

學電實用簡易

高攀桂 編譯



發行書店

卷 首

1. 本書內容淺而易解，並無高深理論，多實際工作資料，職業學校，技工訓練班採用為課本最為適宜，而從事電氣事業者，業餘參考，尤為合宜，此為本書編述的主要目的。
2. 本書內容所用各項單位均用公制，在實用時頗為便利。
3. 本書係在工餘所編述，腹儉時促，內容疏悞之處，在所難免，尚祈先進諸公不棄見教，俾於再版時修正，則幸甚矣。
4. 編述本書，承蒙路伯善、邵鴻信二位先生賜予指教，實深感荷，本書改稿及製圖是由屠文秀、唐晏華兩同志在工餘抽暇來幫忙，一併致謝。
5. 編者是一個工人出身，本來就沒有能力寫東西，不是客氣而是事實，這一本薄薄的小冊子，不過是由於工餘參考以及實際工作所得筆錄下來，彙集成帙而已，自感學識淺陋，經驗缺乏，本不足以道論更不能寫作，然本諸學習與研究的主旨和精神，所以才不揣拙愚大胆的寫出來了，尚望先進明達和同業的諸同志們不棄見教，對於本書的內容要不客氣的加以批評及指導，是所至禱。

6. 本書經第一版發行到現在承蒙各方面同志的熱心指導，提出了許多寶貴的意見，使本書在修改內容上得到了很大的幫助，希望讀者對於此次再版更多的提出意見和批評，使本書的內容可以更往好提高一步。

編者 1950年12月

目 錄

第一章 電磁概念

1. 帶電現象.....	1
2. 電流.....	1
3. 導體和不導體.....	2
4. 電阻.....	3
5. 電壓.....	3
6. 電力.....	4
7. 電力量.....	4
8. 歐姆定律.....	5
9. 電阻的聯接法.....	5
10. 基爾克夫定律.....	6
11. 電路.....	8
12. 電流計及電壓計的使用法.....	8
13. 分流器.....	9
14. 韋氏電橋.....	10
15. 電流之熱作用.....	11
16. 磁鐵.....	12
17. 電磁作用.....	13
18. 鐵的磁化.....	13
19. 電磁誘導.....	14
20. 保磁特性.....	

第二章 直流機械

1. 直流發電機的意義和原理	19
2. 直流發電機的構造	19
3. 直流發電機的種類	21
4. 直流發電機的特性和用途	22
5. 直流發電機的並列運轉	23
6. 直流電動機	24
7. 直流電動機的種類特性和用途	25
8. 直流電動機的起動法	27
9. 直流電動機的速度調整和旋轉方向的變更法	28
10. 直流電動機使用時的注意事項及故障	28
11. 直流電動機的能率和定格	0

第三章 交流概念

1. 交流	33
2. 交流的瞬時值，最大值及有效值	34
3. 位相	34
4. 交流電力	35
5. 電阻電路	35
6. 誘導電路	36
7. 電容電路	36
8. 總阻	37
9. 三相交流	38
10. 三相交流電力	39
1. 旋轉磁場	39

第四章 交流機械

1. 交流發電機的原理	42
2. 交流發電機的種類及構造	42
3. 同期電動機	44
4. 變壓器的原理	45
5. 變壓器的特性	46
6. 變壓器的構造	47
7. 變壓器的使用法	47
8. 普通常用變壓器的各種三相結線法的比較	48
9. 特殊變壓器	49
10. 三相誘導電動機的原理及構造	50
11. 三相誘導電動機的特性	52
12. 三相誘導電動機的起動法	53
13. 三相誘導電動機的速度調整法	54
14. 籠型誘導電動機與捲線型誘導電動機的起動電流和 起動旋轉力	55
15. 單相誘導電動機	55
16. 旋轉變流機	56
17. 整流器	57

第五章 電氣計器

1. 電氣機器的種類	62
2. 電壓計	63
3. 電流計	64
4. 電力計	65

5. 積算電力計	66
6. 麥哥電阻測量器	67

第六章 送電及配電

1. 送電方式	69
2. 配電方式	70
3. 電桿	71
4. 架線用橫木	79
5. 銅的固有電阻	80
6. 銅線電阻的計算公式	81
7. 電線的計算法	83
8. 安全電流	87

第七章 蓄電池

1. 蓄電池	91
2. 鉛蓄電池	91
3. 蓄電池的充電	92
4. 鉛蓄電池保守要項	92

第八章 電燈及照明

1. 電燈的原理和種類	94
2. 白熱電燈	94
3. 弧光燈	95
4. 放電燈	95
5. 照明方式	95
6. 照明強度	96

附 錄

公式集全	100
硬銅線重量及電阻表	103
軟銅線重量及電阻表	104
合股銅線重量及電阻表	106
鋁單線重量及電阻表	107
常用線規比較表 (一)	109
常用線規比較表 (二)	110
三相誘導電動機所用電線, 開閉器, 保險容量表 (220 V)	111
三相誘導電動機 (3300 V) 所用電線及電流計表	112
電燈, 電熱器配電用電線表	113
公制及英制比較表	113

簡易實用電工學

第一章 電磁概念

(1) 帶電現象

用乾毛巾磨擦橡皮棒，或用絹類磨擦玻璃棒，將橡皮棒或玻璃棒接近碎通草紙或碎紙片時，碎紙片等即被吸引，這就是橡皮棒或玻璃棒等因磨擦而生電的緣故，這種現象就叫帶電 (Electrification)。帶電的物體叫做帶電體。

由於磨擦而呈帶電現象的物體不僅是玻璃棒，絹布等亦然，對於碎紙片等也有吸引的作用，但是因為所生的電不同，作用也因之而相反，玻璃棒等所生的電叫做陽性電，絹類等所生的電叫做陰性電，這兩種電的基本定律如下：

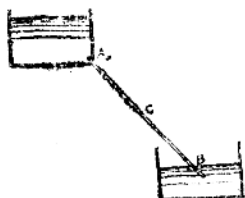
- a. 二帶電體同性相斥，異性相吸。
- b. 作用在二帶電體間的力，和二帶電量的乘積成正比，與二帶電體間距離的平方成反比。

上述的定律叫做庫倫定律。

作用在二帶電體間的力與帶電量成正比已如上述，設有與甲帶電體成一定距離的乙丙二帶電體，丙與甲間作用的力如為乙與甲間作用力的二倍時，則丙帶電體的帶電量即等於乙的二倍，所以由於帶電體作用力的大小可以將帶電量的多寡測出，帶電量的實用單位為庫倫 (Coulomb)。

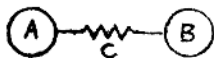
(2) 電流

如第一圖 A、B 爲二水槽，C 爲水管，因二水槽的水位不同，所以 A 槽的水經水管 C 而流向 B 槽，同理如第二圖，陽帶電體 A 與非帶電體或陰帶電體 B 用金屬線 C 聯接時，則陽帶電體 A 的陽電即經金屬線 C 而流向 B 這就是電流，電流用每單位時間內所流電量（即帶電量）的多寡來計算。



第一圖

電流的實用單位爲安培（Ampere 簡寫爲 A）



第二圖

（如第二圖設由帶電體 A 經金屬線 C 每秒鐘可流過 1 庫倫的電量時，則該金屬線 C 的電流強度爲 1 安培。）所以 3 安培的電流繼續流 2 秒鐘時，其電量就等於 6 庫倫，即電量等於電流與時間的乘積，用公式來表示如下：

$$Q = At \dots \dots \dots (1)$$

在上式 Q = 電量，單位是庫倫 A = 電流，單位是安培
 t = 時間，單位是秒

又電量的實用單位也有用小時計算的，例如一安培的電流繼續流一小時時，其電量叫做一安培時（Ampere Hour 簡寫爲 A.H.）。

（3）導體和不導體

帶電體與非帶電體用金屬線聯接時，就有電流由帶電體經金屬線而流向非帶電體，若用玻璃棒代替金屬線時，則無電流通過，像上面兩種物體易於傳導電流的物體叫做導體，不易傳導電流的物體，叫做不導體，但所謂不導體並非電流絕對不能通過，而導體的傳導電流也並非絕對沒有阻碍，只

不過因為導電的難易而不同，普通以金屬叫做良導體，其中尤以銅銀等的導電率為最大；又不導體中用以防止洩漏電流的叫做絕緣體，主要的導體和不導體列舉如下：

導體——銀、銅、鋁、鎢、鉛、鐵、白金、水銀、炭、電解液、不純水。

不導體——紙、棉、絹、皮、毛、橡皮、樹脂、硫黃、玻璃等。

(4) 電阻 (Resistance)

具有阻止電流的性質者叫做電阻，所以不導體的電阻極大，而導體的電阻極小，電阻的實用單位為歐姆 (Ohm簡寫為 Ω) 導體的電阻常因導體的長短及其切斷面積的大小而不同，導體愈長其電阻愈大，切斷面積愈大電阻愈小，換句話說，就是電阻與導體的長度成正比，與切斷面積成反比，用公式來表示如下：

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2)$$

上式中的 R 為電阻， L 為導體長度， A 為導體的切斷面積， ρ 為常數，設某種導體長1公尺的電阻是0.5歐姆，則其長5公尺時的電阻就是2.5歐姆。絕緣體就是電阻極大的物質，他本身的固有電阻叫做絕緣電阻，因為他的值很大，單位常用百萬歐姆來計算叫做麥格歐姆 (Megohm簡寫為 $M\Omega$)。

又物體的電阻因溫度而變化，普通金屬的電阻與溫度成正比，但炭，電解液，絕緣物的電阻則與溫度成反比。

(5) 電壓

導體內的電阻可以阻止電流通已如上述，所以欲使電流暢流無阻，必須增加電流的原動力，這個原動力就叫做電

壓，也叫電位差，電壓可視與水壓同，欲使水流暢盛，必須增加其水壓，電流也是如此，如欲向遠方大量送電，必須昇高其電壓，電壓的實用單位叫做伏特 (Volt 簡寫為 V)。所謂 1 伏特的電壓就是當導體電阻為 1 歐姆，如欲通過 1 安培的電流時所需要之原動力。

(6) 電力

電力就是電的能力的意思，也有叫電動力的。例如電氣機械用具等供給電流時，則生熱，或發光，或使之旋轉，而變為定量的功，功的單位為朱爾 (Joule)，每秒鐘完成 1 朱爾的功所需的電力叫做一瓦特 (Watt 簡寫為 W)，電力等於電流與電壓的乘積，一瓦特的電力就是電壓 1 伏特時使用 1 安培的電流的電能，假如電壓為 1 伏特所需電流為 2 安培時，則其電力就等於 2 瓦特，普通 E 伏特的電壓，電流使用 1 安培他的電力可由下面公式求出：

$$W = EI \text{ 瓦特} \dots\dots\dots (3)$$

瓦特的千倍叫做基羅瓦特 (Kilo-Watt 簡寫為 K.W.) 在實際計算電力時多用這個單位，又當計算機械的定格出力時，單位也有用馬力的 (Horse Power 簡寫為 H.P.) 1 馬力即相當 746 瓦特的電力，大約等於 $\frac{3}{4}$ K.W.。

(7) 電力量

一定時間內使用的電力總量叫做電力量，為時間與電力的乘積，電力量的多寡以小時計算，實用單位為瓦特時 (W.H.) 或基羅瓦特時 (K.W.H.)。一瓦特時就是一瓦特的電力繼續使用一小時的電力量，一基羅瓦特時就是一基羅瓦特的電力繼續使用一小時的電力量，如 5 基羅瓦特的電氣機械繼續使用 2 小時時，他的電力量就等於 $5 \times 2 = 10 \text{ K.W.H.}$ 。

(8) 歐姆定律

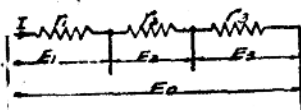
導體內的電阻，具有阻止電流通的性質，又電壓為電流的原動力，如欲遠方大量送電，必須昇高電壓已述於第(4)(5)兩節，所以流於導體內的電流與電壓成正比，與導體內的電阻成反比，這就是歐姆定律。現在假設電壓為 E ，導體內的電阻為 R ，電流為 I ，則三者間的關係用公式來表示如下：

$$\left. \begin{aligned} \text{電流 (安培)} &= \frac{\text{電壓 (伏特)}}{\text{電阻 (歐姆)}}, I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots \\ \text{電壓 (伏特)} &= \text{電流 (安培)} \times \text{電阻 (歐姆)}, E = IR \end{aligned} \right\} \dots\dots (4)$$

應用上式如已知電路的電阻和供給的電壓，所需電流即可求出，又如已知供給電壓和所需電流，則該電路的電阻，也可用上式求出，又上式如當電阻極小幾近於0時，則電流近於無限大，此時叫做短路 (Short circuit)

(9) 電阻的聯接法

多數電阻 R_1, R_2, R_3 等如第三圖的方法聯接時叫做直列聯接法，此時合成電阻 R 可求之如下：



電阻直列聯接
第三圖

因電阻 R_1, R_2, R_3 所生的電壓降下

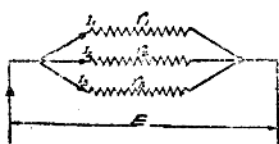
$$E_1 = R_1 I, E_2 = R_2 I, E_3 = R_3 I$$

$$E_0 = E_1 + E_2 + E_3 = R_1 I + R_2 I + R_3 I = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\therefore \text{合成電阻 } R = \frac{E_0}{I} = \frac{I (R_1 + R_2 + R_3)}{I} = R_1 + R_2 + R_3 \dots\dots\dots (5)$$

即合成電阻等於各電阻的總和。

又多數電阻如第四圖的方法聯接時叫做並列聯接法，其合成電阻 R 則可由下式求出：



電阻並列聯接 第四圖

$$\text{分路電流 } i_1 = \frac{E}{R_1}, \quad i_2 = \frac{E}{R_2}, \quad i_3 = \frac{E}{R_3}.$$

$$\text{總電 } I_0 = i_1 + i_2 + i_3 = \frac{E}{R_1} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} = E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

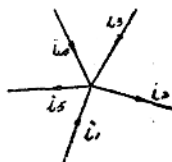
$$\therefore \text{合成電阻 } R = \frac{E}{I_0} = \frac{E}{E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots\dots\dots (6)$$

即合成電阻的逆數等於各電阻逆數的和。

(10) 基爾克夫定律 (Kirchhoff's Law)

第一定律：在電路中的任何一點，其電流的代數和必等於零。即流向此點的電流和必與由此點流出的電流和相等。

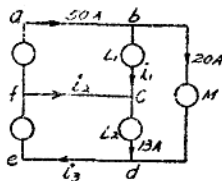


第五圖

$$\text{如第五圖 } i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

又如第六圖， ab 線為 $50A$ ， L_2 為 $13A$ ， M 為 $20A$ ， i_1, i_2, i_3 各是多少安培？

解法：先把電流方向確定，如得的電流值為負數時則電流方向必與確定方向相反。應用基爾克夫第一定律



第六圖

在 b 點 $i_1 + 20A = 50A \quad \therefore i_1 = 30A$

在 c 點 $i_1 + i_2 = 13A$

$30A + i_2 = 13A \quad \therefore i_2 = -17A$

在 d 點 $i_3 = 20A + 13A = 33A$

結果求得 i_2 的方向與原方向相反，即電流 i_2 的方向非為 $\overrightarrow{fc}$ 的方向，實際為 $\overrightarrow{cf}$ 的方向。

第二定律： 在任何一電路中，依一定的方向，其各部電壓降下的代數和，必等於起電力的代數和。

如第七圖 電路電壓降下的總和 = $I(R + R_1 + R_2)$

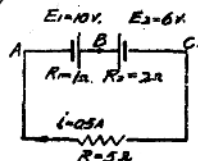
$$= 0.5(5 + 1 + 2)$$

$$= 4V.$$

電路起電力的代數和 = $E_1 - E_2$

$$= 10 - 6$$

$$= 4V.$$



第七圖

$$\therefore I(R + R_1 + R_2) = E_1 - E_2.$$

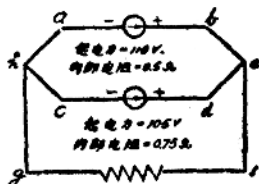
例一： 如第八圖， $E_1 = 110V$ 。

內部電阻 $r_1 = 0.5\Omega$ ， $E_2 = 105V$ ，內

部電阻 $r_2 = 0.75\Omega$ ，負荷電阻為 3.25Ω

Ω 。應用基爾克夫第二定律，

在 abefgh 電路中



第八圖

$$0.5I + 3.25(I_1 + I_2) = 110V \dots\dots\dots (A)$$

在 cdefgh 電路中

$$0.75I_2 + 3.25(I_1 + I_2) = 105V \dots\dots\dots (B)$$

(A)(B) 二式化簡並聯立，

$$3.75 I_1 + 3.25 I_2 = 110.$$

$$3.25 I_1 + 4 I_2 = 105$$

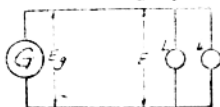
解二元一次聯立方程

$$\therefore I_1 = 22.25 \text{ A}, \quad I_2 = 8.17 \text{ A}$$

$$I_1 + I_2 = 30.42 \text{ A}$$

(11) 電路

由於蓄電池或發電機供給外部用電叫做電源，使電能變為熱能或機械能像電燈，電熱器，電動機等叫做負荷，由電源供給負荷電力所用的電線路叫做配電線路或簡稱為電路 (Circuit)。第九圖為一最簡單的電路，今設 E_g 為電源電壓， E 為負荷端子電壓， I 為送電電流， r 為電路一條電線的電阻，那麼消費在電路的電壓降下為 $2Ir$ ，所以電源的電壓等於負荷電壓與電路電壓降下的和，用公式來表示如下：



第九圖

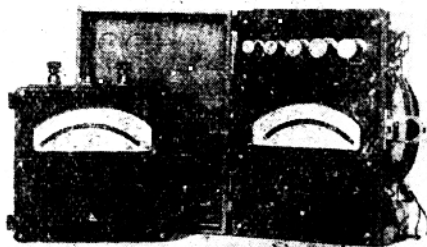
$$E_g = E + 2Ir \dots\dots\dots \left. \begin{array}{l} \text{上式兩邊用 } I \text{ 乘之 } E_g I = EI + 2I^2 r \dots\dots\dots \end{array} \right\} \dots\dots (7)$$

上式 $E_g I$ 為送電電力， EI 為受電電力，而消失在配電線路的電力為 $2I^2 r$ 。

(12) 電流計

及電壓計的使用法。

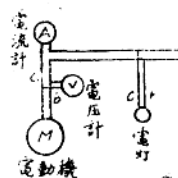
測量電流的大小時所用的計器叫做電流計，其外形如第十圖，如欲測量某一電路內的電



第十圖

流時，因為在電路內的任何一部份，其電流均相等，所以按第十一圖的接線法，將電流計接在電路的任何一部份，電流計指針所表示的數值，均為該電路所通過的電流。

測量電路任意二點間電壓的大小時所用的計器叫做電壓計，其外形與電流計相同，測量時的接線法如第十一圖，將電壓計的二端子直接與所欲測量電壓的二點聯接，電壓計指針所表示的數值，即為所量的電壓值。

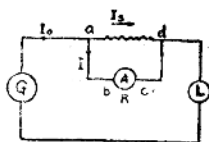


第十一圖

又如第十一圖的接線法，電壓計的指示電壓，為供給電動機的端子電壓，如欲測量電燈的供給電壓時，須將電壓計的二端子接在 C. D. 二點，此處應須留意。

(13) 分流器

用電流計直接測量電路的通過電流時，因電流計內的導線極細，較大電流不能通過，所以其所測的電流值的範圍也很小，測量較大電流時，其接線法如第十二圖，與電流計並列接



第十二圖

以分流器 (Shunt)，設電流計的電阻為 R 分流器的電阻為 R_s 時，根據歐姆定律，在 a. b. 二點間的電壓

$$I_s R_s = I R \quad I_s = \frac{I R}{R_s}$$

$$\begin{aligned} \text{電路總電流 } I_0 &= I + I_s = I + \frac{I R}{R_s} \\ &= I \left(1 + \frac{R}{R_s} \right) \end{aligned}$$