

電水泵變頻器的功能及選擇

在‘能源效益’的大前提下，變頻器 (VFD / VSD) 的應用日趨廣泛和普及。經多年的改良和發展，現今的變頻器已達到智能的級別。就讓我們藉此分享一下變頻器的運作、功能及選購。



Westley Foong | Johnson Mok
Xylem Water Solutions | Greater Asia Marketing Team

變頻器的運作原理和應用

簡單來說，當電源進入變頻器時，變頻器便會因應需要 (外界輸入的訊號) 把電脈衝 (pulse) 改變，從而調節頻率 (Hz) 以達至控制電機轉速的目的。而頻率與電機轉速是有著直接的互動關係; 頻率越低，電機轉速越慢，反之亦然。

$$\text{電機轉速} = \frac{\text{供電頻率} \times 120}{\text{電機極數}}$$

以一般香港供電頻率50Hz為例子，4極馬達在50Hz情況下的理論轉速是1500rpm。如把50Hz下調至40Hz，馬達轉速便變為1200rpm。理論轉速在這裡的意思是不包括電機滑差 (motor slip)。電機滑差越細，電機效率越高。

雖然變頻器具備控制電機速度的功能，但它本身亦需要收到指令才工作。所以變頻器通常會與編程邏輯控制器 (PLC) 和感應器 (sensors) 一同使用。而一般應用在水泵的電機是異步感應馬達 (asynchronous induction motor)，可配合一般的變頻器使用。

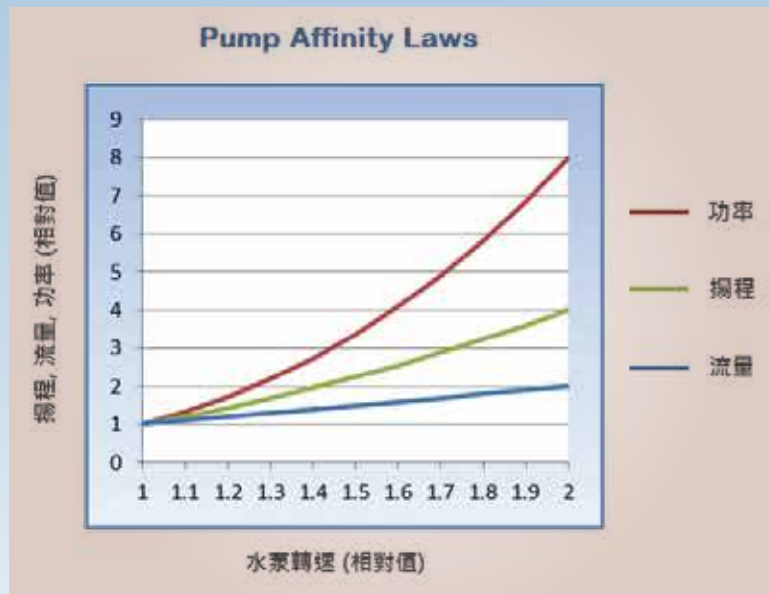
變頻器的優點

我們經常發現水泵功率往往比現場實際所需為大。原因之一就是在水泵選型過程中把過高的安全係數植入。安全係數越高，水泵選型便會越大。所以水泵經常有耗電過多的情況出現。這也可解釋為實際所需的揚程和流量已偏離水泵在最高效率時的工作點 (duty point)。

變頻器可因應實際環境的需求 (揚程和流量) 調節水泵的轉速，從而使水泵耗電的情況大大改善。我們就用以下簡單的Affinity Laws程式探討一下：

$$\frac{\text{制動馬力}_{\text{之後}}}{\text{制動馬力}_{\text{原本}}} = \left(\frac{\text{電機轉速}_{\text{之後}}}{\text{電機轉速}_{\text{原本}}} \right)^3$$

以一部45千瓦 (kW) 的電水泵為例，當水泵從每分鐘3000轉的運行速度降至2000轉時，水泵的功耗便從45kW降至23kW。從比例看，電機轉速減少1/3，耗電量便大約降低一半。



圖中顯示水泵轉速 (或頻率) 與水泵揚程、流量、功率的關連性。

如變頻器應用得宜，投資回本期更可低於一年。這當然還要視乎實際情況及當地電力收費而定。

而當變頻器應用於加壓泵組 (booster pump set) 時，不但能節省電力，壓力缸的體積/容量還可大大減小。

此外，變頻器先天已具備軟啟動 (soft start) 的條件，可避免直接起動所需的大電流 (大型電機尤甚)。而變頻器亦具備慢速停止，可避免‘水錘’ (water hammer) 帶來的衝擊。變頻器亦可減低水泵的開動次數，使電機和水泵的壽命得到延長。

配置變頻器的注意事項

配置變頻器時務必注意總諧波失真 (harmonic distortion) 的問題。諧波的產生源於電力系統中電壓與電流不成線性所造成的正弦波變形。當電力系統供電到儀器或機械設備的同時，諧波亦會倒傳回電力系統中而導致供電質量下降。變頻器便是其中的一種儀器造成供電系統的諧波失真。

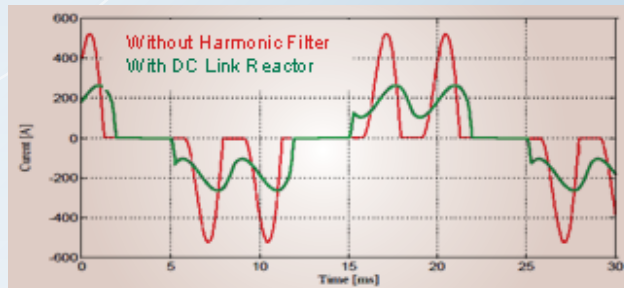
一般來說總諧波電流 (total harmonic current) 可導致周遭鄰近的儀器或設備運作的熱量較高或甚至有不穩定的情況出現。對電機而言亦會產生額外溫度及機械應力。

因此國際間早已製定一系列的規格和指引，藉以統一產品的標準，以及提升產品的質素和安全性。比較常見的就是‘歐盟指令’ (EU Directives)。而當中的 EMC directive 2004/108/EC 便要求到電源不能受到非正弦負載的影響。如要符合 EN61000-3-2 (單相) 和 EN61000-3-12 (三相) 的規格要求，系統則需要附加外置的濾波器 (Line filter)。

而現今新一代的變頻器已內置更先進的總諧波失真濾波器 (THDi filter)；用於單相供電的 ‘pfc’ 和三相供電的 ‘dc link reactor’。有效地減低射頻干擾 (RFI) 及電磁干擾 (EMI)。

技術文章

Technical Paper



變頻器的選擇

當然，變頻器的功率、相位和其他最基本的參數必須與電機配合，但在功能方面也值得考究。由於現今用於水泵的變頻器以發展成智能水泵控制器 (intelligent pump controller)，因此我們就此列出以下數個功能給選購者作參考：

- 電源可直接駁進變頻器，可節省配置電控箱的費用。
- 變頻器之間可相互溝通 (有些品牌更可提供最多八個變頻器互相溝通)。變頻器之間便可自動切換和分配工作。
- 內置總諧波失真濾波器 (THDi filter)。要符合上述的歐盟規格，並附有合格認證。
- 內設保護系統並可作實時自我檢測。當發現內部組件甚至系統有問題時發出提示訊號。尤其當電壓不穩時。緊急的如過載或過熱則自動停機。
- 備有模擬 (0-20mA / 4-20mA) 及數碼訊號輸入介面，用作接收感應器及其他設備的訊號。訊號如壓力、流量、溫度、液位，等等。
- 可以支援通訊協議 (如BMS)。一般有BACnet和Modbus通訊協定。
- 安裝方便。圖中顯示變頻器可直接安裝到水泵馬達的頂部。
- 已預載程式，只需按步驟輸入參數便可運作。
- 調試及檢測方便。

同樣重要的是，選購者需考慮廠商或供應商所提供的技術支援、售前和售後服務的質素。

