



應用模型化設計 於車用電機驅動控制

Model-Based Design Approach
on Automotive Electric Machine Control

邱昱銘

華創車電技術中心
複合動力機構組
複合動力部

陳慶霖

華創車電技術中心
複合動力機構組
複合動力部

陳垣圻

華創車電技術中心
複合動力機構組
複合動力部

涂凱翔

華創車電技術中心
複合動力機構組
複合動力部

呂百修

華創車電技術中心
複合動力部
經理

關鍵詞(Keywords)

- 模型化設計 Model-Based Design, MBD
- 車用電機控制器 Automotive Electric Controller
- 磁場導向控制 Field Oriented Control, FOC

摘要(Abstract)

有鑒於近年來新能源動力車輛的崛起，車用電機控制器的需求量大增，為對應不同車輛的需求，軟體演算法勢必得面臨重新開發與設計的窘境。為了加強系統的安全性與可靠度，本文將遵循 ISO 26262 的建議，針對車用電機控制器提出一套完整的軟體開發設計流程，並以

Model-in-the-Loop、Software-in-the-Loop 與 Hardware-in-the-Loop 三種軟體驗證方式，分別對各功能模塊進行驗證，搭配自主設計的控制器雛型機與現行開發之一體式啟動馬達發電機進行轉矩-轉速曲線實現，以驗證軟體模型化設計的開發設計方式能夠有效並快速達到車用電機控制器的軟體需求。

In this study, the software development for automotive electric machine controllers was accomplished via the model-based design method. The software development verification and validation was conducted in a V-model flow according to ISO 26262, which includes model-in-the-Loop, software-in-the-Loop, and hardware-in-the-Loop. An integrated-starter generator was operated by an automotive electric machine controller prototype, and through a



dynamometer the torque-speed curve was measured and compared with results from simulation. The software development and V&V for automotive electric machine controllers can be effectively and rapidly accomplished via the MBD method was proven.

1. 前言

由於石化燃料日益枯竭，碳排放的嚴重污染造成全球氣候異常，全球交通運輸所產生的碳排放量約占 24%，各國政府亦開始對交通運輸工具的排放量進行規範。在此種環境背景下，各家車廠紛紛尋求低污染的替代能源車輛做為發展目標，預估新能源車輛的需求量將逐年增加，各種新款的車型將陸續推出，新能源車輛所需的電機控制器(motor control unit, MCU)的需求量將大幅的增加，為了因應各種車型，軟體演算法勢必會面臨到重新開發設計的窘境，為了有效率的維持軟體的開發品質與避免軟體演算法設計不良的情況，軟體模型化設計(model-based design, MBD)的開發方式被廣泛的運用在各家車廠上。

對於各種新車型的開發，傳統車輛的開發流程耗時冗長，且將面臨人力不足與成本過高等問題產生；因此，為了有效的減少產品的開發時間與成本，具備快速開發與實現高效率系統控制驗證方法的軟體開發平台是必要的。為了能使車輛系統的電子控制單元(electronic control unit, ECU)在短時間內進行軟體的開發設計，近年來，軟體的發展方式已經由傳統 hand-coding 逐漸轉變為

model-based 的方式，圖型化介面能夠使系統進行多面向的呈現，且由文字系統轉變為圖型化介面，使得 ECU 軟體開發設計變得更加簡單[1]。

本文旨在使用 MBD 進行 ECU 的軟體開發設計流程，介紹現今電機控制器所使用的軟體開發方式，由建立車輛需求開始對各功能模塊進行驗證，並逐一加入其他功能模塊進行集成性的測試，藉以 V&V (verification & validation)的驗證流程，可快速的進行軟體的除錯與驗證，以確保電機控制器之軟體缺失能有效的改善。

2. 開發設計流程說明

動力系統的開發主要來自於車輛對動力性能的目標需求，當車型目標需求訂立後，動力系統開發與設計才開始進行，過程中均須針對各功能進行驗證，以確保功能與設計相符且系統無嚴重缺陷，整個專案執行才算成功。基於以上原則，採用源自於 ISO 26262, Road vehicles - Functional safety 所規範出的控制器 V 型模型開發設計流程。該規範主要係調和 IEC 61508 而來，主要著重於車輛電子/電機的系統功能安全。ISO 26262 目前為全球重要的車輛功能安全設計標準，對各部分週期內的工作項目與產出物都有詳盡的定義。因此，為了符合此規範的設計標準，將由系統的基本需求開始進行規劃，並分別延伸至軟體與硬體的功能定義，其開發流程圖如圖 1 所示。

2.1 V 型模型開發設計

在本文中，我們將以 V 型模型做為軟體發展的基礎，對產品初期進行系統性的規劃，並於確

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】386期・104年5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