



永磁交流馬達無轉軸 位置感測器控制

Shaft Position Sensorless Control for Permanent Magnet AC Motor

胡敬暉

國立台北科技大學
電機工程學系

楊勝明

國立台北科技大學
電機工程學系 教授

彭文陽

工研院機械所
先進機械技術組
先進馬達技術部 經理

楊涵評

工研院機械所
先進機械技術組
先進馬達技術部

陳譽元

工研院機械所
先進機械技術組
先進馬達技術部

關鍵詞(Keywords)

- 永磁交流馬達
Permanent Magnet AC Motor
- 無轉軸位置感測器控制
Position Sensorless Control
- 高頻電壓注入
High Frequency Voltage Injection

摘要(Abstract)

永磁交流馬達一般都會裝設轉角感測器來偵測馬達的轉子角度作為速度或位置控制之用，但在某些特殊的應用，例如壓縮機，由於系統的限制並不適合安裝任何轉角偵測裝置，或是基於成

本的考量無法使用，所以無轉軸位置感測器的控制技術在永磁交流馬達的應用有其必要性。本文首先對習知的無轉軸位置感測器控制技術做一些介紹，接著分析及推導永磁交流馬達在高頻時的數學模型，然後說明利用高頻的脈動電壓注入以偵測轉角的方法。除了理論的分析及說明之外，本文亦提供實驗驗證的結果以佐證此技術的可行性。

Permanent magnet AC motor usually requires installation of a shaft angle sensor to detect shaft angle for position or velocity control. However, in the applications such as compressor, it is difficult and costly to install shaft position sensors. Sometimes, position sensors are omitted for cost reasons. Therefore, shaft sensorless control for PMAC is required in these applications. In this paper,



several commonly known shaft angle estimation methods are presented first. Then, high-frequency permanent magnet AC motor model is analyzed and derived. This model is used to develop the high-frequency voltage injection for motor position detection. In addition to the theoretical analysis, experimental results are also presented in this paper to verify the feasibility of the scheme.

1. 前言

永磁交流馬達(permanent magnet ac motor, PMAC)具有高效率、高功率密度、體積小及重量輕等優點，已廣泛應用於自動化、機器人、電動車等產業。為了使永磁交流馬達發揮其性能，一般採用向量控制(vector control)，因此控制器必須有精確且及時的轉角回授資訊。傳統的轉角感測器有編碼器(encoder)及解角器(resolver)等，皆能取得轉角資訊，然而使用轉角感測器除了增加驅動器的成本以外，還須考慮到使用的環境溫度、濕度、體積以及振動對轉角感測器的影響，在一些嚴苛環境或有空間限制的應用場合，甚至不能使用轉角感測器，例如壓縮機，由於系統的限制並不適合安裝任何轉角偵測裝置。因此，近年來有許多的研究提出利用馬達的電壓及電流等訊號來偵測馬達即時轉角資訊的方法，並利用估測的轉角作為速度控制的回授，一般稱為無轉軸位置感測器控制(position sensorless control)。

本文內容首先對習知的無轉軸位置感測器控制技術做一些介紹，接著說明永磁交流馬達在高

頻時的數學模型，然後以脈動電壓注入法為例，介紹高頻電壓注入的原理、偵測轉角的方法、實現方法、及實驗結果，以驗證此技術的可行性。

2. 習知技術介紹

無轉軸位置感測器控制在實現方法上大致分為二類，一類是利用馬達的基本模型(fundamental model)，藉由馬達運轉時產生的反電動勢(back electromotive force, Back EMF)來估測轉角[1, 2]。此類方法實現上比較簡單、直觀，在中、高速運轉時具有良好的穩定性和可靠度，但由於馬達在靜止及低速運轉時反電動勢的振幅太小難以量測，因此無法應用在全轉速範圍。另一種利用馬達基本模型的方法是透過觀察磁通鏈(flux linkage)來估測轉角資訊[3]，此方法雖然不需要轉角感測器，但卻需要額外的電壓積分器來計算磁通鏈。

另一類方法是利用馬達的凸極效應(saliency)，凸極效應產生最簡單的方式是馬達轉子上的 q 軸與 d 軸的等效氣隙有所不同，使 q 軸與 d 軸的電感值有差異。一些表面貼磁式永磁馬達雖然沒有天生的凸極特性，卻可以利用增加線圈電流使轉子磁鐵磁通達到飽和，藉此產生凸極效應。對於擁有凸極特性的馬達可以透過注入額外的高頻電壓訊號，分析其回授電流的高頻成分，進而估測馬達的轉角，稱為高頻電壓注入法[4-9]。與利用馬達基本模型的方法相比，高頻電壓注入法不需要馬達參數，對於參數變化時產生的誤差較不敏感；同時，也因為是利用凸極特性，所以在靜止及低速下可以有良好的估測效果與穩

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】391期・104年10月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw