

Introduction of Center for Power Electronics Systems (CPES)

電力電子系統中心簡介

游憲鵬

國立清華大學 電力電子研究室

National Tsing Hua University, TAIWAN

一、CPES 的起源

電力電子系統中心(Center for Power Electronics Systems)簡稱，CPES。中心成立於 1998 年 8 月，此組織是少數美國國家科學基金會工程研究中心(National Science Foundation Engineering Research Centers)的其中之一，且為唯一在電力電子領域的研究中心，其組織架構如圖 1 所示。成立本研究中心的願景是希望透過學術作為橋樑，能與各界擁有電力電子相關各方面專長的人才，互相合作而組織一個有能力得以帶領世界電力電子領域技術先驅的學術中心。

四個主要目標：

1. 發展整合型電力電子模組(Integrated Power Electronics Modules)，簡稱 IPEM。以整合系統達到電力電子能源處理，以提升可靠度、成本效益與各方面效能。
2. 進一步擴展 IPEM 概念和整合系統至工業應用層面，如替代能源、更高效率、更無污染的運輸與更省能源的照明設備等。
3. 吸引不同背景的電力電子志士並教育他們發展更創新的電力電子技術，培養作為未來領導此領域的人才。
4. 透過 CPES 得以達到分享知識、學界與工業界互相交流。

二、CPES 組成與實驗設備

由以下五間大學電力電子實驗室組成

◆Virginia Tech

<http://www.cpes.vt.edu/public/facilities/vt.php>

◆University of Wisconsin-Madison

<http://www.cpes.vt.edu/public/facilities/uwm.php>

◆Rensselaer Polytechnic Institution

<http://www.cpes.vt.edu/public/facilities/rpi.php>

◆North Carolina A&T State University

<http://www.cpes.vt.edu/public/facilities/ncat.php>

◆University of Puerto Rico-Mayaguez

<http://www.cpes.vt.edu/public/facilities/uprm.php>

三、研究概要

電力電子系統中心成立至今發展出各式各樣新穎的電力電子技術，多數研究的努力方向在於發展新型功率半導體元件、平面組接處理技術、感測器整合技術、散熱管理，以開發新的整合型電力電子模組(IPEMs)。電力電子系統中心之研究目的即為發展出更高的性能、更低的成本與更佳可靠度的電力電子技術與實體，而使此類系統應用範圍得以更廣泛。

四、研究方向

中心在於研究努力的方向大致上分為(1)功率半導體元件與積體電路，(2)電力電子積體化技術，(3)整合型馬達驅動系統，(4)整合型功率轉換系統，四個主軸，在以下做簡單概述。

(1)功率半導體元件與積體電路 (*Semiconductor Power Devices and ICs*，簡稱SPDIC)

SPDIC 研究要旨在於功率半導體元件的製程與材料技術，並測試與實驗出新型的電力電子應用之功率半導體元件。有使用傳統半導體材料矽、鍺，或是更新型的半導體材料，如碳化矽和氮化鎵之新型複合式材料，並且整合這些研究結果，將其嵌入 IPEMs 中。近幾年來，大力推動的重點已由分散或整合元件轉移至功率 ICs。

SPDIC 持續在研究較寬能隙的半導體元件，特別是 SiC 和 GaN。研究重點不僅限於開發新材料提升效能的潛力，也著重於如何有完善的半導體製程與商業產品化流程。為了替代傳統半導體元件，SPDIC 以超接合面(Superjunction)元件與 MOS-gated 雙向開關元件這兩種新元件進行許多試驗與研究測試。超接合面元件最大優點在於相較傳統半導體元件可以大幅提升接合面容許承受之崩潰電壓。超接合面的 MOSFET 開關元件技術已成熟並商業化，其耐壓得以與 IGBTs 相抗衡。MOS-gate 雙向開關元件的流向特性則能為功率電路拓撲提供大量的技術提升。

(2)電力電子積體化技術(*Power Electronics Integration Technology*，簡稱 PEIT)

PEIT 的主要工作是將研究基礎與工程基礎轉換成材料技術，且整合其系統使其積體電路化，而得以應用在整合型功率轉換系統(IPCS)與整合型馬達驅動系統(IMDS)系統之能源管理。PEIT 也持續發展材料、結構與積體化技術，使電力電子在能源管理上更普級與實用。

至今 PEIT 除了持續進行電力電子應用於連接至負載的能量管理，也對整合電力電子模組(IPEM)研發與設計議題上有所研究，如可靠度、可製造性與商業化的層面都是努力著手研究的方向。

再者，將研究方向擴展至更大區域的能量管理，如局部區域與分散電源系統的應用。在新的或較為惡劣的操作環境下的應用則由整合能量管理區塊(IEMBs)負責。除了效率、功率密度這類基本的特性以外，強健性、可程式化、網路化更

是 IEMB 獨特的技術發展取向。當操作電壓達到 10kV、功率達到 100kW 等級左右，電磁干擾、機械應力等影響將使困難更高。所以使得發展新的系統結構，例如以多相、多層級改善影響。

且為了使系統更輕便且完善，除了上述可程式化，網路化以及控制數位化亦相當重要。在往後的幾年，PEIT 將繼續帶領 IPEM 技術使其更加完善與成熟。所以 PEIT 將藉由不斷開發材料，架構和建立整合的區塊，藉此讓 CPES 所推展電力電子領域成為國際能源政策的一部分。

(3)整合型馬達驅動系統(Integrated Motor Drive Systems，簡稱 IMDS)

IMDS 是著手於研究發展可調速電動機驅動性能，並且使其更具經濟性的重要技術。未來的電動機應用上，馬達會更輕薄短小且可在更多元、更惡劣的環境下顯現出更高運動性能的強健性。以最小的積體封裝電路而來達成電機可調速運動是驅動技術長期的目標。

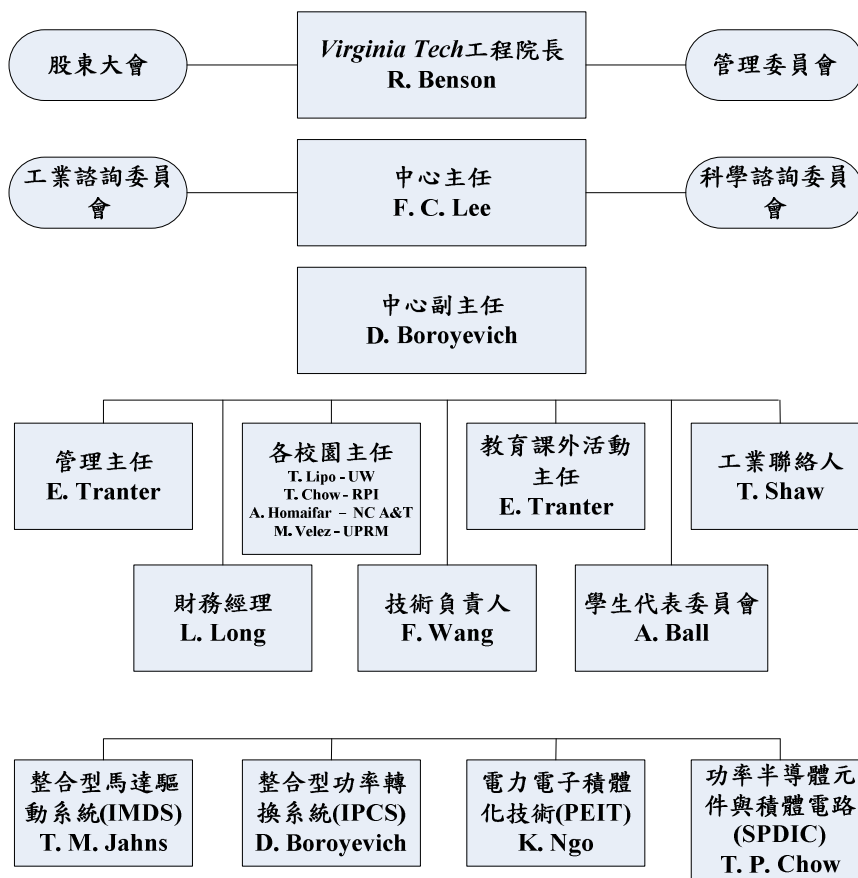
比起現今傳統馬達驅動的應用，新的整合馬達驅動技術在適應操作環境的強健性以及可靠度特性都明顯改善，並且也可以在更低的成本下被大量製造。未來的整合驅動系統中除了與傳統應用相較多了可調速範圍大幅提升的優點外，更主要的有利點在於可以達到節約能源並進一步使得系統獲得更高的效率。由於未來電力成本增加是不可避免的，所以使得整合馬達驅動系統更吸引人且會得到更新、更多元的應用。

假如 IMDS 可以在這種嚴苛的技術挑戰裡成功的克服與順利發展，驅動器電路可以簡單的被嵌入電動機械內，將來市售的所有馬達都將有最基本的可調速能力。許多買主並不瞭解馬達已有內嵌的驅動器，所以可調速特性會被設想成固有的功能。而且在發展成熟後，低成本的可調速整合馬達驅動設備將快速的滲入家庭、車輛、甚至是航太等等多種應用層面。

(4)整合型功率轉換系統(Integrated Power Conversion Systems，簡稱 IPCS)

IPCS 的發展目的是將電力能源以電力電子技術作分散能源的整合、或是能源分配的工作。電力系統技術的現況，特別是大規模的電力系統中仍然大部分是電機機械設備系統。雖然電力電子式的轉換器可以改善系統的可控性、穩定性與效率，但其於電力系統應用的層面所佔比例仍然很低。如果以電力電子設備直接替換掉現今電機機械設備，其最常見的問題點在電力轉換器部份會產生更高的成本以及較低的可靠度

然而，假如所有能源分配系統都設計成可控的電力電子轉換器系統，整體系統的成本與可靠度在實際上其實是得以獲得良好的改善。例如現今較低功率的電腦設備與通訊設備正式如此例子。而在近期的交通運輸系統應用電力電子轉換技術的例子也可以獲得驗證。另外，IPCS 的發展也整合分散式電源系統，其四個主要研究焦點 (1)系統結構設計與最佳化、(2)能源管理與控制、(3)高功率密度轉換器整合(4)電磁干擾(Electromagnetic interference)，簡稱 EMI 之分析與管理。



圖片出處: <http://www.cpes.vt.edu/public/organization.php>

圖 1 電力電子系統中心組織圖

五、中心重大成就與貢獻

資料統計由 1998 年成立至 2006 年三月止，中心發展了 14 種新的電力電子學門、86 門電力電子學相關課程、46 個與產業聯結的短期訓練課程、與世界的 101 個學術機構互聯、培養了 235 個學位(88 博士與 147 碩士)、發表了超過 1500 篇的研究文獻與學術論文、40 個專利被授予、192 個技術轉移活動...等。在 2006 年，中心帶領了 146 個學生、80 個合作廠商且擁有七百萬美金的研究金費。

六 參考資料

1 CPES web site : <http://www.cpes.vt.edu/>

礙於篇幅及時間關係，以上資料整理若有不完整或不妥之處，敬請指教。

聯絡方式：

CAPT 國立清華大學

Center for Advanced Power Technologies

National Tsing Hua University, TAIWAN

先進電源中心 電力電子研究室

游憲鵬 碩士研究生

地 址：30013 新竹市光復路二段 101 號(清大資電館 505 室)

電 話：03-5715131#34020

傳 真：03-5734256

行動電話：0912-308987

電子郵件：pon0803@hotmail.com