

工學小叢書

屋內電燈裝置概要

丁 俶 編

商務印書館發行

屋內電燈裝置概要

第一章 通論

一 直流

1. 歐姆定律

電流在電路中之強度，即每秒間通過具任何橫斷面之電路之電量，係依電壓及電路電阻之大小而定。每秒間通過電路之電量曰電流強度 (intensity of current)。至於電路之抵抗曰電阻 (electrical resistance)。

爲說明電壓，電流強度，及電阻三者之關係起見，必須首先決定各個之單位；以表各個數值之大小。是項單位，以著名物理學者之名命名，如電壓之單位爲弗(volt；即弗打氏之略)，

電流強度之單位爲安 (ampere; Ampere 即安培氏之略)。電阻之單位爲歐 (ohm; Ohm 即歐姆氏之略)。

一安即電流通過硝酸銀溶液時，因起電化作用而在每秒間析出 1.118 克 (公絲) 銀量之電流強度。一歐即橫斷面一平方釐 (公釐) 長 1.033 米 (公尺) 之水銀柱在 0°C 時對於電流所呈之電阻。至一弗即爲具一歐電阻之導線中惹起一安電流之電壓。

此三者量之關係，係由歐姆氏所規定。故稱爲歐姆定律。依此定律——若以上述之單位爲單位——則電流強度等於電阻除電壓。

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

因此電流強度與電壓爲正比，與電阻爲反比。

2. 電阻及傳導率

一導線之電阻依線之原質而異，並與其長爲正比與其橫斷面積爲反比。此可由下列公式表明之。

$$R = \frac{L}{A} \times S \quad (2)$$

R：電阻以歐姆爲單位。

L：長以英寸爲單位。

A: 橫斷面積以英方寸為單位。

S: 傳導體之比阻以立方英寸為單位。

注意: 銅之比阻每立方英寸為 0.66 microhm.

電阻之逆數為傳導率 (conductance)。如命 G 為傳導率,

則

$$G = \frac{1}{R} \quad (3)$$

3. 電阻及溫度

溫度對於電阻之大小亦生影響, 如金屬之電阻隨溫度而增加。若命 R_1 表一線在溫度為 0° 時之電阻, 其在溫度增加 T° 時之電阻 R_2 可依下列公式求之。

$$R_2 = R_1(1 + kT) \quad (4)$$

k 為電阻之溫度係數。

4. 電能 (Electric Energy)

電能等於電壓與電流之相乘積。此可由下列公式表明之。

$$W = V \times I \quad (5)$$

若電壓以弗打計, 電流以安培計, 則電能之單位為弗安 (volt-ampere) 或瓦 (watt)。

一瓦即一安之電流在有一弗電壓時之功率。

由歐姆定律之 (1) 公式, 電能又可求得之如下:

$$W = \frac{V^2}{R} \quad (6)$$

及 $W = I^2 R \quad (7)$

由電能導出功之定義。即功 (work) 等於電能與時間之乘積。若命 t 表時間，據定義，則可應用公式表明其關係如下。

$$A (\text{功}) = VIt \quad (8)$$

$$A = \frac{V^2}{R} t \quad (9)$$

$$A = I^2 R t \quad (10)$$

以秒計時間時，功係以瓦秒 (watt-second) 計算。用時計算時間時，則功以瓦時 (watt-hour) 計算。

5. 電流之熱效應

電流通過導線而生熱。故導線中之電能皆可變為熱。

公式(8)，(9)，(10) 可計算某一定時間內電流之功，如時間為秒數，則功為瓦秒數。但熱功通常概以別一種單位計算。此單位為卡 (calorie)；其千倍為仟卡 (kilo-calorie)。仟卡係使一尪重之水增加攝氏一度之熱量。

由試驗決定

一仟卡之值等於 4,200 瓦秒。

換言之，

一瓦秒之值 ($\frac{1}{4200}$) 等於 0.00024 仟卡

如欲由電流發生之熱量 Q 用仟卡計算，須將瓦秒數與 0.00024 相乘積。因此可由公式 (10) 得知熱量

$$Q = 0.00024 \times I^2 \times R \times t$$

由 (11) 公式，可得知電流發生之熱量係與電流強度之平方，與導線之電阻及經過之時間為正比。此為焦爾所證明，故稱為焦爾定律(Joule's Law)。

導線中由電流所生之熱，即表電能之消耗，此為電流之熱損失(heat loss of current)。

交流

1. 電壓及電流強度之實效值。

計算交流所成之功 (work)，不能應用電壓及電流強度之最大值，而須應用平均值。凡呈正弦曲線式之交流，其電流強度等於 0.707 倍之固定強度之直流。交流之最大電流強度 i 最大之 0.707 倍，故曰實效電流強度 (effective intensity of current)，而最大電壓 e 最大之 0.707 倍，曰實效電壓 (effective voltage)。通常所言之交流電壓或電流強度概指其實效值而言。

$$V = \frac{1}{\sqrt{2}} e_{\text{最大}} \quad (12)$$

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} i_{\text{最大}} \quad (13)$$

反之，由實效值亦可決定最大值，其公式如下：

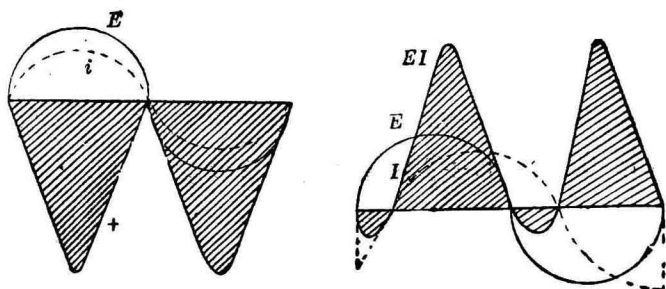
$$e = \sqrt{2} V \quad (14)$$

$$i = \sqrt{2} I \quad (15)$$

2. 交流之功率及功

在前節中已知交流之功，可使與直流之功相等，只須令交流之實效電壓等於直流之電壓，交流之實效電流強度等於直流之電流強度。然此只可在交流無位相差時始能應用之。今述有位相差之交流之功如下。圖二表明有位相差之交流之功，其中電壓與電流強度之乘積一部分為正號，而一部分為負號，正號時因兩值同方向，負號時因兩值異方向。在一周期間所成之功為由正號面之值，減去負號面之值，即由水平線以上之面之值，減去水平線以下之面之值。其位相差愈大，則其功亦愈大。故欲得實在之功，即平均之功，則須將電壓、電流強度與時間之乘積，令與位相差角有關係之值，所謂功率因數 (power factor) 相乘。此因數為 φ 角之餘弦。因此交流之功可由下列

公式表明之。



圖一 交流之功(無位相差) 圖二 交流之功(有位相差)

$$A = VIt \cos \varphi \quad (16)$$

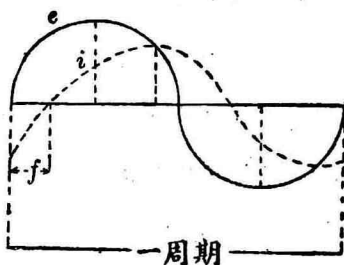
$$W = VI \cos \varphi \quad (17)$$

3. 位相差

因電路內發生自誘, 電流強度遲於電壓。此現象稱為位相差 (phase difference)。

圖三表示上述之情形。

其中曲線 e 表電壓之值, 而曲線 i 表電流強度之值。自誘 (Self-Induction) 愈大時, 則位相之差亦愈顯著, 並可遲



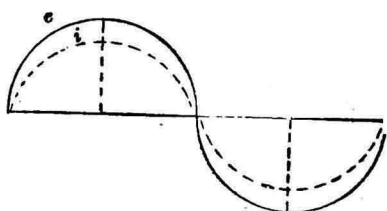
圖三 交流電壓與電流強度
間之位相差

至四分之一周期。

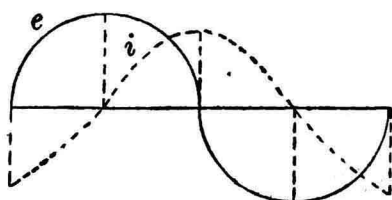
位相差可由記號 φ 表明之。在只有電阻而無自誘之電路中，位相差為 0° (圖四)，反之，在無電阻而只有自誘之電路中位相差為 90° (圖五)。

4. 二相交流

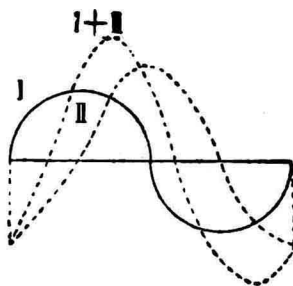
若干異相交流相集而成為多相交流 (poly-phase current)。二相交流係由二交流所成，其一流之位相較其他一流之位相遲至四分之一周期，如圖六中由兩正弦線 I 及 II 表明之。當交流 I 達其最大值時，交流 II 達其零值。



圖四 位相差 0° 度



圖五 位相差 90°

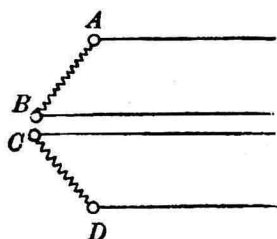


圖六 二相交流

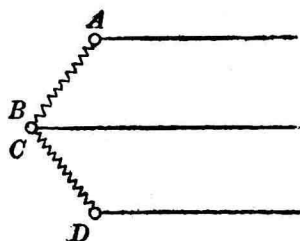
在圖七中 AB 及 CD 表明二相發電機之線圈，其中交流

係由誘導作用而發生。線圈之位置相距 90° ，以表交流之位相差為 90° 。

通常應用四導線，以導二相交流之電流，但可將二回流線合為一線。此回流線連接在 BC 之點，較外二線為大，但其中電流強度並不大於外導線之二倍，除非當二電流同時達其最大值時。



圖七 帶四線之二相交流



圖八 帶一回流線之二相交流

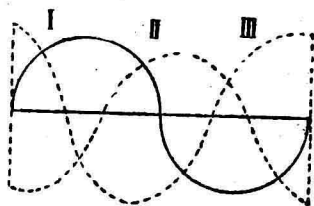
若將二交流在一周期間之電流強度併合，如圖六， $I+II$ 線所示，由此可知回流線中之電流強度 I_m 為外導線電流強度 I 之 1.4 倍即

$$I_m = \sqrt{2} I \quad (18)$$

5. 三相交流

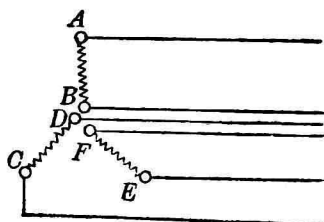
三相交流 (three phase current) 係由三交流所成。此較二相交流為重要。各流相距三分之一周期如圖九所示。

若分別導三相交流，則須六導線，如圖一〇所示。其中AB, CD, EF, 示發電機之線圈。各線圈相距 120° 與交流之距差相應。



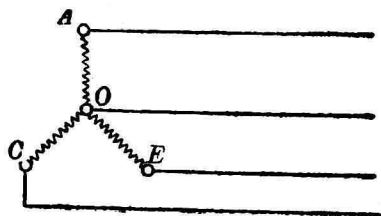
圖九 三相交流

若將三線圈之末端相連結，則可省去二導線，而只須四導線。其他三線在O點相連結，則引出一線為三流之共同回線，如圖一一所示。若各相之電荷相等，則其回線無電流之通過，此稱為零電線 (no current lead)，當可省去，如圖一二所示，因此導三相交流只須三線。



圖一〇 帶六線之三相交流

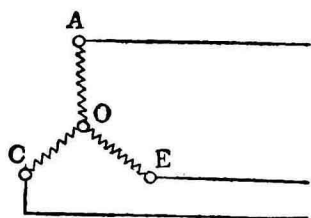
若各相之電荷相等，則其回線無電流之通過，此稱為零電線 (no current lead)，當可省去，如圖一二所示，因此導三相交流只須三線。



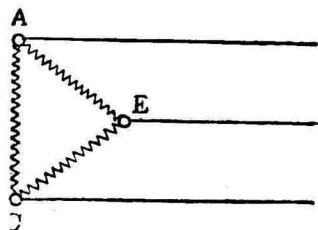
圖一一 帶回線之三相交流

三相交流之連接法有二種。一為星結法 (Star or Y connection)，一為三角結法 (delta-connection)。星結法係將三相交流之三線圈末端連結於一點，如圖一二所示。三角結法係將

第一線圈之末端與第二線圈之首端相連結，第二線圈之末端與第三線圈之首端相連結，第三線圈之末端與第一線圈之首端相連結。因此三角結法之三相交流，只須三線圈，如圖一三所示。



圖一二



圖一三

若令 V 表兩線圈間之電壓， I 表各線圈間之電流，則三相交流之功率，無論為星結法或三角結法皆可由下列公式表明之。

$$W = \sqrt{3} V \cos \varphi \quad (19)$$

在星結法中 O 點與任何一主線圈間之勢差所謂星結勢差或位相勢差 (phase voltage) V_p 係小於兩主線圈間之勢差 V ，

即

$$V_p = \frac{1}{\sqrt{3}} \times V \quad (20)$$

在三角結法中，各相之電流強度 I_p ，小於外導線中之電流

強度 I 。

$$\text{即} \quad I_p = \frac{1}{\sqrt{3}} \times I \quad (21)$$

三 直流與交流之比較

今所述之直流與交流之比較，係以電氣公司應用何種電流為佳而言。

交流有一優點，即可利用變壓器 (transformer)，將交流電之電壓隨意變更。直流電則不然，其電壓固定而不能隨意變更。

交流因有此優點，故發電廠多用交流式發電機，且較直流電為經濟，今述其理由如次。

若發電廠應用直流式發電機，因其電壓不能變更，而用戶所需之電壓普通為 110 弗打或 220 弗打之低壓，則該發電廠之電壓亦須為 110 弗打或 220 弗打之電壓，以適合用戶之所需。發電廠至用戶間之線路頗遠，若由發電廠即以低壓輸送，則依公式 (5)，電能為定數時，其電壓低，則電流必大，反之，電壓高，則電流必小。發電廠供給用戶所需之電能為定數，而其所發之電壓為低電壓，則電流必大。依公式 (11)，得知電流愈大，其熱量亦愈大，熱量即電能之消耗。換言之，電流愈

大，其電能消耗亦愈大。由此觀之，發電廠應用直流式發電機甚不經濟。應用交流式發電機，始可避免此種弊端也。

若發電廠應用交流式發電機，則發電廠可以高電壓輸送，至用戶線路以前，以變壓器使其高電壓變為用戶所需之低電壓。因此，由發電廠至用戶線路以前之變壓器間之線路，其電壓為高壓，則其電流小，故可減少電能之損失也。

四 電費及其計算法

電氣公司決定電之價格，須依其供給之數量與出產價格間之關係而為決定。任何電氣公司之成本可分二類：(a) 固定費用，如租金，薪水，工資，存蓄品，及事務所用款等。(b) 變動費用，如燃料，修理費及維持費等。固定費用之價格對於電氣供給無直接之關係。此與機器設備之最大容量為正比。變動費用則與電氣供給有直接之關係。

當電氣公司預算成本後，即可決定應收之電費若干。

燈用電費計算法普通有二種：一為包燈制，一為電表制。大發電廠多以電表制為計算電費之用。

包燈制係以燈之盞數及燭光作為標準。依中國建設委員會於民國二十一年十月之調查得知，十六支光燈 每盞每月電費最廉者為福建龍溪華泰鋸木公司之八角，最貴者為二元。普

通價目爲一元二角，至一元五角以上爲數極少。

電表制係應用瓦時計 (watt-hour meter)，最其實在所用之電功，照數收費。電功之單位通常爲基羅瓦特小時 (kilowatt-hour)，俗稱爲度。依中國建設委員會於民國二十一年十月之調查，每度最廉者一角五分，最貴者爲五角，最普通者爲二角五分至三角。

至於電力價格，則視所用電量之多少而不同，茲就零售電力之最高價爲根據而統計之，以威墅堰電廠之五分半爲最廉，以二角爲最貴。

電光與電力之每度價格不同爲時間之問題。通常電力之應用多在日間，而電光之應用多在夜間。

五 用戶與電氣公司之關係

用戶須要裝置電燈時，可通知電氣公司當事者。電氣公司不能限制用戶所須要電功之數量，除非有安全之虞。用戶須服從電氣公司關於電氣工程之指揮。

總言之，電氣公司應負電氣裝置安全之責任，而用戶應負裝置之耗費及供給。

下列之綱要爲電氣公司所規定，用戶須依照其規定，而要求電流之供給。

供給之應用 用戶須繕寫所須要電氣供給之情形，呈報電氣公司，以便當事者依據其所述之情形，以安裝電燈等工事。

電氣公司之資產 各導纜，保險絲，電表，皆由電氣公司供給與裝置。此為電氣公司主要資產之一。

擴充 用戶欲擴充其電氣之供給，須經檢查員之許可，始能增加。

裝置規則 電氣公司須依照中國建設委員會所公布之屋內電燈線裝置規則。

供給 電氣公司所安裝之電表，須經過精密之檢驗。如用戶疑電表不甚正確，得請求電氣公司公開試驗其電表。如有錯誤，則公司應償還試驗之消費及用戶以前所付之錯誤數目。若其不精確為百分之二半，用戶須負擔試驗之費用。

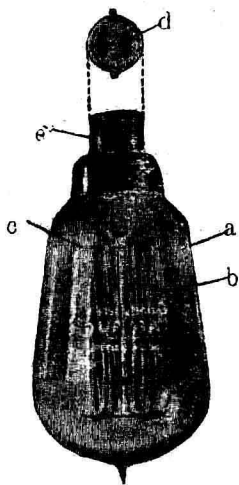
第二章 電燈之配件及其裝置

六 電燈

今所述之電燈，為普通應用之金屬絲電燈。圖一四為此種電燈之模型。玻璃泡 a 內有金屬絲 b，由支柱 c 維持之，以減少破壞之危險。燈絲與主要線相接，而密封於玻璃泡內，以後連接於黃銅接觸面 d，於絕電水門汀。泡係真空。

各種形式及種類之電燈，為裝飾之目的，或其他特別之目的。有時不用平常電燈之形式，而用銀色或其他顏色以為裝飾。店窗，書桌等，常應用管式電燈，有時應用圓錐形波紋泡仿造提燈及壯麗之燭臺。

一個十六燭光炭絲電燈，平均有六十瓦特。平均同樣燭光之金屬絲電燈消耗二十瓦特(平均)。此表明減少百分之六十六電流之



圖一四 金屬絲電燈