

科學圖書大庫

空調及冷凍用電控設備

譯者 游允莊

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

空調及冷凍用電控設備

譯者 游允莊

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年四月二十四日初版

空調及冷凍用電控設備

基本定價 ~~3.20~~ 2.70

譯者 游允莊 經濟部商品檢驗局工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

前 言

本書係以簡明扼要的內容，直接提供讀者關於空氣調節和冷凍工程上所用到的電氣控制式各種最新控制設備的操作情形和現場應用的知識。

在實用上，由於空調機和冷凍各種控制系統的設計和結構，均隨現場條件的不同需求而各異，但在使用其單元控制設備時，均係本書中所介紹的單元設備所組合，在研習本書時，希望能夠對於每一種控制設備，仔細了解，並對實用上與整個系統的配合和活用，多多研究。

本書的特色，在於理論和實習雙重并重。研習時請把握重點：

(1)書中所敘述的理論部份，讀者宜從不同的角度在各方面去徹底了解各種控制設備的原理，構造，動作及性能等。由於對各控制設備的能夠在基本上有所認識，可以引使讀者能夠對於控制設備，再作進一步的深入研究和增加研習的興趣與途徑。

(2)本書最後附有作業練習，讀者可以在研習各種控制設備的基本知識以後，使用所附的作業練習，在圖面上或使用實物，從事於實際的作業練習，使知識的理論和實際上作確切的研習，對於控制設備，作徹底的了解。職業訓練學校和初學者，亦可以採用此作業練習作為實習的基本作業。

由於控制設備的日新月異和空調冷凍上的要求千變萬化，著者在希望經過努力學習和實際作業練習了解其內容以後，作能繼續對於控制設備的知識探討和不斷實習，給予更大的努力。

最後，本人深信在研讀本書以後，讀者已能夠獲有足夠的知識，技術和信心，以從事於空氣調節和冷凍工程中關於其中的電控式控制設備的現場修護和安裝的工作，謹此共勉。

著者 藍 利

譯者 游允莊

目 錄

前言

第一章 磁路、電路和變壓器的複習

磁場	1
電流	1
電動勢	2
歐姆定律	4
串聯電路	4
並聯電路	5
串並聯電路	7
電功率和電能	8
感應	9
交流	9
變壓器	10
第一章問題	11

第二章 磁力起動開關和接點開關

定義	12
起動開關和接點開關的操作	12
線圈	13
接點	14
過載保護器	15
第二章問題	16

第三章 磁控式繼電器及熱控式繼電器

繼電器	17
磁控式繼電器之動作	17

接線結構	18
控制電路中繼電器的應用	18
接點	20
起動電動機用之繼電器	20
第三章問題	23

第四章 電磁閥，逆向閥和壓縮機卸載裝置

定義	24
線圈	30
第四章問題	31

第五章 壓力控制器和缺油控制器

定義	32
壓力控制器的操作	32
第五章問題	37

第六章 溫度控制器，濕度控制器和空氣控制器

定義	38
操作	38
彈式動作開關與水銀開關之比較	41
強制送風式暖氣系統中的非預熱式恒温器	43
強制送風式暖氣系統中的預熱式恒温器	43
預熱器之型式	44
可調式預熱器使用法	45

冷氣系統中使用的預熱器.....	45	母火自動點火的操作.....	72
階式恆溫器.....	46	正常點火順序.....	72
風扇開關.....	47	安全檢查順序.....	73
電路圖.....	47	第十章問題.....	76
調制式恆溫器.....	49		
恆溫器的安裝位置.....	50	第十一章 鍋爐控制器	
恆溫器的電壓.....	50	定義.....	77
濕度控制器.....	50	水位控制器.....	78
空氣控制器.....	51	開火閥、高低兩段式.....	83
第六章問題.....	51	第十一章問題.....	83
第七章 熱電堆和熱電偶系統		第十二章 燃油器控制設備	
熱電偶.....	53	燃油器定義.....	85
熱電堆.....	53	煙道感溫器.....	85
熱電偶的操作.....	53	燃油器控制設備的操作.....	86
熱電堆的操作.....	54	點火定時的調整.....	86
第七章問題.....	55	停火驅氣定時的調整.....	86
		燃油器安全控制器.....	89
第八章 煤氣閥和嚮導式安全開關		第十二章問題.....	89
定義.....	58		
煤氣閥和嚮導式安全開關的電壓.....	58	第十三章 調制馬達和多段開關	
煤氣閥的操作.....	59	定義.....	90
嚮導式安全開關的操作.....	60	操作.....	90
三段開關煤氣閥.....	64	第十三章問題.....	94
第八章問題.....	64		
		第十四章 定時計和定時鐘	
第九章 風扇開關和限制開關		定時鐘的定義.....	95
定義.....	66	定時計.....	95
操作.....	66	定時鐘的操作.....	96
限制開關.....	68	第十四章問題.....	99
兩合開關.....	69		
第九章問題.....	70	第十五章 除霜系統	
		定義.....	100
第十章 嚮導火的自動點火		操作.....	100
定義.....	71	第十五章問題.....	105

第十六章 空氣過濾控制器

空氣過濾控制器的定義..... 106

空氣過濾控制器的操作..... 106

潔淨空氣指示表之校正..... 109

第十六章問題..... 109

第十七章 詞彙

第十八章 電氣符號

第十九章 各種控制設備之檢修方法提示

嚮導火(母火)點火器檢修法..... 124

恆溫器檢修法..... 126

風扇馬達檢修法..... 127

電磁閥檢修法..... 127

除霜系統檢修法..... 128

燃油器檢修法..... 129

作業練習——冷凍空調上之電氣設備

作業練習..... 130

第一章 磁路，電路和變壓器的複習

冷凍和空調的控制系統，已日漸複雜，我們不能再認為，一個控制元件只算是一個單獨的零件而已，現在却要看作，每一個控制元件都是它的完整系統裡的一個組件 **component**，這個組件，當系統裡另外一個組件傳來訊號的時候，會有一個合適的反應動作。我們先要熟悉這些一個個組件的動作原理，以求了解整個控制系統的作用。

磁 場

很多種類的控制設備，都是利用磁場的作用使其動作。所用的磁鐵，有永久磁鐵和電磁鐵兩種。在現今的控制體系中，這兩種磁鐵都被普遍的採用。

永久磁鐵 Permanent Magnets 所有各類各形的磁鐵，都會有南北兩極，亦均有其磁場的存在。任何一種可以被磁化的材料，又都可以長期保有其已有的磁場者，都可以用為永久磁鐵。較硬質的鐵料或鋼料，均為良好的永久磁鐵材料。此種材料一旦永久充磁以後，無需再加其他外來能源，即可具有磁性的作用。恆溫器 (**Thermostats**)，各型電氣開關及管路上閥等，均使用永久磁鐵以使機件動作。

電磁鐵 Electromagnets 以銅質導線繞匝而通以電流，線圈周圍乃生磁場。線圈一端形成北極，另一端為南極。若將一個鐵質蕊心插進線圈內，原磁場強度就會增加。軟鐵多用做電磁鐵的蕊心。磁場磁力的大小，與蕊心材料之對於磁力的貫穿性多少，與磁場內磁力線多少都有直接的關係。軟鐵要比空氣對於磁力的貫穿性要大得多，所以加一軟鐵蕊心在線圈內，可以增強電磁鐵的磁場強度。第 1 - 1 圖說明磁力線分佈情形。

電磁鐵多用於電磁閥 (**Solenoid valve**)，繼電器 (**relays**)，氣閥 (**Gas valves**)，啟動開關 (**Starters**)，接點開關 (**Contractors**) 及熱電偶線路的開關等等。在以上各型開關中，都是開關通電後，先使開關上線圈產生磁力，轉此磁能為機械能，以機械能使開關上的機件動作，然後使電路斷電或有電。所以，使用電磁式的開關操作電路，其最根本的動作，乃是電磁場的通電，產生磁場為先。請參閱第 1 - 2 圖。

電 流

自由電子在導線內運動產生電流。電子是一個極微小的粒子。物質是由原子所組成，原

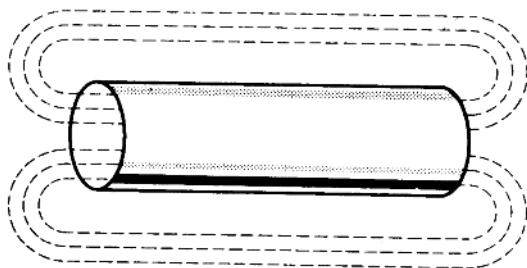


圖 1-1 磁及其磁場

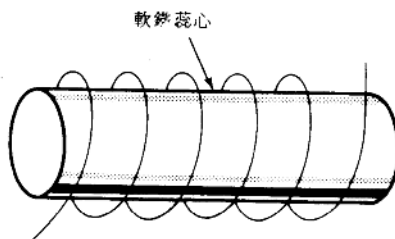


圖 1-2 電磁

子又有帶有正電的核子和帶有負電的電子所組成。如第 1-3 圖，表示一個氫原子的結構情況。氫原子只有一個核子，即中間帶有正電的核子，外圍則有一個帶有負電的電子，繞核子旋轉。一個原子，其核子數永遠和電子數相等，不同的物質就有不同的原子結構。

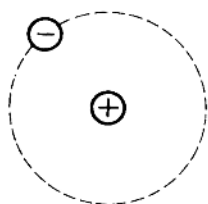


圖 1-3 氫原子

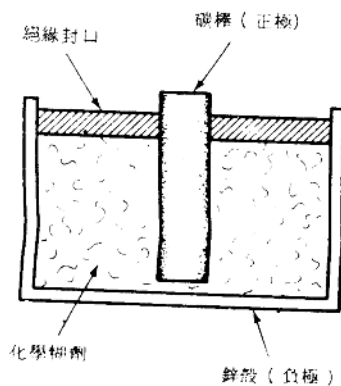


圖 1-4 電池

電動勢

能夠使電流流動的力量，稱為電動勢。電動勢可以用很多辦法產生，但最簡單的辦法是使用兩種不同金屬，使其發生化學作用因而產生電動勢者。乾電池或蓄電池就是。第 1-4 圖即乾電池或閃光燈蓄電池的結構圖。

圖中的電池，由於中間化學酸性糊劑的化學作用，促使電池各材料為鋅和碳等材料內之電子能夠活動而流動。流動的路線是由鋅殼上的電子游到碳棒。電子的游動即稱為電流，由負極流到正極，因為是單向流動，稱為直流。

由於電子流動，即能量的移動，因為沒有能源的再補充，電池就逐漸的耗盡。電池由於結構小，能量也小，所產生的電動勢也小。至於汽車用的蓄電池和普通的濕式電池，由於可以用外電再充電，比較可以長期使用。

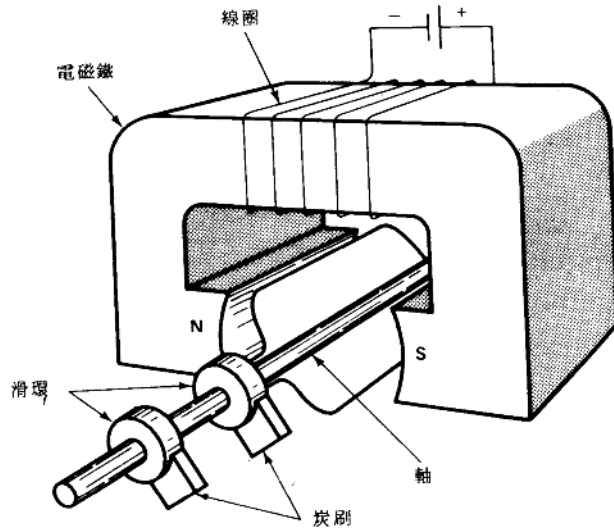


圖 1-5 交流發電機

通常我們所常用產生電動勢的辦法是用交流發電機，第 1 - 5 圖是交流發電機的結構簡圖。

在交流發電機上，以外電電源先使機上電磁鐵產生磁場，一環狀線圈用引擎等驅動使其在磁場中旋轉，環狀線圈在旋轉時割斷磁場磁力線，在環狀線圈的電線上就產生電動勢。將此電動勢順線圈電線經滑環和炭刷引出，接到外界引線進入電路，電路上就有電動勢。環狀旋轉線圈在磁場中旋轉時，其一邊為正電動勢，另外一邊為負電動勢。引出的電流，也是在一個周波中，一半是正向電流，一半是方向相反的負向電流，所以我們稱之為交流。

第 1 - 6 圖說明在一個交流周波中的正負曲線的情形。

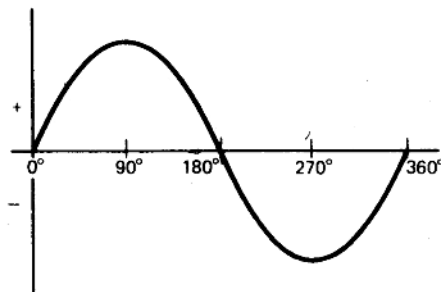


圖 1-6 一個交流周波

歐姆定律

歐姆定律是說明一個電路上的電流，電壓和電阻相互的關係。一電路中的電流值，和其電壓成正比，並和電阻成反比。用方程式表示為下：

$$I = \frac{E}{R} \quad \text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{電阻}} \quad \text{或}$$

$$\text{電壓} = \text{電流} \times \text{電阻} \quad \text{或}$$

$$\text{電阻} = \text{電壓} / \text{電流}$$

在上式中，若一電路中有兩值已知，則可以依式求得其第三值。

上式若不用公式而用文字說明，則在一電路中，

若電壓升高，則電流加大。

若電壓低降，則電流減小。

若電阻增加，則電流減少。

若電阻減少，則電流加大。

串聯電路

若電流流經電路上所有的電器零件而其電流值都是一樣時，則此電路就是一串聯電路。

在電路上所有的電阻都是串連相接，則電路的總電阻就是各個電阻值的總和，例如第 1-7 的串聯電路圖例就是。

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots\dots\dots$$

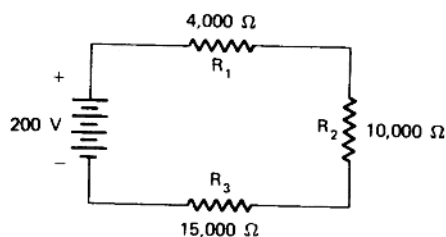


圖 1-7 串聯電路

圖中

$$\begin{aligned} R_t &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 4,000 + 10,000 + 15,000 \\ &= 29,000 \Omega \text{ 歐姆} \end{aligned}$$

歐姆定律，可用於計算整個電路，亦可以只計算一個分路。因為串聯電路的通路只有一條，電流流經任何一部份都是一樣。但由於電路上各電阻值不一樣，經過電阻的電壓降，會

隨電阻值的不同而異。請參閱第 1-8 圖，計算圖中電流值及各電壓降如下，先由第 1-7 圖，知：

$$\text{電流} = \frac{\text{電壓}}{\text{電阻}} = \frac{200}{29,000} = 0.00689$$

則電壓降值，在跨越每個電阻時，各個電壓值如下：

$$E_1 = IR_1 = 0.00689 \times 4,000 = 27.56 \text{ V 伏}$$

$$E_2 = IR_2 = 0.00689 \times 10,000 = 68.90 \text{ V 伏}$$

$$E_3 = IR_3 = 0.00689 \times 15,000 = 103.35 \text{ V 伏}$$

$$199.81 \text{ V 伏}$$

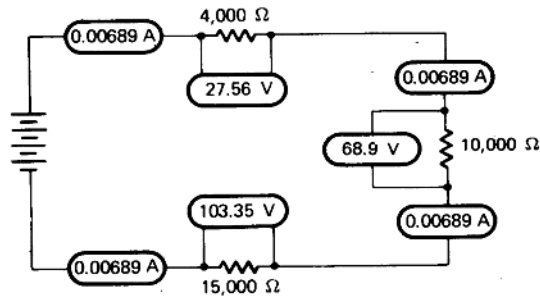


圖 1-8 電路各分電壓計算

茲特說明，各電壓降值的總和應該和電源電壓相等，在上例中，電源電壓為 200 伏，而各電壓降和為 199.81 伏，若電流值的小數值多取幾位，則兩者電壓值必更接近。

克希荷夫定律 Kirchhoff's Law 對於串聯電路特性說明如下：

1. 串聯電路中各分段電壓降之和與電源電壓值相等。
2. 在電路上任何一點的電流值都是相等。

並聯電路

若一個以上組件都並排連接到一個單一電壓的電路上，這個電路就叫做並聯電路。

我們知道，在一個並聯的電路上，若再加上一個電阻於這個電路上，則這電路的總電阻就會隨之減低。

並聯電路的安排，其特性就像并排水管情況一樣。兩個水管並排以送水，一定比一個水管水量為多，水流阻力也相對減少。第 1-9 圖是並排的水管流水表示圖。

並聯電路中，計算並聯電阻的電路總電阻公式是：

$$R_t (\text{總電阻}) = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots}$$

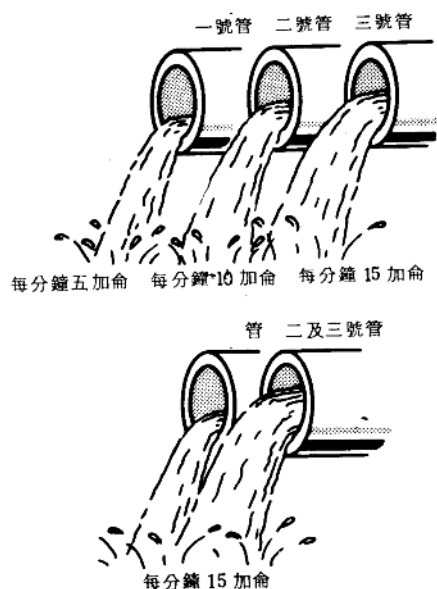


圖 1-9 並排水管流水示意圖

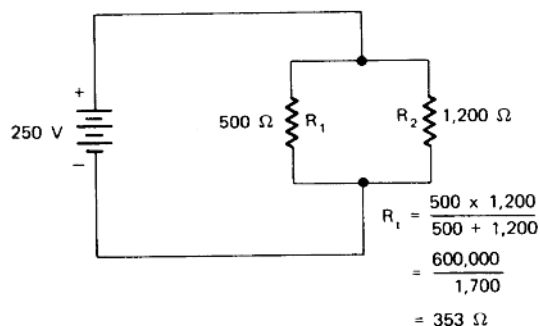


圖 1-10 並聯電路

若依第 1-10 圖而言，在圖中的並聯電路上只有兩個電阻並聯，則電路的總電阻為：

$$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

一電路上所有電阻都並聯時，電路總電阻值一定是小於各單獨電阻中最小的電阻的電阻值。電流則是小於經過各分電阻時的電流值。茲就第 1-11 圖舉例說明。

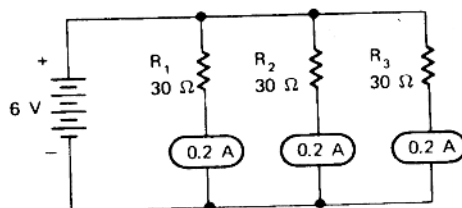


圖 1-11 並聯電路圖例

設 設圖中三個電阻，每個電阻值均為 30 歐姆，則電路總電阻值為：

$$R_t (\text{總電阻值}) = \frac{R (\text{單個電阻的電阻值})}{N (\text{電路上總電阻數})} = \frac{30}{3} = 10 \text{ 歐姆}$$

又，各分電路上的電阻都是並聯跨接在總電路上，故各分路的端電壓都是一樣，引用歐

姆定律，求電流值，得：

$$\text{經過 } R_1 \text{ 電阻的電流值爲 } I = \frac{E}{R} = \frac{6 \text{ 伏}}{30 \text{ 歐姆}} = 0.2 \text{ 安培}$$

$$\text{經過 } R_2 \text{ 電阻的電流值爲 } I = \frac{E}{R} = \frac{6 \text{ 伏}}{30 \text{ 歐姆}} = 0.2 \text{ 安培}$$

$$\text{經過 } R_3 \text{ 電阻的電流值爲 } I = \frac{E}{R} = \frac{6 \text{ 伏}}{30 \text{ 歐姆}} = 0.2 \text{ 安培}$$

則電路上的總電流值，為各分電路上電流值的和，即

$$\begin{aligned} I_t &= I_{R_1} + I_{R_2} + I_{R_3} \\ &= .2 + .2 + .2 = .6 \text{ 安培} \end{aligned}$$

故，一並聯電路上的特性為：

1. 在並聯電路裡，各分路的電壓值都是相等一樣。
2. 電路總電流值，是各分路電流值的相加總和。

有此結論，可以連同串聯電路的特性結論，兩者相互比較兩種電路結構和特性的不同，可以幫助我們對一個電路圖的了解。

串並聯電路

所謂串並聯電路，就是一個電路中同時具有串聯電路和並聯電路之謂。這種電路，有的很簡單，只有少幾種組零件組合，但有的也很複雜，電路裡由好多零件組合而成。由於我們已經認識串聯電路和並聯電路的單獨特性，遇到這種比較複雜的電路，我們先要把握到：(1) 電路上的總電流和各分路上的分電流的分佈型態。(2) 電源電壓和各分路電壓的各別情況。(3) 電路上總電阻和各個分電阻的分佈情形等等，先把電路上各元素的狀況了解以後，然後再進一步分開解決和計算。

以往，在解析串聯電路上的問題時，只是採用串聯電路的解決法則，遇到並聯電路時，亦是只用並聯電路的解決法則，同理，到遇到一個串並聯電路時，先弄清楚圖上或線路上，那些零件是串聯相接，那些個是並聯組合，然後引用串聯法則或並聯法則去一個一個的解決和計算，今以第 1 - 12 例圖說明。著手時先將左側圖樣，改繪為右側圖形時，則比較清楚劃分串聯和並聯部份，容易進行分析和計算。

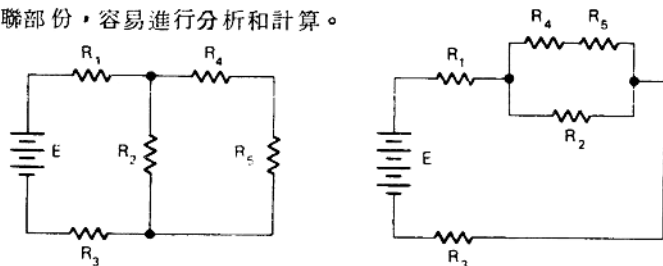


圖 1-12 電路計算圖例

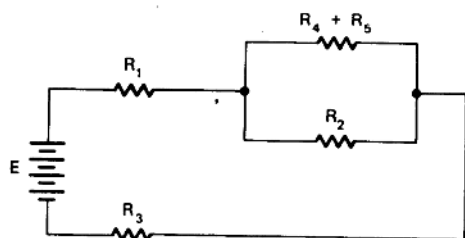


圖 1-13 電路圖簡化

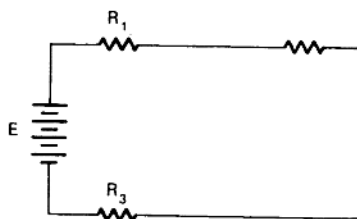


圖 1-14 電路簡化圖

用第 1-12 圖，我們試求此串並聯電路的情況。分析時，可以使用下列的四個步驟：

第一步 先求出電路總電阻值。

第二步 將第 1-12 圖改繪成第 1-13 圖形。

第三步 以公式計算含有 R_2 ， R_4 和 R_5 電阻的並聯電路電阻值，即

$$R_{e'} = \frac{1}{\frac{1}{R_4 + R_5} + \frac{1}{R_2}}$$

原圖樣亦可簡化之為第 1-14 之電路圖。

至此，該電路已化簡為單純的串聯電路，引用歐姆定律 $R_t = R_1 + R_{e'} + R_3$ ……，計算本電路，並將圖面再簡化成第 1-15 之型式，可以求出總電阻值。

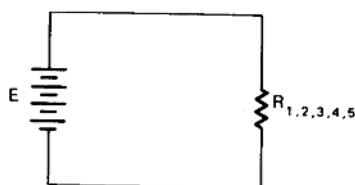


圖 1-15 電路最後型式

電路的電源為電池，已知其電壓值為 E ，在上式中已將總電阻數求得，所以總電流值可以用歐姆定律很快的求到了。至於下一步求每一個電阻上的電流值時候，應該一個電阻一個電阻的按照原來是串聯或並聯時，分別的算出來，在熟悉算法以後，也是可以很快的計算求得，如此整個電路上每一部份的特性也就都表示出來了。

電功率和電能

電功率，就是用電做了多少功，以電路的電壓值和電流值相乘，就是電功率，單位為瓦特 Watt，其計算公式是：

$$P = E I \quad \text{電功率} = \text{電壓} \times \text{電流}$$

$$\text{瓦特} = \text{伏特} \times \text{安培}$$

引用歐姆定律，則電功率亦等於

$$P = \frac{E^2}{R} \quad \text{或} \quad R = \frac{E^2}{P}$$

電能，即在一定的時間內所作多少功，單位為瓦特小時 Watthours，其公式為：

$$W = P T$$

式中 W = 電能，瓦特小時

P = 電功率，瓦特

T = 時間，小時

感應

在本章前節提到，一個磁場中有磁力線存在。設有一根伸直的電線通以電流，則電線四周會產生磁場，其磁力線環繞於電線四周，如第 1-16 圖所示。

若在一線圈中通以電流，則線圈的電線四周則亦生一磁場和磁力線，由於感應的作用，這磁場磁力線會產生感應電流到線圈的電線中流動。本來，在線圈中的電流已生磁場磁力線，由此磁場磁力線而感應再生感應電流，這感應的電流的極性，或正負流向正好和原來線圈中電源供給的電流相反，當電源電流增大時，感應電流也隨之增大。感應電流的反向增大，

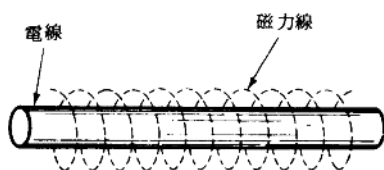


圖 1-16 磁力線

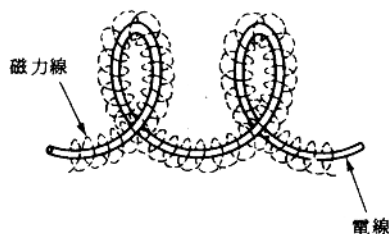


圖 1-17 線圈中的磁場分佈

就是能阻止原來電源電流增大，就是說，一個線圈中增加電源流量時，隨著就有感應電流反向阻止其增大，所以感應電流和其電壓總是比電源電流的增加稍形滯後而變動。這是感應電流的一個重要的特性。

交流

要了解交流的意義，我們先來了解相位 **phase** 的意義是什麼。所謂相位，是指一個時間段落裡的變化的情形，在這時間段落裡，先有一種行動，但隨即瞬間由下一個行動來代替之謂。在交流裡，我們以一個周段或周波來表示。每個交流周波，行經的時間一樣，頻率也一樣。若以 360 度來表示，第 1-18 圖表示交流電流在一個周波，或 360 度裡變化的情形。

交流的波形為一正弦曲線波，在圖中可以看出，電流值在前半波為正數

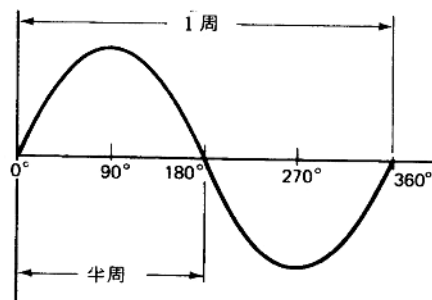


圖 1-18 交流周波

數，在後半波為負值。

變壓器

變壓器是一種電能轉換的設備，它可以將一個電路上的電能，經過變壓器轉換到另外一個電路上去使用。

基本上，一個變壓器是由兩組或兩組以上的線圈，共繞於一個疊片鐵心所組成。由於兩組線圈共繞在一組鐵心上，在其中一組線圈通電後，產生磁力線，鐵心上亦集有此磁力線。此疊片鐵心上的磁力線可以感應另外一組線圈而發磁場，此磁場可以使這一組線圈中產生感應的電流。

變壓器在構造上很簡單，不精密，沒有活動機件，少有保養顧慮的轉換電能效率高的設備。第1-19圖是變壓器的構造示意圖和其電路結構圖。

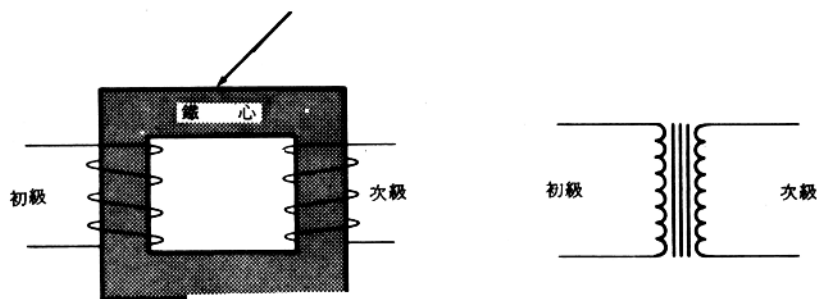


圖 1-19 變壓器結構圖和電路圖

變壓器的操作時，其初級方面的電力由電源供給，次級則產生電力給另一電路上的負荷使用。初級繞組的電力大小，由次級電路上負荷所需用的電力多少來決定。若次級電路上是一個需用某值的電力，但負荷電阻小的電路，則此電路一定是一個大電流的電路。電流大則電動勢小，次級電路電力值一定，則初級電路的電力值也一定。

故，變壓器在初級電路上的電壓值和電流值來供給次級的電力值，在次級上的電力值仍和初級者相同，但次級的電壓值和電流值則和初級者不同。在初級電路上的電壓若係電源電壓，次級電路上的電壓想要多少，則以線圈匝數來決定，次級上電路電流多少是以次級線圈上繞線的電線粗細來決定。

在一般的控制電路上，多採用低於電源電壓的低壓控制電路系統操作，所以常使用變壓器在其次級上得到低壓電來適應。例如常用的控制機件，如接點開關，繼電器，電磁閥和起動時常需用大電流之電動機的控制開關等，都接裝一個可以轉換電能的變壓器，在初級上直接接到電源電路，然後使用次級可以配合控制機件的低電壓來控制機件的操作。又，變壓器的總阻抗 *impedance* 在等於負荷的總阻抗時，可以得到負荷起動時的瞬時最大電流值而不會燒壞變壓器，了解這一點，在選用變壓器時可以採用到一個價廉但實用的變壓器而不致