - I_a} r_a = \frac{5 \times 10^{-3}}{150 - 5 \times 10^{-3}} \times 10 \approx 0.00033 \quad (\Omega)$$

另外,将式(2)变形,可求出倍增器的电阻

$$R_m = \frac{V - V_v}{V_v} r_v = \frac{300 - 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} \times 10 \approx 60 \times 10^3 \Omega = 60 \quad (\text{k}\Omega)$$

例题 如图 3 所示,用电压表 V 与电流表 A 求未知电阻 R 。设 a, b 间的电压为一定值,开关闭合时电压表指示为 123V ,电流表指示为 2.24A 。 S 打开时,电流表指示为 2.2A ,若电流表的电阻为 0.1Ω ,则未知电阻为多少?

解答 设 a, b 间的电压为 V_{ab} ,由欧姆定律可知,

$$S \text{ 闭合时 } V_{ab} = 2.24 \times 0.1 + 123$$

$$S \text{ 打开时 } V_{ab} = 2.2(0.1 + R)$$

$$\therefore 2.2(0.1 + R) = 2.24 \times 0.1 + 123$$

即

$$R \approx 55.9 \quad (\Omega)$$

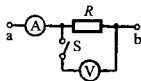


图 3

MEMO 直流用的电流表及电压表是在普通的可动线圈仪器上附加分流器或者倍增器。电流表的场合,分流器的电压降为 50mV ,此时用毫伏表测量;电压表的场合,倍增器的电流为 5mA 以下,此时用毫安表测量。

7 导体的电阻

[1] 导体电阻 $R = \rho \frac{l}{S} \quad (\Omega)$ (1)

ρ : 电阻率(固有电阻)($\Omega \cdot m$), l : 长度(m), S 为截面积(m^2)

[2] 电导率与电导

$$\left. \begin{array}{l} \text{电导率} \quad \sigma = \frac{1}{\rho} \quad (U \cdot m) \\ \text{电导} \quad G = \frac{1}{R} \quad (U) \end{array} \right\} \quad (2)$$

例题 电阻率为 $1.724 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$, 截面积为 $5m \cdot m^2$ 的铜线长 $1km$, 求其电阻。

解答 将数值代入式(1)中得

$$R = \rho \frac{l}{S} = 1.724 \times 10^{-8} \times \frac{10^3}{5 \times 10^{-6}} = 3.448 \quad (\Omega)$$

例题 直径为 $0.5mm$ 的镍线的电阻为 100Ω , 求其长度。镍线的电阻率为 $110\mu\Omega$ 。

解答 截面积 $S = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \times (0.5 \times 10^{-3})^2 \approx 0.1964 \times 10^{-6} \quad (m^2)$

$$\text{电阻率} \quad 110\mu\Omega \cdot cm = 110 \times 10^{-6} \times 10^{-2} = 110 \times 10^{-8} \quad (\Omega \cdot m)$$

因此, 由式(1)可得

$$l = R \frac{S}{\rho} = 100 \times \frac{0.1964 \times 10^{-6}}{110 \times 10^{-8}} \approx 17.85 \quad (m)$$

例题 长 $106.3cm$, 截面积为 $1mm^2$ 的水银柱的电阻为 1Ω , 求水银的电阻率及电导率。

解答 由式(1)可知电阻率为

$$\rho = R \frac{S}{l} = 1 \times \frac{10^{-6}}{106.3 \times 10^{-2}} \approx 94.1 \times 10^{-8} \quad (\Omega \cdot m)$$

因此, 电导率为

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{94.1 \times 10^{-8}} \approx 1.063 \times 10^6 \quad (U \cdot m)$$

例题 将导线均匀地拉长至原来的 n 倍, 其电阻和电导将变为原来的多少倍?

解答 因为拉伸前后的体积不变, 所以拉伸后的截面积为 $S' = S/n$, 因此,

$$R' = \rho \frac{l'}{S'} = \rho \frac{nl}{S/n} = n^2 \rho \frac{l}{S} = n^2 R$$

$$\frac{R'}{R} = n^2, \quad \frac{G'}{G} = \frac{R}{R'} = \frac{1}{n^2}$$

MEMO 百分电导率 电线等的电导率 σ 与标准软铜的电导率 σ_s 的百分比称为百分电导率。即

$$\text{百分电导率} = \frac{\sigma}{\sigma_s} \times 100\% \quad \begin{array}{l} \text{软铜线: } 98\% \sim 100\% \\ \text{硬铝线: } 61\% \end{array}$$