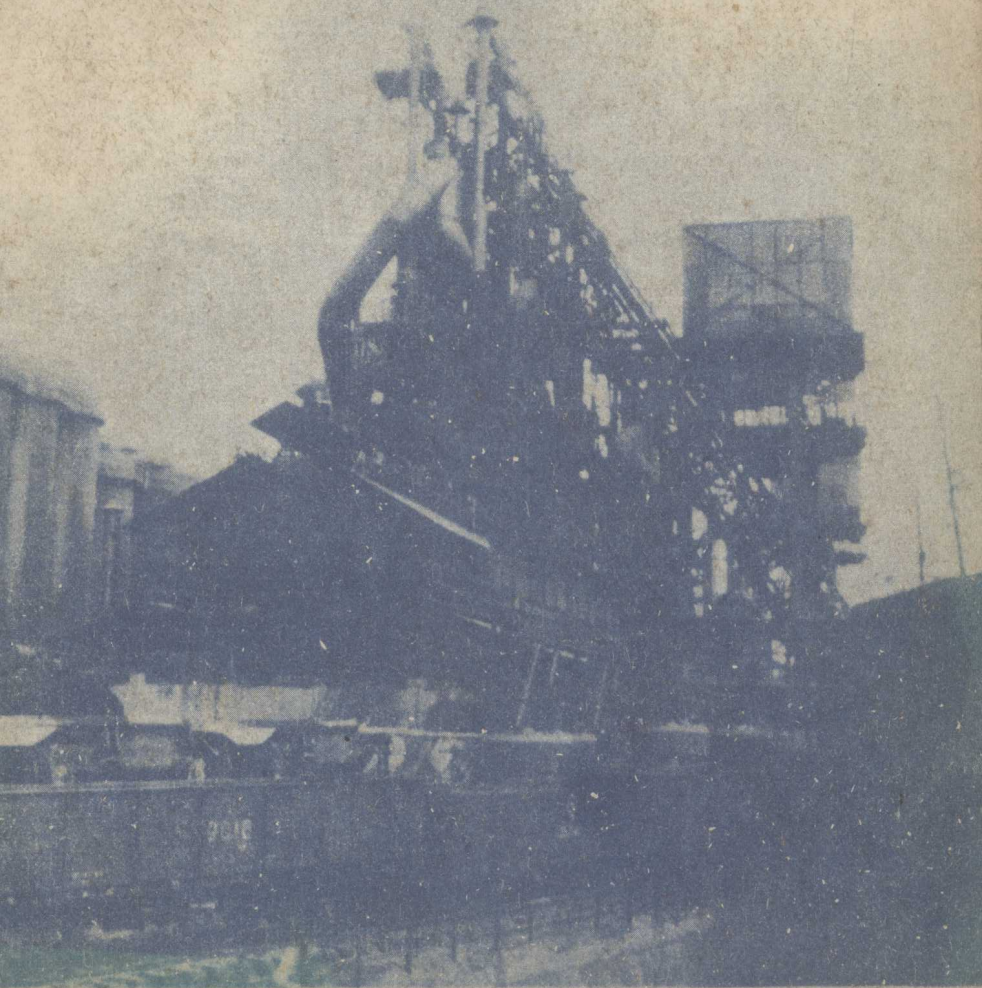


電氣理論冬訓教材



鞍山鋼鐵公司基建教育處

前 言

隨着國家大規模經濟建設的開始，相應的培養建設人才就成爲一項十分重要的工作，工業落後的舊中國遺留給我們的最大困難之一是工業建設幹部和技術力量的缺乏，這種情況使經濟建設不能大規模的展開，數年來經濟恢復的經驗，使我們認識到這一問題的嚴重性。

隨着鞍鋼基本建设工程先後竣工，即將開始大規模的冬訓工作，通過冬訓總結與推廣各種先進經驗，提高工人、幹部政治覺悟和技術業務水平，爲1954年和今後更加繁重的基本建設打下基礎。

適應今年冬訓和今後大量培養工人、幹部的需要我們組織各單位工程技術人員和技術工人編寫了拾陸種冬訓工人技術教材。教材內容主要是各種關鍵性的先進經驗和施工圖紙，操作規程等，並有適合技術工人學習的技術理論。由於各單位領導重視和支持，基建技工學校配合，並分別經過各單位工程技術負責同志審查，一般適合今年冬訓要求，並可供今後經常技術教育之用。

由於時間倉促，加以工程任務繁忙，有些教材是利用業餘時間突擊出來的，以及我們工作上的缺點，冬訓教材不論在內容上和編排上，不可避免的都有不少缺點，希望讀者提出意見。

鞍鋼基建教育處

1953年11月24日

電氣理論冬訓教材

目 錄

第一章 電 工 原 理

§ 1. 電氣在工業上的發展	1
§ 2. 什麼是電	1
§ 3. 電 流	2
§ 4. 電流類種和定義	2
§ 5. 電 壓	3
§ 6. 電 阻	5
§ 7. 溫度變化對電阻的影響	6
§ 8. 歐姆定律	9
§ 9. 串聯電路	10
§ 10. 克希克夫第一定則	10
§ 11. 並聯電路	11
§ 12. 並聯電路中電流的分配	14
§ 13. 克希克夫第二定則	14
§ 14. 串並聯混合電路計算	15
§ 15. 電功率及計算公式	16

第二章 電 磁 原 理

第一節 磁 與 磁 鐵

§ 1. 磁的基本現象	19
§ 2. 磁鐵的構造及磁場	20
§ 3. 磁的數量	22
§ 4. 在磁場中的鐵磁體	22

第二節 電 磁

§ 1. 電流的磁作用	23
§ 2. 螺管線圈及電磁鐵	24
§ 3. 電磁鐵的應用	26
§ 4. 在磁場中帶有電流的導體	26
§ 5. 電動機原理	23
§ 6. 電和磁的比較	29

第三節 電 磁 感 應

§ 1. 電磁感應的概說	30
§ 2. 感應電流的方向	30
§ 3. 直流發電機原理	31
§ 4. 楞次定律	31
§ 5. 變壓器原理	32
§ 6. 渦 流	33

第三章 交流電的產生

§ 1. 交流電產生的概說	35
§ 2. 單相交流的產生	35
§ 3. 三相交流的產生	36
§ 4. 三相電功率	37

第四章 變 壓 器

§ 1. 變壓器的概說	39
§ 2. 變壓器的種類及應用	39
§ 3. 變壓器構造	40
§ 4. 變壓器的極性確定	40
§ 5. 單相變壓器的分頭使用	42
§ 6. 單相變壓器的計算	44
§ 7. 三相變壓器的計算	47
§ 8. 變壓器的損失	48
§ 9. 自耦變壓器	50

第五章 感 應 電 動 機

§ 1. 感應電動機的作用原理	53
§ 2. 鼠籠式感應電動機的構造	54
§ 3. 鼠籠式感應電動機的運用	55
§ 4. 鼠籠式感應電動機的特性和應用範圍	56
§ 5. 線繞式(捲線型)感應電動機的構造	56
§ 6. 線繞式感應電動機的特性和應用範圍	58
§ 7. 感應電動機的起動方法	58
§ 8. 感應電動機轉速的調節	60
§ 9. 感應電動機旋轉方向的改變(可逆方向)	62

第六章 電氣測驗儀器

第一節 電氣測驗儀器的基本知識

§ 1. 電氣儀器的分類	64
--------------	----

§ 2. 儀器構成的三種因素	67
§ 3. 儀器產生誤差的因素及保護	69
第二節 電壓及電流的量測	
§ 1. 永磁式電壓表和電流表	68
§ 2. 電磁式（鐵轉式）電壓表和電流表	70
§ 3. 電壓與電流測定範圍的擴大	71
§ 4. 電壓表與電流表的不同點	74
第三節 功率的量測	
§ 1. 直流功率的量測	75
§ 2. 單相交流功率的量測	75
§ 3. 三相交流功率的量測	76
第四節 附 錄	
檢壓器	78
第七章 附錄電氣應用符號	
§ 1. 裝配施工圖紙用代表符號	80
§ 2. 電氣量測儀器用代表符號	87
§ 3. 照明施工圖紙用代表符號	88

第一章 電 工 原 理

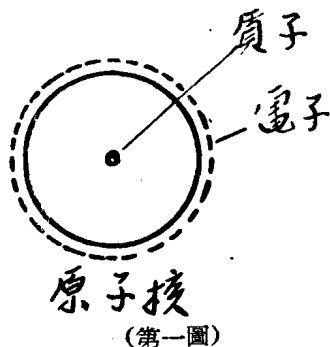
§ 1. 電氣在工業上的發展

我們人類自從有了電的社會現已一百餘年，前則還是多數工廠應用蒸氣機來帶動機器，但近來許多工廠和礦山皆採用電氣用來帶動機器，因此電的發展之快慢是以決定國家工業化的速度、所以電的產生是給我們日常生活中及經濟建設上莫大的方便，例如在工業方面的發電機、電動機、起重機、吊車、煉鐵爐、軋鋼、鼓風、排氣、送風、電焊、電熱等多之。在交通和運輸方面的電車（有軌無軌）雖即火車及輪船利用蒸汽飛機及汽車利用內燃機、但它們缺少電來照明即不能任意行駛。另外在日常生活中的電燈、電熱、電話、無線電、電報、收音機、擴大機、俱樂部的幻燈及電影等，由以上的諸種情況來看，凡其中之一如缺少電，則我們的工廠即不能產生，而經濟建設亦即發生重重困難，因此我們欲早日達到社會主義電氣化那麼我們一定要加強學習電的知識和電的理論。

§ 2. 什麼是電

據許多科學家和發明家的實驗證明，電是由物質或物體的摩擦而產生的，因此我們就必須研究為什麼經過摩擦後才能產生電呢？下面我們來討論一下摩擦生電的原因：

我們大家都知道凡宇宙間所有的物體全是由物質所構成的，而物質是由分子所構成，分子是由原子所構成，從此我們可以知道凡是物體或物質的不同，皆因其分子之不同有關。而分子之不同又與原子之不同有關係，但原子的不同皆由於原子核所含之電子與質子數目之多少有關係。總之，不同數量之電子與質子而構成不同的原子同理不同的原子構成不同的分子，不同的分子構成不同的物質，以致構成不同的物體。在原子核的周圍繞有高速旋轉之電子與其質子。其中質子的重量是電子的1845倍。



如果當我們在摩擦物體時，則核物體因被受摩擦而其中極小之原子亦被受極激烈的變化，這時其該原子上的電子就要移動到他原子上。如果我們繼續不斷的進行摩擦則電子也就更激烈的移動着。因此當我們在摩擦某種物體時，總會感覺些發熱，所以我們說這就是電的作用

因此我們說電是一種看不見摸不到的東西，我們根據電的性質可說成有正電負

電或(陽電陰電)在正負電之間互相有吸引力,而正電與正電負電與負電之間互相有排斥力。

§3. 電 流

上面在第二節中所知道的祇是電的性質,來源及現象,現在我們來研究一下電的流動,即是電流的問題。什麼叫電流呢?

首先我們要知道電是有動的和不動的,不動的電我們叫做「靜電」動的我們叫做「動電」如有一個電子從一原子移動到另一原子叫做電子的移動。但若有一成群的電子移動時,就形成電子流叫做「電流」。而電流的單位是可看做水在水管裡流動,以每秒咖喻數計算水流的大小。同樣電子在導體中流動時,以每秒鐘經過某點的庫倫數計算電量的大小,(每一庫倫約有 624 億億個電子)

電流以 I 表示單位以安培計算(一安培為一秒鐘內流過一庫倫電子的數),在 t 時間內有 Q 庫倫電量流過,某點的電流,以下式計算:

$$I = \frac{Q \text{ (庫倫)}}{t \text{ (秒)}} \dots\dots\dots (1)$$

例一 如有一根銅棒 5 秒鐘通過 30 庫倫求該銅棒所流過的電流是多少安培 (A)

已知 $Q = 30$ $t = 5$ 求 I

$$\text{則 } I = \frac{Q}{t} = \frac{30 \text{ 庫倫}}{5 \text{ 秒}} = 6 \text{ A (安培)}$$

例二 有一根導線通過 3 安培的電流共流了 5 分鐘求一共所流過的電量是多少?

因為 $I = \frac{Q}{t}$ 所以由代數移項可寫成

$$Q = I \times t \dots\dots\dots (2)$$

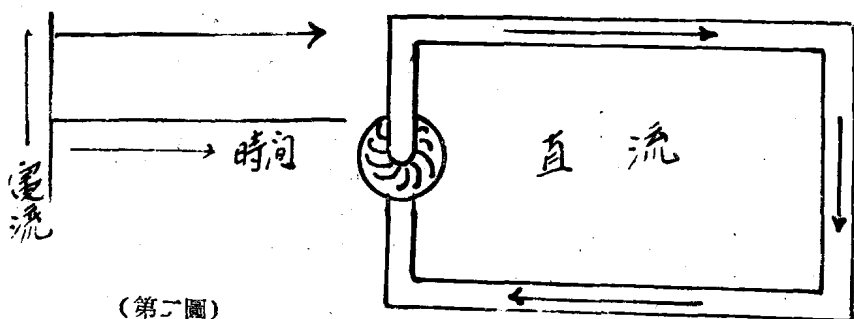
$$Q = 3 \times (5 \times 60) = 3 + 300 = 900 \text{ 庫倫}$$

§4. 電流種類和定義:

電流的種類是由電流所流動的方向和形態而決定,根據決定可分如下五種電流:

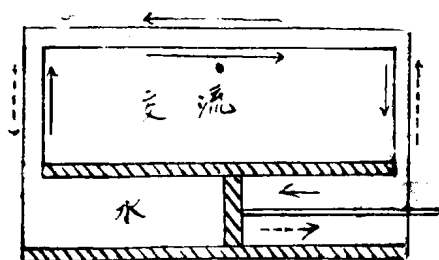
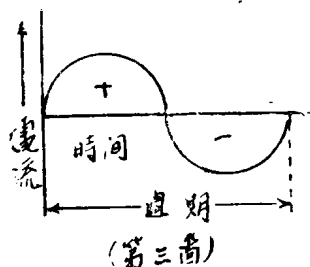
(1) 直流——在一回路中電流的數字可變但其方向永久不變叫做直流電。

例如一離心式排水機排水的情形與其直流電流的方向相仿。



- (2) 脈振電流——為直流的一種其數按一定的規則振動。
- (3) 連續電流——為非脈振的直流普通所謂直流無有特別說明者
- (4) 交流電——指一種有週期性之電流其方向與數值之變換按時間依次重複並且在電線上所流向某一方向之電流必等於所流向反對方向之電流通過交流電時電線中之電子在一定點只有進行返復之移動，並不繼續前進。

普通交流其方向之變換，每秒鐘為 120 次即是每秒 60 週，或 100 次即是每秒 50 週而其週波數或（頻率數）可寫成 60 週/秒 50 週/秒 而交流電所構成之情形，正如我們常見的往復式排水機排水的情形相仿。



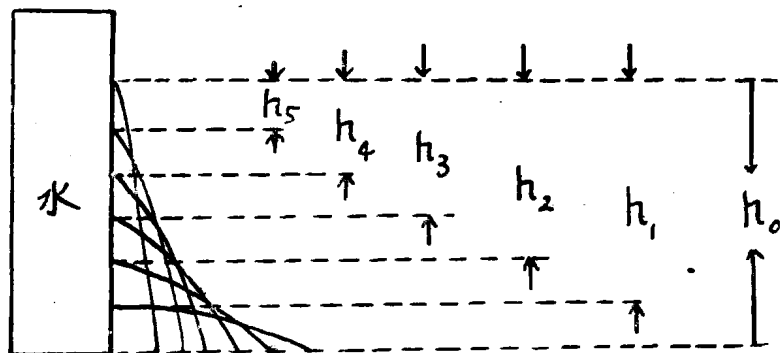
(第三圖)

- (5) 振擺電流——振擺電流亦有週期性之電流，但它的頻率數（週波數）根據電路中常數而定。在本節所講的五種中（2）（3）（5）為經常不用的在本講義中只作參考，而最主要的是（1）（4）兩種電是我們經常用到的，希望大家要特別注意這點。

§5. 電 壓

我們都知道水受壓力才能流動，不但如此而且水還能從水位高的地方流到低的地方去，電也是如此，必須有電位差電子才能流動而成電流，要想得到電位差的方法很多，例如由蓄電池之化學作用，導線在磁場中的移動（發電機感應作用）或用正負電荷隔離方法等。

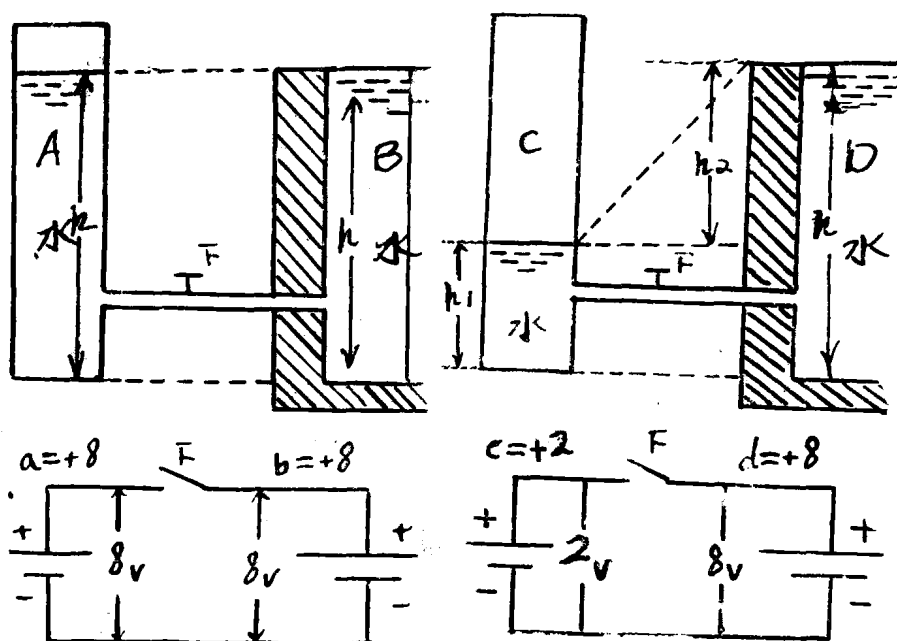
現在我們研究一下電位與水位的比較，即可以看出電壓的關係來例如有盛滿着水的圓筒週圍可以鑽出距離相同的圓眼 可以看出水流的方向和速度來決定出來壓力的關係。



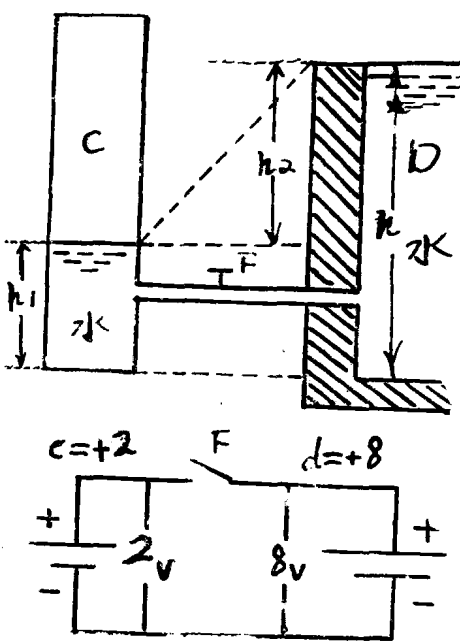
(第四圖)

假定 $h_0 = 12$ 仟克則 $h_1 = 10$ 仟克 $h_2 = 8$ 仟克 $h_3 = 6$ 仟克 $h_4 = 4$ 仟克 $h_5 = 2$ 仟克

從上面的情形來看可以知道水位的高低與所流出的水快慢有關係因此我們又可以知道如果水位相同時，即沒有此現象在由水位不相同時如六圖所示的情形



(第五圖)



(第六圖)

如第五圖中，上圖表示之A、B兩水槽的水位相等，如若將水閥F打開則B槽內水即不能流向A槽，同樣A槽水也不能流向B槽內，但電流亦然如五圖中下圖所示a電池之電壓與b電池電壓相同均為8伏，如將開關F合閉時，則電流不能由a方

流向 b 方或 b 方流向 a 方。

另外看第六圖中上圖表示之 C、D 兩水槽的水位不相等，如若將水閥打開時，而水一定由 D 槽流向 C 槽，因為 D 槽的水位較 C 槽的水位多高出 $h - h_1 = h_2$ 但電流亦然，如六圖中下圖所示 C 電池的電壓為 2 伏，d 電池的電壓為 8 伏，如將開關 E 合閉則電流必由 d 電池流向 C 電池中。其流向的趨勢是依據 $8 - 2 = 6$ 伏的大小而決定，上面所述之情況即是我們所常聽到的電位差。

§ 6. 電阻：電阻是一種阻擋電子流動的東西當電流通過導體時之多少不僅是有與電壓的關係而且也於電阻大小有關係，所以我們說在一金屬電路中其電壓與電流有一定之比如電位差若提高一倍則電流也加大一倍，此電壓與電流之比即為該電路中之電阻，其電阻的單位以歐姆表示 (Ω) 電綫對電流於所發生之電阻可看做水管對於水流所發生的摩擦阻力相同，電阻的大小除與其導體的質量有區別外與其導體的長短粗細均有莫大的關係。由於各種金屬材料的不同則它們的導電係數也均不同一般電阻係數以 ρ 表示，電阻以 R 表示，導體粗細之橫斷面積以 A 表示，導體的長短以 L 表示，由它們的互相關係可寫出如下公式

$$R = \rho \frac{L}{A} \dots \dots \dots (3)$$

由公式 (3) 中可以看出其導體的長短 L ，電阻係數 ρ 與導體電阻成正比，與導體的粗細 A 成反比。

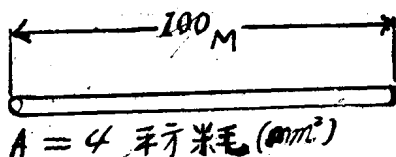
如長一米，橫斷面積一平方耗的導體所具有電阻的歐姆數，叫做該導體的電阻係數 (ρ) 表示

下面介紹幾種物質的電阻係數表：

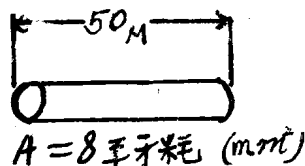
導 體 材 料	電 阻 係 數 ρ
銀	0.016
銅	0.0175
鋁	0.03
鎢	0.05
鐵	0.13
鉛	0.2
銅鎳合金 (涅克林)	0.42
錳銅 (銅錳鎳合金)	0.43
康 銅	0.5
汞 (水銀)	0.94
鎳鉻 (鎳鉻鐵錳合金)	1.1

例如有兩根銅棒 (如圖七、八) 一棒為 100 米長，橫斷面積為 4 平方耗，另一棒為 50 米長，橫斷面積為 8 平方耗，其銅的電阻係數由上表可知為 0.0175，求兩棒的電

阻各多少歐姆？



(第七圖)



(第八圖)

解 用公式 (3) $R = \rho \frac{L}{A}$

已知 $\rho = 0.0175$, $L = 100$ 米及 50 米

$A = 4$ 平方毫米及 8 平方毫米

$$R = 0.0175 \times \frac{100}{4} = 0.0175 \times 25 = 0.4375 \text{ 歐姆。}$$

$$R = 0.0175 \times \frac{50}{8} = 0.0175 \times 12.5 = 0.109375 \text{ 歐姆。}$$

除上述情形以外電阻與其溫度的變化亦有改變，即是一切純碎金屬的電阻隨着溫度而增加因此我們不論施工中或檢修中不能不考慮當時周圍的溫度及機器溫度。其溫度與電阻的關係在下節講述。同時我們還應該知道一般常常聽到的名詞茲分別解釋如下：

- (1) 導體——凡能使電流通過的物體則該物體即叫做導體。
- (2) 良導體——在導體當中比較好的導體叫做良導體即是純金屬當中的銀、銅、鋁、鉛、軟鐵，鋼，錫等。
- (3) 半導體——即能使電流通過但在通過時又稍較困難叫做半導體也可以說是電阻材料，例如不純的水，食鹽，人體，潮濕的木頭，鎳鉻合金，銅鎳合金等。
- (4) 絕緣體——凡是與電流斷絕關係的物體均稱絕緣體例如石棉，云母，瓷器，玻璃，大理石，橡膠，石油，變壓器絕緣油，桐油，絲毛，麻，棉，木，紙，真空等等。

§ 7. 溫度變化對電阻的影響。

一般大多數金屬的電阻隨溫度的升高而加大，凡具有這種性質的金屬就叫做它有正的電阻溫度係數，溫度係數就是溫度每當變化攝氏一度，每歐姆電阻所改變的歐姆數，其關係式如下。

式中 $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$
 t 表示變化的溫度
 R_t 表示在 $t^\circ\text{C}$ 時的電阻。
 R_0 表示在 0°C 時的電阻，
 α 表示電阻的溫度係數。

(在 0°C 時銅的 $\alpha = 0.00427$)

假如使 0°C 時一銅線的電阻是 10 歐姆，則在 20°C 時電阻變為

$$\begin{aligned} R_0 &= 10 \Omega \\ R_t &= R_0 (1 + \alpha t) \\ \alpha &= 0.00427 \\ t &= 20^{\circ}\text{C} \\ R_t &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_t &= 10 (1 + 0.00427 \times 20) \\ &= 10 \times 1.0854 = 10.854 \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

但是因為在實用時不一定是從 0°C 的溫度變到另一個溫度對於電阻的改變。因此我們需要來出一個不用 0°C 的計算公式來。

設 R_1 與 R_2 各為在溫度 t_1 與 t_2 時候的電阻，則，

$$R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1) \dots\dots\dots (5)$$

$$R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2) \dots\dots\dots (6)$$

以公式 (6) 除公式 (5) 得

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2} \dots\dots\dots (7)$$

設在 0°C 時銅的 $\alpha = 0.00427$ ，則 $\frac{1}{\alpha} = 234.5$ 將此值代入公式 (7) 中，我們可以寫成

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{234.5 + t_1}{234.5 + t_2} \dots\dots\dots (8)$$

這個公式很有用處，一般用它來計算銅線的溫度與銅線的電阻，都是一樣的方便。

對於任何不以 0°C 為開始溫度係數，可由下面的方程式算出。

$$\alpha_1 = \frac{1}{234.5 + t_1}$$

故 20°C 時銅的電阻溫度係數是

$$\alpha_{20} = \frac{1}{234.5 + 20} = \frac{1}{254.5} = 0.00363$$

同樣 40°C 時銅的電阻溫度係數是

$$\alpha_{40} = \frac{1}{234.5 + 40} = \frac{1}{274.5} = 0.00364$$

其他溫度時，如此類推。

若想計算任何導線因為電流通過所引起的升高（它的溫度係數 α 與銅的溫度係數不同）則用下式

$$t_2 - t_1 = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) \left(\frac{1}{\alpha} + t_1 \right) \dots\dots\dots (9)$$

例題一、線圈在 20°C 時的導線的電阻為 49.122 歐姆，當溫度升到 65°C 則電阻增加到 50 歐姆。試計算此導線的溫度係數？

解 要將公式 (7) 解出

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}$$

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

$$R_1 + R_1 \alpha t_2 = R_2 + R_2 \alpha t_1$$

移項

$$R_1 \alpha t_2 - R_2 \alpha t_1 = R_2 - R_1$$

左式提出 α

$$\alpha (R_1 t_2 - R_2 t_1) = R_2 - R_1$$

將 $(R_1 t_2 - R_2 t_1)$ 移至右邊得

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1}$$

$$\text{已知 } t_1 = 20. \quad t_2 = 65. \quad R_1 = 49.12 \Omega \quad R_2 = 50 \Omega$$

$$\alpha = \frac{50 - 49.122}{49.122 \times 65 - 50 \times 20} = \frac{0.878}{3192.93 - 1000} = \frac{0.878}{2192.93} = 0.0004$$

例題二、用銅線做其種發熱用的電熱器，其溫度係數， $\alpha_{20} = 0.0004$ ，設在 20°C 時線圈的電阻為 20 歐姆，當電阻升高到 23 歐姆時，求此電熱器的工作溫度是多少？

解 要將公式 (9) 解得

$$t_2 - t_1 = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) \left(\frac{1}{\alpha} + t_1 \right)$$

$$t_2 = \left(\frac{R_2 - R_1}{R_1} \right) \left(\frac{1}{\alpha} + t_1 \right) + t_1$$

$$t_1 = \left(\frac{23 - 20}{20} \right) \left(\frac{1}{0.0004} + 20 \right) + 20$$

$$t_2 = \frac{3}{20} \times 2500 + 20$$

$$= 375 + 20 = 395^\circ\text{C}$$

例題三、銅線線圈在 20°C 時的電阻是 0.16 歐姆，問在 83.6°C 時的電阻是多少？

解 要將公式 (8) 解得

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{234.5 + t_1}{234.5 + t_2}$$

則

$$R_2 = \frac{R_1 (234.5 + t_2)}{234.5 + t_1}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0.16(234.5+83.6)}{234.5+20} \\
 &= \frac{37.52+13.376}{254.5} \\
 &= \frac{50.896}{234.5} = 0.2 \text{ 歐姆}
 \end{aligned}$$

§ 8. 歐姆定律:

在第六節中已述過如在一金屬導體之電阻固定時電壓加大一倍則電流亦隨增加一倍。因此我們根據歐姆氏、由實驗證明電路中電流之大小與該電路內之總電壓成正比，與電路內之總電阻成反比，因此，我們根據電壓，電流，電阻三種因素可寫出如下公式

E 代示電壓以伏特計算 (V)

I 代表電流以安培計算 (A)

R 代表電阻以歐姆計算 (Ω)

$$I = \frac{E}{R} \dots\dots\dots (9)$$

設電燈的電阻是 200 歐姆它的兩端間之電壓是 120 伏特求此燈所通過的電流多少安培?

$$\text{以公式 (9) } I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{120}{200} = 0.6 \text{ 安培}$$

由公式 (9) 用代數移項法可得出如下公式

$$E = I R \dots\dots\dots (10)$$

例題2. 電動機激磁線圈的電阻是60歐姆電流是1.5安培求線圈兩端的電壓多少伏特?

依公式 (10) $E = IR$

$$E = 1.5 \times 60 = 90 \text{ 伏特}$$

由公式 (10) 用代數移項法可得出如下公式

$$R = \frac{E}{I} \dots\dots\dots (11)$$

例題3. 導線兩端間的電壓是10伏特電流是50安培求導線的電阻多少歐姆?

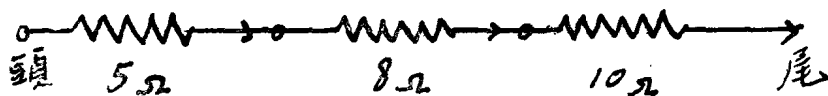
$$\text{依公式 (11) } R = \frac{E}{I}$$

$$R = \frac{10}{50} = 0.2 \text{ 歐姆}$$

§9. 串聯電路

在沒講串聯電路之前首先要知道什麼叫串聯電阻，串聯電阻也就是將若干個電阻的頭和尾相聯接成一串，則就叫做串聯電阻。

例如有電阻 5Ω 8Ω 10Ω如九圖所示。



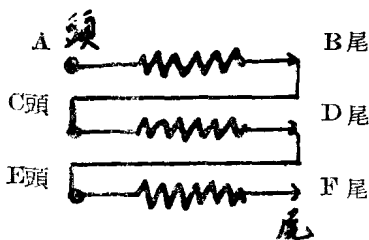
(第九圖)

$$R_{af} = R_{ab} + R_{cd} + R_{ef} + \dots$$

$$\text{所以 } R_{af} = 5\Omega + 8\Omega + 10\Omega + \dots = 23\Omega$$

如果要有數個電阻相串聯其總電阻為各單獨電阻之和 (相加)

$$\text{即 } R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots \quad (12)$$



(第十圖)

$$\text{則總電流 } I = \frac{E}{R} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots} \quad (13)$$

$$\text{同理 } E = I (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots) \quad (14)$$

因為串聯電阻都是在一條導線上所以每個電阻所通過的電流都相同但電壓是根據每個電阻的大小而決定。如電阻大則電壓降下也要多，電阻小則電壓降下也小。總之在串聯電路中，每段電流一樣，而每段的電壓降落如其電阻不同則每段電壓降下亦隨之不同。總電壓等於每段電壓降下總和， $E = IR_1 + IR_2 + IR_3 + \dots$

例題1. 有一個電壓表內電阻是 2Ω 串聯一個 20Ω 的電阻及一個 3Ω 的表示燈，接於線路電壓 $110V$ 上求電壓表內通過之電流多少安培？

$$\text{依公式 (13)} \quad I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{110}{2 + 20 + 3} = \frac{110}{25} = 4.4A$$

例題2. 有電阻 5Ω 、 10Ω 、 15Ω 、 20Ω 相串聯之電路通過的電流是 $2.2A$

求此電路所需之電壓為多少伏特 依公式 (14)

$$\begin{aligned} E &= I (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \dots) = 2.2 (5 + 10 + 15 + 20) \\ &= 2.2 \times 50 \\ &= 110V \end{aligned}$$

§10. 克希克夫第一定則

在一電路中如有數根導線相會合在一起，而通過會合點之電流必須等於流來的電流，即是電路中某點流入的電流必等於某點所流出的電流就叫做克希克夫第一定則。

由右圖可以寫出 A 點流的電流

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \dots \dots \dots (15)$$

從以上的情形可以寫出

$$I_1 + I_2 + I_3 - (I_4 + I_5) = 0$$

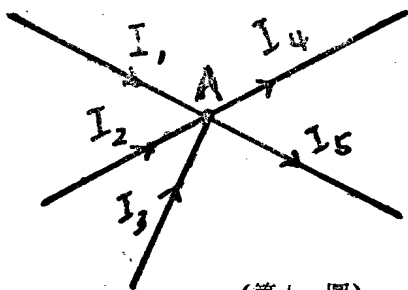
用一般普通的形式可以寫

$$\Sigma I = 0 \dots \dots \dots (16)$$

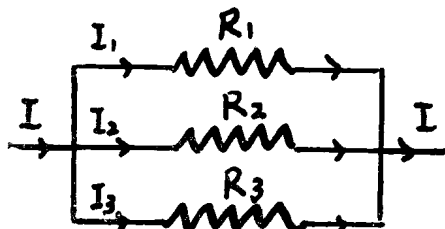
Σ 符號代表 A 點電流的總和

§ 11. 並聯電路

首先必須知道並聯電阻，並聯電阻就是將若干個電阻的頭和頭接起，尾和尾接起則叫做並聯電阻即是將若干電阻排成並列。



(第十一圖)



(第十二圖)

注意；串聯電阻是互相加起來為總電阻因為串聯電阻是越串聯多電阻就越大但並聯電阻則不然，因為電阻並聯的越多則通過的電流的通路也就更多，即是減少了電流流動的阻力所以並聯電阻與串聯電阻根本不同即是串聯電阻越多電阻越大，串聯電阻數

與總電阻數成正比，並聯電阻數與並聯總電阻成反比，並聯越多總電阻越少。

因此若並聯各電阻，以電導表示的時候，則其總等効電導，可以直接求得如下圖中所示其電導各為 G_1, G_2, G_3 ，及圖乙所示之三電阻 R_1, R_2, R_3 相並聯在這當中

$$\text{我們可以看出 } G_1 = \frac{1}{R_1} \quad G_2 = \frac{1}{R_2} \quad G_3 = \frac{1}{R_3}$$

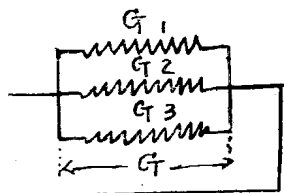
$$\text{其總等効電導 } G = G_1 + G_2 + G_3$$

$$\text{設 } R \text{ 為總等効電阻以 } G = \frac{1}{R} \text{ 代入上式得 } \frac{1}{R}$$

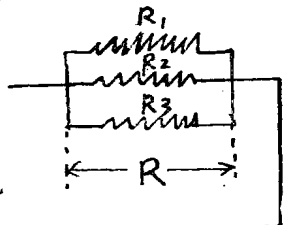
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \dots \dots \dots (17)$$

從而可以看出並聯各電阻相加時即為各電阻之反數（倒數）相加，因為並聯電路中之並聯電阻，同時接於同一電壓的電源上，所以在並聯電路中之每個電阻所受的電壓都相同。

故電流大小根據每個電阻的大小決定，如果電阻不同時，則每個電阻上所通過的電流也都不同，電阻若大流過的電流就少，電阻若小流過的電流就多。



圖甲 並聯之電導



並聯之電阻