

# 高功率電動巴士驅控器設計開發與驗證發展

## Development and Verification of High Power Density Electric Bus Inverter

王裕龍

工研院機械所 智慧車輛組 電動動力與控制部

### 前言

因應全球暖化，很多國家推動全電化都會運輸系統，以減少廢氣排放降低空氣汙染，其中初期最適合推動及被市場接受就是電動巴士，此車種所使用的功率往往會超過百千瓦等級的電動動力系統。本文主要針對高功率馬達驅控器設計開發與後續性能和環境驗證發展作說明。

### 內文

參考國際大廠動力系統規格，工研院機械所開發高功率馬達驅動控制器規格如表 1 所示，CPU 採用車規 TMS 570LS1114 晶片開發，PC 端採用車用 CAN ape 調校軟體，硬體基本功能方塊包含 (1) 直流 / 交流電源轉換單元，由直流鏈電容器、IGBT 模組及驅動模組組成；(2) 馬達控制單元由 DSP、輔助電源、保護模組、電流 / 角度 / 溫度感測模組組成；(3) 直流電源連接高壓電池；(4) 交流電源連接三相馬達；(5) 訊號連接透過 CAN 與車載控制器進行動力操控與安全診斷的溝通，另外也接收馬達回傳之位置及溫度資訊。針對功率元件與電流感測器的需求分析如下：

580 V 永磁馬達驅控器驅動之電機最大輸出機械功率約 250 kW，假設馬達電機最大功率輸出時之效率 92% 計算，驅控器三相交流最大輸出功率約為 272 kW。則依以下公式計算： $3 \times V\_D / (\sqrt{2} \times \sqrt{3}) \times I\_P \times \cos\theta = P\_AC$ ，其中假設功因 0.9，在 580 V 電壓下，則  $I\_P = 425A \text{ rms}$ ，上述為理想驅動的計算值，需保留控制上的預度，約取  $475 \text{ Arms} = 672 \text{ A}$  為需求最大電流，在 IGBT 功率元件

規格選用上以 safety margin 為 1.5 倍，建議功率元件耐流大於 1008 A，耐壓大於 870 V，額定電流依馬達需求訂定 300 A。

工研院機械所開發車用馬達控制器以累積多年技術與驗證能量如圖 1，在軟體設計方面，採用 (Model-Based Design, MBD) 的方式進行開發，並應用 Autosar 的方式進行軟體功能驗證；硬體開發方面，針對電路模擬、結構與散熱分析確認振動與溫升預估。近年來，也積極導入 ISO26262 功能安全發展，並在 2017 年取得 ASIL-C Ready 認證 (工程技術面能力認證)，這當中也包含為了驗證整車控制器可靠度，建立各種失效情境整車資訊異常資料庫之紀錄與分析平台，並整合整車失效單元以進行整車控制器等級之失效注入測試驗證。以及以 Model in the loop 模式進行一整車虛擬測試平台建立，模擬實際電動動力系統於虛擬整車之性能估測以及檢驗功能安全相關之電路設計能力是否足夠之實現功率級虛擬車輛平台功能驗證。最後為確認產品更具有量產性，針對環境可靠度測試驗證包含電磁相容性、電力負載、機械負載、氣候負載及化學負載等四大項，將參照國際標準 (如 IEC、ISO、SAE、GB 等) 及各大車廠廠規 (GM、Ford、Chrysler 等) 驗證方式。

電動車用動力次系統有別於一般工業用途的性能及環境需求，需要更嚴謹與縝密的測試驗證方法，依循 V 型產品開發模式，由規格擬定、設計分析、雛型製造各個階段，分層進行建立大功率電動動力系統測試驗證方法與技術，將可有效縮短發展時程，以及提升產品競爭性。

## 更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 432 期 · 108 年 3 月號

---

機械工業雜誌 · 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

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌 · 信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)