

電工學問題詳解

A. 格雷 G. A. 華萊士 原著

曉園出版社
世界圖書出版公司

电工学问题详解

A. 格雷 G.A. 华莱士 原著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 10 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1994 年 10 月第一次印刷 印张: 8.25

印数: 0001—550 字数: 21 万字

ISBN: 7-5062-1934-4/TM·1

定价: 11.80 元 (WB9403/15)

世界图书出版公司已向台湾晓园出版社购得重印权
限国内发行

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思維的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一層精微的思索與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

電工學問題詳解

(目錄)

1 基本度量單位—MKS 制	0
2 物質與電	0
3 磁—磁場之性質	1
4 電路與電阻	3
5 能量之轉換—功與功率	19
6 磁路及鐵心之磁性	29
7 互感與自感	39
8 直流電機	43
9 直流電機之構造與激磁	0
10 整流理論	49
11 電樞反動	51
12 直流發電機之特性	53
13 直流馬達之操作原理	63
14 直流馬達之特性	67
15 損耗、效率及發熱	89
16 直流馬達之起動器與控制器	97
17 特殊電機—AMPLIDRNE, ROTOROL, 及 REGULEX	0
18 蓄電池	101
19 直流電之傳輸與配電	105
20 交流電壓與電流	111
21 交流電流與電壓之表示法	117
22 交流電路	123
23 複數與電路分析	141
24 多相電路	153
25 變壓器	169
26 變壓器之接線	181

27.	多相感應馬達	189
28.	交流發電機	205
29.	多相同步馬達與交流發電機之並聯運轉	213
30.	多相馬達之應用與控制	223
31.	單相馬達	225
32.	交流電之傳輸與配電	0
33.	高真空熱電管	229
34.	真空管放大器與振盪器	233
35.	半導體，界面整流與電晶體	241
36.	充氣電管與特殊電管	247
37.	功率整流	251
38.	飽和磁感與磁放大器	257
39.	電力照明	263
40.	實驗	0

第三章 磁－磁場之性質

- 1 如圖 3-8 的永久磁鐵，若在其空氣間隙有一韋伯的磁通量，且該材料的最大可能磁場強度是每平方公分 7000 磁力線，則磁極的面積應為多少？

解：一韋伯 = 10^8 磁力線

$$\text{面積} = \frac{10^8}{7000} = 1.429 \times 10^4 \text{ 平方公分}$$

- 2 若圖 3-8 中的永久磁鐵之磁極面積是 10×10 公分，且導體以 20 公尺每秒的速度穿過空氣間隙往下移動，磁場強度是 0.5 韋伯每平方米，求由空氣間隙的磁通所感應的電動勢？注意！有一些空氣間隙以外的磁通未在圖中畫出，該磁通亦會感應額外的電動勢

解： $e = Blv$

$$= 0.5 \times 0.1 \times 20 = 1 \text{ (伏特)}$$

- 3 若將巴羅氏輪磁鐵移去，並置於磁場強度為 22 微韋伯每平方米的地球磁場中，使該輪軸心與地磁的水平分量平行。當該輪以 1000 rpm 旋轉時，輪軸與輪尖端間所感應的電動勢為若干？輪的直徑是 30 公分。

$$\text{解：} 1000 \text{ rpm} = \frac{1000}{60} \text{ 轉/秒} = 16.7 \text{ 轉/秒}$$

$$\text{一輪幅長度} = \frac{0.3}{2} = 0.15 \text{ 公尺}$$

一輪幅在每秒內掃過的磁通量為

$$16.7 \times \pi (0.15)^2 \times 22 \times 10^{-6} = 25.92 \times 10^{-6} \text{ (伏特)}$$

- 4 一寬 500 公尺的河，在地磁垂直分量強度為 33 微韋伯每平方公尺的北半球，以 1.2 米每秒的平均表面速度往正東流動，求兩岸

間由表面水流產生的感應電動勢？

$$\text{解： } e = Blv$$

$$= 33 \times 10^{-6} \times 500 \times 1.2 = 1.98 \times 10^{-2} \text{ (伏特)}$$

5. 一發電機的轉子以 1200 r pm 的速率轉動。如圖 8-2 所示，由轉子帶動的導體是置於以半徑為 20 cm 的圓錐形轉子上其圓錐軸長 30 cm，且空氣間隙中的磁場強度是 8000 磁力線每平方公分。由導體通過一磁極時所感應的電動勢？

$$\text{解： } 1200 \text{ r pm} = \frac{1200}{60} = 20 \text{ 轉 / 秒}$$

$$\text{線速度 } v = 2\pi \times 0.2 \times 20 = 25.13 \text{ 米 / 秒}$$

$$\text{磁場強度 } B = 8000 \times \frac{1}{(10^{-2})^2} \times 10^{-8} = 0.8 \text{ 韋伯 / 米平方}$$

$$e = Blv$$

$$= 0.8 \times 0.3 \times 25.13 = 6.03 \text{ (伏特)}$$

第四章 電路與電阻

- 1 一鋁棒，截面積 0.185 平方吋，長 2.956 呎，在 20℃ 時其電阻是 207 微歐姆，求該溫度下每 Circular-mil-foot 的電阻？並求其質量電導與體積電導值？

$$\text{解：Circular-mil} = \pi \times \left(\frac{10^{-3}}{2} \right)^2 \text{ 平方吋}$$

$$= 7.854 \times 10^{-7} \text{ 平方吋}$$

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

$$\rho_1 = R' = \rho \frac{\ell'}{A} = \frac{RA}{\ell} \frac{\ell'}{A'}$$

$$= (207 \times 10^{-6}) \frac{(0.185)}{2.956} \frac{1}{7.854 \times 10^{-7}}$$

$$= 16.49 \text{ 歐姆}$$

$$\text{體積電導值} = \frac{10.371}{\rho} \times 100 \%$$

$$= \frac{10.371}{16.49} \times 100 \%$$

$$= 62.9 \%$$

$$\text{質量電導值} = 200.7 \% \text{ (由 4-4 節)}$$

- 2 從一長鎳線切下 8 呎長樣本，平均直徑 0.161 吋，電阻值是 0.186 歐姆。在同溫下，每 Circular-mil-foot 的電阻為若干？

$$\text{解：Circular-mil} = 7.854 \times 10^{-7} \text{ 平方吋}$$

$$\begin{aligned}
 R' &= R \frac{A}{\ell} \frac{\ell'}{A'} \\
 &= 0.186 \frac{\pi(0.0805)^2}{8} \frac{1}{7.854 \times 10^{-7}} \\
 &= 6.027 \times 10^2 \text{ (歐姆)} \\
 &= 602.7 \text{ (歐姆)}
 \end{aligned}$$

- 3 14號導線的直徑是0.064吋，求相當的cir-mil數。若每cir-mil-ft的電阻在0℃時是9.7歐姆，求25℃時每1000呎的電阻？

解：1 cir-mil = 7.854×10^{-7} 平方吋

$$\text{cir-mil 數} = \frac{\pi(0.032)^2}{7.854 \times 10^{-7}} = 4096$$

$$\frac{R_{t_1}}{R_{t_2}} = \frac{T_0 + t_1}{T_0 + t_2}$$

$$R_{25^\circ} = R_{90^\circ} \frac{234.5 + 25}{234.5 + 0} = 1.1066$$

$$\begin{aligned}
 R' &= 1.1066 \times 9.7 \frac{A}{A'} \frac{\ell'}{\ell} \\
 &= 1.1066 \times 9.7 \times \frac{1}{4096} \times \frac{1000}{1} \\
 &= 2.62 \text{ (歐姆)}
 \end{aligned}$$

- 4 25℃時，我們量取一並激發電機之場電阻，加上負載後，其電阻增加了20%，求場線圈的平均溫度？

$$\text{解：} \frac{R_{t_1}}{R_{t_2}} = \frac{234.5 + t_1}{234.5 + t_2}$$

$$\frac{R_t}{R_{25^\circ}} = \frac{234.5 + t}{234.5 + 25} = 120\% = 1.2$$

$$\therefore t = 76.9^\circ$$

5. 當溫度由 23°C 升至 75°C 時，一導體電阻增加 31%，求該金屬的溫度係數。

解：由 (4-7) 式

$$R_{23^{\circ}} = R_{20^{\circ}} [1 + \alpha(23 - 20)]$$

$$R_{75^{\circ}} = R_{20^{\circ}} [1 + \alpha(75 - 20)]$$

$$\frac{R_{25^{\circ}}}{R_{23^{\circ}}} = \frac{1 + 55\alpha}{1 + 3\alpha} = 1.31$$

$$\Rightarrow \alpha = 6.07 \times 10^{-3}$$

6. 一電磁鐵之線圈電阻在室溫 20°C 時的電阻是 20 歐姆，通電一小時後，變為 24 歐姆，電阻上升的原因為何？線圈的平均溫度為何？若所加的電壓是 110 伏特，則線圈的初電流值與一小時後的電流值各為何？

解：電阻上升乃由於線圈電阻之銅損 $I^2 R$ ，使溫度上升。

$$\frac{R_t}{R_{20}} = \frac{234.5 + t}{234.5 + 20} = \frac{24}{20} = 1.2$$

$$\Rightarrow t = 70.9^{\circ}\text{C}$$

$$\text{初電流值} = \frac{110}{20} = 5.5 \text{ 安培}$$

$$\text{末電流值} = \frac{110}{24} = 4.58 \text{ 安培}$$

7. 三個電阻 $R_a = 10$ 歐姆， $R_b = 15$ 歐姆， $R_c = 20$ 歐姆，串聯後跨接於 110 伏特的電源，求電流及各電阻之電壓降。若相同的電阻並聯後接於 110 伏電源，求流過每個電阻的電流與總電流。

解：1. 串聯

$$I = \frac{11}{10 + 15 + 20} = 2.444 \text{ 安培}$$

$$V_a = R_a I = 10 \times 2.444 = 24.44 \text{ 伏特}$$

$$V_b = R_b I = 15 \times 2.444 = 36.66 \text{ 伏特}$$

$$V_c = R_c I = 20 \times 2.444 = 48.88 \text{ 伏特}$$

2. 並聯

$$I_a = \frac{110}{10} = 11 \text{ 安培}$$

$$I_b = \frac{110}{15} = 7.33 \text{ 安培}$$

$$I_c = \frac{110}{20} = 5.5 \text{ 安培}$$

$$\text{總電流 } I = I_a + I_b + I_c = 23.83 \text{ 安培}$$

8. 兩個電阻，分別是 6 歐姆與 8 歐姆，並聯後接於一未知電壓源上。若總電流是 40 安培，由經過每個電阻的電流，與電源之電壓

解：經過 6 歐姆之電流 $= 40 \times \frac{8}{8+6} = 22.86 \text{ 安培}$

$$\text{經過 8 歐姆之電流} = 40 \times \frac{6}{8+6} = 17.14 \text{ 安培}$$

$$\text{線電壓} = 6 \times 22.86$$

$$= 8 \times 17.14$$

$$= 137.1 \text{ 伏特}$$

9. 三並聯電阻 $r_1 = 6$ 歐姆， $r_2 = 10$ 歐姆， $r_3 = 12$ 歐姆，總電流為 42 安培，求各分枝電流。

解：並聯之電阻 $r = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$

$$= \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{10} + \frac{1}{12}} = 2.86 \text{ 歐姆}$$

$$\text{總電壓 } V = rI = 2.86 \times 42 = 120 \text{ (伏特)}$$

$$I_1 = \frac{V}{r_1} = \frac{120}{6} = 20 \text{ 安培}$$

$$I_2 = \frac{V}{r_2} = \frac{120}{10} = 12 \text{ 安培}$$

$$I_3 = \frac{V}{r_3} = \frac{120}{12} = 10 \text{ 安培}$$

10. 如圖 4-5，若每個負載的電阻是 5 歐姆，而在 D 點的電壓是 1 伏特，則 C ， B ， A 各點的電壓為何？若電線電阻是每 1000 0.4 歐姆。

$$\text{解： } I_D = \frac{V_D}{r_d} = \frac{110}{5} = 22 \text{ (安培)}$$

$$\begin{aligned} V_C &= V_D + 2 \times 22 \times 0.25 \times \frac{100}{1000} \\ &= 110 + 1.1 = 111.1 \text{ (伏特)} \end{aligned}$$

$$I_C = \frac{111.1}{5} = 22.2 \text{ (安培)}$$

$$\begin{aligned} V_B &= V_C + 2(22 + 22.2) \times 0.25 \times \frac{100}{1000} \\ &= 111.1 + 2.21 = 113.3 \text{ (伏特)} \end{aligned}$$

$$I_B = \frac{113.3}{5} = 22.66 \text{ (安培)}$$

$$\begin{aligned} V_A &= 113.3 + 2(22 + 22.2 + 22.66) \times 0.25 \times \frac{50}{1000} \\ &= 115 \text{ (伏特)} \end{aligned}$$

11. 如圖 4-22 的實驗電路，若電線電阻是每 1000 呎 0.4 歐姆，求 a ， b ， c ， d 四點的電壓。

$$\text{解： } V_a = 220 - 2 \times (20 + 20 + 20 + 20) \times 0.4 \times \frac{40}{1000}$$

$$= 220 - 2.56$$

$$= 217.44 \text{ (伏特)}$$

$$V_b = 217.44 - 2 \times (20 + 20 + 20) \times 0.4 \times \frac{20}{1000}$$

$$= 217.44 - 0.96$$

$$= 216.48 \text{ (伏特)}$$

$$V_c = 216.48 - 2 \times (20 + 20) \times 0.4 \times \frac{20}{1000}$$

$$= 216.48 - 0.64$$

$$= 215.84 \text{ (伏特)}$$

$$V_d = 215.84 - 2 \times 20 \times 0.4 \times \frac{20}{1000}$$

$$= 215.84 - 0.32$$

$$= 215.52 \text{ (伏特)}$$

12. 一雙線傳輸線中，每線的電阻是 0.6 歐姆，則要產生 75 安培的電流，發電機一端電壓須若干？若 (a) 接收端是短路 (b) 接收端維持 500 伏特。

$$\text{解： (a) } V = 75 \times 0.6 \times 2 = 90 \text{ (伏特)}$$

$$(b) V = 75 \times 0.6 \times 2 + 500 = 590 \text{ (伏特)}$$

13. 衛斯登直流伏特計每一伏刻度的電阻約為 100 歐姆，求一 150 伏電壓計時接 125 伏特電壓時通過之電流。

$$\text{解： 電壓計總電阻 } 100 \times 150 = 15000 \text{ (歐姆)}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{125}{15000} = 8.3 \times 10^{-3} \text{ (安培)}$$

14. 爲什麼伏特計需要高內電阻，而安培計需要低內電阻？在圖 4-17 中，若將安培計與伏特計互換，而 E 爲 110 伏特，則儀器會發生何種情形？

解：因伏特計與電路並聯使用，故需高內電阻，以免通過太多電流，影響電路之電壓與電流。而安培計與電路串聯使用，故需低內電阻，以免太大的電位降，影響電路之電壓與電流。圖 4-17 中，若安培計與伏特計互換，則並聯的安培計會有很大的電流，甚至燒燬安培計，而伏特計的電流很小。

15. 兩伏特計，內電阻分別是 10,000 歐姆與 5,000 歐姆，串聯後跨接於 150 伏特的電壓，則兩伏特計讀值分別爲多少？

解：伏特計上的值是跨過伏特計的電壓，故

$$10,000 \text{ 伏特計讀值} = 150 \times \frac{10,000}{10,000 + 5,000} = 100 \text{ (伏特)}$$

$$5,000 \text{ 伏特計讀值} = 150 \times \frac{5,000}{10,000 + 5,000} = 50 \text{ (伏特)}$$

16. 一 150 伏特之伏特計，內阻爲 10,000 歐姆，跨接於 450 伏特的電壓，若要此伏特計滿刻度偏轉，應串聯多大的電阻？

解：串聯電阻後，跨越伏特計的電壓降落應爲 150 伏特，故

$$150 = \frac{10,000}{R + 10,000} \times 450$$

$$\Rightarrow R = 20,000 \text{ 歐姆}$$

17. 一 25 安培的安培計，內電阻爲 0.002 歐姆，則滿刻度偏轉時，跨過該安培計的電位降落是多少？

解： $V = 25 \times 0.002 = 0.05 \text{ (伏特)}$

18. 若安培計誤用於測量 150 伏特的傳輸線，或伏特計誤用於測量電流，各會有何種結果？

解：因安培計內電阻很小，故會通過很大的電流以致燒燬。

而伏特計量出的電流很小，幾近於零，因伏特計的內電阻很大。

19. 一高電阻，以圖 4-16 的接法測量，該安培計與伏特計的內阻分別為 1.0 歐姆及 17500 歐姆，若安培計讀數 42.1 毫安培，伏特計讀數 138 伏特，則 R 值為何？若以 $R = V / I$ 計算，誤差百分率為何？

解：伏特計與 R 之並聯電阻為

$$R' = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{17500}}$$

$$138 = R' I = \frac{42.1 \times 10^{-3}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{17500}}$$

$$\Rightarrow R = 4033.4 \text{ 歐姆}$$

$$\frac{V}{I} = \frac{138}{42.1} = 3277.9 \text{ 歐姆}$$

$$\text{誤差百分率} = \frac{4033.4 - 3277.9}{4033.4} = 18.73\%$$

20. 圖 4-17 中，若電壓與電阻皆與前題相同，則各計的讀數為何？若以 $R = V / I$ 計算，誤差百分率為何？

解：由前題的結果

$$E = 138 + 42.1 \times 10^{-3} \times 1 \doteq 138 \text{ (伏特)}$$

$$R = 4033.4 \text{ 歐姆}$$

$$\text{伏特計讀數} = E = 138 \text{ 伏特}$$

$$\begin{aligned} \text{安培計讀數} &= E / (1.0 + 4033.4) \\ &= 34.2 \times 10^{-3} \text{ (安培)} \end{aligned}$$

$$V/I = \frac{138}{34.2 \times 10^{-3}} = 4034.4 \text{ (歐姆)}$$

$$\text{百分誤差} = \frac{(4034.4 - 4033.4)}{4033.4} \times 100\% = 0.025\%$$

21. 一已知型式的儀表，其電阻是 1.5 歐姆，滿刻度偏轉時兩端電壓是 50 毫伏特。

(a) 如何利用此儀表，作成 50 安培的安培計？試求其並聯電阻及電流容量？

(b) 如何利用此儀表，作成 150 伏特的伏特計？試求其串聯電阻及電流容量？

解：(a) 滿刻度偏轉時，通過該表的電流是

$$I_m = \frac{50 \times 10^{-3}}{1.5} = 33.33 \times 10^{-3} \text{ (安培)}$$

而總電流為 50 安培，故須並聯一低電阻 R_L ，使

$$50 - 33.33 \times 10^{-3} = 49.9667 \text{ 安培的電流經過 } R_L,$$

$$\text{故 } 50 \times 10^{-3} = 49.9667 \times R_L$$

$$\Rightarrow R_L = 0.0010007 \text{ 歐姆}$$

其電流容量為 49.9667 安培

(b) 滿刻度偏轉時，通過該表的電流是

$$I_m = 3.33 \times 10^{-2} \text{ 安培}$$

而該表兩端電壓是 5×10^{-2} 伏特

故須串聯一高電阻 R_H ，使 R_H 之電位降落為

$$150 - 50 \times 10^{-3} = 150 \text{ 伏特}$$

$$\text{故 } 150 = R_H \times 3.33 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow R_H = 4500 \text{ 歐姆}$$

其電流容量為 33.33 毫安培

22. 為測量一高電阻，以一內電阻為 17,000 歐姆之 150 伏特伏特計與之串聯而接於 220 伏特之電源。若伏特計之讀數是 40 伏特，

則該電阻值為何？

解：設該高電阻為 R ，則總電阻為 $R + 17,000$ 歐姆，而伏特計滿刻度偏轉電流為

$$I = \frac{150}{17000} = 8.8235 \times 10^{-3} \text{ (安培)}$$

讀數 40 伏特，則通過的電流 I_R 為

$$I_R = 8.8235 \times 10^{-3} \times \frac{40}{150} = 2.353 \times 10^{-3} \text{ (安培)}$$

$$\begin{aligned} \text{故 } 220 &= (R + 17000) I_R \\ &= (R + 17000) \times 2.353 \times 10^{-3} \\ \Rightarrow R &= 76500 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

23. 一雙導線傳輸線長 5 哩，而埋於地下線管中。單導線與地表的絕緣電阻是每哩 200 百萬歐姆。若導線間電壓是 2000 伏特，則兩導體間的漏電流是多少？此導線 4 哩長的絕緣電阻是多少？

解：單導體與地表的絕緣電阻是 200 百萬歐姆 / 哩，

故兩導體間之絕緣電阻是 $2 \times 200 = 400$ 百萬歐姆 / 哩

$$\text{總絕緣電阻 } R = \frac{400 \times 10^6}{5} = 80 \times 10^6 \text{ 歐姆}$$

(絕緣電阻是並聯，故除以 5)

$$\text{漏電流} = \frac{2000}{80 \times 10^6} = 2.5 \times 10^{-5} \text{ (安培)}$$

$$4 \text{ 哩長的絕緣電阻} = \frac{200 \times 10^6}{4} = 50 \times 10^6 \text{ (歐姆)}$$

24. 一雙導線電纜長 2 哩以 550 伏特的電壓，傳送 200 安培的電流，若要使漏電流小於總電流的百萬分之一，則每哩長電纜兩導線間的絕緣電阻應為多少？

$$\text{解：最大漏電流 } I_l = \frac{200}{10^6} = 2 \times 10^{-4} \text{ 安培}$$