機械產業亮點特別報導

全電都會運輸系統基礎技術發展現況

陽毅平

國立台灣大學 機械工程學系　教授

前言

為加速我國產業轉型升級，深耕工業基礎技術，工研院機械所與金屬工業中心在 102-105 完成「全電化都會運輸系統基礎技術」第一期程目標，建立百瓩功率級的動力系統設計、製造與測試規範。將國內工業馬達與驅動控制器的基礎，精進至車用動力系統高效率寬域操作的目標。

全電化都會運輸系統包含電動軌道車與電動非軌道車。電動軌道車包含捷運系統、軌道街車、纜車及車頂輸電街車；電動非軌道車又分為人員運輸與貨物運輸車，人員運輸車包含電動道路巴士、電動水路巴士、及電動計程車等，貨物運輸車包括電動宅配車、電動果菜車、電動垃圾車等。綜觀全球電動車產業發展情境，全球商用電動車(electric vehicle, EV)在近十年內的總銷售量已經累積達 948.1 萬輛。

全電化都會運輸系統基礎研發，以提升電動車輛動力系統之性能與品質為目標，從整車系統性能目標導向設計開發與驗證，由傳統的製造化設計(design for manufacturing)，晉升到可靠化設計(design for reliability)。在動力系統裝車與道路測試前，就能掌握所有動態性能、功能安全、失效模式及耐久壽命。其技術涵蓋範圍包括最佳化設計、電磁/熱流/結構/控制耦合分析、材料與製程精進、可靠度與測試檢驗技術提升。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，分層進行虛擬驗證測試，縮短產品開發時間，降低開發成本。

全程技術發展之策略目標是高效率與高品質車用動力系統，技術發展內容分成三大部分：基礎技術工具(tool)、基礎技術情資(know-why/know-how) 及基礎關鍵組件 (key components)。基礎技術工具包含：動力系統設計與耦合分析平台、虛擬測試硬體環路(hardware-in-the-loop, HIL)驗證發展平台、及環境振噪可靠度測試平台。在這些平台上發展的技術包括：車用電子功能安全驗證技術、動力系統噪音、振動與柔和性(noise, vibration, and harshness, NVH)驗證發展技術、車用環境耐受度評價技術、及加速耐久虛擬驗證技術。基礎技術情資包含：車輛電子電機功能安全設計技術、動力系統 NVH 定量模擬技術、車用環境耐受度模擬與設計技術、及馬達電磁熱固控整合設計技術。基礎關鍵組件則是完成馬達與驅動控制器的製造、匹配及系統整合，精進符合 ISO 26262 規範的車輛安全品質等級、及驅動控制器失效診斷、容錯與控制技術。所發展之動力系統於都會區駕駛規範(urban dynamometer driving schedule, UDDS)之平均系統效率已達 86%。

圖 1　全電都會運輸系統技術發展內容與產業發展方式

全程技術發展內容與產業發展方式如圖 1。我們將在這一系列報導中，以 V 型產品開發流程的順序，簡介已經完成的基礎技術，其中包括感應馬達技術: 電磁熱固耦合分析技術、 最佳化設計分析技術、高導熱外殼製造技術、低鐵損矽鋼片沖壓技術、銅轉子與銅鋁轉子製程技術，驅動器技術:感應馬達參數鑑別、ISO26262 功能安全發展、失效注入測試驗證技術，及動力系統測試驗證技術: HIL 測試驗證技術、虛擬車輛與道路模型建立技術。在產業發展方式，將以動力次系統開發為手段，促成國內動力系統產業生態為目標。

本技術研發的車用動力系統具有高共通性、高技術挑戰性、高經濟影響力、廣泛應用價值，在我國既有已存的工業基礎下，打下更深的基礎，建立更高的產品附加價值。本精進技術更將工業馬達升級至車用馬達，帶動國內電動車產業，搶攻 2022 年全球運輸工具動力馬達 275 億美元的市場。然而，單靠技術發展無法達到都會運輸系統全電化的目標，喜見政府預計在 8 年「前瞻基礎建設」中，投入軌道建設 4241.33 億元，期待相關業者有更深的遠見與能耐，在這一波都會運輸全電化發展中獲得成功。

【專有名詞釋義】

- 都會區駕駛規範(UDDS)：在動力計上測試節能效果所訂的標準都會區行車規範。動力系統的 UDDS 效率定義為一將動力系統裝在動力計上，依照虛擬車輛行駛 UDDS 行車路徑，所測得的動力系統效率。
- ISO 26262 道路車輛功能安全規範：對於道路車輛使用的電氣(electrical)、電子(electronic)與軟體(software)系統制訂的功能安全標準。
- 虛擬測試硬體環路(HIL)：系統整合測試時，部分系統組件以實際硬體運轉，其他部分則以電腦模擬方式完成，其間的界面以即時通訊完成。

■