



具電網至車輛 及車輛至家庭操作能力之 電動車永磁同步馬達驅動系統

Electric Vehicle Permanent-Magnet Synchronous Motor Drive
Incorporating Grid-to-Vehicle
and Vehicle-to-Home Operation Capabilities

陳正岳

國立清華大學
電機系

林育賢

國立清華大學
電機系

廖聰明

國立清華大學
電機系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 永磁同步馬達 PMSM
- 無位置感測控制 sensorless control
- 電動車 electric vehicle
- 電網對車輛 G2V
- 車輛對家庭 V2H

摘要(Abstract)

本文旨在探討開發一電動車無位置感測永磁同步馬達驅動系統，其兼具電網至車輛及車輛至家庭操作功能，所建馬達驅動系統之電力電路由一單臂雙向前級直流-直流轉換器及一變頻器組成。前者可將蓄電池電壓提升後進行放電，亦可用來接受市電或回收馬達之再生煞車能量對蓄電

池回充電能。於路行馬達驅動模式下，妥善設計之標準及無位置感測永磁同步馬達驅動系統具有良好之操作性能，含啟動、加減速、動態及再生煞車等特性。此外，提升之直流鏈電壓、換相移位和弱磁等策略可進一步提升其於高速下之性能。閒置狀態下，所開發驅動系統之電力電路可重新安排以執行電網至車輛及車輛至家庭之電能傳送操作。

This paper describes a permanent-magnet synchronous motor (PMSM) drive for electric vehicles (EVs) with both grid-to-vehicle (G2V) and vehicle-to-home (V2H) operation capabilities. The power circuit of the PMSM drive consists of a one-leg bidirectional front-end DC/DC converter and a three-phase inverter. The former is able to boost the battery DC-link voltage for discharging, and to receive electric power from mains or to



restore electric power from regenerative braking to charge the battery. In the driving mode, the properly designed standard and position sensorless controlled PMSM drive possesses satisfactory operation performances, such as starting, acceleration, dynamic, and regenerative braking characteristics. In addition, the DC-link voltage boosting, commutation instant tuning and field weakening approaches can further enhance the performance under high driving speed. In the idle mode, the power circuit of the developed PMSM drive can be rearranged to perform both G2V and V2H operations.

1. 簡介

眾所周知，電動車輛(electric vehicles, EVs)的使用可有效地減少石化燃料之使用及碳排放量[1-3]。因此，近年來電動車相關技術的發展在世界上已漸獲關注。電動車可概分為：(1)純電動車(pure EV)；(2)油電混合車(hybrid EV, HEV)；(3)插入型油電混合車(plug-in HEV, PHEV)。其中純電動車與插入型油電混合車可經車載充電器或外部充電器由市電對車輛電池逕行充電，即電網至車輛操作(G2V)。

然電動車為一含電池、馬達驅動器、電力電子、機械結構與能源管理等學科之整合研究領域，因此，如何協調組成各部件以得良好驅動性能是重要課題。以車載電池為例，需深入探討的議題包含：針對需求選用合適種類之電池及進行得宜之充放電控制[4-6]、能源管理[7]，或增置超級電容等[8]。當電動車輛於閒置時，車載電池可

被視為一移動儲能系統，即可執行車輛對家庭(V2H)、車輛對電網(V2G)甚或車輛對微電網(vehicle-to-microgrid, V2M)等操作[9-12]。

建構永磁同步馬達(permanent-magnet synchronous motor, PMSM)驅動系統，需馬達轉子絕對位置以行其直流無刷驅控。然而，對於一些特定應用場合無位置感測器控制較為適合。對於電動車，無感測控制需求雖不殷切，但其可行性值得研究。現行永磁同步馬達之無感測控制法[13-20]大抵可分類為：(1)根據推導變數或估測參數之方法[13]；(2)反電動勢(back electromotive force, back-EMF)估測法[13]或延伸型反電動勢(extended back-EMF, EEMF)估測法[15]；對方波型直流無刷馬達，於適當時刻與條件下，馬達反電動勢可由關鍵參數之量測而估得。但對弦波型直流無刷馬達，馬達反電動勢則需由實測之電壓及電流估算。由於馬達之反電動勢與轉速成正比，致使反電動勢估測法無法操作於極低轉速，因此需以同步機啟動加速至適當轉速；(3)觀測器法[16]：包含順滑模式觀測器、卡爾曼濾波觀測器(Kalman filter observers)、降階觀測器與適應性觀測器[17]；(4)智慧型控制法[16]；與(5)以馬達轉子磁凸極為基礎之控制法[13]：如高頻注入法(high-frequency signal injection, HFI)[19]即為一典型例子。此控制法之優點在於具有廣速域控制能力，亦能自我啟動，且此控制法並不需馬達參數。通常，高頻注入法之高速驅動效能較差，且具較大可聽噪音。因此，採用反電動勢法與高頻注入法之混合型控制法可具折衷性能[20]。本文所述為採用高頻注入法與延伸型反電動勢法結合之混合控制機構。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】364期・102年7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