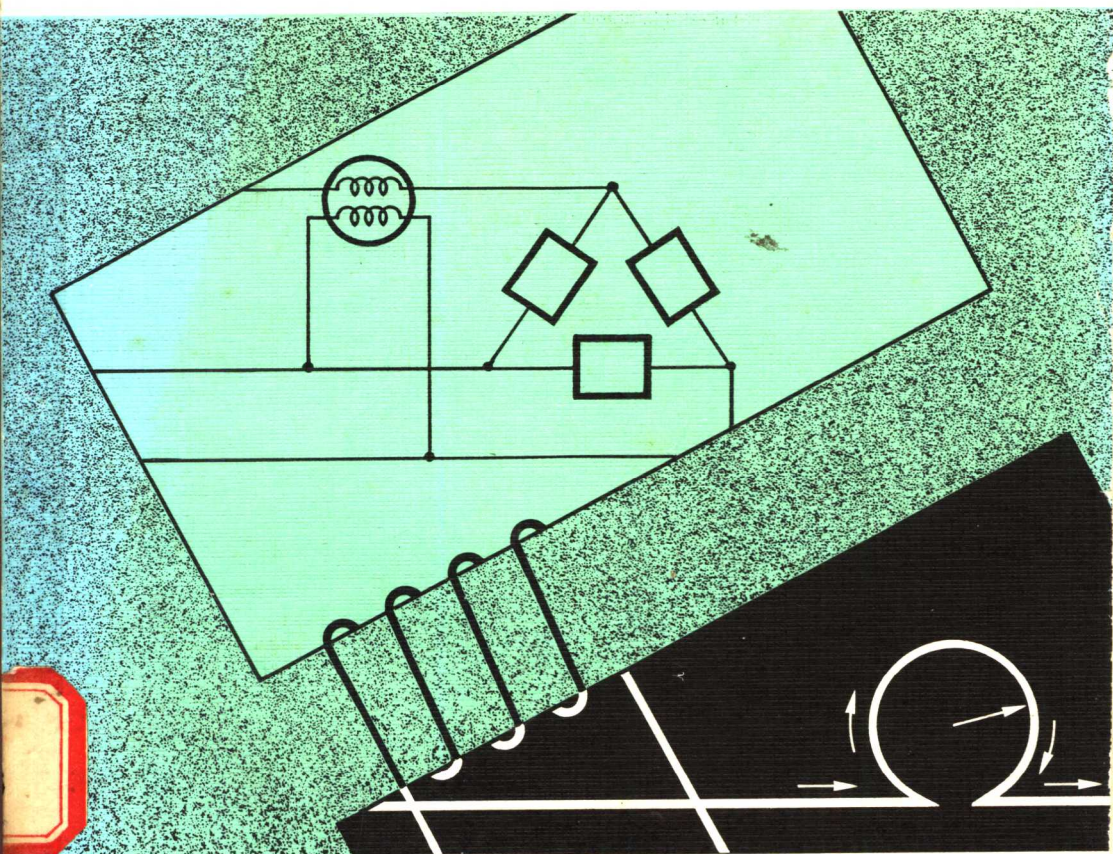


全華升學叢書

● 升二專、師大工教、教育學院必備 ●

電工原理總整理

黃國軒 編著



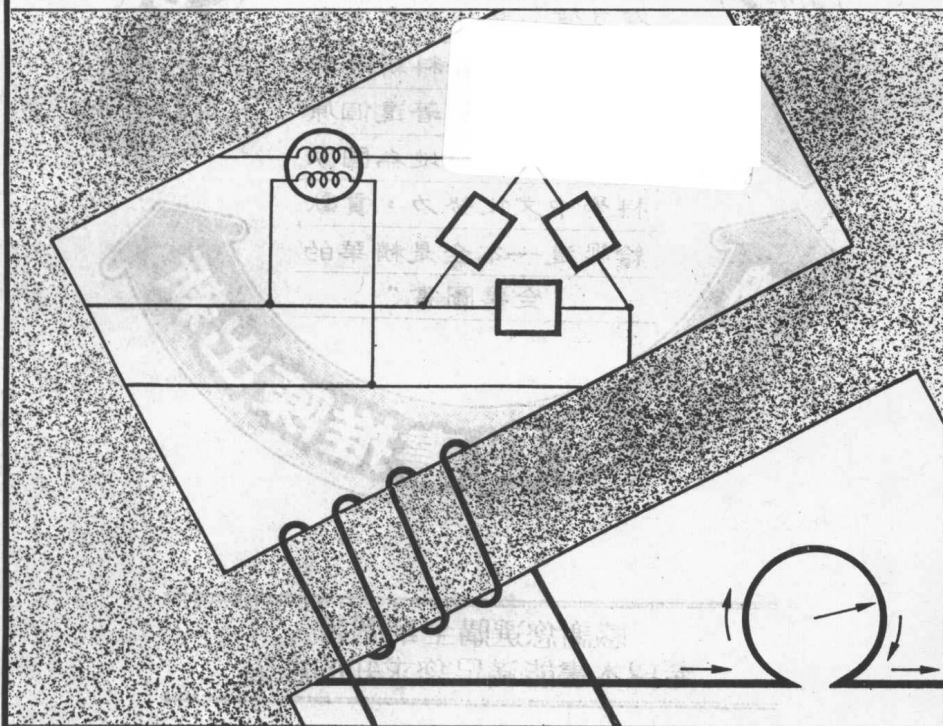
全華科技圖書股份有限公司 印行

全華升學叢書

● 升二專、師大工教、教育學院必備 ●

電工原理總整理

黃國軒 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行



全華圖書

法律顧問：陳培豪律師

電工原理總整理

黃國軒 編著

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2樓

電話 / 5811300 (總機)

郵撥帳號 / 0100836-1號

發行人 陳 本 源

印刷者 華 一 彩 色 印 刷 廠

門市部 全友書局(黎明文化大樓七樓)

地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓

電話 / 3612532 • 3612534

定 價 新臺幣 120 元

再版 / 75年 1 月

行政院新聞局核准登記證局版台業字第〇二二三號

版權所有 翻印必究

圖書編號 052818

我們的宗旨：



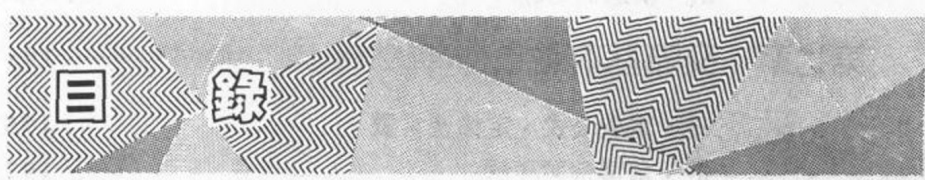
感謝您選購全華圖書
希望本書能滿足您求知的慾望

為保護您的眼睛，本公司特別採用不反光的米色印書紙！！

序 言

- 一、本書依課程標準及蒐集所有教科書參考書的精華，並融合編者多年教學經驗，為各位讀者準備參加在學考試及升二專、師大、教育學院，技術學院而編寫成的。
- 二、本書各章均將重要公式、定律常數依MKS制CGS制集中對照整理，使讀者更容易理解及使用。並蒐集各種例題歷屆試題做詳細的解答及說明，尤其包括各種特殊解法是一般課本所沒有的，讀者若擁有本書將有如請位家教一般。
- 三、讀者若能充分閱讀本書，對電工原理將會更加的理解，而不會產生畏懼感，對升學有所幫助。
- 四、本書在編寫期間承蒙本校電工科主任林繁勝先生的幫助，僅此致謝。
- 五、本書經嚴謹的校正，但難免有疏漏及錯誤、尚祈各位先進不吝賜教為幸。

黃 國 軒 謹識於
國立台灣教育學院附屬高工



目

錄

第一章	電的基本概念	1
	壹、重要公式、定律及常數	1
	貳、精選例題詳解	4
第二章	直流網路分析	23
	壹、重要公式、定律及常數	23
	貳、精選例題詳解	28
第三章	靜電場、電位	87
	壹、重要公式、定律及常數	87
	貳、精選例題詳解	97
第四章	電容器	107
	壹、重要公式、定律及常數	107
	貳、精選例題詳解	109
第五章	磁場與電磁感應	135
	壹、重要公式、定律及常數	135
	貳、精選例題詳解	142
第六章	複數與向量	183
	壹、重要公式、定律及常數	183

	貳、精選例題詳解	185
第七章	交流基本觀念	195
	壹、重要公式、定律及常數	195
	貳、精選例題詳解	197
第八章	交流電路	213
	壹、重要公式、定律及常數	213
	貳、精選例題詳解	219
第九章	交流電功率	275
	壹、重要公式、定律及常數	275
	貳、精選例題詳解	277
第十章	諧 振	309
	壹、重要公式、定律及常數	309
	貳、精選例題詳解	311
第十一章	暫態與穩態	327
	壹、重要公式、定律及常數	327
	貳、精選例題詳解	329
第十二章	多相交流及非正弦波	353
	壹、重要公式、定律及常數	353
	貳、精選例題詳解	358
附錄	74 學年度二專工科(日) 電工原理 電工術科 試題	382

1

電的基本概念

壹、重要公式、定律及常數

說 明	公 式	單 位
(一)電阻：任何物質均有電阻其大小與材料之長度，電阻係數成正比，與截面積成反比。 R ：電阻 L ：長度 A ：截面積 ρ ：電阻係數	$R = \rho \frac{L}{A}$	R, ρ, L, A 任何單位均可但須一致。 例： A ： m^2 L ： m ρ ： $\Omega - m$ R ：歐姆(Ω)
(二)電流：每單位時間通過導體截面積的電荷量。 I ：電流 Q ：電荷 t ：時間	$I = \frac{Q}{t}$	I ：安培 Q ：庫倫 t ：秒
(三)一庫倫 = 6.25×10^{18} 個電子		
(四)一密爾 = $\frac{1}{1000}$ 吋		
(五)圓密爾：英制中直徑的平方為截面積圓密爾。	$A = d^2$	d ：密爾 A ：圓密爾

2 電工原理總整理

說 明	公 式	單 位
A : 面積 d : 直徑		
(A) 兩種溫度下之電阻關係： t_1 溫度的電阻為 R_1 t_2 溫度的電阻為 R_2 t_1 溫度的電阻溫度係數 α_1 t_0 為電阻為 0 之溫度	$R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{t_0 + t_1}{t_0 + t_2}$ 若為銅線則 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{234.5 + t_1}{234.5 + t_2}$	$t_1 : ^\circ\text{C}$ $t_2 : ^\circ\text{C}$ $\alpha_1 : \frac{1}{^\circ\text{C}}$ $R_1 : \Omega$ $R_2 : \Omega$
(B) 任何溫度之電阻溫度係數。	$\alpha_t = \frac{1}{t_0 + t} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + t}$	$t_0 : ^\circ\text{C}$ $t : ^\circ\text{C}$ $\alpha_t : \frac{1}{^\circ\text{C}}$ $\alpha_0 : \frac{1}{^\circ\text{C}}$
(C) 電導：電阻之倒數 G : 電導 R : 電阻	$G = \frac{1}{R}$	$R : \Omega$ $G : \text{S}$
(D) 電位：移動每單位電荷所做之功。 V : 電位 Q : 電荷 W : 功	$V = \frac{W}{Q}$	① MKS 制中 Q : 庫倫 W : 焦耳 V : 伏特 ② CGS 制 Q : 靜庫 V : 靜伏 W : 耳格
(E) 一庫倫 = 3×10^9 靜庫		
(F) 一伏特 = $\frac{1}{300}$ 靜伏		
(G) 歐姆定律：就穩定電路而言，電路中電流與總電勢成正比與總電阻成反比。 I : 電流 R : 電阻 E : 電動勢	$I = \frac{E}{R}$	I : 安培 R : 歐姆 E : 伏特
(H) 電功率：每單位所做的功或所消耗的電能。 P : 功率 t : 時間 I : 電流 R : 電阻	$P = \frac{W}{t} = I^2 R$ $= \frac{E^2}{R} = I \times E$	P : 瓦特 W : 焦耳 t : 秒 I : 安培

說 明	公 式	單 位
E : 電壓		R : 歐姆 E : 伏特
(a) 電能 : 在某段時間全部所做之功或所消耗之能量。	$W = Pt = I^2 R t$ $= E I t$ $= \frac{E^2}{R} t$	P : 瓦特 W : 焦耳 t : 秒 I : 安培 R : 歐姆 E : 伏特
(b) 一度電 = 一仟瓦小時		kWH
(c) 效率 : 輸出與輸入之比值。 η : 效率 P_i : 輸入功率 P_o : 輸出功率	$\eta = \frac{P_o}{P_i}$	P_o : 瓦 P_i : 瓦
(d) 一馬力 = 746 瓦特		
(e) 電阻之串聯	$R_T = R_1 + R_2 + R_3$ $+ \dots\dots$	$R : \Omega$
(f) 電阻之並聯	$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ $+ \dots\dots$	$R : \Omega$
(g) 兩電阻器並聯	$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$	$R : \Omega$
(h) 電壓源 (電池) 應電勢 E , 內阻 r , 負載 R_L , 電流 I 之關係。	$E = I \times (r + R_L)$ 端電壓 V 爲 $V = E - I \times r$	E : 伏特 V : 伏特 $R_L : \Omega$ $r : \Omega$
(i) 使 W 克重之水升高 $T^\circ\text{C}$ 所需之熱量 W : 重量 H : 熱量 T : 溫升 t : 時間	$H = W \times T$ $= 0.24 I^2 R t$ $= 0.24 p \cdot t$	W : 克 H : 卡 t : 秒
(j) 幾個系統串聯之總效率。	$\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3$ $\times \dots\dots$	
(k) 導體 t 秒內所通過之總電荷 Q 。	$Q = ne Avt$	Q : 庫倫

說 明	公 式	單 位
A : 截面積 e : 1.6×10^{-19} 庫倫 n : 單位體積之自由電子數 v : 電子運動速度		A : m^2 v : m/sec
(國) 分流定律: R_1 與 R_2 並聯各載 I_1 與 I_2 之電流, I 為總電流。	$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times I$ $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$	R : Ω I : A
(英) 分壓定律: R_1 與 R_2 串聯加以總電壓 E , 則 R_1 R_2 所分配之電壓為 V_1 與 V_2 。	$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times E$ $V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times E$	R : Ω V : 伏特 E : 伏特
(國) 一電子伏特 = 1.6×10^{-19} 焦耳		

貳、精選例題詳解

- (③) 13 庫倫電荷等於 ① 6.25×10^{18} 電子 ② 4.8×10^{19} 電子 ③ 18.75×10^{18} 電子 ④ 16.8×10^{17} 電子。

解 : 因 1 庫倫 = 6.25×10^{18} 電子,

$$\text{故 } 3 \times 6.25 \times 10^{18} = 18.75 \times 10^{18} \text{ 電子}$$

- (④) 2 有 A 、 B 兩導體以同材料製成。 A 長度為 B 之兩倍, A 之直徑為 B 之一半, 若 A 之電阻為 10Ω , 則 B 之電阻為 ① 80Ω ② 40Ω ③ 2.5Ω ④ 1.25Ω 。

解 : 由題知 $\ell_B = \ell_A / 2$, $r_B = 2r_A$, $\rho_A = \rho_B = \rho$

$$\text{電阻 } R = \rho \frac{\ell}{A} = \rho \frac{\ell}{\pi r^2}$$

$$\text{則 } R_A = \rho \frac{\ell_A}{\pi r_A^2}, R_B = \rho \frac{\ell_A / 2}{\pi (2r_A)^2}$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho \frac{\ell_A}{\pi r_A^2}}{\rho \frac{\ell_A}{8\pi r_A^2}} = 8,$$

$$\text{故 } R_B = \frac{R_A}{8} = \frac{10}{8} = 1.25 \Omega$$

- (③) 3 某條導線在 3 秒內流過 18.75×10^{18} 個電子，則電流為 ① 0.1 A ② 0.5 A ③ 1 A ④ 10 A。

解：因 1 庫倫 = 6.25×10^{18} 電子

$$\therefore Q = \frac{18.75 \times 10^{18}}{6.25 \times 10^{18}} = 3, I = \frac{Q}{t} = \frac{3}{3} = 1 \text{ A}$$

- (①) 4 某圓導線半徑為 2 密爾則截面積為 ① 16 圓密爾 ② 4 圓密爾 ③ 2 圓密爾 ④ 4π 圓密爾。

解：半徑為 2 密爾，則直徑為 4 密爾，圓密爾面積

$$A = d^2 = 4^2 = 16$$

- (②) 5 2 密爾等於 ① $\frac{1}{1000}$ 吋 ② $\frac{1}{500}$ 吋 ③ $\frac{1}{2000}$ 吋 ④ $\frac{1}{100}$ 吋。

$$\text{解：} 1 \text{ 密爾} = \frac{1}{1000} \text{ 吋}, 2 \text{ 密爾} = \frac{1}{1000} \times 2 = \frac{1}{500} \text{ 吋}$$

- (①) 6 某物質在零度 C 時電阻溫度係數 $\alpha_0 = 0.004$ 則在 20°C 時其電阻溫度係數 α_{20} 為 ① 0.0037 ② 0.003 ③ 0.0047 ④ 0.0027。

$$\text{解：} \alpha_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_0} + t} \quad \therefore \alpha_{20} = \frac{1}{\frac{1}{0.004} + 20} = 0.0037$$

- (③) 7 某銅線在 20°C 時其 $\alpha_{20} = 0.0039$ ， $R = 40 \Omega$ 則在 100°C 時其電阻為 ① 42.3 Ω ② 48.6 Ω ③ 52.5 Ω ④ 58.2 Ω 。

解：由 $R_2 = R_1 [1 + \alpha_1 (t_2 - t_1)]$

$$R_2 = 40 [1 + 0.0039 (100 - 20)] = 52.5 \Omega$$

6 電工原理總整理

(②) 8. 某銅線在 10°C 時 $R = 10\ \Omega$ 則在 60°C 時電阻為 ① $11.5\ \Omega$

② $12\ \Omega$ ③ $12.8\ \Omega$ ④ $14\ \Omega$ 。

解：由 $\frac{R_2}{R_1} = \frac{t_0 + t_2}{t_0 + t_1}$ ，而銅之 $t_0 = -234.5$

$$\frac{R_2}{10} = \frac{234.5 + 60}{234.5 + 10}$$

解得 $R_2 = 12\ \Omega$

(③) 9. 一電阻線若將其電壓增加 2 倍時，則此電阻所消耗功率為原來之

① 1 倍 ② 2 倍 ③ 4 倍 ④ $\frac{1}{4}$ 倍。

解：功率 $P = I \times V = I^2 R = \frac{V^2}{R}$ ， $V_2 = 2V_1$

$$\therefore \frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{(2V)^2}{R}} \quad \text{得 } P_2 = 4P_1$$

(②) 10. 某電鍋之電阻為 $10\ \Omega$ ，加上 200 伏特電壓時其電流為 ① 10 A

② 20 A ③ 40 A ④ 5 A。

解： $I = \frac{V}{R} = \frac{200}{10} = 20\ \text{A}$

(②) 11. 某直流線路電源電壓為 240 V，負載端電壓為 220 V 線路總電阻為 $2\ \Omega$ 則輸送電流為 ① 1 A ② 10 A ③ 50 A ④ 100 A。

解：線路壓降 $V = 240 - 220 = 20\ \text{V}$

$$\text{故電流 } I = \frac{V}{R} = \frac{20}{2} = 10\ \text{A}$$

(②) 12. 某白熾電燈額定為 110 V，60 W 今供電為 100 伏則實際消耗功率為 ① 68.1 W ② 49.6 W ③ 37.2 W ④ 60 W。

解：功率 $P = \frac{V^2}{R}$ 得 $R = \frac{V^2}{P} = \frac{110^2}{60} = 201.6\ \Omega$

$$\text{供電 } 100\ \text{V 時，} P = \frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{201.6} = 49.6\ \text{瓦}$$

- (④) 13. $1\ \Omega$ 與 $2\ \Omega$ 電阻器額定均為 0.5 瓦，並聯後最大能加多少電壓而不超過額定功率 ① 1.5 伏特 ② 1.707 伏特 ③ 1 伏特 ④ 0.707 伏特。

解：先求額定電壓，因 $P = \frac{V^2}{R}$ 得 $V = \sqrt{P \times R}$ ，

$$V_1 = \sqrt{0.5 \times 1} = 0.707, \quad V_2 = \sqrt{0.5 \times 2} = 1 \text{ 伏},$$

兩電阻器並聯時所加電壓須以低電壓為準，否則額定電壓較低者將超過額定功率而燒毀，故所加電壓不得超過 0.707 伏。

- (①) 14. 同上題中，若改為串聯則最大電壓為 ① 1.5 伏特 ② 1.707 伏特 ③ 1 伏特 ④ 0.707 伏特。

解：先求額定電流因 $P = I^2 \times R$ 得 $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$

$$I_1 = \sqrt{\frac{0.5}{1}} = 0.707 \text{ A} \quad I_2 = \sqrt{\frac{0.5}{2}} = 0.5 \text{ A}$$

選擇額定電流最小者為 0.5 A

故所加最大電壓 $V = IR = 0.5 \times (1 + 2) = 1.5$ 伏

- (④) 15. 一電爐為 1000 瓦因修理剪去 20% 長度則其功率為 ① 950 W ② 1000 W ③ 1150 W ④ 1250 W 。

$$\text{解：} R = \rho \frac{\ell}{A}, \quad R_1 = \rho \frac{\ell_1}{A}, \quad R_2 = \rho \frac{0.8\ell_1}{A}, \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho \frac{\ell_1}{A}}{\rho \frac{0.8\ell_1}{A}}$$

$$\text{得 } R_2 = 0.8 R_1, \text{ 且 } P_1 = \frac{V^2}{R_1}, \quad P_2 = \frac{V^2}{0.8 R_1}$$

$$\text{得 } \frac{P_1}{P_2} = 0.8, \text{ 故 } P_2 = \frac{P_1}{0.8} = \frac{1000}{0.8} = 1250 \text{ 瓦}$$

- (②) 16. 200 瓦 100 伏特電熱器兩只串聯接於 100 伏電源時總共消耗多少功率 ① 50 瓦 ② 100 瓦 ③ 200 瓦 ④ 400 瓦。

$$\text{解：功率 } P = \frac{V^2}{R}, \quad R = \frac{V^2}{P} = \frac{100^2}{200} = 50\ \Omega, \text{ 兩只串聯總電阻}$$

$$R_T = 50 + 50 = 100\ \Omega,$$

$$\text{故功率 } P = \frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{100} = 100 \text{ 瓦}$$

- (②) 17. 一燈泡加上 10 伏電壓後通過 1 安培點亮 1 小時則消耗總能量為
 ① 36000 瓦 ② 36000 焦耳 ③ 10000 瓦 ④ 10000 焦耳。

解：功率 $P = V \times I = 10 \times 1 = 10 \text{ 瓦}$ ， $t = 3600 \text{ 秒}$

$$\text{能量 } W = P \times t = 10 \times 3600 = 36000 \text{ 焦耳}$$

- (②) 18. 一用戶有 100 瓦電燈 3 盞 60 瓦電燈 5 盞 40 瓦電燈 10 盞，若每天平均用 3 小時，則每月 30 日用電 ① 70 度 ② 90 度 ③ 120 度 ④ 150 度。

解：總功率為 $100 \times 3 + 60 \times 5 + 40 \times 10 = 1000 \text{ 瓦} = 1 \text{ 仟瓦}$ ，一度電為仟瓦小時，故每月用電度數為

$$1 \times 3 \times 30 = 90 \text{ kWh}$$

- (①) 19. 一馬達之效率為 80 % 在 220 伏特電源，取用 8A 之電流，則輸出馬力為 ① 1.88 HP ② 2.15 HP ③ 2.55 HP ④ 3.22 HP。

解：輸入功率 $P_{in} = E_{in} \times I_{in} = 220 \times 8 = 1760 \text{ 瓦}$

$$\text{輸出功率 } P_{out} = P_{in} \times \eta = 1760 \times 0.8 = 1408 \text{ 瓦}$$

$$\text{輸出馬力 } H_{out} = \frac{P_{out}}{746} = \frac{1408}{746} = 1.88 \text{ 馬力}$$

- (③) 20. 一訊號源輸出開路時電壓為 10 V，接上 100Ω 後電壓降為 8 V 則訊號源內阻為 ① 100Ω ② 50Ω ③ 25Ω ④ 12.5Ω 。

解：開路電壓為應電勢

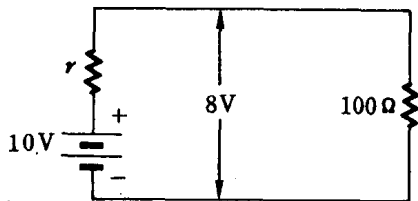
$E = 10 \text{ V}$ ，如圖所

示內阻 r 之壓降為

$$10 - 8 = 2 \text{ 伏}$$

$$\text{電流 } I = \frac{V}{R} = \frac{8}{100} = 0.08 \text{ A}$$

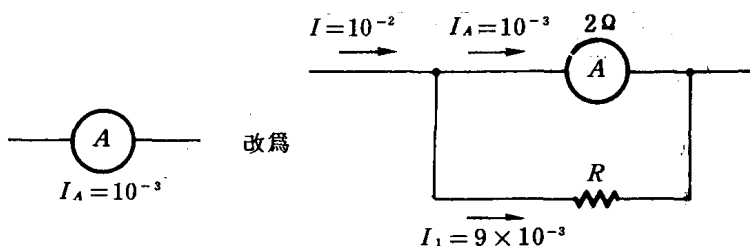
$$\text{故 } r = \frac{V_r}{I} = \frac{2}{0.08} = 25 \Omega$$



(①) 21. 一電流計為 2Ω ，最大刻度為 10^{-3}A ，今欲擴大測量範圍 10 倍。

則須並聯幾歐姆之分流器 ① $\frac{2}{9}$ ② $\frac{1}{10}$ ③ $\frac{2}{8}$ ④ $\frac{3}{10}\Omega$ 。

解：



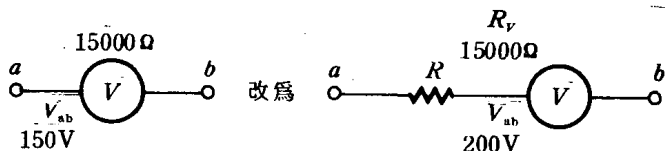
由上圖得知電流計兩端電壓與分流器 R 端電壓相等

$$V_A = I_A \times R_A = I_1 \times R, \quad 10^{-3} \times 2 = 9 \times 10^{-3} \times R$$

$$\text{得 } R = \frac{2}{9} \Omega$$

(④) 22. 150 V 直流伏特計內阻為 15000Ω 如要測量 200 V 之電壓，則須串聯幾歐姆之倍壓器 ① 1000Ω ② 10000Ω ③ 15000Ω ④ 5000Ω 。

解：



$$\text{伏特表最大承受之電流 } I_V = \frac{V}{R_V} = \frac{150}{15000} = 0.01 \text{ A}$$

加上 200 V 後電流須與 I_V 相等

$$\frac{200}{R + 15000} = 0.01 \text{ 解得倍壓器 } R = 5000 \Omega$$

(①) 23. 如果將電線之直徑與長度增加 2 倍配線壓降為 ① $\frac{1}{2}$ 倍 ② 不變 ③ 2 倍 ④ 4 倍。

解：直徑增加 2 倍，半徑也是增加 2 倍，且長度也增加 2 倍。改

$$\text{變後電阻 } R_2 = \rho \frac{2\ell_1}{\pi(2r_1)^2} = \frac{1}{2} \rho \frac{\ell_1}{\pi r_1^2} = \frac{1}{2} R_1$$

電阻為原來的 $\frac{1}{2}$ 倍，壓降當然也是原來的 $\frac{1}{2}$ 倍。

- (②) 24. 將 3 庫倫電荷在 5 秒內由電位 20 伏特處移至 80 伏特處，則平均功率為 ① 24 W ② 36 W ③ 48 W ④ 51 W。

解：能量 $W = QV = 3 \times (80 - 20) = 180$ 焦耳

$$\text{功率 } P = \frac{W}{t} = \frac{180}{5} = 36 \text{ 瓦}$$

- (②) 25. 220 V，200 W 之燈泡兩個串聯後接 220 伏特電源，則消耗總功率為 ① 50 W ② 100 W ③ 200 W ④ 400 W。

解：燈泡內阻 $R_1 = R_2 = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{200} = 242 \Omega$

兩燈串聯則總電阻 $R_T = R_1 + R_2 = 242 + 242 = 484 \Omega$

$$\text{總功率 } P_T = \frac{V^2}{R} = \frac{220^2}{484} = 100 \text{ 瓦}$$

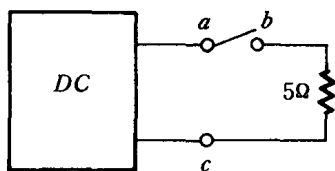
- (④) 26. R_1 與 R_2 並聯接於某電源時，各消耗 150 W 及 50 W 之功率已知 $R_1 = 150 \Omega$ ，則 R_2 為 ① 50 Ω ② 150 Ω ③ 300 Ω ④ 450 Ω 。

解：兩電阻並聯電壓相等，由 $P = \frac{V^2}{R}$ 可知功率與電阻成反比，

P_2 為 P_1 之 $\frac{1}{3}$ 倍，故 R_2 為 R_1 之 3 倍，

$$R_2 = 150 \times 3 = 450 \Omega$$

- (③) 27. 如圖 S 打開時 $V_{ab} = 24 \text{ V}$ ，
 ab 接通時 $I = 3 \text{ A}$ ， ac 短路時 I 為 ① 4.8 A ② 6 A ③ 8 A ④ 12 A。



解：(1) S 打開時

$$V_{ab} = V_{ac} = E = 24 \text{ 伏}$$

(2) a ， b 接通時

$$\begin{aligned} V_{ac} &= I \times R = 3 \times 5 \\ &= 15 \text{ 伏} \end{aligned}$$

