

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(四)

(譯自美國國家技術學校函授教材)

王 洪 鎧 編譯

(十六至二十課合訂本)

- A16 交流原理、電器零件、開關電路
- A17 冷媒與潤滑油
- A18 冷媒與乾燥器
- A19 家用電冰箱箱體
- A20 密封式電冰箱機組

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學函授學校

冷凍空調與電器修護科訓練教材(四)

(譯自美國國家技術學校函授教材)

王 洪 鎧 編譯

(十六至二十課合訂本)

- A16 交流原理、電器零件、開關電路
- A17 冷媒與潤滑油
- A18 冷媒與乾燥器
- A19 家用電冰箱箱體
- A20 密封式電冰箱機組

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十六年七月二十日初版

冷凍空調與 電器修護科

訓練教材(四)

(十六至二十課合訂本)

基本定價 2.60

編譯者 王洪銓 中興電工機械公司空調工程處工程師

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。

(63)局版臺業字第0116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

編譯者序言

由於人類的思考力與創造力永遠存在，使得文明不斷進步，工商經濟日趨繁榮；各色各式的機具乃告持續發明推展，其目的無非在造福人類，使生活過的更幸福舒適而已。惟繁榮進步之另一面，則對工程技術人員，業務推銷人員，以及教育訓練人員之需求殷切；這些人員，均需學識豐富，身懷一技之長者方能勝任；而且必須隨時代之進步不斷吸取並充實自己的學識方克有成。

求學識並不是一定要學校去隨班聽課，事實上我們有許多業餘的時間和求學的方式可供選擇利用。徐氏基金會有鑒於此，乃創設科學函授學校，俾使任何有心向學，欲獲一技之長者能得到研習的機會。

本冷凍空調與電器修護科課程乃將歐美最優良之函授教材去蕪存菁編譯而成，全套計達八十餘冊，以每週研習一課計，約需一年半時間可望修畢。其內容為顧及一般學識程度，文句淺顯易懂，偏重實際應用，避免複雜之公式與理論；循序引導學員達於成功之境，所費極少而所獲極多，確是打開前途的最好方法，我們竭誠歡迎各位來參加函授學習的行列。

編譯者 王洪鏗敬識

民國六十六年六月

冷凍空調與電器修護科訓練教材

課程總目錄

項目編號	課 程 名 稱	項目編號	課 程 名 稱
(一) A 1	冷凍空調與電器修護介紹	(四) A 41	窗型調氣機之檢修——第二部份
A 2	冷凍學基礎	A 42	減濕器與空調器之維護
A 3	熱與壓力原理	A 43	暖氣介紹
A 4	壓縮機	A 44	暖氣系統設計
A 5	膨脹閥	A 45	瓦斯燃燒火爐
(二) A 6	浮球閥、毛細管、凝結器、蒸發器	(四) A 46	燃油及瓦斯、油燃燒器
A 7	電的基本原理	A 47	蒸汽及熱水暖氣系統
A 8	磁與電磁學	A 48	個別加熱器的安裝與維護
A 9	交流電、變壓器、電阻與電容器	A 49	重責務型個別加熱器
A 10	含電容與電感的電路	A 50	中央系統空氣調節——系統及控制電路
(三) A 11	冷凍馬達控制	(四) A 51	中央系統空氣調節——冷却設備及控制
A 12	電動機	A 52	箱型冷氣機
A 13	工具的使用和維護	A 53	空氣之分配
A 14	家庭電路配線的檢修	A 54	空調用風管
A 15	配線技術、變壓器作用	A 55	風扇與鼓風機
(四) A 16	交流原理、電磁零件、開關電路	(四) A 56	商業用冷凍與冷藏
A 17	冷媒與潤滑油	A 57	壓縮機的分類及額定
A 18	冷媒與乾燥器	A 58	商業用冷凍系統凝結器
A 19	家用電冰箱箱體	A 59	商業用冷凍系統蒸發器
A 20	密封式電冰箱機組	A 60	商業用冷凍機之控制——第一部份
(四) A 21	冷凍用管件及工具	(四) A 61	商業用冷凍機之控制——第二部份
A 22	電阻電路、繼電器與馬達控制電路	A 62	食品冷凍櫃之檢修
A 23	電冰箱之維護——故障排除	A 63	食品之凍結
A 24	電冰箱之維護——電路系統檢核	A 64	製冰機械、飲水機
A 25	電冰箱之維護——冷凍系統檢修	A 65	飲料之冷却
(四) A 26	自動製冰機	(四) A 66	冷凍車輛
A 27	無霜電冰箱及冷凍櫃	A 67	商業用冷凍系統之安裝——第一部份
A 28	電路選擇及定時器	A 68	商業用冷凍系統之安裝——第二部份
A 29	吸收式冷凍系統——瓦斯冰箱	A 69	空氣調節、熱泵、寒水空調系統
A 30	瓦斯冰箱的安裝與檢修	A 70	商業用冷凍系統之檢修
(四) A 31	基本冰箱檢修法	(四) A 71	電器檢修用鑷鐵
A 32	電冰箱之電路系統	A 72	密封機組分析器之操作
A 33	家用冷凍櫃的檢修	A 73	開創你自己的事業
A 34	空氣調節基礎	A 74	電晶體之基礎
A 35	空氣流動的測量	A 75	電晶體之組成
(四) A 36	空氣污染、空氣洗滌室及過濾器	(四) A 76	電晶體基本電路
A 37	空氣之清淨、毛細管洗滌室、電子空氣清潔器	A 77	電晶體控制電路——第一部份
A 38	居所舒適區域之空調	A 78	電晶體控制電路——第二部份
A 39	窗型調氣機之安裝	A 79	電晶體控制電路之測試與故障排除
A 40	窗型調氣機之檢修——第一部份	A 80	冷凍空調常用字典

目 錄

前 言

電功率

直流電

交流電

RMS 電流 16-3

最大電流 16-3

RMS 電壓 16-4

最大電壓 16-4

在交流電路上的功率

電阻電路 16-5

異相狀況 16-6

電感電路 16-8

電容電路 16-8

視在功率 16-8

視在功率對有功功率 16-9

功率因數 16-10

功率因數之改進 16-11

電器零件

電阻器

固定電阻器 16-12

可變電阻器 16-13

熱阻器與半導體變阻器

熱阻器 16-16

半導體電阻器 16-16

電容器

筒狀紙質電容器 16-17

電容器的充電 16-18

電容器的放電 16-19

電容器的名詞

介電質 16-19

電 容 16-20

電容單位 16-20

電解電容器

構 造 16-20

設計上之改良 16-21

極性的標識 16-22

線 圈

空心線圈 16-22

鐵心線圈 16-23

電路訓練計畫 16-23

訓練模板和欄板的裝配 16-25

準備電路跳接線 16-27

開關電路的實習 16-30

複習(第16課) 16-33

前 言

由於電力公司對一般家庭中的供電均屬交流電，是以交流電器的種類型式日益推陳出新。一位電器修護人員也必須對交流電壓與電流特性作一澈底的了解，然後才能勝任愉快。本課程即主要在討論這方面。

在許多情況下，電子上所用的另件也同樣的用到電器上。我們相信將來會帶來愈來愈多的這些情況，由於電子工業目前不斷有新的電路和另件出現以應工業上的需要。所以也需要了解這些另件，就是它們如何製成，它們如何使用等。因之本課程一部份中也將討論另件。

開關電路在許多電氣上是不可或缺的一部份。這些電路的涵蓋範圍自簡單的“通一斷”形式到複雜的控制電路。譬如同一燈光可分由二處或數處來控制等。課程中也舉出一些應用上的實例來說明它們的作用。

電功率

輸送到家庭用以操動電器的電力是一種單相交流正弦波的形式，電力公司對這種電力不斷輸送供給。但消費者並不一定在不斷使用，只有需要開動電器時才用得著它。



圖 1 NTS 電路試驗板

電力公司對於一件生熱的電器如何決定它消耗的電量以作收取電費的標準是直接有關於這電器當作用時能生出多大熱量，以及要使用多少時間來作依據。

換言之，即此電器愈熱，所消耗的電能愈多，同時使用時間愈長，消耗電能也愈多，那你就必須繳付電力公司更多的電費。

直流電

必須記得當電流通過一電阻器就會生熱，而生熱量直接相關於電功率(P)。在一直流電路，形成熱上所消耗的電力很易於用 $P = E \times I$ 的公式計算出來。其中 P 是生成熱所消耗的電力，以瓦特(W)作單位表示。E 是施加的電壓，以伏特(V)作單位表示。I 是通過電器的電流，以安培(A)作單位表示。

上述的公式有兩個變化，如果跨於電器的電壓(E)和該電器的電阻(R)已知，則公式可寫成

$$P = \frac{E^2}{R}$$

其中： $E^2 = E \times E$

如果通過電器的電流(I)及電器的電阻(R)為已知，則公式又可寫成

$$P = I^2 R$$

其中： $I^2 = I \times I$

交流電

計算一直流電路上的功率消耗可利用上述三公式之任一來計算。然而，在一交流電路上，則計算的方式則需要作更深一層的考慮。

圖2示一交流電電流的正弦波。此電流自零開始，上升到最大值，返回至零。然後再以反方向上升到最大值，又返回至零。如此周而復始。如果此電流流經一電阻，所產生的熱也時時在改變。圖示有兩個最大的生熱點及三個無熱點。

由於生熱的大小隨交流電流時時作改變，也隨著交流電壓時時作改變。我們想要有一些方法來敘述其平均的功率。

RMS 電流

RMS 稱為均方根值 (Root-Mean-Square)，其定義為在—指定交流電流通過某一電阻器所生的熱，與某一直流電流通過該同一電阻器時所生同等量之熱時的該交流電流值。

為求了解上述意義，假定—交流電通過如圖 3 ④所示的 $100\ \Omega$ 的電阻。其 RMS 電流通過此一交流電路的電流量將等於某一直流電流（在圖 3 的 ⑤上）當通過此一 $100\ \Omega$ 電阻時所生的熱量相等時之電流量。

雖則熱是由流過電阻的電流所造成，但電流之大小却決定於跨此電阻的電壓高低。因之，也可以說電壓對生熱有間接的作用。

在一正弦波中，譬如—交流電流流過家用的電器中，RMS 電流等於 0.707 乘最大電流。可示於如下的公式中：

有效電流或 RMS 電流 = $0.707 \times$ 最大電流。

最大電流

最大電流又可稱之為峯值電流。

如果已知 RMS 電流，峯值電流能自如下的公式算出：

$$\text{最大電流} = \frac{\text{RMS 電流}}{0.707}$$

例題 1 某一保險絲額定 15A。保險絲的“額定”常為交流正弦波電流的 RMS 值，決不可以超過。如果超過，保險絲就會燒掉。那麼在保險絲不燒掉的狀況下，能夠通過多大的交流最大電流呢？

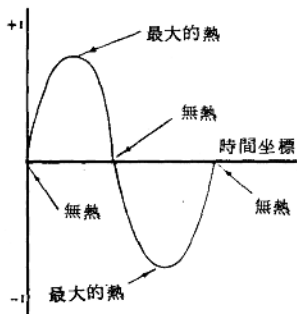
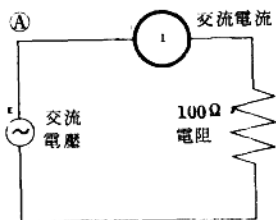
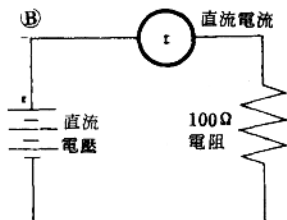


圖 2 當交流頻率期生熱之變化

解 最大電流 = $\frac{\text{RMS 電流}}{0.707} = \frac{15}{0.707} = 21.2^+ \text{ A}$



一交流電壓跨接在 100Ω 電阻上，導致一電流通過此一電阻，其 RMS 電壓等於……



……直流電壓之值能導致所生同樣量的熱

圖 3 RMS 與直流電壓之間的關係

電流的峯值到峯值有時是一種技術上的說法。其意義就是峯值的兩倍值。圖 4 示 RMS，峯值到峯值電流值之間的相互關係。

例題 1 是用於代表交流電流的 RMS 值。此與用在直流電流值上是同一符號。

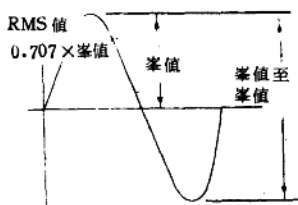


圖 4 峯值，RMS 及峯值至峯值之間的關係

RMS 電壓

當正弦電壓跨接於一電阻，一正弦波電流即流經電阻。在一正弦波交流電壓上，譬如電力公司輸送到家庭中的交流電壓，其 RMS 值等於 0.707 乘最大電壓。

有效電壓，或 RMS 電壓 = $0.707 \times \text{最大電壓}$ 。

最大電壓

最大電壓又稱峯值電壓。

如果 RMS 電壓已知，最大值可由下式求得：

$$\text{最大電壓} = \frac{\text{RMS 電壓}}{0.707}$$

例題 1 電力公司送到家庭中的交流正弦波電壓為 117 V。此為 RMS 電壓。那麼最大電壓是多少？

解：
$$\text{最大電壓} = \frac{\text{RMS 電壓}}{0.707} = \frac{117}{0.707} = 165 \text{ V}$$

此為半赫中的最大電壓。有些情況中，意欲提到峯值電壓。峯值至峯值電壓等於峯值電壓的兩倍。圖 4 示峯值電壓，RMS 電壓，及峯值至峯值電壓之間的關係。與前述例題 1 中的各種電流關係同樣。

例題 2 最大值為 10 V 的一交流電壓跨接於一電阻上。需要月多少的直流電壓才能產生同一的熱量？

解：
$$\text{RMS 電壓} = 0.707 \times \text{最大電壓} = 0.707 \times 10 = 7.07 \text{ V}$$

此代表 RMS 電壓的 7.07 V 交流電壓，實際上與 7.07 V 的直流電壓有相等效果，故所需的直流電壓為 7.07 V。

在交流電路上的功率

電阻電路

當一正弦波交流電壓施加於一純粹的電阻電路上，一正弦波的交流電流將通過此電阻。電阻上所消耗的電功率可用公式計算，即以 RMS 交流電壓乘以 RMS 交流電流，如同直流電路一樣。

當跨電阻的 RMS 電壓，與通過電阻的 RMS 電流為已知，則

$$\text{電功率 } P = E \times I$$

如果跨電阻的 RMS 電壓及電阻值已知時：

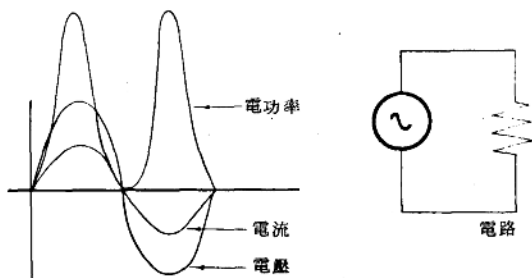
$$P = \frac{E^2}{R}$$

$$\text{其中 } E^2 = E \times E$$

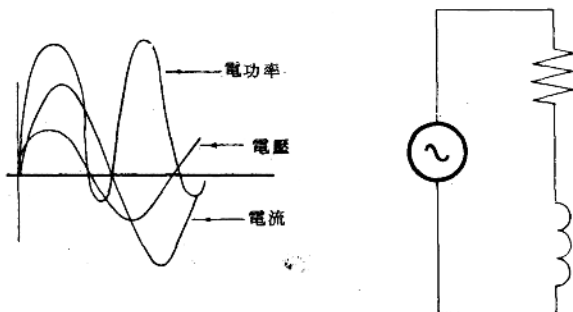
如果通過電阻的 RMS 電流及電阻值已知時：

$$P = I^2 R$$

$$\text{其中 } I^2 = I \times I$$



① 在一純粹電阻電路中電壓電流與電功率之間的關係



② 在一具有電感電路中電壓電流與電功率之間的關係

圖 5 電壓、電流、與電功率的關係

異相狀況

當一交流電壓施加於一電感器，電流通過電感器將滯後於跨接的電壓。此為電感在交流電路中的特性；它能導致電流滯後於一電壓。

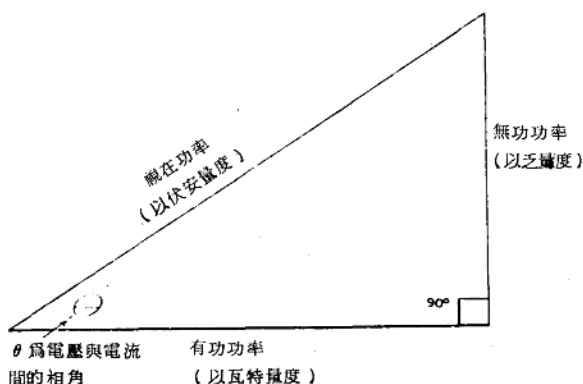


圖 8 功率矢量三角形

由於電壓與電流異相，那就是說，電壓與電流不同相，而錯開一個電工度，電壓是推動電子流動的一股“勁”，而電流則是電子流動的現象，所以電壓電流不同相也就意指推動電子流動的那股“勁”或“力”，與電子流的湧到不會在同一時間。在 60 赫的交流電中，每 $1/60$ 秒會產生一赫，也就是 360 電工度。則 90 電工度就代表 $1/240$ 秒的時間。電壓與電流的不同相造成在電路上的電功率，不能再用簡單 $E \times I$ 的方法來計算。

圖 5 A 示在一純粹的電阻路中，電壓、電流和電功率之間的關係。電功率在沿此曲線上的任何一點都可用同一瞬時內電壓乘電流的方法來獲得。

當電壓和電流同是零，電功率也是零 ($0 \times 0 = 0$)。當電壓和電流同在最大時，電功率也是最大。

注意，當電壓和電流同在負性（反向）的最大值時，因負負得正，所以它的電功率仍是正性的最大值。

在交流電路中，電壓與電流異相時，為表示它們之間錯開的

電工度，其說詞概以電流為主，譬如：電流超前電壓若干電工度，或電流滯後電壓若干電工度等。

在述及交流電路時，一致的共同看法也是以電流為主，如敘述為電流超前電壓，電流與電壓同相，或電流滯後電壓等。

電感電路：

在一電感電路中，電流會滯後電壓若干電工度。如說電壓超前電流若干電工度，也是同一意義。

電流實際滯後電壓的電工度要看電路中電阻與電感的相關大小來決定。一般言之，電感愈大，電流滯後得愈多，因之，電壓也愈超前電流。

電流與電壓間錯開的這一電工度又稱“相角”有超前相角和滯後相角之分，圖 5 中的⑩，就說明在一含電感的電路中，電流滯後電壓一相角的關係。

電容電路

當交流電壓施加於一含電容器的電路時，電流會超前電壓。也可說電壓滯後電流。

不管電流是超前電壓或滯後電壓，都能減少在電路中電力的消耗量；如果你要想達到所欲的電功率消耗量，勢非增大輸送的電流不可。因為電路如果不是一個純粹電阻電路，無論是電感性的或電容性的，電路中電功率的消耗量就不是 RMS 電壓和 RMS 電流的乘積了。記住電功率是一種工作量，你工作量有多大，就應該有多大的電功率消耗量。

一種代表電感性或電容性交流電路的分析方法可利用圖 6 所示的“功率矢量三角形”法來解析電功率的有消耗情形。

視在功率

當在一含電感或含電容的電路中，以 RMS 電流乘 RMS 電壓所得之積，稱為“視在功率”（Apparent power）或稱“伏安”。

通常我們以“伏安”來額定馬達而不用瓦特。其理由之一是馬達的線圈能導致馬達對電路上呈現電感。使得電流滯後了電壓。因之跨於馬達的電壓乘通過馬達電流之積只能以伏安或視在功率表示之。

視在功率對有功功率

由於視在功率是由圖 6 中三角形的斜邊來代表，它必然大於底邊的有功功率（Real power）或稱實效功率。因為三角形的斜邊大於任何的兩邊之一。

有功功率是實際上在電路中生成熱所消耗的電功率。也是用電者所實際付出電費的這一部份電功率。又稱之為有用的功率。

在最初你也許認為電流與電壓間的相角愈大愈好，因為三角形的底邊可以減小，所付出的電費也少。但實際上相角太大是並不好的，其理由為：底邊小代表其電的工作量也小。這當然是用電者所不意欲的，用電者需要有一定的工作量，因之底邊不能短，那麼因相角的增大，三角形的斜邊一定要增長，這樣電力公司也不意欲，因有損害其供電設備的可能。

次一理由是電力公司只能根據三角形底邊，即電錶上實用的度數向用電者收費，但由於相角大，電力公司不得不輸送更多的電流，但送來的電流又不能全消耗掉，又有一部份要退回。所以又不得不增大電線線徑，因之增大了供電設備費用，而且電流大生熱也大，又造成一部份線路上的損耗。

電流與電壓間的相角又稱為“功率因數”（Power Factor）。在數字上，功率因數等於相角的餘弦函數（Cosine）。

當然在含有電感電器的電路上，其相角很難避免，但電力公司為防止用電者造成電路上過大的相角，也就是降低了功率因數，所以特地制定了一套法規，如我國的電工規則即規定用戶的功率因數以 80 % 為準。每低 1 %，該月份電費應增加千分之三，超過 80 % 時，每超過 1 %，該份電月費減少千分之 1.5。

功率因數

表 1 餘弦函數表

角度	餘弦函數
0°	1.
15°	0.966
30°	0.866
45°	0.707
60°	0.500
75°	0.259
90°	0

功率因數已如上所述，它也可以用一小數代表，或者以餘弦函數之百分數代表。在任一情況下，功率因數越高，能消耗的有功功率便可愈大，而電路愈優（有更多的有用功率）。表 1 示明 0° 到 90° 角度間的餘弦函數。

例題 1 在某一應用電路上，電壓與電流間的相角為 15°，功率因數是多少？

解：在表 1 中，15° 的餘弦函數是 0.966，把它變成百分數是

$$\text{功率因數} = 0.966 \times 100 = 96.6\%$$

電路中有用的功率（有功功率），如果在電流與電壓間的相角一旦知道，同時視在功率也知道時的話，那麼可以用下式求出：

$$P = E \times I \times \cos \theta$$

其中：P 為有用的功率，或有功功率

$E \times I$ 為 RMS 電流乘 RMS 電壓。此積稱為視在功率。

$\cos \theta$ 為電流與電壓間相角的餘弦函數值。

例題 2 某一馬達額定於 70 伏安，而功率因數為 0.866，那麼這馬達實際消耗了多少有功功率？

解：伏安額定值即為 $E \times I$ 的積。功率因數即為電流與電壓間相角的餘弦函數值：

$$P = E \times I \times \cos \theta = \text{視在功率} \times \text{功率因數} = 70 \times 0.866 = 60.6\text{W}$$

求功率因數的公式為：

$$\text{功率因數} = \frac{\text{有功功率}}{\text{視在功率}}$$

當電路中視在功率及有功功率為已知，上述公式可求出電流與電壓間的相角。

功率因數之改進

電爐、電鍋、電烙鐵、電熨斗等都是一種生熱的工具，電器中之主要零件就是電熱絲或電阻器，其功率因數接近 100%，這是一種交流電路上理想的電器。

但是電器中含有馬達者，如洗衣機、縫衣機、風扇等，是一種具有電感性的電器。使電流滯後於電壓，相角之增大造成功率因數之低落。然而，製造廠常在設計這種電器時加了改善裝置。以提高功率因數。

由於電感器能使電流滯後電壓，但電容器却能使電流超前電壓，二者的特性恰好相反，所以因電感所造成功率因數之降低，常能藉加裝適當容量之電容器而提高。

將電流因電感而滯後電壓的相角靠電容值提前，使它不要滯後太多，這種手續稱為“功率因數之改進”。但我們並不必在每個電感性電器上都加用電容器。只在變電設施上一次裝設就行，而且還必須計算，因加入電容器太大，反不完美。

電器零件

爲了要增強了解電器用電路，有三種基本的電器用零件應予研習及明瞭。它們分別是電阻器、電容器、與電感器。這些零件的使用總彙於表 2 中。

上述三種零件也可以配合使用，以發揮電路上特定之功能。

電阻器

電阻器可分成兩個基本

表 2 使用電器零件

零件名稱	其 用 途
電 阻 器	限制電流 介入電壓降 生熱
電 容 器	貯存電能 分開交流和直流 介入交流之電壓降
電 感 器	貯存電能 通過直流，但阻止交流通過 介入交流之電壓降