

Technical Article

開發新一代電氣化推進系統



John Martin , EMPEL Systems 創辦人暨總監

在實作電子推進系統時，為了對設計需求與目標大不相同的車輛進行設計，其中一種方法是打造可調整的模組化馬達系統。

這類馬達系統必須具備高功率密度、極致精巧並可提供高性能。EMPEL Systems 致力於儘可能將牽引逆變器與馬達整合，並儘可能將所有零組件縮減至最小。從廣泛的馬達直徑，到逆變器的相位電流需求和相位數量，設計模組化馬達系統 (如 [圖 1](#) 所示) 可為汽車製造商帶來彈性，且在節省成本的同時，還能縮短上市時間。

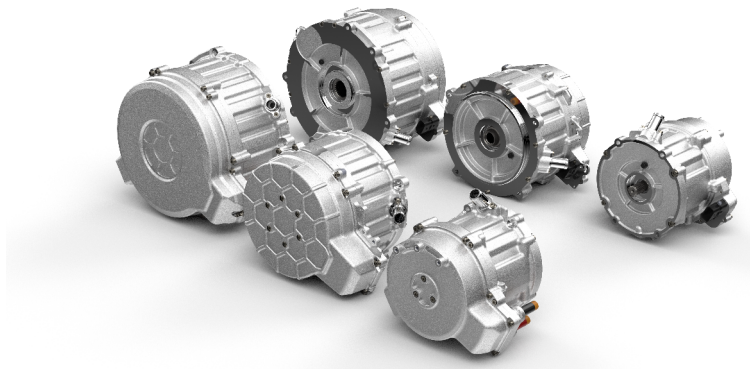


图 1. 模組化的汽車 xEV 推進系統

持續進化的半導體技術

新一代牽引逆變器需要更多控制能力、更高性能及更精密的感測能力，部分是為了透過更充分地控制馬達扭矩和電氣特性以實現更高性能，部分則是為了支援進行更深層的系統監控與診斷。除了優異的性能外，如圖 2 中所顯示的逆變器即便在重要子系統面臨問題時，也應能提供扭矩。



圖 2. 具有整合式 EMPEL Lightning 逆變器的 EM250x75 500kW eModule

為了達成這些目標，需要採用電力電子系統，包括閘極驅動器、電源供應與微控制器 (MCU) 等，此系統可視車輛所需的相位與千瓦數進行調整，同時提供智慧與恢復能力以實現功能安全。隨著半導體技術有所進化，現在已可配合單一馬達相位的需求修改逆變器內的電源供應器。現在，這些技術讓您可變更系統的相位數和額定值，無論其是以隔離式閘極雙極電晶體、碳化矽 (SiC) 或多種半導體技術執行，都不例外。

以半導體實現控制能力和精密度

新一代馬達也需要更快速地執行。雖然使用較大、較高扭矩的機器可達到較高功率，但實作這些機器時需要銅、電磁鋼、鋁和電力電子裝置，而這類裝置會帶來顯著的環境衝擊。較大的馬達也會使車輛加重，且需要更多空間。

高速、高性能的電機之所以能實現其功率與精巧尺寸，是因為其能以更高的 rpms (因此通常電氣頻率也更高) 提供性能，也就是可比傳統馬達更快速地向馬達定子線圈「汲送」能量與從其「汲出」能量。但同樣地，驅動這類馬達的半導體，包括 MCU、電源供應器及閘極驅動器，也面臨嚴苛要求。

新一代系統中的 MCU 需要於 40kHz 控制切換，且支援 25,000 rpm 以上，以及多個三相機器，同時還要耗費大部分的處理能力來監控系統健康狀態診斷、性能細化演算法和感測器最佳化。TI 的 [AM263P4 Arm® Cortex®-R MCU](#) 能在不到 4μs 內，完成以 20kHz 運作的逆變器控制迴路。整合式解角器轉數位轉換器可實現 0.05 度內的高角度準確度，進而降低牽引逆變器的反電動勢，以提升系統效率，而三角函數數學加速器則可讓運算性能提高多達 5 倍。

偏壓電源可將馬達內 SiC 電源模組的傳導功率損耗降到最低，進而協助實現高效率。TI 的 [UCC14141-Q1 隔離式 DC/DC 電源模組](#) 整合了控制器、功率級、變壓器、整流器和回饋監控邏輯，可實現 EMPEL 解決方案展現的小型模組化方法。UCC14141-Q1 模組可調整 SiC 場效電晶體 (FET) 的正負閘極驅動電壓，而其 1% 的電壓準確度則有助於維持低 SiC FET 傳導功率損耗、延長電池運作時間，進而延長行駛距離。UCC14141-Q1 體積小、重量輕且重心低，有助於在車輛使用壽命期間減少機械應力，與使用傳統離散式變壓器的解決方案相比，可提升振動耐受度。

閘極驅動器必須結合以下項目：智慧；在每個脈衝寬度調變週期的閘極驅動強度控制能力；可透過序列周邊介面進行配置；高切換速度以善用 SiC 技術；快速過電流保護；以及一系列故障管理功能，以確保系統層級安全可達

到汽車安全完整性等級 D。符合功能安全的 UCC5880-Q1 隔離式閘極驅動器可確實因應前述設計挑戰，且隨附設計支援工具，可快速進行原型設計以驗證系統。圖 3 顯示電源模組上的 UCC14141-Q1 偏壓模組和 UCC5880-Q1 閘極驅動器。

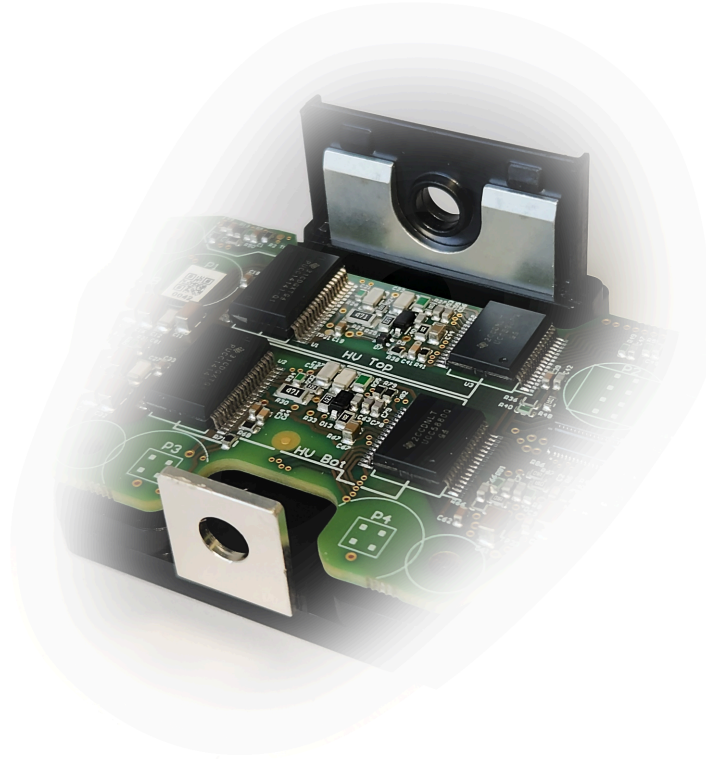


图 3. UCC5880-Q1 和 UCC14141-Q1 均安裝在電源模組上的閘極驅動器印刷電路板

可承受嚴苛環境

在部分測試環境中，系統經歷的週期性振動可能為 30G 至 50G，且局部溫度超過 300°F。在插電式混合動力汽車中，高功率引擎還可能增添額外的振動和熱源。此類系統需要符合異物防護 (IP) 67 標準並完全密封，但在高達 6,000m 的高度下仍能承受內部壓力變化。將電子裝置封裝在位於具抗振底座之盒內的馬達中，會需要大量空間，並且會提高將電子裝置與馬達介接並整合的複雜性和成本。

為了提供緊密整合的牽引逆變器系統，目標在於儘可能縮小逆變器，且儘可能降低其質量。與傳統變壓器相比，逆變器具備精巧且為固態的本質，有助於減少振動和環境相關弱點。但是，這也意味著能量損耗會對更小的熱質量造成影響。在這種空間中，其周圍的電子裝置及元件可能會變得更熱，但仍需符合高電壓爬電和間隙的需求。系統設計師必須建立最可靠的系統以承受這些狀況，同時也要將零件數量和組裝複雜性降到最低。這是令人興奮的推進系統問題，每一部分都和之前的燃燒引擎一樣深具探討意義。

結論

車輛製造商將持續著重於主要目標上，也就是為駕駛提供兼具吸引力和競爭力的產品，且根本上可於車輛中提供更多空間。只要想想在檢視現今銷售的現代電動車時，就會發現通常會看到一個裝有所有電子裝置的大型鋁箱，且在車中的大小通常如同一個極大的行李箱。就根本而言，車輛讓人們擁有一個可實際在世界各地移動的個人空間，因此為駕駛和乘客提供更多空間以因應他們付出的金錢，至關重要，同時也要能滿足我們提到的所有其他性能和改善目標。

極度精巧、可靠的電力電子裝置與功能強化等技術突破，是設計師簡化電子推進系統並節省車輛空間與成本的關鍵所在。汽車產業前景一片光明，因為新一代智慧牽引推進系統可望取得更多突破。

其他資源

- 進一步了解 [EMPEL Systems](#)。
- 瞭解 TI 元件如何協助 [打造高性能牽引逆變器](#)。

註冊商標

所有商標均為其各自所有者的財產。

重要聲明與免責聲明

TI 均以「原樣」提供技術性及可靠性數據（包括數據表）、設計資源（包括參考設計）、應用或其他設計建議、網絡工具、安全訊息和其他資源，不保證其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的擔保，包括但不限於對適銷性、適合某特定用途或不侵犯任何第三方知識產權的暗示擔保。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您將對以下行為獨自承擔全部責任：(1) 針對您的應用選擇合適的 TI 產品；(2) 設計、驗證並測試您的應用；(3) 確保您的應用滿足相應標準以及任何其他安全、安保或其他要求。

所述資源如有變更，恕不另行通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知識產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供所述資源並不擴展或以其他方式更改 TI 針對 TI 產品所發布的可適用的擔保範圍或擔保免責聲明。

TI 不接受您可能提出的任何附加或不同條款。

郵寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.ti.com) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated