

變頻冷媒空調系統特性簡介

▶ 專案5部 陳旻儀

一、前言

針對全球氣候暖化日益嚴重，降低溫室氣體排放為刻不容緩之首要工作，而於日常生活中空調設備耗電占比為最重，若於空調設備加施節能應用及措施，將對節約能源有更顯著之成效。而變頻空調機組為目前先進且成熟之節能技術，若採用變頻空調機組，將有利於部分負載下，降低空調機組的耗電，並可根據室外環境溫度與室內熱負荷的不同，提供無段式加卸載避免壓縮機啟停頻繁，給予節能且舒適的室內環境。因變頻式空調機設有緩啟動功能，可有效地降低設備運轉音量，於初始啟動後又可以超頻方式運轉，得到較大冷凍能力，並於短時間內達到冷房需求。

二、變頻器的介紹

各國使用的交流供電電源，無論是用於家庭還是用於工廠，其電壓和頻率均200V/60Hz(50Hz)或100V/60Hz(50Hz)等等。通常，把電壓和頻率固定不變的交流電變換為電壓或頻率可變的交流電的裝置稱作變頻器。為了產生可變的電壓和頻率，該

設備首先要把電源的交流電變換為直流電(DC)。把直流電(DC)變換為交流電(AC)的裝置，其科學術語為Inverter(逆變器)。由於變頻器設備中產生變化的電壓或頻率的主要裝置叫Inverter，故該產品本身就被命名為Inverter，即：變頻器。

變頻器是把工頻電源(50Hz或60Hz)變換成各種頻率的交流電源，以實現電機的變速運行的設備，其中控制電路完成對主電路的控制，整流電路將交流電變換成直流電，直流中間電路對整流電路的輸出進行平滑濾波，逆變電路將直流電再逆成交流電。對於如向量控制變頻器這種需要大量運算的變頻器來說，有時還需要一個進行轉矩計算的CPU以及一些相應的電路。變頻調速是通過改變電機定子繞組供電的頻率來達到調速的目的。

(一)交流變頻器

交流變頻空調與直流變頻空調的區別為使用何種壓縮機(交流變頻壓縮機或是直流變頻壓縮機)以及因壓縮機的不同而帶來控制器的變化。交流變頻壓縮機



本質上仍是三相交流異步電動機，通過定、轉子之間磁場的相互作用使轉子旋轉。但其特別的設計使得可以在較大範圍內通過改變電源的頻率和電壓來改變電機的轉速，因此稱之為交流變頻。

交流變頻壓縮機轉子採用了交流感應電機轉子結構，其工作原理為：定子產生旋轉磁場，轉子在定子旋轉磁場作用下感應電流產生感應磁場，經定子磁場與轉子磁場相互作用使轉子旋轉。交流變頻壓縮機旋轉的基礎是定子與轉子的電磁感應，使壓縮機旋轉的同時也帶來了電磁感應噪音與轉子損耗等負面作用。

(二) 直流變頻器

直流變頻壓縮機轉子採用稀土永磁材料製作而成，其工作原理為：定子產生旋轉磁場與轉子永磁磁場直接作用，實現壓縮機運轉。可以通過改變送給電機的直流電壓來改變電機的轉速，直流變頻壓縮機不存在定子旋轉磁場對轉子的電磁感應作用，克服了交流變頻壓縮機的電磁噪音與轉子損耗，具有比交流變頻壓縮機效率高與噪音低特點，直流變頻壓縮機效率比交流變頻壓縮機高10%-30%，噪音低5分貝-10分貝。但是，直流變頻空調的成本要高於交流變頻空調⁽¹⁾。

三、變頻冷媒空調機組節能原理

建物內的空調噸數設計受限於環境外氣，而外氣又受到四季變化的影響，所以通常都以一年內熱負荷最高時的情況以及室內發熱設備與人員流動因素，來設計建物內空調所需之冷凍噸數。當設計建物內夏季空調負荷所需冷凍噸數時，往往於春、秋、冬季節，因外氣溫度降低之原因，在建物內空調負荷明顯降低，導致其他三個季節的冷凍噸

數需求與夏季相比時降低許多，因此產生冷凍能力過多的情形，壓縮機加卸載頻繁，造成空調耗電的增加。為了因應室內空調負載的變化，一般空調設備僅有啟動、停止或是階段式加卸載之動作來調整冷凍能力，然而空調設備在停止時會造成部分冷凍能力的損失，原因為停機時，內部流體(冷媒)已輸送分配於空調系統內，而於再次啟動時得重新輸送流體，導致開機初期並無冷能的產出，造成有效冷能的散失。另外因空調設備運轉時，處於恆定或是有階段性之降載，當室內環境空調負荷下降時，即會造成室內溫度偏低的現象發生，使得空調設備耗能增加。但是變頻空調機組則是在空調負荷降低時，採用改變內部流體之流量來達到部份卸載效果，且根據整年度空調負載的變動給予適度匹配的流量，空調機持續運行，故不會產生冷(熱)能的流失。電動機(壓縮機)的轉速又跟本身極數設置有關聯，公式如下：

$$N = \frac{120F}{P}(1 - S)$$

其中：N = 轉速、F = 頻率、P = 馬達極數、S = 轉差率

使用變頻機組提升效率：基本原理即所謂的相似定律(Affinity Law)，而應用於輸送流體方面時，電動機耗電量與其轉速之三次方成正比。因此，若視室內空調負載變動，適度地降低電動機轉速，將可大幅省下不必要之能源消耗。如機械尺寸無修改以及空氣密度不變的話，相似定律公式可簡化表示如下：

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{P_{S1}}{P_{S2}} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad \frac{HP_1}{HP_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

其中：Q = 流量、Ps = 揚程、HP = 馬力、N = 轉速

雖然依流體力學上，轉速與耗功呈現三次方比，但機械運轉損失(如摩擦損失)並非

表1 定頻與變頻空調系統特性差異表

項目	定頻	變頻
自動調整加卸載	無法自動調配	無段式自動調整為最佳化
溫度控制	僅有啟、停功能，溫度範圍波動達2°C	可自動降載至室內設定溫度，溫度波動為1°C
啟動性能	啟動電流過大，約為額定電流6-10倍	設有緩啟動裝置，故啟動電流較低
噪音	啟動時，全速運轉且噪音偏大	設有緩啟動裝置，噪音較低
節能性	僅有啟、停控制或階段式降載	可無段式降載，並以低頻維持運轉
除濕功能	僅有啟、停裝置，故除濕時會連同降低溫度	降載控制，低頻運轉，除濕不降溫，健康除濕
保護機制	僅有簡易功能	過電壓、欠相、過載、旁路保護
自動控制	僅有簡易功能	全智慧自動調控，並可設置監控系統，可即時監測

以三次方改變，所以不能說是絕對準確。但就本用途而言，此定律仍保有一定的信賴及準確性。

四、變頻與定頻空調系統的分別

傳統定頻式空調在室內熱負荷變動時，僅能根據熱負荷的變動以溫度控制壓縮機加卸載方式調配供應冷能；變頻式空調機組可以透過壓縮機轉速的變化，在室內熱負荷改變時，自動調整冷能的輸出，給予舒適穩定的室內環境溫度，達到製冷量與熱負荷的自動匹配，進而節省了空調耗電，如表1及圖1、圖2所示。

五、變頻空調機組所需注意事項

儘管變頻控制技術的出現，在空調節約能源上有著功不可沒之成效產出，但根據馬達屬性的關係，於搭配變頻應用上，仍有幾點問題須加注意，才能兼顧到節能又安全。

1. 諧波的抑制

變頻雖帶來方便、智慧且在節能應用上有極大的功效，但是對於使用之電力來源，投入大量的諧波與無效功，使得供電品質不穩，甚至危害電力系統。而抑制諧波的產生將是變頻的首要課題，目前常用的方法有：(1)裝置適當補償裝置(如：濾波器)以補償諧波；(2)於電力系統內進行

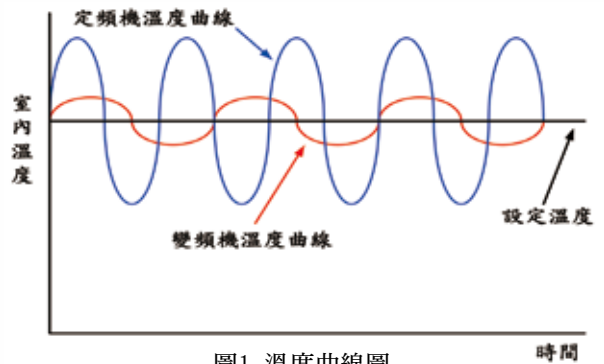


圖1 溫度曲線圖

由溫度曲線圖得知，定頻式空調機在室內溫度(或冰水溫度)到達設定溫度時，主機僅有停機(或階段式降載)，使得室內溫差大且震盪頻繁，導致於室內人員感受忽冷忽熱的情形發生；相較下，變頻式空調機於室內溫度(或冰水溫度)控管方面比定頻式要來的準確，可根據熱負荷無段式調節降載，溫差小且震盪率較低，室內工作人員感受較為舒適。

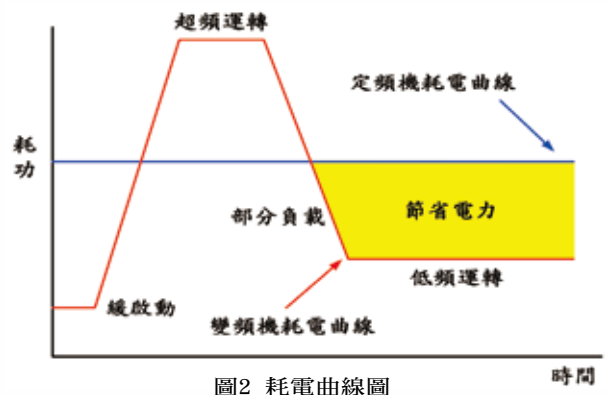


圖2 耗電曲線圖

以定頻式空調機組運轉方式，不管熱負荷之變化，僅以全載運轉(或階段式加卸載)且並無針對部分負載有相對應之降載措施，若空調負荷座落在部分負載區時此種運轉方式相當耗能；而變頻式空調對於初始運轉時，以緩啟動方式降低了噪音的產生，並使用超頻運轉，迅速達到冷(暖)房需求之溫度後，再以低頻運轉方式來供給冷能，達到降低電能使用。



改造(如：使用新型整流器)，除了可以抑制諧波，且功率因素可改善至100%；(3)在供電系統上加入相關措施。

2.馬達本體溫度的升高

因馬達散熱好壞與轉速呈現正比關係，如轉速降載至低速時，本身的散熱變差，而導致整體溫度的提高。為改善此一現象，可以使用高效率馬達，因高效率馬達在做變速運轉時，比標準型馬達有利，主要原因是高效率馬達在定子、轉子和鐵心方面都採用低損失設計，且耐熱性方面採用較高的安全係數，故可以提供比標準型馬達更寬廣的連續轉矩，或者亦可在標準型馬達加裝固定轉速的散熱風扇，不因轉速降低而降低風扇轉速，以保持良好的散熱能力。

3.變頻器本身的負載能力

不論任何型式的電源驅動裝置都有其電流供給能力的限制，所以在應用時有必要對最大轉矩、起動轉矩和運轉轉矩等需求加以規範。在滿載轉矩的150%以下範圍，馬達的電流和轉矩大致上是成正比，但是超過150%全載轉矩時，電流和轉矩便分道揚鑣了。對標準型馬達而言，崩潰轉矩等於全載轉矩的230%，產生此轉矩所需要的電流是全載電流的340%；對高

效率馬達而言，崩潰轉矩等於全載轉矩的243%，所需電流則為全載電流的374%。

一般而言，變頻器的最大供電容量是全載的150%，因為在此範圍內，轉矩/電流的比值相對地維持在定值的關係⁽²⁾。

六、結 論

變頻空調機組是藉由調變冷媒流量的技術來達到節約能源的效果，根據冷房需求搭配智慧型自動控制，達到室內冷能須多少才給多少，且變頻空調日新月異，現階段已祭出「省電、速冷、恆溫、靜音」，多功能一體之空調機種。但變頻技術受限於供電品質、諧波、馬達及變頻器之散熱，未來如突破此關鍵，將帶來變頻空調使用率的增加，大大的降低能源使用。但讀者仍須加以考量的乃是空調開機時間，如耗電曲線圖所示，變頻空調機在初始開機之後，因超頻運轉關係，如在開機過後沒多久即做關機動作，此舉會造成在同一時段內之耗能較定頻機種要高出許多，所以在選用變頻機組前須依使用情形、運轉時間來衡量是否需要使用變頻空調機種。∞

參考文獻

- 1.丁振腳，變頻空調《Variable Frequency Air-Condition》，2011年6月。
- 2.張永宗、陳清良，變頻器於空調之節約能源應用。

