



行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：其他)

## 赴波蘭弗羅茨瓦夫參加 2016 EMC Europe 國際研討會心得報告

服務機關：經濟部標準檢驗局

出國人 職稱姓名：技士張峻源

出國地點：波蘭弗羅茨瓦夫

出國期間：中華民國 105 年 9 月 3 日至 9 月 11 日

報告日期：中華民國 105 年 12 月 6 日

行政院研考會/省(市)
研考會編號欄

## 目錄

壹、 前言及目的.....	3
貳、 活動行程簡述.....	3
參、 參加專業論壇.....	8
肆、 心得與建議.....	55

赴波蘭弗羅茨瓦夫參加 2016 EMC Europe 國際研討會心得報告

## 壹、前言及目的

EMC Europe為國際電磁相容(EMC)領域重要研討會之一，研討會重要議題包含：智慧電網(Smart Grids)、電力系統、電力電子(Power Electronics)、電力品質(Power Quality)、EMC檢驗軟硬體技術、EMC管理、先進材料之電磁效應、電磁波分析與模擬等多項與離岸風力機電磁相容有關之主題，此項會議參與者包含世界各地電磁相容領域的專家、學者及部分國際標準委員，並於研討會中發表相關領域最新之研究成果及技術趨勢。

本局執行105年度「離岸風力機檢測標準與驗證發展計畫」科發基金計畫，於本次研討會期間，指派張技士峻源出席該研討會蒐集國際電磁相容相關標準、最新檢測及驗證技術資料供本局後續標準制定與技術參考，並與國際電磁相容領域之專家與學者進行技術交流、建立聯絡管道，以利後續離岸風力機科發計畫之執行規劃參考。

## 貳、活動行程簡述

- 9月3~4日(星期六、日)：於桃園機場搭機赴波蘭弗羅茨瓦夫，研讀官網會議資料及了解會場環境，瀏覽各電磁相容領域的論文題目，以安排欲參與的會議場次。
- 9月5日(星期一)：辦理報到手續與領取會議相關資料，以及參

加EMC Europe 2016國際研討會。

- 9月6日(星期二)：參加EMC Europe 2016國際研討會、壁報論文展示。
- 9月7日(星期三)：參加EMC Europe 2016國際研討會、技術實驗示範。
- 9月8日(星期四)：參加EMC Europe 2016國際研討會、壁報論文展示。
- 9月9日(星期五)：參加EMC Europe 2016國際研討會。
- 9月10~11日(星期六、日)：從波蘭弗羅茨瓦夫搭機返國。



圖1 EMC Europe 2016國際研討會會場

• 論文發表議程：

Monday, September 5, 2016						
Time\Room	Room A	Room B	Room C	Room D	Room E	Room F
1030 - 1100	Coffee break					
1100 - 1230	Techniques for Measurement and Characterisation of complex multi-functional (digital) systems	EMC for Large Installations	EMC Troubleshooting Methods and New Measurement Techniques Using Oscilloscopes	High Power Electromagnetic (HPEM) threats and immunity test methods attacks		
1230-1400	Lunch					
1400-1530	Techniques for Measurement and Characterisation of complex multi-functional (digital) systems	EMC for Large Installations	EMC Troubleshooting Methods and New Measurement Techniques Using Oscilloscopes	Detection, localization and identification of HPEM attacks		
1530-1600	Coffee break					
1600-1730	New AECTP 500 and MIL-STD 461G	EMC for Large Installations	Power versus Field: A Novel Approach to Immunity Testing above 1 GHz	Automation of EMI Testing using a Time Domain EMI Measurement System up to 40 GHz		

Tuesday, 6th September 2016						
Time\Room	Room A	Room B	Room C	Room D	Room E	Room F
0900 -0930	Opening Ceremony					
0930 -1030	Keynote 1 "EMI Evaluation and Immunity Testing Methods for Wearable devices" - Jianqing Wang (Nagoya Institute of Technology, Japan)					
1030 - 1100	Coffee break					

1100 - 1230	Measurement Techniques	EMC Analysis, Modelling, Prediction	Standards			
1230-1400	Lunch					
1400-1530	Measurement Techniques	EMC Analysis, Modelling, Prediction	Smart meters and PLC		Poster session 1	
1530-1600	Coffee break					
1600-1730	Measurement Techniques	EMC Analysis, Modelling, Prediction	Power electronics and systems			

Wednesday, September 7, 2016						
Time\Room	Room A	Room B	Room C	Room D	Room E	Room F
0900 - 1030	Chambers & Cells	Immunity tests	Shielding	Industrial forum & company presentations		
1030 - 1100	Coffee break					
1100 - 1230	Chambers & Cells	Immunity tests	Lighting	Industrial forum & company presentations		
1230-1400	Lunch					
1400-1530	Chambers & Cells	EMC in wireline & wireless communication systems	EMC in automotive systems			Experiments and software demonstrations
1530-1600	Coffee break					
1600-1730	Electromagnetic Interferencies	EMC in wireline & wireless communication systems	IEMI, HPM & NEMP	Industrial forum & company presentations		

Thursday, September 8, 2016						
Time\Room	Room A	Room B	Room C	Room D	Room E	Room F
0950 -1030	Plenary session 2:"Trends in Spectrum Sharing for Future Wireless Networks" - L. Da Silva (Trinity College Dublin)					
1030 - 1100	Coffee break					
1100 - 1230	Frequency Policy and Spectrum Engineering	EMC Diagnostics of Complex Systems	Human exposure to EM fields		Poster session 2	
1230-1400	Lunch					
1400-1530	Frequency Policy and Spectrum Engineering	EMC testing of industrial or large systems	EMC Analysis, Modelling, Prediction for IC		Poster session 3	
1530-1600	Coffee break					
1600-1730	Frequency Policy and Spectrum Engineering	Antennas	Filters			

Friday, September 9, 2016						
Time\Room	Room A	Room B	Room C	Room D	Room E	Room F
0900 -1030	Frequency Policy and Spectrum Engineering	Automotive EMC	Improved EMC Test Methods in Industrial Environments	The importance of and challenges posed by traceable calibration of Harmonic and Flicker meters		
1030 - 1100	Coffee break					
1100 - 1230	Frequency Policy and Spectrum Engineering	Automotive EMC	Improved EMC Test Methods in Industrial Environments	Practical approach for choosing the optimal antenna for RF EM field immunity test		
1230-1400	Lunch					

1400-1530	Frequency Policy and Spectrum Engineering	Automotive EMC	Improved EMC Test Methods in Industrial Environments	Practical approach for choosing the optimal antenna for RF EM field immunity test		
1530-1600	Coffee break					
1600-1730		Automotive EMC	Improved EMC Test Methods in Industrial Environments			

## 參、參加專業論壇

本次研討會主要主題為：電磁相容(EMC)，發表的論文主要

有下列15項領域，其中包含：

編號	技術領域
一	(1) Electromagnetic Environment (2) Lightning (3) Intentional EMI & EMP (4) High Power Electromagnetics (5) ESD (6) UWB
二	(1) Transmission Lines (2) Cables (3) Crosstalk (4) Coupling
三	(1) Shielding (2) Gasketing & Filtering (3) Grounding
四	(1) Measurement & Instrumentation (2) Emission and Immunity (3) Chambers & Cells (4) Antennas



五	(1) Advanced Materials (2) Nanotechnology (3) NEMS & MEMS (4) Smart Sensors
六	(1) Computational Electromagnetics (2) Model Validation(EMC Analysis, Modelling, Prediction)
七	(1) Semiconductors (2) PCB (3) Electronic Packaging & Integration (4) Power & Signal Integrity
八	(1) Power Systems (2) Power Quality (3) Power Electronics (4) Smart Grids
九	(1) Wired & Wireless Communications (2) UWB Communications (3) Power Line Communications (4) Smart Grids
十	(1) Automotive (2) Railway Systems (3) Naval Systems (4) Aircraft & Space Systems
十一	(1) Human exposure to EM fields (2) Biological Effects (3) Medical Devices & Hospital Equipment
十二	(1) Standards and Regulations (2) EMC Management (3) EMC Education
十三	EMC in Security & Safety Applications
十四	EMC in Industrial Environments
十五	EMC in Military Applications

## 一、大會主題講座(Keynote Speech)

主題：EMI Evaluation and Immunity Testing Methods for Wearable devices

講者：Jianqing Wang, Nagoya Institute of Technology, Japan

摘要：

隨著人口結構高齡化的加劇，大規模地提升了現代人對於衛生保健及醫療應用的需求，這樣的情況使得具有生理信號感測及即時通信功能的各種穿戴式裝置快速地被開發並投入市場中(如圖2所示)。然而，由於這些穿戴式裝置的發展過於迅速，整個國際間尚未建立起一套標準來規範穿戴式裝置的電磁相容性(Electromagnetic Compatibility, EMC)評估與抗干擾度的測試方法。

本次的主題講座主要分為兩大核心，第一部分提出了在電路設計的階段，以一個兩步驟的分析途徑來定量計算穿戴式裝置的電磁干擾(Electromagnetic Interference, EMI)，而且這個方法同時包含了電磁場分析及電子電路分析，並闡明了由外部電磁場產生的差模(differential mode)干擾電壓引起共模(common mode)干擾電壓改變的原因，其主要緣由是來自於生理信號感測電路中的阻抗不平衡。第二部分介紹了一套具有仿生命信號產生器及生物等效模擬的抗干擾度測試系統，其研究團隊將該系統應用於穿戴式裝置的靜電放電測試實驗，最後證實了該套系統確實擁有量測穿戴式裝置免疫力的能力，此一發展無疑是

對電磁相容領域提供極大的貢獻，期盼在不久的未來即可建立起完善的標準來規範穿戴式裝置，讓眾多的消費者得以獲得生命安全之保障。



圖2 各種穿戴式裝置快速地被開發並投入市場中(主題講座剪影)

主題：Trends in Spectrum Sharing for Future Wireless Networks

講者：Luiz Da Silva, Trinity College Dublin, Ireland

摘要：

由於無線通信技術的成長，越來越多的新興產品及服務都會透過無線的方式來提供給消費者，但隨之而來的問題則是頻譜之供給是有限的，而科技發展對於頻譜的需求卻是越來越大，因此傳統上單一頻帶只允許單一目的使用的觀念開始受到挑戰，不論是民用系統或甚至是軍事系統皆面臨這樣的一個議題，最近火熱的案例是關於雷達系統所使用的頻帶，各界人士正在研商是否可將其共享予無線通信系統中

的小型元件(如圖3所示)，另外將頻譜共享建立於無線存取的基礎設施也是正在被關注的重要研究方向。在這個講座中，探討了一些可應用於未來無線通信系統頻譜共享的執行方式，但目前並未有一個最佳的解決方法，每一種方法都有其優缺點，皆是在頻帶使用效率及通信系統效能之間進行取捨，針對使用目的的不同選擇相對有利的頻譜共享方式。而此議題在整個未來的科技發展趨勢無疑是必須面對的一大挑戰，國際間尤其是歐洲等先進國家已開始進行該領域的研究投資及專利佈局，我國憑藉著既有的技術能力與產業發展，若能再依循國際趨勢儘早展開相關領域的發展，相信必能在國際間嶄露頭角。

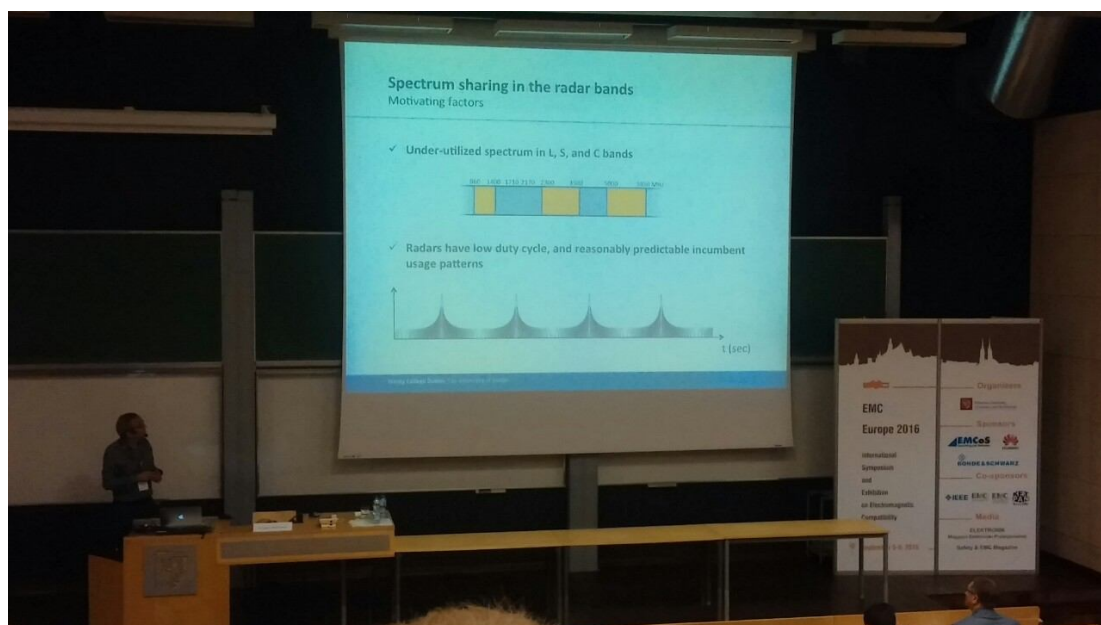


圖3 雷達系統頻帶共享予無線通信系統之探討(主題講座剪影)

## 二、專題演講

近來離岸風力機相關技術於世界各地均快速發展中，本次研討會有部分專題講座即是關於離岸風力機之電磁相容性最新技術發展，說明目前此領域的最新現況及發展。離岸風力機相關議題說明如下：

主題：EMI examination of the low-voltage grid in the Frequency Range from 9 kHz to 2 MHz focussing on noise level, impedance, attenuation and the impact on PLC Data Transmission

講者：Mike Trautmann, University Duisburg-Essen, Germany

摘要：

由於再生能源發電的供應規模不斷擴大，一般傳輸架構的能源供應網路由集中式的傳輸結構逐漸改變為分散式的結構。特別是在低電壓電網的能源傳輸部分，越來越多能量是由太陽光電系統 (photovoltaic system) 所產生的，也因此產生更大的能源傳輸波動。除此之外，這樣的一個分散式傳輸結構會增加能量在傳送時的諧波數量，以及提高精確瞭解低電壓系統狀態的必要性。為了監視低電壓電網的狀態，必須考量、分析其它額外的測量數據，因而增加了取得數據資訊及相互通信的技術需求。採用電力線網路 (Power Line Communication, PLC) 技術來取得傳輸能量時之測量數據可以減少額外的通信網路佈置成本，因為擁有較低成本的優勢與未來發展的趨勢，本篇論文全面性的分析阻抗匹配及衰減程度對於電力線網路技術

的影響，而本篇論文各項的實驗與量測皆是在德國的一個公共分散式配電系統中進行(其測試配置如圖 4-1 所示)，其衰減程度於 300kHz 至 1MHz 大幅下降(如圖 4-2 所示)，非常有利於信號在此頻帶中進行傳輸。由本論文之實驗數據可得知：電力線網絡技術相對於其他通信網路技術，擁有較低成本及較佳的信號傳輸速度(data rates, 如圖 4-3 所示)，但其阻抗匹配量在 150kHz 至 500kHz 之變化較大(如圖 4-4 所示)，使得信號傳輸能力受到該變化的影響程度大，換言之即是信號傳輸能力不確定性，未來若要將電力線網絡系統應用至再生能源發電的供應鏈，勢必仍要繼續針對此一議題進行技術研究與改良。

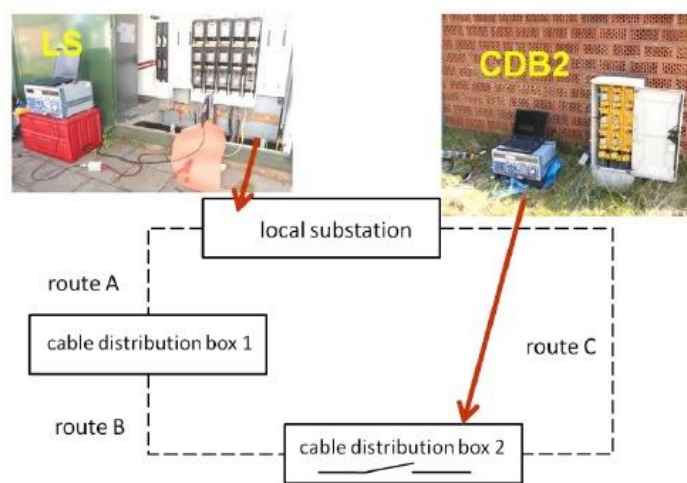


圖 4-1 低電壓電網電力線網絡系統之測試配置

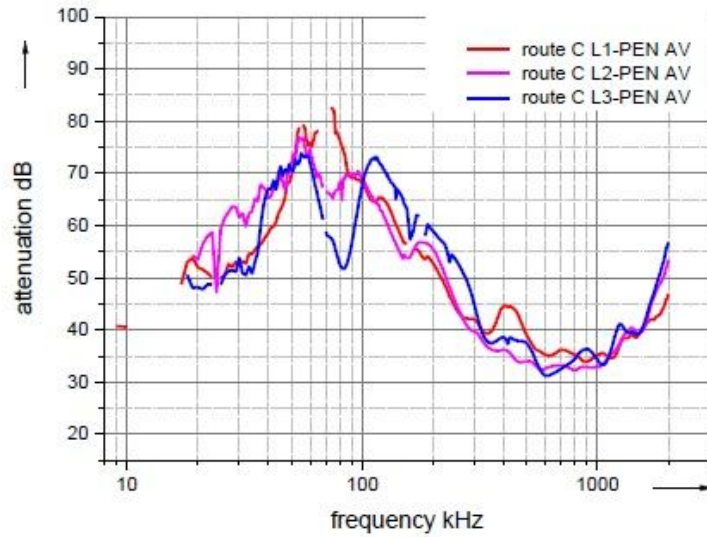


圖 4-2 電力線網絡系統衰減程度之量測值

	Average data rate [kBit/s]	Maximum data rate [kBit/s]
route A	46.9	69.6
route B	40.4	69.6
route C	44.2	58.0
route A + B	39.9	69.6

圖 4-3 電力線網絡技術具有超過 50 kBit/s 的信號傳輸速度

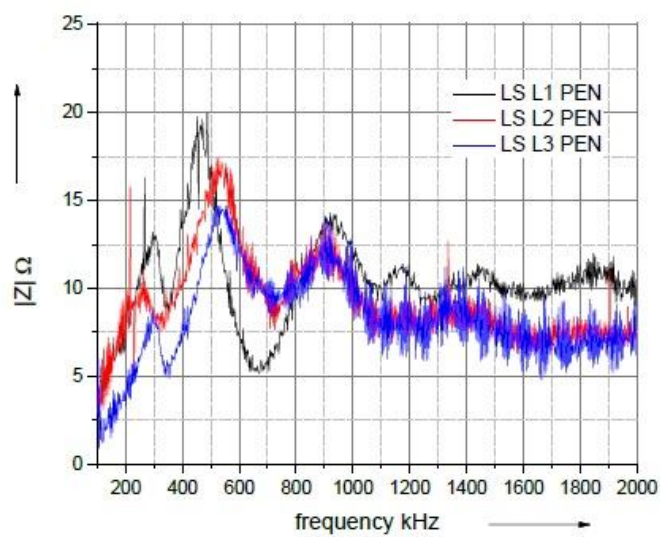


圖 4-4 電力線網絡系統匯流排之阻抗匹配量測值



主題：EN50561-3: Not an EMC Standard, but an Unacceptable Licence  
to Cause Interference

講者：Frank Leferink, University of Twente Enschede, The Netherlands

摘要：

電力線網絡(Power Line Communication, PLC)系統之通訊標準

—EN 50561-3 已經於國際間公告出版。但是在此標準的規範中允許非常高的電磁干擾(Electromagnetic Interference, EMI)等級，並且忽略了對於 30MHz 至 87.5MHz 這段高頻頻帶的規範限制，在整個歐洲地區，這段高頻頻帶主要是分配給軍用通信系統來使用(如圖 5-1 所示)。本篇論文指出，若是忽略電力線網絡系統對於該高頻頻帶的干擾影響，將使得軍用通信系統的通信能力嚴重退化，該論文之試驗(其試驗配置圖如 5-2 所示)結果如圖 5-3 所示，其量測數據遠超出軍用通信系統的接收靈敏度，這樣的干擾影響將會造成通信性能大幅降低。軍事人員表示，若要採取積極且主動的方式保衛國家及人民，就必須高度依靠這個高頻頻帶的軍用通信系統，一旦軍用通信系統所使用的頻帶受到干擾，必然會對所有的軍事計畫及行動造成嚴重阻礙，特別是近期以來，歐洲部分國家陸續遭受到一系列的恐怖攻擊，解決國防安全的議題已是刻不容緩。依據本篇論文關於理論的推導及實驗的結果顯示，電力線網絡系統及其通訊標準—EN 50561-3 已經違背了歐洲電磁相容(Electromagnetic Compatibility, EMC)指令(Directive)的基本



要求，因此必須針對此一議題進行探討與修正，方能確保人民得以免於生命安全的威脅。



圖 5-1 歐洲地區 30MHz 至 87.5MHz 頻帶主要是分配給軍用通信系統

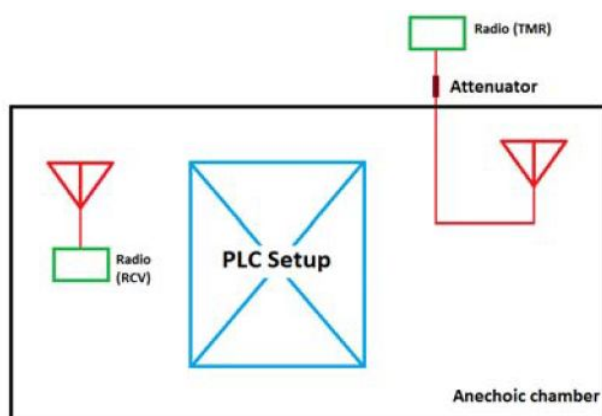


圖 5-2 評估電力線網絡系統對於軍用通信頻道影響之試驗配置

Frequency [MHz]	Wave length [mm]	<i>I</i> [dB $\mu$ A]	<i>E</i> [dB $\mu$ V/m]
30	10	35	67
40	7.5	35	67
50	6	35	67
60	5	35	67
70	4.3	5	37
80	3.75	5	37
87.5	3.43	5	37

圖 5-3 電力線網絡系統之輻射電磁干擾測量測值

主題：Determination of Radiated Emissions from Wind Energy  
Conversion Systems

講者：Sebastian Koj, Leibniz Universität Hannover Hanover, Germany

摘要：

因為風力發電機屬於超大型機組，它的輻射電磁干擾測量方式傳統上採用現場試驗，但這樣的一個測量方式容易受到外在環境及氣候條件影響而產生極大的量測不確定性，是以本篇論文對於此議題提出了一個新的測量概念，企圖藉由共模(Common-Mode, CM)電流的量測方法來達到更精確的量測結果。依據理論的推導顯示，共模電流的量測方式使用在風力發電機的電力線上(如圖 6-1, 6-2 所示)，可以提供取得該風力發電機在磁場頻譜所產生之輻射頻譜分量的重要資訊(如圖 6-3 所示)，此外，再經由本篇論文之實驗結果證實，在多兆瓦(multi-megawatt)等級的風力發電機運轉下，隨機挑選任一電纜束進行個別的共模電流量測，即可在磁場頻譜中獲得非常有用的輻射頻譜分

量資訊(如圖 6-4 所示)。由於共模電流是很明顯地被分配於風力發電機使用，並且藉由這樣的量測方式來確保試驗結果可以不受天氣情況及環境雜訊的影響，因此共模電流之量測可以歸納出以下之結論：第一，單純由風力發電機所產生的輻射電磁干擾可以很精確地在磁場頻譜中被辨認出；第二，因外在條件影響而造成的試驗不確定性將大幅降低；最後，這樣一個新的量測方式相較於傳統量測方法，可以擁有較低的成本及較好的效率。



圖 6-1 電流探棒配置於 240 千瓦之  
風力發電機的電力線纜周圍



圖 6-2 電流探棒配置於多兆瓦之  
風力發電機的電力線纜周圍

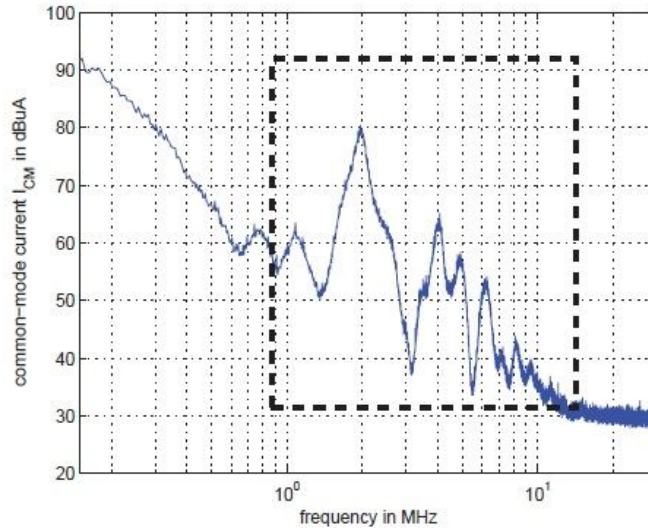


圖 6-3 240 千瓦之風力發電機電力線纜的共模電流量測值

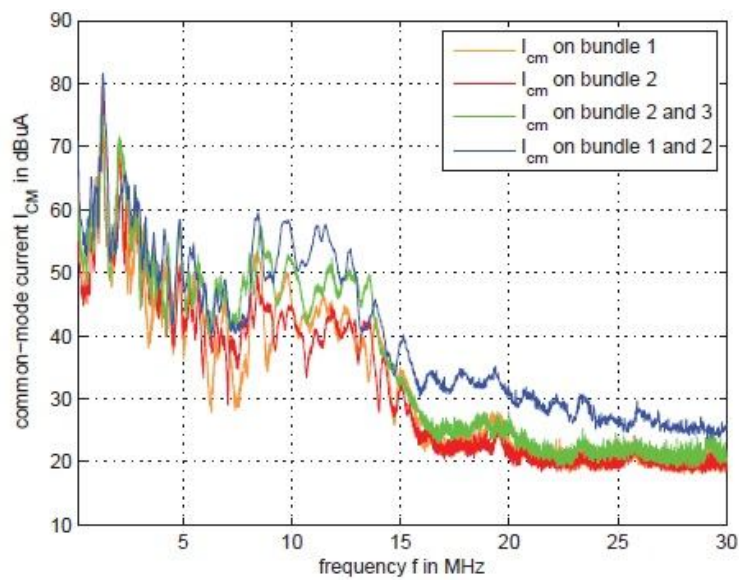


圖 6-4 多兆瓦之風力發電機電力線纜的共模電流量測值

主題：Frequency Domain EMI-Simulation and Resonance Analysis of a DCDC-Converter

講者：Philipp Hillenbrand, University of Stuttgart Stuttgart, Germany

摘要：

隨著時代的變遷，人類除了追尋科技的日新月異外，也開始逐漸重視環境的永續發展，因此再生能源發電的議題日益受到關注，而電網是整個再生能源發電供應鏈中極為重要的能量傳輸渠道，而直流轉換器(DCDC-Converter)在整個電網架構中扮演重要的角色，它不僅擁有調整直流壓降的作用，同時還能有效地抑制電網側諧波電流雜訊的功能。本篇論文提出了一個新的頻域模型來預測直流轉換器之傳導電磁干擾情形，在這個頻域模型中，非線性及時變性的直流轉換器半導體開關由具有轉換器操作期間特性的電壓源所取代(如圖 7-1 所示)，而向量分析儀(Vector Network Analyzer, VNA)的量測方式被用來模擬從電壓源到線路阻抗穩定網路(Line Impedance Stabilization Networks, LISN)的干擾通道特性(如圖 7-2 所示)，由這樣的一個分析途徑得知，干擾電壓在線路阻抗穩定網路產生的主要諧振是由線性及非時變的耦合路徑所造成。基於前述分析的結果，可以直接實現耦合路徑的頻域模擬，而且這個模擬精確重現了一個符合標準的耦合路徑，再依據選定諧振頻率點的電動勢分析，即可模擬出一個頻域模型來找尋直流轉換器產生嚴重傳導電磁干擾的頻段(如圖 7-3 所示)，最後藉由了解這些影響原因來進行對策佈局或調整直流轉換器的電路架構，以使其傳導電磁干擾可以符合標準規範，安全並且穩定地運作於電網系統中。



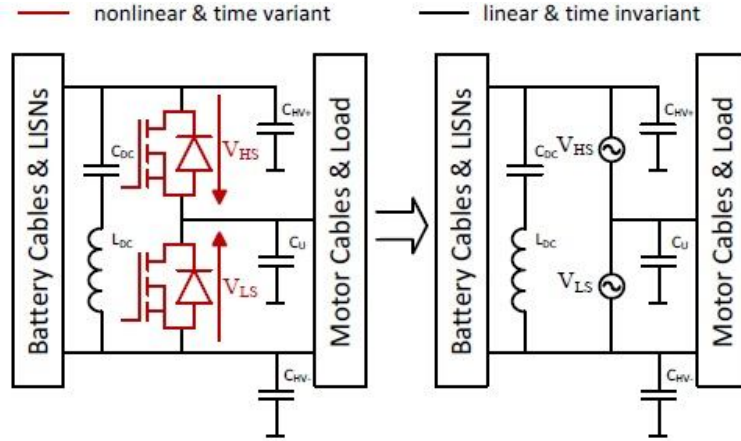


圖 7-1 非線性及時變性直流轉換器電路開關之取代

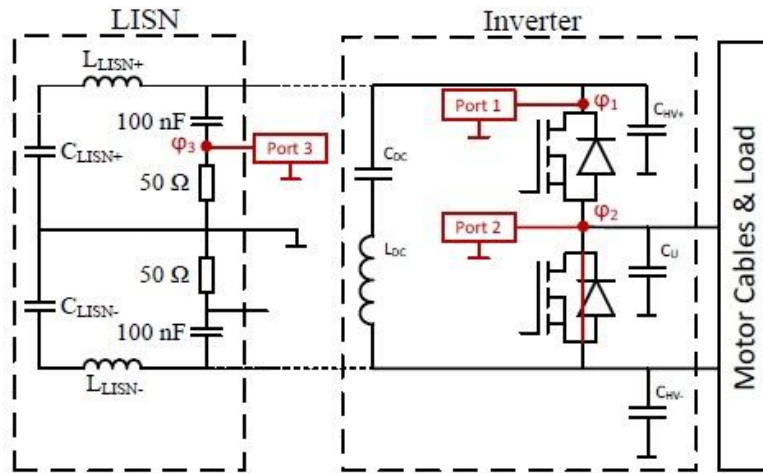


圖 7-2 向量分析儀搭配三個單一終端埠之量測配置

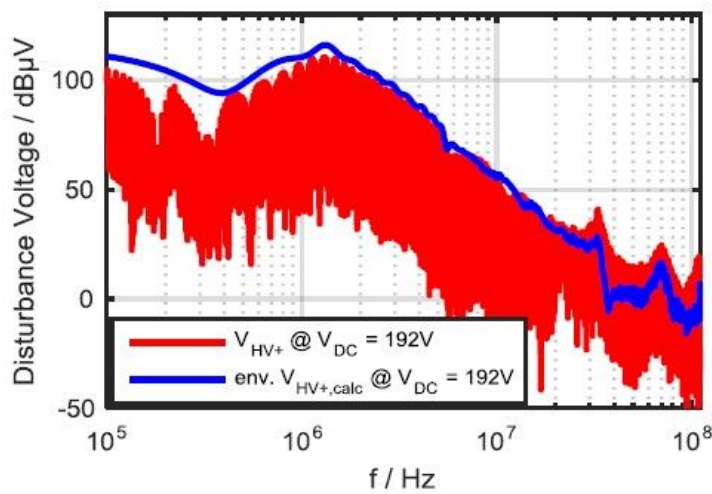


圖 7-3 實際量測(紅色曲線)及模擬計算(藍色曲線)之干擾電壓比較

主題：Investigation of Smart Meters Using G3 PLC

講者：Margarethe Malek, University of Duisburg-Essen, Germany

摘要：

一般典型的智慧電表是用來量測消費者使用的即時電量，並使用集總通信介面來傳輸這些關於電量的統計資料予電力公司。使用智慧電表有主要兩種目的：第一，協助電力公司記錄由太陽能或風力電廠以分散式進行饋電的電量，因為前述方式的饋電電量並無法準確被預測；第二，電力公司打算以電價控制的方式來進行尖峰負載量的管制。這些關於電量的資料可藉由專用的傳輸通信線路、無線通信或電力線網絡(PLC)來進行傳輸。電力線網絡最大的優勢是透過一般正在使用的電網就可進行資料傳輸，這樣的一個特性不論是對於消費者或是電力公司都具有比較好的成本效益。

而現今智慧電表用於通信的操作頻率大多落在 3 千赫茲至 148.5 千赫茲，這個頻帶又稱為 CENELEC 頻帶(該頻帶名稱是參考於歐盟標準 EN 50065-1)，然而，這些資料的傳輸也可使用 G3 標準來實現(G3 標準規範的頻帶範圍是 150 千赫茲至 500 千赫茲)，這個標準制定了一個開放式協定，適用於正交分頻多工(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技術的智慧電網，使用此種傳輸技術需符合一

必要條件：智慧電表使用 G3 電力線網路進行資料傳輸時，不得對正在進行電量量測的智慧電表造成影響。

本篇論文即是在研究 G3 電力線網路信號是否會對正在量測電量或是進行通信的智慧電表產生干擾，在整個實驗過程裡，是藉由有限頻寬的雜訊(如圖 8-1 所示)及一個 OFDM 信號(如圖 8-2 所示)來模擬實際的 G3 信號(如圖 8-3 所示)，個別的模擬信號經由調變(如圖 8-4 所示)及沒有調變的型態皆有被考量在測試電路中。

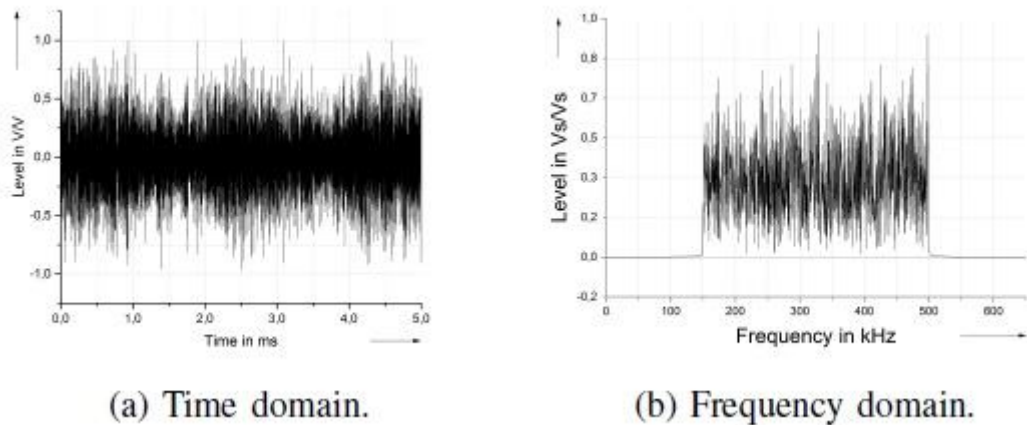


圖 8-1 有限頻寬的雜訊 (a)時域下之雜訊分布 (b)頻域下之雜訊分布

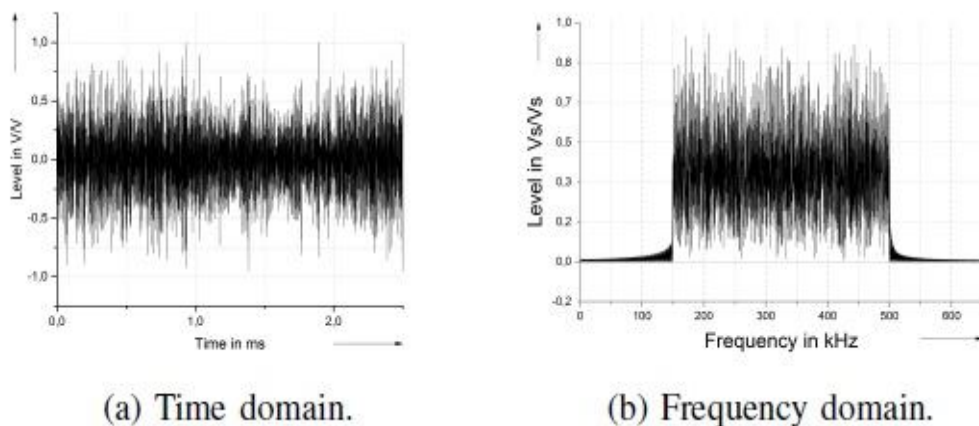


圖 8-2 OFDM 信號 (a)時域下之信號分布 (b)頻域下之信號分布



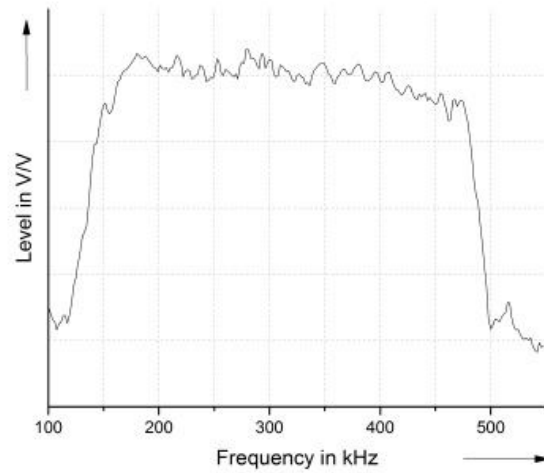


圖 8-3 頻域下的 G3 PLC 信號

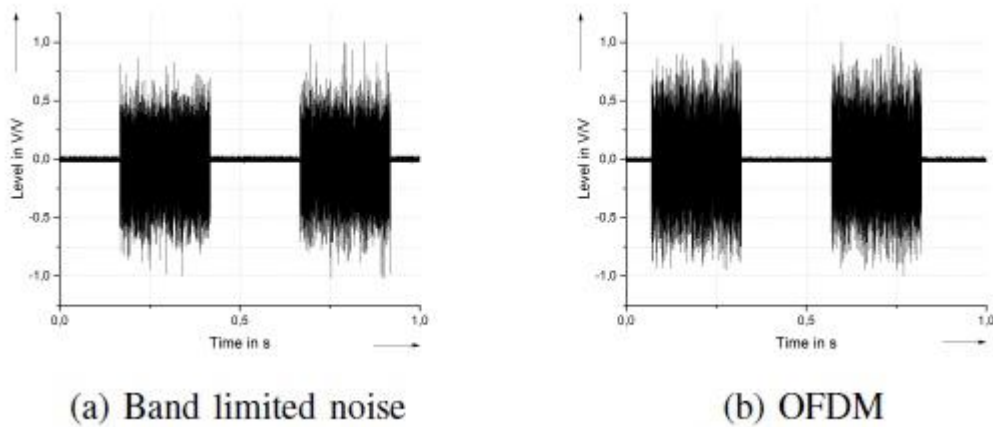


圖 8-4 經由調變後的模擬信號 (a)有限頻寬的雜訊 (b) OFDM 信號

而其測試電路配置如圖 8-5 所示，待測電表於電網中量測消費者使用的即時電量，此時於電網中輸入 G3 信號，模擬資料在電網中傳輸的狀況，該狀況也包含 G3 信號以差模(DM)及共模(CM)方式傳遞於路徑，最後藉由數據機監控待測電表是否有受到干擾，另外並依據不同的 G3 信號強度將其分為 4 種等級(如圖 8-5 所示)，4 種強度等級皆在實驗中被驗證，其結果如表 1 所示(待測電表在各模式下不會受到 G3 信號干擾者，於欄位中標記”V”符號)，由本研究可得知，使用

G3 電力線網路進行資料傳輸並不會對智慧電表本身造成干擾，又加上綠能產業必定是未來技術發展的主流趨勢，故 G3 PLC 被廣泛應用於電網系統是指日可待的。

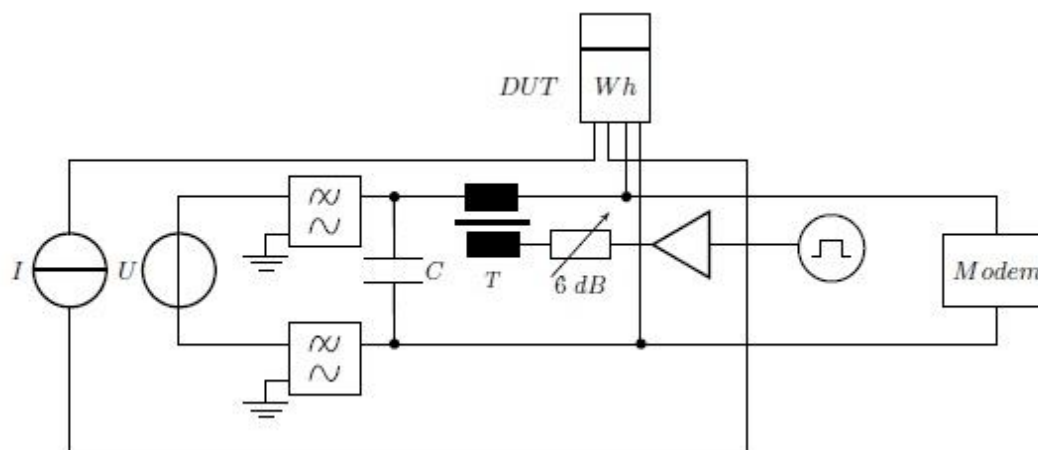


圖 8-5 G3 PLC 信號測試電路配置

表 1 G3 PLC 信號測試結果

Signal		Level			
		1	2	3	4
Unmodulated Noise	CM	V	V	V	V
	DM	V	V	V	V
Modulated Noise	CM	V	V	V	V
	DM	V	V	V	V
Unmodulated OFDM	CM	V	V	V	V
	DM	V	V	V	V
Modulated OFDM	CM	V	V	V	V
	DM	V	V	V	V

主題：Runaway Energy Meters due to Conducted Electromagnetic Interference

講者：Frank Leferink, University of Twente Enschede, The Netherlands

摘要：

在歐洲國家中，電網系統原本使用的法拉利定律(Ferraris principle)電表或移動機電式電表，逐漸開始被電子電表、靜態式(static)電表所取代。藉由加入通信連結的設定，即可以讓這種靜態式電表擁有傳輸量測電量資訊的能力，但是有部分消費者抱怨，在相同的用電情況下，使用靜態式電表的電費帳單金額竟然比使用法拉利定律電表時來得高，而電力公司針對此項議題回應的理由是：「以往的電表是屬於機械型式的電表，使用久了本來就會逐漸有不準確的現象，消費者應該慶幸自己已經少繳了不少電費，因為他們最近才開始更換新式電表。」

由太陽光電(Photo-Voltaic, PV)系統所產生的電能是藉由使用主動式供給轉換器(Active Infeed Converters, AIC)回饋至一般的電力電網，但是國際上目前缺少適用於太陽光電系統的電磁波干擾規範，尤其是在 2 至 150 千赫茲的頻段，是該系統最有可能產生高強度干擾的範圍。舉個例子來說，兩家相互為鄰的農戶，在一晴天下各別使用相同的太陽光電系統進行發電，統計竟發現某一戶的發電量竟然只有另一戶的 40%左右，後來經相關實驗得知，在該農舍裡使用的電力驅動系統會在電力線中產生高強度的傳導電磁干擾(如圖 9-1, 9-2 所示)，結果造成靜態式電表無法存取實際的發電量。在德國的部分太陽光電

系統相關實驗也發現類似問題，因此得證明主動式供給轉換器確實會產生高強度的電磁干擾，進而造成靜態式電表讀取錯誤的數據。也正因這樣的問題層出不窮，使得歐盟 IEC 組織迅速召開會議，正著手制定歐規標準 IEC 61000-4-19，以用來規範太陽光電系統所產生的電磁干擾。

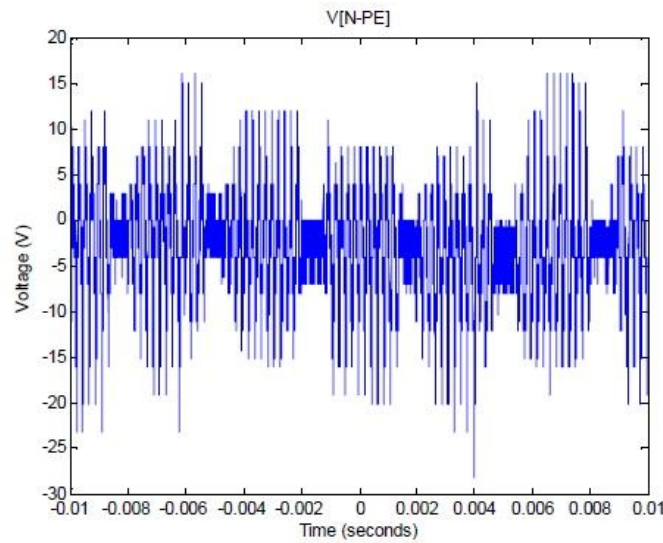


圖 9-1 在電力線中產生高強度的傳導電磁干擾(時域)

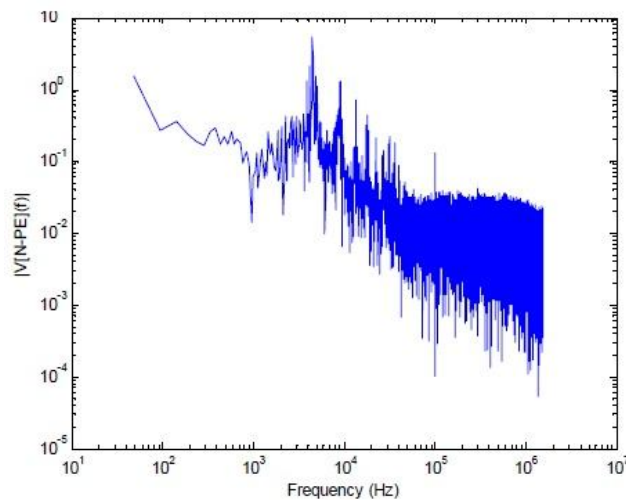


圖 9-2 在電力線中產生高強度的傳導電磁干擾(頻域)

為了要查明產生電磁干擾進而影響靜態式電表讀取資料正確性的原因，本論文所採用的模擬試驗電路如圖 9-3 所示，其試驗電路是針對探討三相電源(L1、L2 及 L3)而設計，由太陽光電系統產生的電能，藉由主動式供給轉換器回饋至電網，而電網供給的負載由一串緊密型螢光燈(Compact Fluorescent Lamp, CFL)及一串 LED 燈所組成，這些負載量的大小隨著調光器送進的週期性正弦信號而作改變(如圖 9-4 所示)，

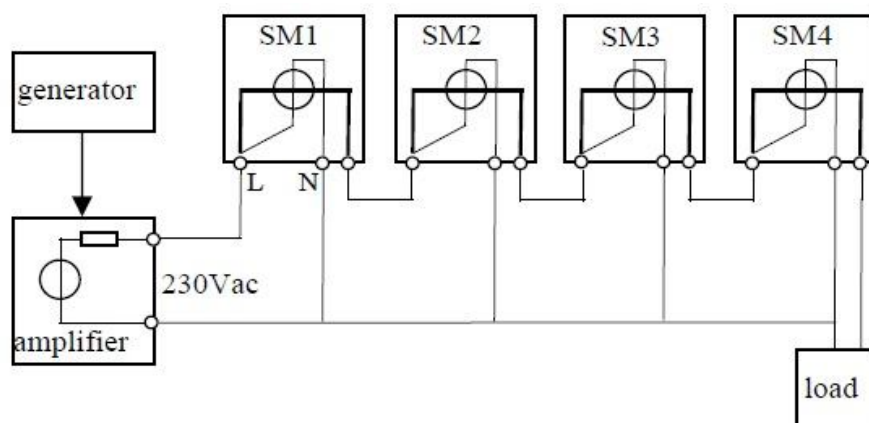


圖 9-3 模擬試驗電路之配置

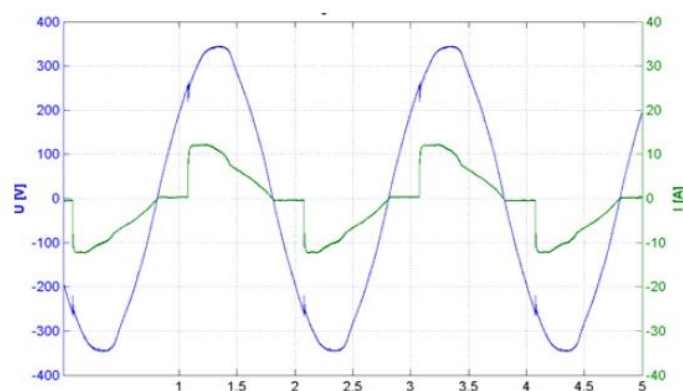


圖 9-4 負載量大小隨週期性正弦信號而改變

並掛上4種具有不同電流感測器型式的靜態式電表(SM1-SM4)進行評估，其中SM1及SM2皆是使用羅氏線圈(Rogowski coil)的電流感測器，只是SM1的製造年分為2013年，SM2為2007年；SM3則是採用電流變壓器的電流感測器，其製造年分是2007年；而SM4是2014年製造，其電流感測器是使用霍爾感測器(Hall sensor)。就上述4者進行比較，SM3花費的成本最高，同時也是讀數最精準的電表；SM4則是對消費者最「友善」的電表，因為其讀數往往低於實際的用電量，最低甚至比實際值少了46%；而SM1及SM2即是讀數最不準確的電表，其受到電磁干擾影響的最差情況下，電表讀數竟然可以各別高出實際值265%及276%，本實驗試驗結果如圖9-5所示，該試驗結果是負載於調光器送進相位135度正弦信號時之量測數據，L1、L2及L3分別代表三相電源的三個相位。

依據本研究之結果可以得知，太陽光電系統因使用主動式供給轉換器將產生的電能饋入電網，而造成靜態式電表讀數失真，除了制定標準從源頭規範太陽光電系統的設計外，也鼓勵電力公司及消費者改使用具有電流變壓器結構的電表，雖然成本較貴，但品質也相對優良，也較能同時兼具電力公司及消費者雙方間之交易權益。

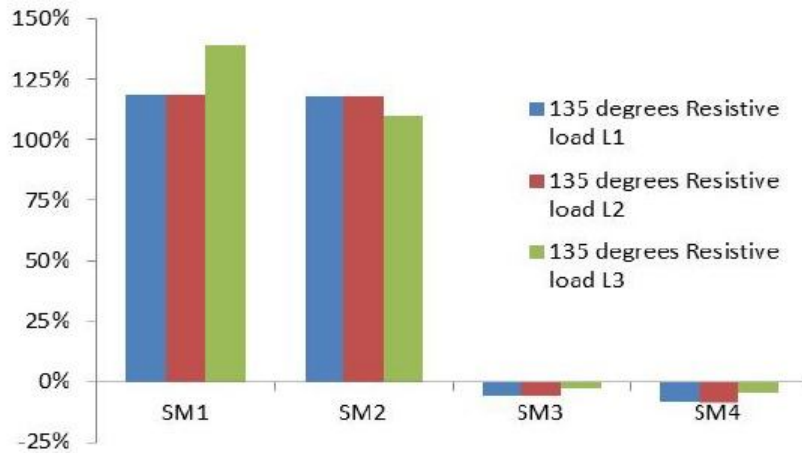


圖 9-5 4 種不同型式之靜態式電表的實驗結果

主題：A comparative study on conducted noise characteristics of SiC and GaN power transistor

講者：Takaaki Ibuchi, Osaka University, Japan

摘要：

具有寬帶隙(wide-bandgap)特性的半導體如碳化矽(SiC)及氮化鎵(GaN)已經廣泛被利用於電源切換裝置的重要材料，因為用這些半導體作為材料可以提高電源切換裝置於切換動作時的速度，除此之外，它們的特性還可以降低電源切換時能量的損失，因此，不論學術界或業界皆期盼可以用這類型半導體來設計出更高能量密度及效率的電源轉換電路。碳化矽蕭基障壁二極體(SiC Schottky barrier diode, SBD)及碳化矽金屬氧化物場效電晶體(MOSFET)大量用於已商業化的電子產品，也有許多的學術界技術論文皆證實前述兩種半導體的性能表現確實優於矽正本負二極體(silicon PiN diode)及絕緣閘雙極電晶體

(insulated gate bipolar transistor, IGBT)，而氮化鎵的發展仍持續受到關注及研發，企圖用來改良電力元件的性能，像是由低電壓的矽化 MOSFET 連結空乏模式(depletion mode) 氮化鎵高電子遷移率(HEMT) 電晶體共同組成的級聯(cascode)氮化鎵電晶體，可被用來實現出一個能與傳統閘極(gate)作為驅動的碳化矽電力切換電晶體特性相近之元件，且該元件卻屬於強化模式(enhancement mode)電晶體的類型。

因為前述種種優勢，以氮化鎵組成的元件一直被研究改良，期盼能夠達到更快速的切換運作頻率。然而，太過快速的電壓及電流切換運作，會導致電源轉換裝置產生更高的電磁干擾，不過目前並沒有太多關於此議題的研究論文被發表，因此本篇論文藉由連續電流模式(continuous-currentmode, CCM)的直流轉直流(DC-DC)電壓轉換器來重新分析矽、碳化矽及氮化鎵的動態特性(其試驗電路配置如圖 10-1 所示)，及其特性所可能造成的電磁干擾程度(其試驗電路配置如圖 10-2 所示)。其試驗電路中之電感選用之感值為  $530 \mu\text{H}$ ，該感值才足夠讓整個電壓轉換器以 CCM 模式運作，而各個被實驗之電晶體皆是操作於頻率 100 kHz 的切換速度，輸入電壓( $V_{in}$ )則是採用直流 100 伏特、工作週期(duty cycle)為 50%，末端負載阻值為 94 歐姆。



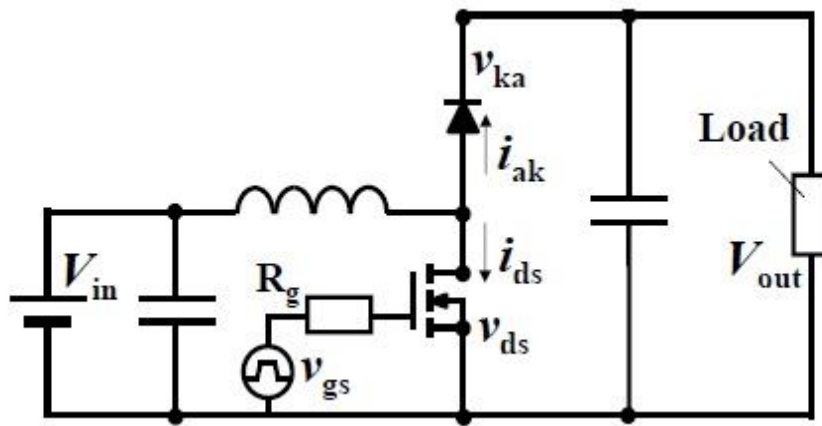


圖 10-1 電晶體動態特性試驗電路配置圖

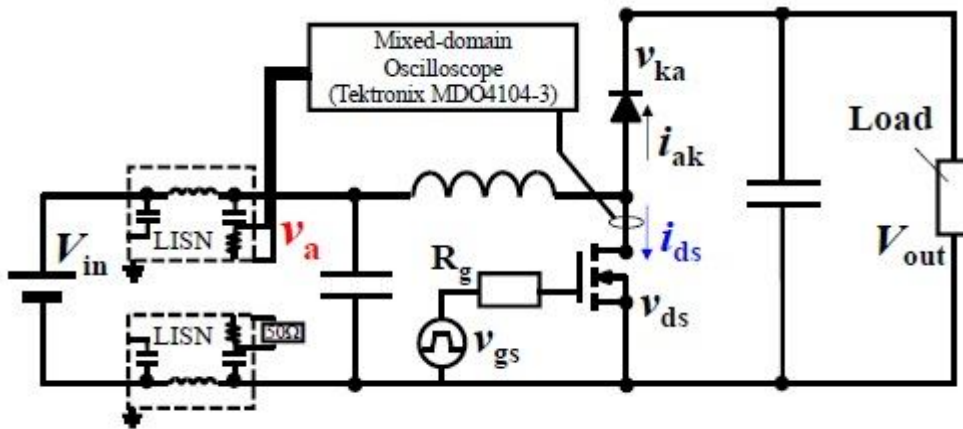


圖 10-2 電晶體電磁干擾試驗電路配置圖

各種被實驗之電晶體的動態特性如圖 10-3 所示，由圖 10-3(a)可得知，氮化鎵電晶體在電源切換為導通時產生振幅較大的震盪電流，另外由圖 10-3(b)發現，氮化鎵電晶體在電源切換為不導通的速度遠快於其它 2 種類型之電晶體。而被實驗電晶體的電磁干擾程度試驗結果如圖 10-4 所示，其  $R_g$  的阻抗值不同是為了配合系統的阻抗匹配，讓整個電壓轉換器擁有最佳的運作性能，再將試驗結果與電源切換時

域波形進行對應如圖 10-5 顯示，在超過 100 MHz 以上的頻段，電晶體切換速度及其動態特性對於電磁干擾雜訊的強度有很顯著的影響。矽及矽化碳電晶體在相同切換速度的情況下，產生差不多的電磁干擾強度；氮化鎵電晶體則是因為擁有與低電壓 MOSFET 級聯之結構，因此在電源切換的速度表現較佳，然而快速的電源切換會因電晶體本身之寄生電容相互感應作用，產生部分的環型震盪電流，該環形震盪電流即會在頻帶 40 至 80 MHz 的範圍內造成高強度及大頻寬的電磁干擾。是以若要採用氮化鎵電晶體作為電源切換元件來獲取較快速的電源切換性能，則必須有額外的對策方式來抑制該切換元件所產生的電磁干擾。

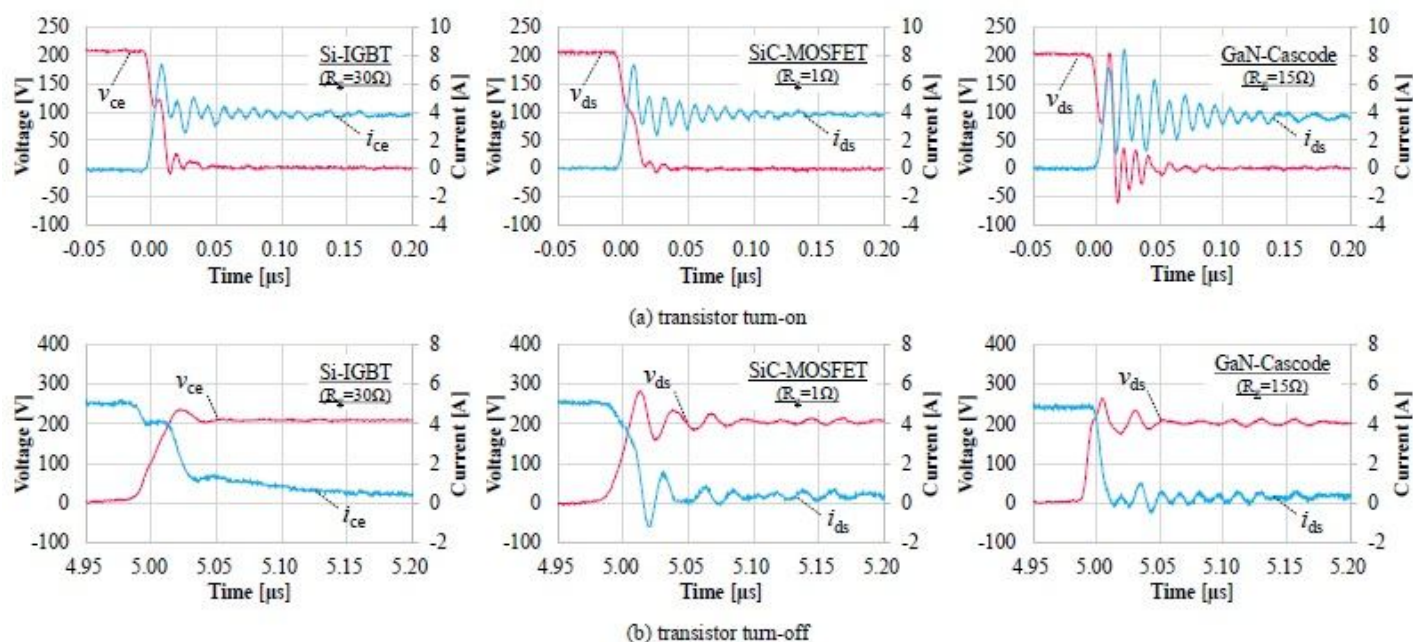


圖 10-3 各種被實驗之電晶體的動態特性 (a)電晶體切換為導通 (b)電晶體切換為不導通

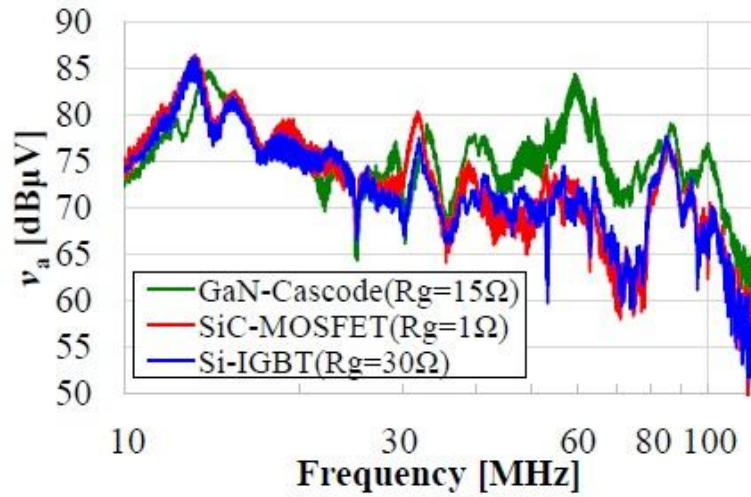


圖 10-4 各種被實驗之電晶體於切換為導通時的電磁干擾強度

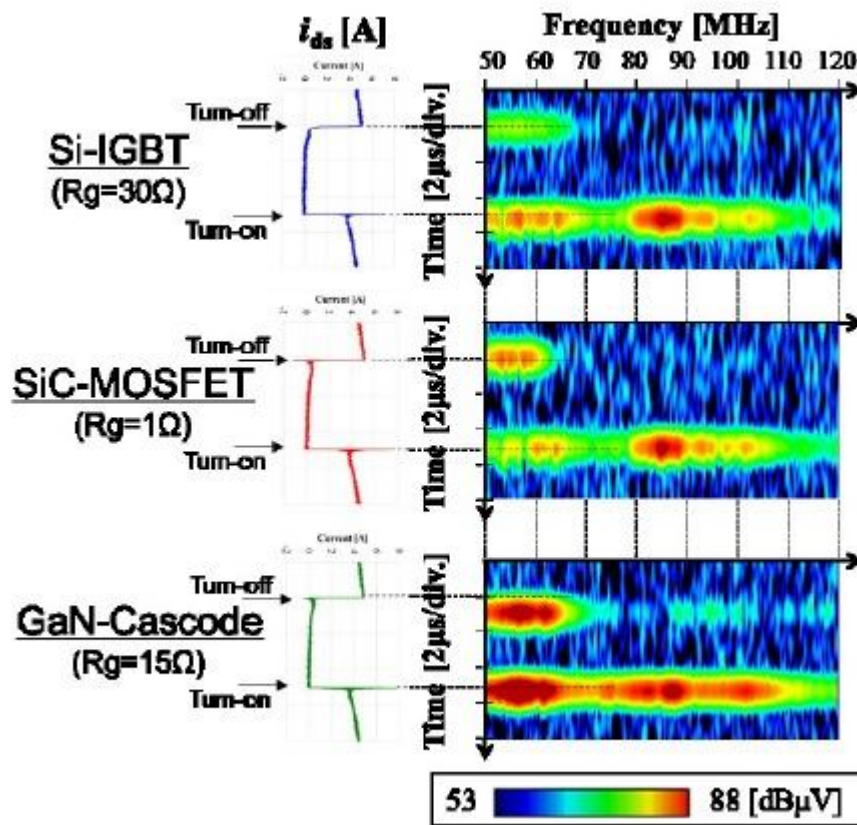


圖 10-5 電晶體電源切換波形圖(時域)與產生之電磁干擾(頻域)進行對應

### 三、技術論文發表

此次出國的另一項任務是對於新的科技技術與國際標準趨勢做進一步了解，並收集相關資料以作為本局相關政策制定與輔導產業方向的依據，當前較熱門的技術領域如物聯網、車輛 EMC 及 IC EMC 等在會場皆有學者專家進行研究分享，明瞭國際技術發展趨勢及發展歷程，對於國內標準的制定極具參考性，因此本次報告對於幾項新技術或新觀點做出摘要以供本局參考：

主題：Human Exposure Study for Large Scale Scenarios

講者：Revaz S Zaridze, Tamar Nozadze Tbilisi State University, Georgia

摘要：

一直以來，相關研究或實驗皆無法直接證明電磁干擾對人體的影響及危害，也因此，本局對於電子產品電磁干擾特性的管制僅限於產品間的相互影響，其管制精神是保障消費者不會因為使用了某種電子產品而造成另外一電子產品的故障，遂而間接導致消費者生命財產的危害。本篇講座透過不同的實驗方式及理論推導，說明了某些情況下消費者使用手機時，確實會對人體造成不良影響，雖然手機並非本局主管之業務，但其電磁干擾特性仍是有值得參考的地方。本研究架構是以數學建構一房間模型(如圖 11-1 所示)，其內部設立一具有數種諧振模式的電磁干擾源，進而探討該消費者在相同房間的不同位子電磁

干擾源對於人體之影響，人體也是以數學方式建構成的模型，且牆壁上有無窗戶也列為本次實驗的重要影響因素。由數學實驗分析的結果顯示，當消費者使用手機進行通訊時，儘量不要將手機長時間維持於同一個位置，以避免人體手及頭部的同一方位持續受到電磁干擾(如圖 11-2 所示)另外，消費者在操作手機時，也不宜讓整個手掌緊密包覆整支手機，因為手機在進行通訊時，有時會增加電磁輻射的強度來維持良好的通信，如此一來，緊密包覆手機的手掌將完全吸收電磁輻射波，最好的方式是僅以手指操作手機來減少電磁場強的接觸，最後，為了減少在房間使用手機時所產生的諧振現象，建議消費者在使用手機進行通訊時，盡量選擇在窗戶旁邊或是直接到戶外開放式的環境(模擬結果如圖 11-3, 11-4 所示)，如此可以降低消費者直接承受的電磁波強度。雖然說手機並非本局主管之業務，但或許能透過機關間的相互協助，提醒消費者關於本篇講座使用手機的建議事項，避免有可能發生的影響或危害以保障我國消費者生命財產之權益。

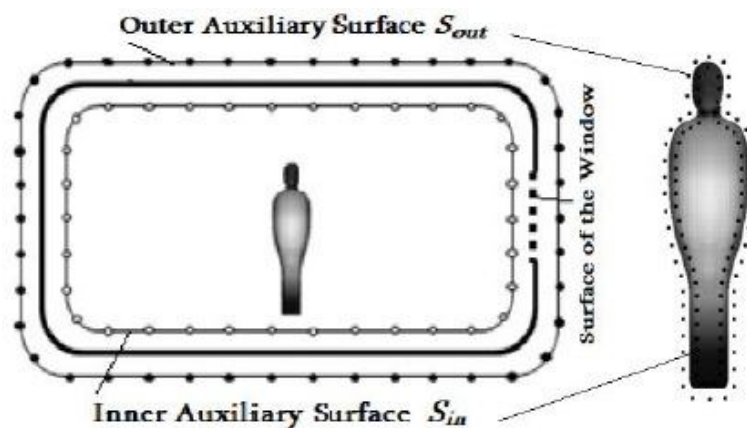


圖 11-1 以數學方式建構試驗環境模型



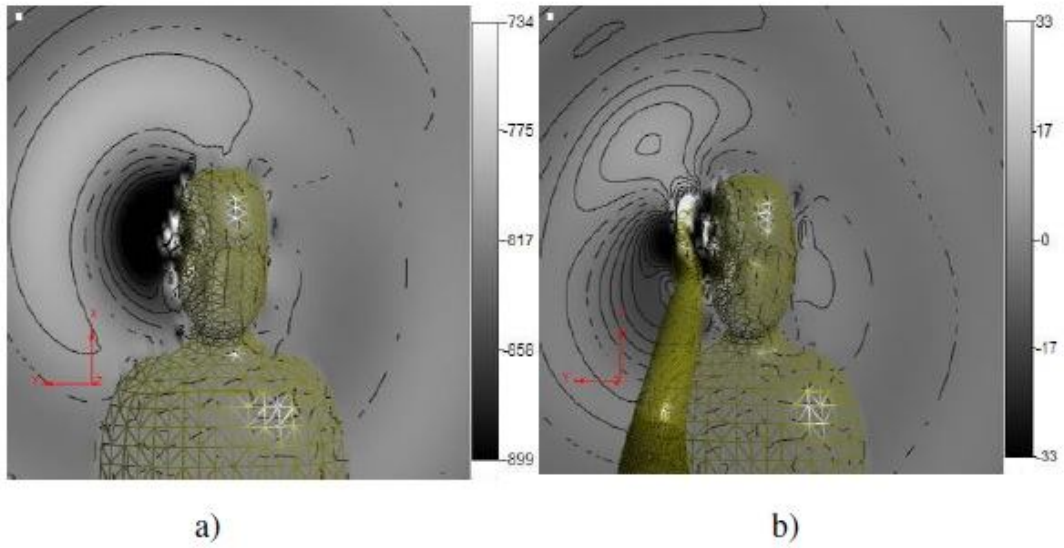


圖 11-2 電磁波近場分佈 (a)僅有人體頭部 (b)人體手部置於頭部旁

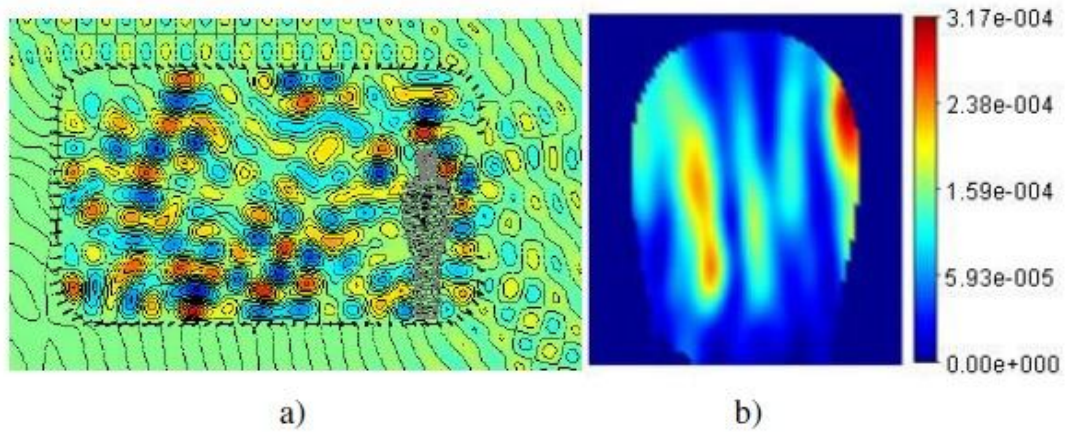


圖 11-3 (a)人體位於房間窗戶邊的電磁波近場分佈  
(b)手機電磁波於人體頭部之近場分佈(900MHz)

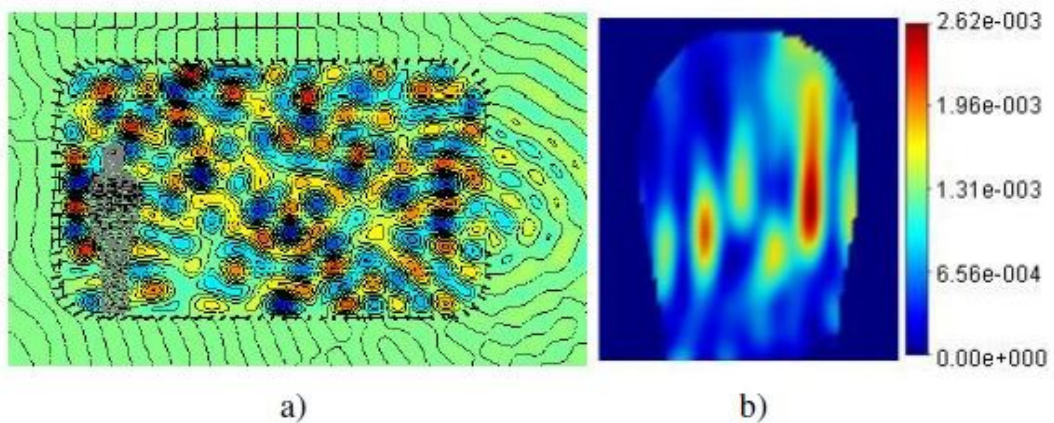


圖 11-4 (a)人體位於遠離房間窗戶的電磁波近場分佈  
(b)手機電磁波於人體頭部之近場分佈(900MHz)

主題：EMC for the IoT

講者：Anders P. Mynster & Per Thåstrup Jensen, DELTA, Denmark

摘要：

物聯網(The Internet of things, IoT)已成為目前最具發展潛力的科技研究領域，論文講者探討了關於物聯網產品所衍生出的一些電磁相容性(EMC)及電磁干擾性(EMI)之問題及其解決方法。首先最值得注意的是，考慮到軟體週期性、頻內(in-band)干擾及不同的電磁環境問題，對於物聯網產品的電磁特性必須採用時域量測的方式進行，而且由於產品內使用越來越多的射頻(Radio Frequency, RF)零件，許多電磁相容性能的問題如頻率失諧(detuning)及串音(cross talk)等變得更加備受矚目。除此之外，論文講者也建構了一個用於電磁輻射免疫能力測試的物聯網運作模型(如圖 12-1 所示)，並利用電報編碼技術來監控該模型於免疫試驗時的性能表現是否符合要求(如圖 12-2 所示)。而該講者的最後一個重點在說明，當傳感器(sensor)將物聯資訊都儲存於可被讀取的雲端系統中，且同時能被不同限制水準的應用方式所使用，因此各應用方式造成危害的風險在物聯網中已不再只是單一限制水準能夠規範的(如圖 12-3)。總而言之，隨著物聯技術的發展，未來更便利的生活科技是備受期待的，但在這之前，儼然須建立一套嚴謹且周詳的標準來規範它，才是確保消費者生命財產無虞的最佳途徑，

而本篇論文提出了一個物聯網電磁相容性的規範概念，將有助於日後相關標準的制定。

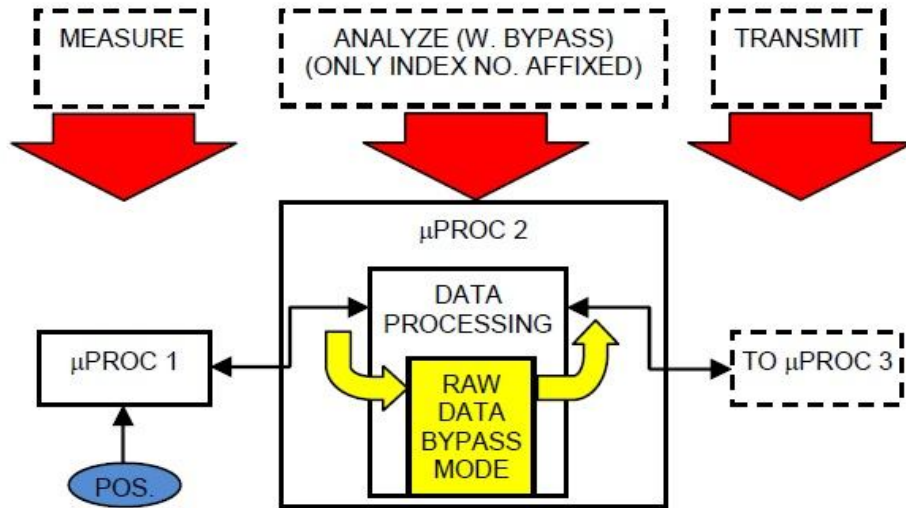


圖 12-1 物聯設備進行資訊處理時程之運作模型

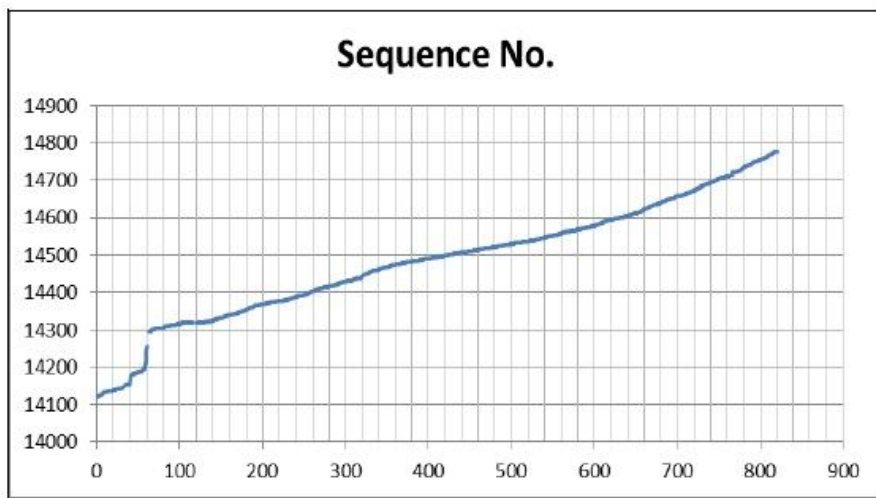


圖 12-2 電報編碼為逐步上升的連續信號即表示物聯系統正常運作



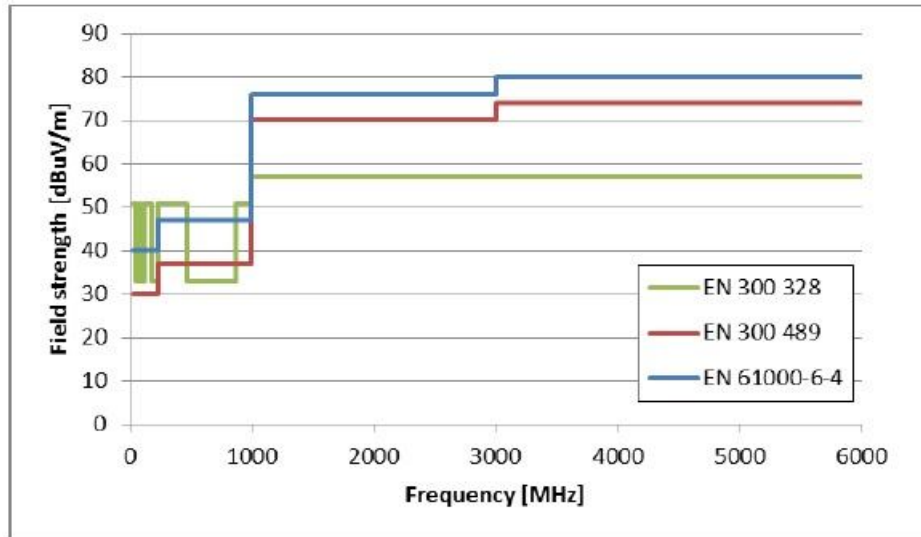


圖 12-3 各歐盟標準對於不同應用的電磁輻射干擾限制水準

主題：Miniaturization of electric vehicle fast chargers with respect to  
EMC standards

講者：Andrzej Uramek, ABB Corporate Research Centre, Krakow,  
Poland

摘要：

隨著世界各國環保意識的抬頭，以電動汽車取代一般燃油汽車是未來必然的結果，部分歐洲先進國家之電動車使用比率已有超過燃油車的趨勢，因此電動車快速充電器(electric vehicle fast charger)的市場正在急遽的成長中，而本主題講者簡單說明概論並分析快速電動車充電器工程師在設計電路時可能面臨的挑戰。在講者發表的論文中，選擇了數種不同樣式的微型快速電動車充電器進行模擬，藉由分析各種電源轉換器拓樸發現，高頻絕緣相較於一般市電頻率(50/60 Hz)絕緣可以增加大約四倍的功率密度，所以從微型模組的觀點看來，使用高

頻絕緣於快速電動車充電器是較適合的。另外，避免電磁傳導干擾的方式中，直接對電源端進行濾波是非常重要的(如圖 13-3(c)所示，直接對電源進行濾波可以有效降低電磁傳導干擾)，因為隨著電動車充電器的微型化，其電路裡的各元件距離愈趨微小，使得相關元件在電路上之佈局對於電磁干擾的影響變得非常顯著(如圖 13-1 所示)，像是在很多情況下，工程師並沒有辦法將電路元件佈局做到最佳化，如此就要有其它的替代方案，例如局部屏蔽或是改變功率電感磁芯的材質... ..等直接對電源端的濾波方式。最後，講者個人推薦使用模組化的方式來設計快速電動車充電器(如圖 13-2)，如此不但能減少進入市場前的設計時間，還可以較容易地擴增組合其它的產品功能，更能有效地降低電動車充電器所產生的電磁傳導干擾(實驗結果如圖 13-3 所示)。



圖 13-1 充電器電源模組之功率電感直接對 AC 連接器造成電磁干擾

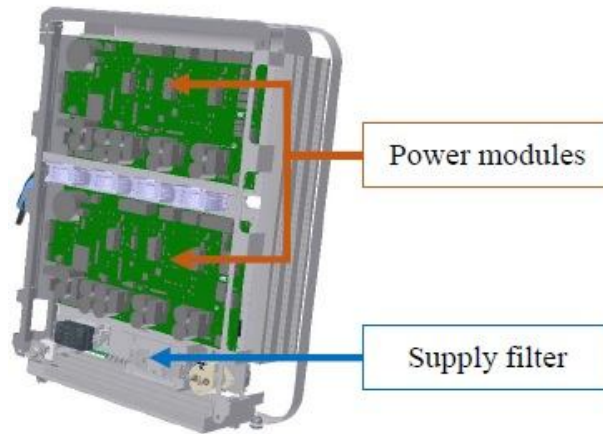


圖 13-2 快速電動車充電器之模組化設計架構圖

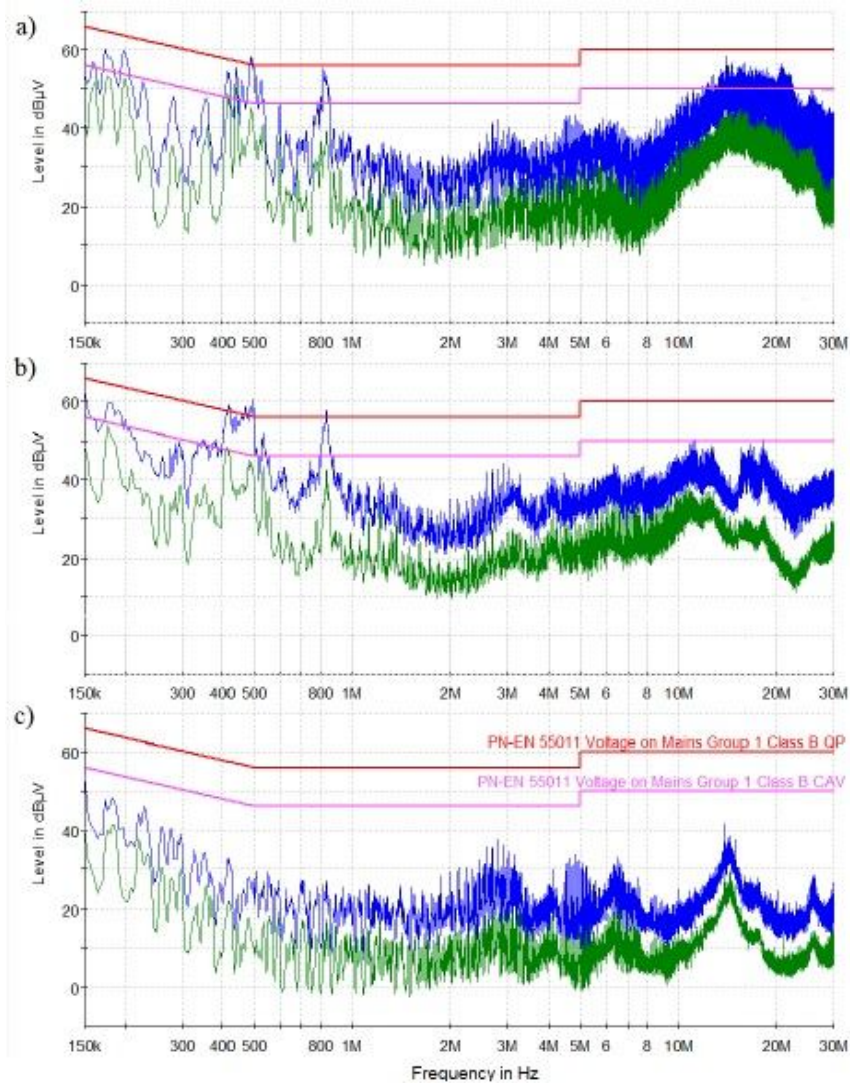


圖 13-3 三種不同配置之電源模組的電磁傳導干擾測試結果  
 (a)未屏蔽之電源模組, (b)兩個電源模組同時安裝於金屬殼內,  
 (c)兩個電源模組安裝於金屬殼內並以濾波器直接對電源濾波

主題：A Highly EMI-Immune Folded Cascode OpAmp in 0.18 um  
CMOS Technology

講者：Subrahmanyam Boyapati, IITB-Monash Research Academy,  
Indian Institute of Technology Bombay, India

摘要：

近年來，由於微電子電路的技術急遽成長，致使電子產品皆大量採用微電子電路的設計結構來達到更多、更好的功能，是以微電子電路抵抗電磁干擾的免疫能力對於積體電路設計工程師，成為一項非常重要的考量因素。隨著半導體製程技術的進步，原本同樣大小的積體電路可以容納越來越多的微電子零件，也因為如此，使得積體電路裡的微電子元件密度過高，容易產生高強度的電磁干擾，當這些積體電路焊接於印刷電路板上進行運作時，如此高強度的電磁干擾會導致整個積體電路功能失效，而整個積體電路零件中，又以運算放大器 (Operational amplifiers, OpAmps) 最容易受到電磁干擾的影響，當電磁干擾由運算放大器的輸入端饋入時，會在輸出端產生一直流偏壓，使得運算放大器無法傳遞正確的輸出信號給其它電路元件。

一般來說，目前學術界或業界針對運算放大器輸入端之電磁干擾進行對策的方式，大多著重於直接濾波、交越耦合(cross-coupling)、源極緩衝(source-buffering)及輸入級複製(replication)等方法，然而，這些方式在面對高強度電磁干擾的情況下，仍然無法有效解決電磁干

擾產生的直流偏壓問題。後來有相關研究提出以直接改良運算放大器的設計結構，增加一共模消除電路(common-mode cancellation circuit, CMCC)來降低電磁干擾，但是前述方法仍然無法解決在頻段 30 至 800 MHz 由電磁干擾所產生的負向直流偏壓問題。

本篇論文針對典型折疊級聯(folded cascode)運算放大器(如圖 14-1 所示)及目前一般對策方式如輸入級複製(如圖 14-2 所示)、源極緩衝(如圖 14-3 所示)進行實驗比較，統一於輸入端饋入一強度 3.3 伏特(峰對峰值)的電磁干擾，量測其輸入端因電磁干擾所產生的直流偏壓值並進行比較(如圖 14-4、14-5 所示)。

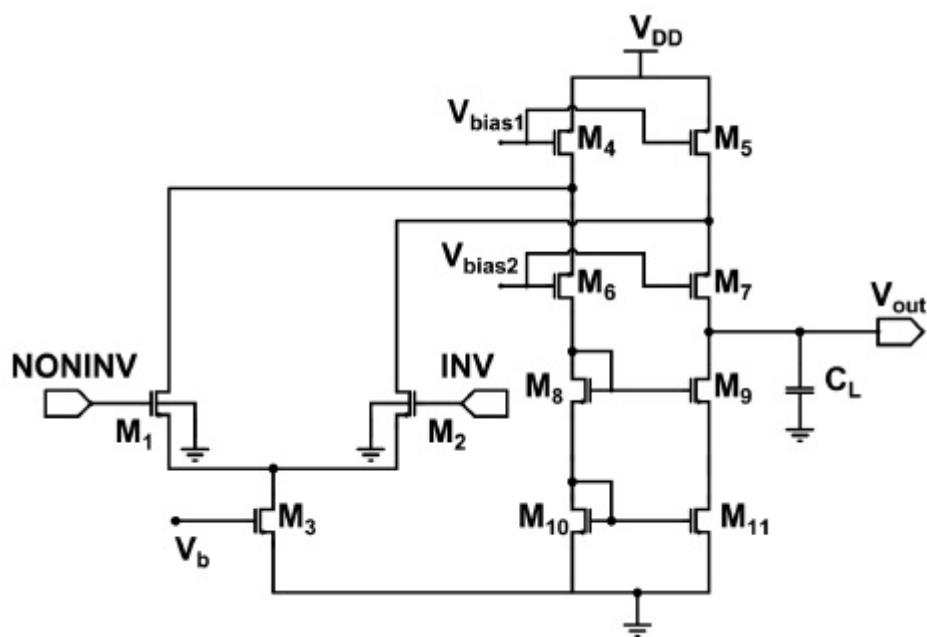


圖 14-1 典型折疊級聯(folded cascode)運算放大器

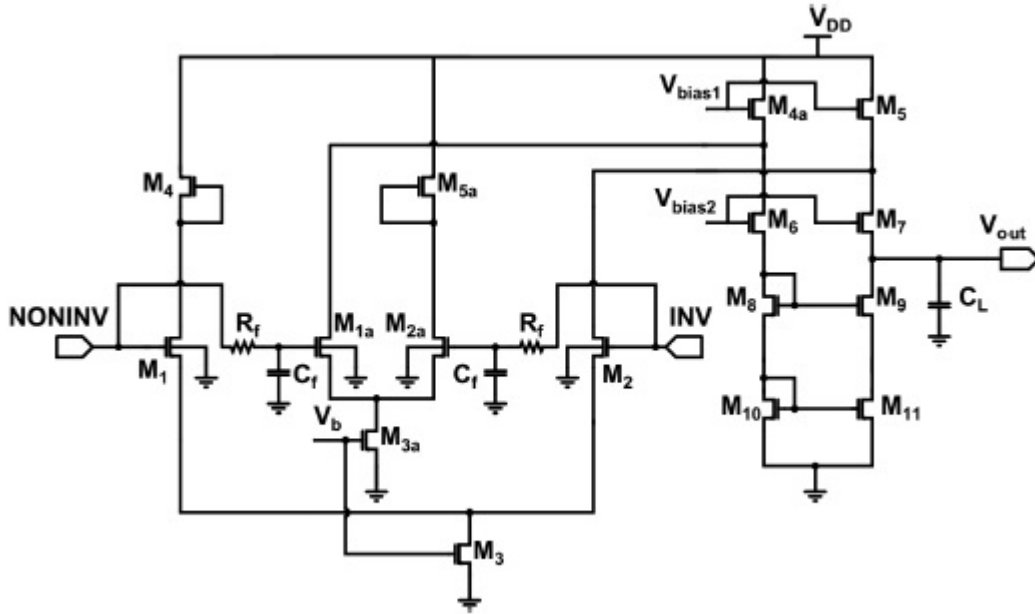


圖 14-2 輸入級複製(replication)式折疊級聯運算放大器

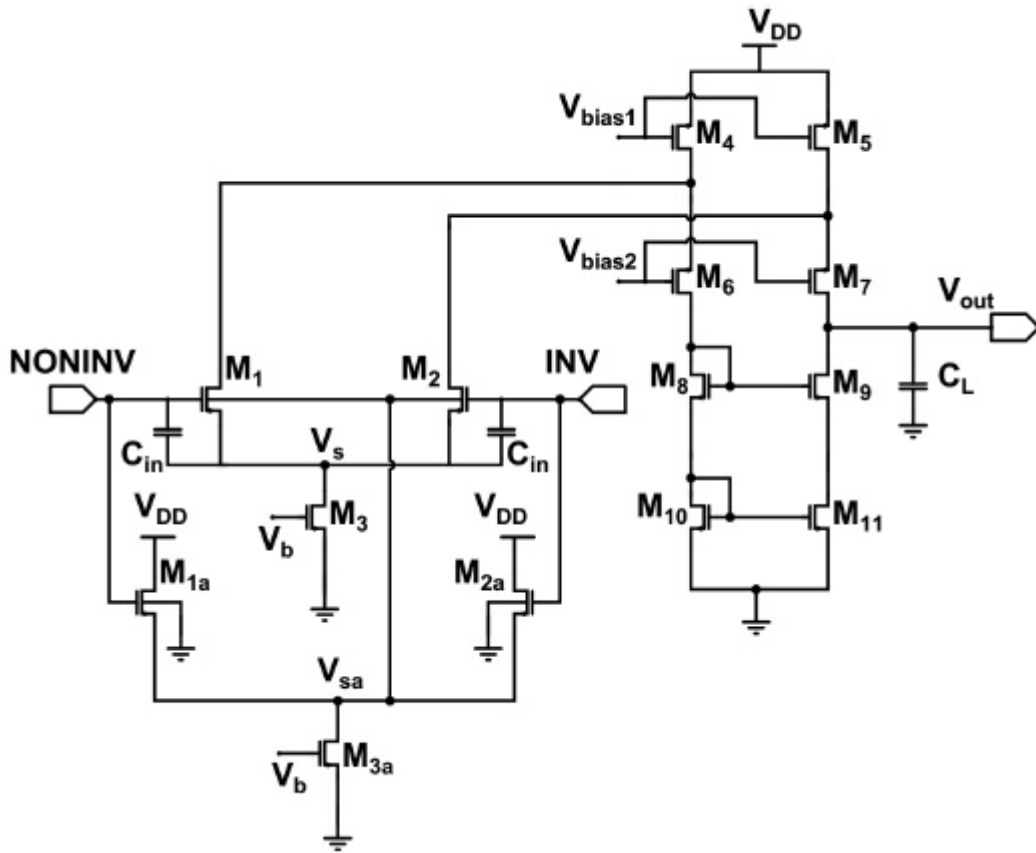


圖 14-3 源極緩衝(source-buffering)式折疊級聯運算放大器

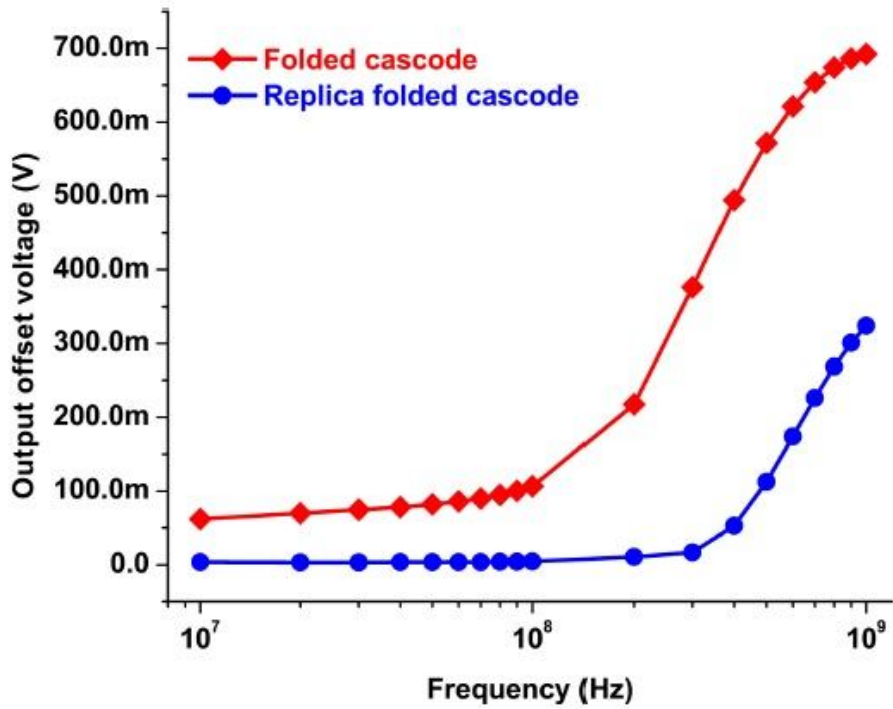


圖 14-4 典型與輸入級複製式運算放大器輸出直流偏壓比較

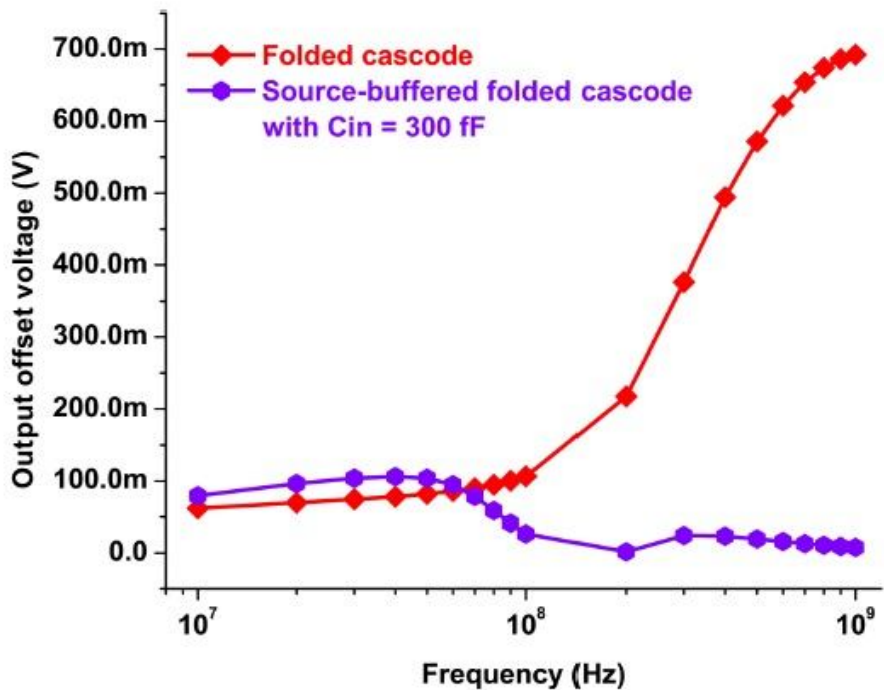


圖 14-5 典型與源極緩衝式運算放大器輸出直流偏壓比較



由圖 14-4 得知輸入級複製式運算放大器於低頻頻段(300MHz 以下)擁有較低的輸出直流偏壓，而由圖 14-5 得知源極緩衝式運算放大器於高頻頻段(300MHz 以上)具有較低的輸出直流偏壓。

因此，為了得到前述兩種電路結構各自之優點，講者將此兩種電路結構進行結合，並加入一電壓隨動器(voltage follower, 如圖 14-6 中的 M3sb)，提出了新型式的折疊級聯運算放大器(如圖 14-6 所示)，而其輸出直流偏壓試驗結果與其它型式進行比較(如圖 14-7 所示)，由圖 14-7 的結果顯示，新型式的折疊級聯運算放大器在 10 MHz 至 1 GHz 的寬頻範圍內，其受到電磁干擾而產生的輸出直流偏壓非常低(小於 8mV)，換言之，該型式的運算放大器具有高可靠度的電磁免疫力，未來可以提供積體電路設計工程師於選擇運算放大器之對策時一個更好的選擇。

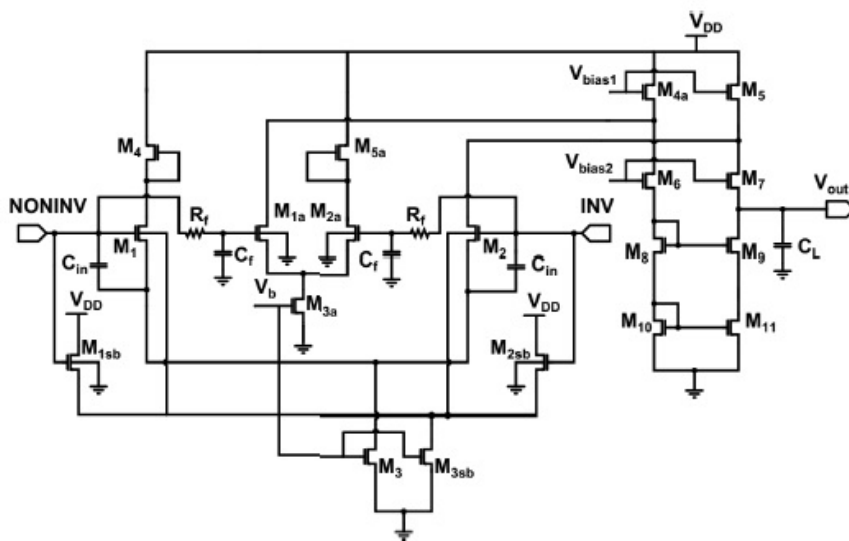


圖 14-6 本論文提出之新型式的折疊級聯運算放大器

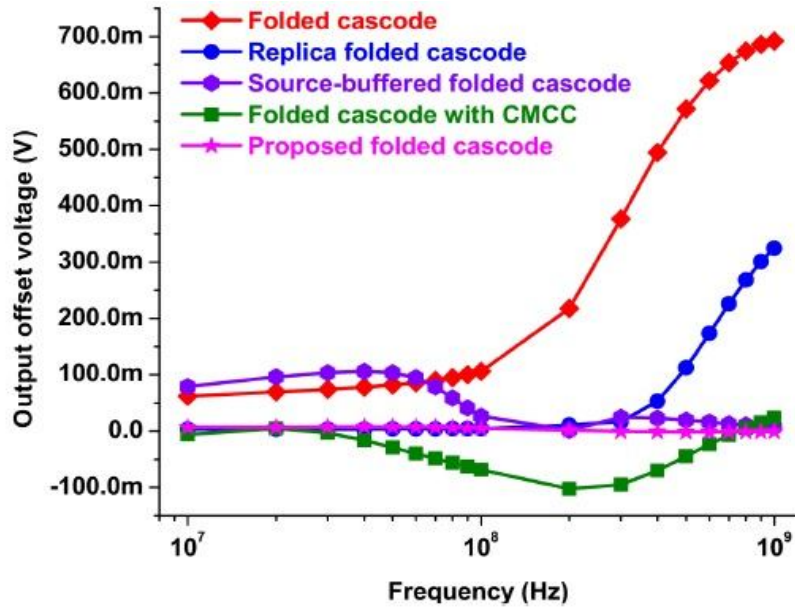


圖 14-7 各種型式之折疊級聯運算放大器的輸出直流偏壓比較

主題：Multiport ICIM-CI modeling approach applied to a bandgap voltage reference

講者：Siham Hairoud Airieau, MS Laboratory/Univ. Bordeaux, France

摘要：

隨著積體電路技術如功能複雜度、晶圓尺寸縮小及光罩製程等的成長，使得積體電路設計師開始尋找新的積體電路模型，欲以此預測未來可能遇到的電磁相容、電磁干擾相關問題，以避免積體電路於模擬階段之功能是正確的，卻於實際生產製造後才發現電路受到電磁干擾的影響而性能不如預期。是以許多用來增加電路對於電磁干擾免疫力的技術不斷被研發出來，然而，嵌入式系統還須面對如溫度、溼度等環境變數，這些變數都有可能影響積體電路的可靠度、使用壽命及

電磁相容特性，關於此方面，國際成立”ROBUSTESSE-CEM”這個計畫，打算來處理這些用於汽車及航太等的嵌入式系統所遇到之問題，這項計畫其中主要的目標就是開發出一個可預測模型來模擬電子產品長時間下的電磁相容特性，而該目標的執行方式是藉由改良積體電路電磁傳導免疫模型(Integrated Circuit Immunity Model-Conducted Immunity, ICIM-CI)來計算積體電路於外在條件變化時對於免疫特性的影響。

本篇論文提出了一個新的方法來建置具有帶隙電壓基準 (bandgap voltage reference) 的多端(multiport)積體電路電磁傳導免疫行為模型(如圖 15-1 所示)，這個模型將積體電路的直流電壓源( $V_{dd}$ )及電流負載( $V_{out}$ )變化對於電磁干擾免疫力之影響的情況列為主要考量，並且可依據經驗參數(empiric parameters)進行模型調整。

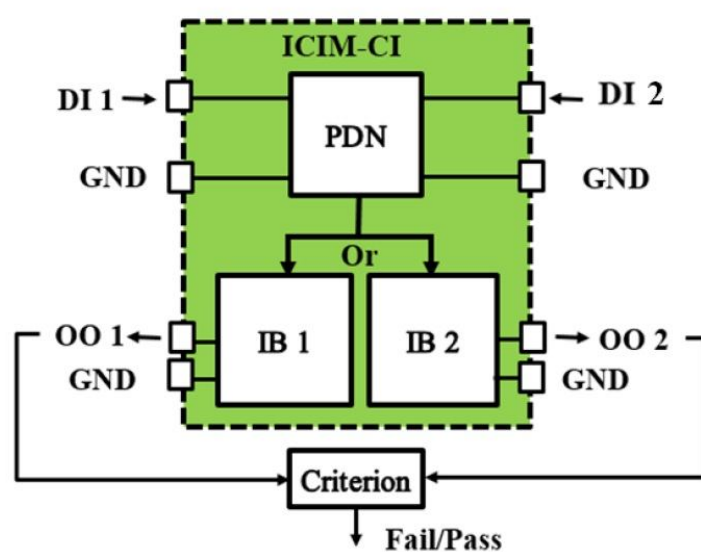


圖 15-1 積體電路電磁傳導免疫行為模型

該模型中之 PDN 區塊用來描述積體電路各連接埠連結被動元件(如電阻、電容及電感)所組成的阻抗網絡；而 IB 區塊則代表積體電路中的主動元件並描繪積體電路受到電磁干擾而可能產生的功能不良，IB 區塊的輸出端(OO1-2)會動態反映由輸入端進入的電磁干擾對於整個積體電路的影響；最後，電磁干擾的信號由輸入埠(DI1-2)送入，實驗變數分別為積體電路的直流電壓源及其輸出負載。

直流電壓源變化對於電磁干擾免疫力的試驗結果如圖 15-2 所示，電壓源變化範圍由 2.7 至 12.6 伏特，前向功率(forward power)隨著電壓變化而增加者，其電磁干擾免疫力越差，因此由試驗結果得知，除了頻段 200 MHz 的電磁干擾以外，電壓源的變化對於電磁干擾免疫力的影響不大，是以積體電路設計需針對該頻段之電磁干擾進行額外的對策；而輸出負載對於電磁干擾免疫力的試驗結果如圖 15-3 所示，由試驗結果得知，阻抗值越大的負載其電磁免疫能力越不受影響，本篇論文講者更認為積體電路輸出負載設計為 10 千歐姆時具有最佳的電磁干擾免疫能力。

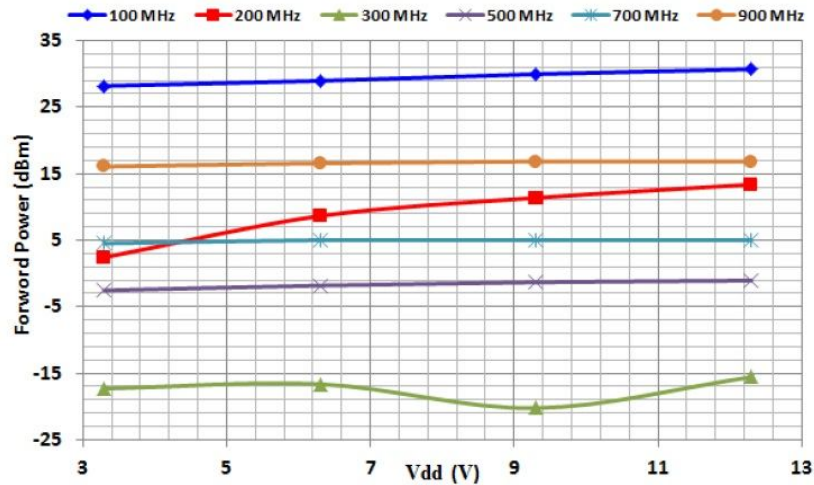


圖 15-2 直流電壓源變化對電磁干擾免疫力之影響

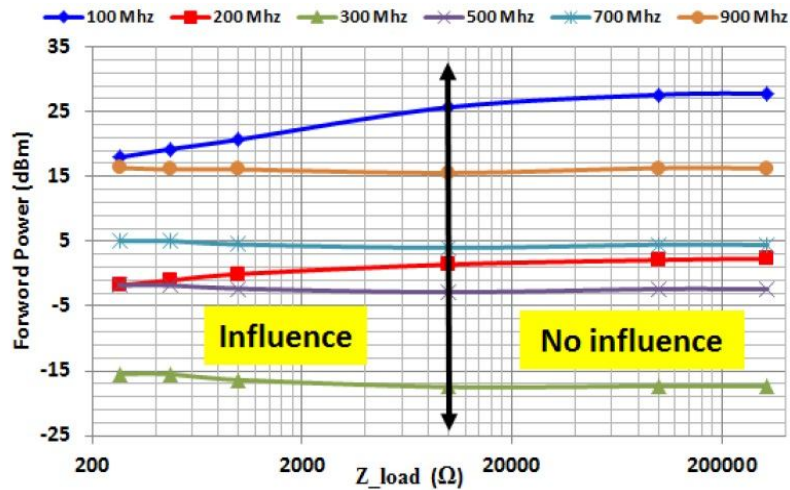


圖 15-3 輸出負載對於電磁干擾免疫力之影響

#### 四、技術實驗示範

主題：Innovative solution in Power Integrity & Signal Integrity

Electromagnetic Analysis for PCB

講者：Dr. Andrzej Ciminski, AM Technologies, Poland

摘要：

由於科技進步造成不斷增加的數據傳輸速率，有關印刷電路板(Printed Circuit Board, PCB)電磁特性分析的研究中，如何更加精確地取得電子電路系統中更高頻率的 S 參數(s-parameter, 又稱反射係數)，成為一個很重要的研究議題。先進設計系統 2016 年版(advanced design system, ADS 2016)提供了許多新技術，主要是被設計用來獲取更高的 PCB 模擬精準度，這些技術包含了數種電磁特性的軟體方法來協助協助電源與信號完整性工程師進行 PCB 的電磁特性分析。此軟體方法總共包含了以下 4 種新的電磁模擬器概念：直流電壓衰減分析、公共數據網絡阻抗分析、電源層板諧振分析及考慮電源效應(power-aware)之信號完整性分析。而在這次的展場實驗中，講者應用前述提及之技術實際操作於超高速數位電路板(如圖 15 所示)，精確地模擬出該數位電路板的電磁特性。

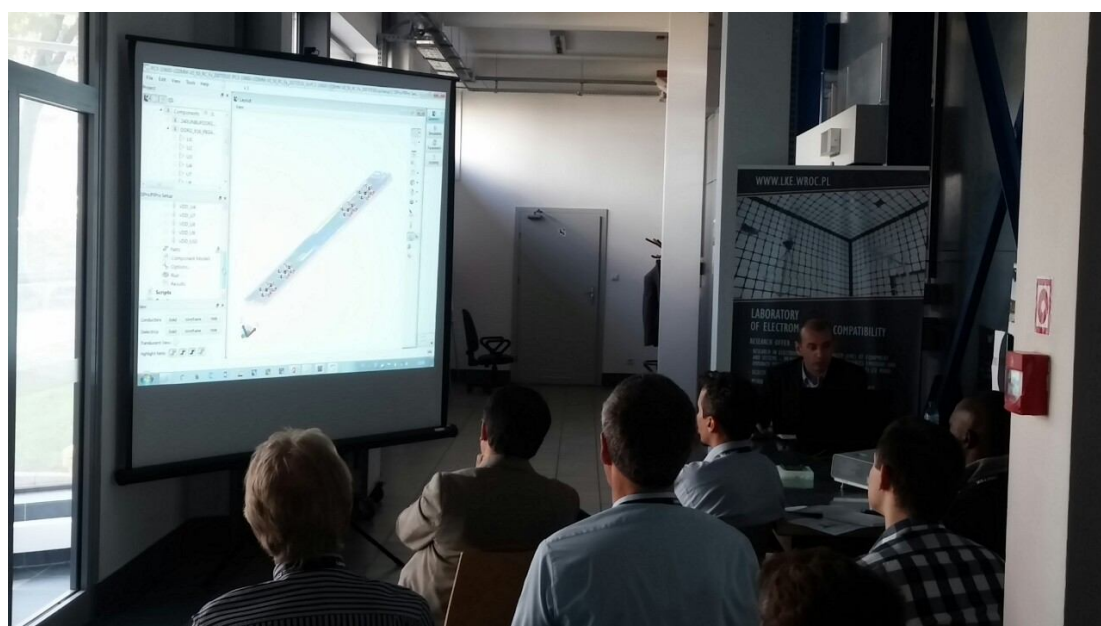


圖 15 ADS 應用於超高速數位電路板之電磁特性分析(實驗展示剪影)

主題：Radiated emissions of cables trough shielded enclosure seams and effect of time rise/fall on clock signals

講者：Ismael Molina Alba, Product Manager EMC inductors, EMC & Inductive Solutions, Würth Elektronik eiSos GmbH. & Co. KG

摘要：

本實驗前段主題在說明，藉由量測從屏蔽式纜線外殼接縫洩漏出的電磁能量來分析各個圍繞纜線外殼的測試位置對於分析結果的影響。在這個纜線屏蔽式外殼內中置放一個能夠產生標準週期時鐘信號的震盪器，而這個震盪器的輸出端被連結於一條用來產生共模(common mode)電流的雙引(twin lead)線路，如此即可觀察它們相互之間對於電磁輻射干擾的影響關係。

接著後段主題在探討如何降低纜線之共模電流所產生的電磁輻射干擾，首先將探棒置於各個被規範的測試位置以量測外殼間的電動勢差，然後再使用一鐵氧體(ferrite)材質的共模電流線圈來抑制共模電流，至於另一個方式則是把雙引線路直接連接於一個濾波適配器(adapter)，然而這兩種方法會增加信號的上升及下降時間，造成信號傳遞能力的損失。因此，由講者的實驗結果發現，在屏蔽式纜線外殼接縫上使用橡膠緩衝墊片(gasket)可以達到前述兩種方式降低共模電流的成效(如圖 16 所示)，而且此方法並不會增加信號的上升及下降時間。





圖 16 使用橡膠緩衝墊片可以降低共模電流(實驗展示剪影)

## 肆、心得與建議

### 一、心得

本次出國計畫是進入公部門服務以來第一次參與這種國際規模的技術研討會，也是第一次單獨前往歐洲並完成所有的工作計畫，非常感謝長官給予如此難得的機會，得以代表本局出席此會議，而在本次的行程中，除了學習到不少關於電磁相容領域最新的技術發展，也深深了解到在現今國際化的趨勢中語言的重要性，以及一個人該如何獨當一面、掌握整個工作計畫的進度。

因為全球對於綠能產業的重視程度日益增加，有關離岸風力機可預見在未來必定是一個巨大的產業鏈，由目前觀視歐美各國投入的研究人力、經費及未來待建立的國際標準數目、相關產業等都非常龐

大，而臺灣卻因資源有限，在相關領域的發展不若歐美等先進國家，若要在此領域有所發展，應跟隨國際標準最新走向，並以發展關鍵技術為目標。

除了離岸風力機的相關技術議題外，整個為期五日的研討會主題也圍繞著物聯網、穿戴式裝置及車用電子等極具發展潛力的產業，歐美等先進國家對於這些領域的研究發表自然是不在話下，比較可惜的是，臺灣於本次研討會並沒有相關論文的發表，但是同為亞洲國家的日本、中國大陸及韓國卻有不少令人驚嘆的研究成果，其中日本關於穿戴式裝置的研究論文更被大會選為主題講座，足見日本在電磁相容領域的技術在亞洲仍是首屈一指，有鑑於此，我國於該領域之發展仍有很大的努力空間，並且應當時時刻刻警惕與精進自己。

雖然大會並無針對本次研討會發表的論文進行相關統計，但有自行參照大會提供的發表論文進行統計與製表(如表 2 及圖 17 所示)，由於 2016 EMC Europe 屬於歐洲歷年都會舉行的大型研討會，故歐洲國家皆踴躍參與發表論文，尤其以德國、法國及義大利等先進國家為最，除此之外，日本發表之論文數量也相當可觀，僅次於德國為排名第 2 的國家，從論文發表狀況即可得知電磁相容相關領域於日本必定是非常重要的發展項目。

表 2 不同國別發表論文數

德國	法國	義大利	荷蘭	波蘭	英國	西班牙	瑞典	土耳其	瑞士	日本	中國大陸	韓國	美國	俄羅斯	白俄羅斯	伊朗	阿爾及利亞	其它	總計
22	13	14	10	19	8	5	5	6	3	21	8	3	7	6	6	3	3	10	172

不同國別發表論文數之比率

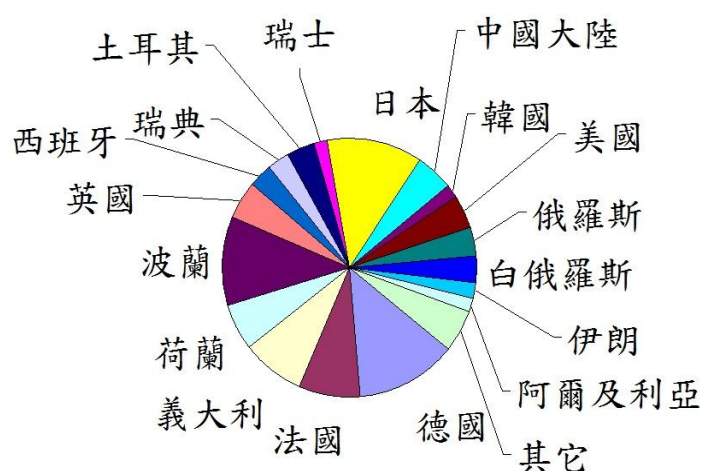


圖 17 不同國別發表論文數之比率

會場中注意到比較特別的是中國大陸華為公司，即使僅是單一公司卻仍派出多位技術人員參與，這或許也是在近年來多個產業領域中，華為公司能以後起之秀超越對手、急速成長的原因之一，重視國際上各產業最新的標準與技術發展，是在技術產業佔有一席之地的重要關鍵，值得臺灣業界參考。

這次的研討會中，臺灣雖無發表相關技術論文，卻能在會場中結識了臺大化學所的古姓博士生，2人是本次研討會唯二的臺灣籍與會

者，雖然他的專業並非在電磁相容領域，但是臺大仍提供補助讓古姓博士生參與此次研討會，而他也在研討會中關於電纜線數學模型的論文發表裡攫取許多技術知識及研究靈感，相信他因此能順利完成研究論文，並對我國學術研究做出貢獻。由此可見，臺大不愧為我國第一學府，學生不但主動參與跨域學習，校方也樂於提供學生跨域學習的機會，這是非常難能可貴的，更是我國其他學術單位該效仿的標竿。

## 二、建議事項

1. 從這次研討會觀察到，國際間對於離岸風力機電磁相容性的檢測技術及標準正急遽發展，建議本局應將離岸風力機相關領域之電磁相容檢測技術納入發展規劃。
2. 未來必是屬於物聯網的世界，將充滿不同應用的整合及連接，因此各種應用間的互通性、相互操作性以及安全性將是關鍵所在，值得研究與追蹤關於這方面的標準發展。
3. 本次參加 2016 EMC Europe 是直接於網頁進行註冊報名，完成相關手續後即可於網路上獲得註冊證明及收據，且能同時收到大會提供的電子邀請函，出示該電子邀請函於歐洲國家海關能有效增加進出海關之速度，建議臺灣於未來主辦國際研討會時可依此方式辦理。

4. 參與本次研討會的成員仍以歐美人士居多，因此在會場裡對於亞洲人往往會特別關注，因緣際會下與中國大陸四川大學的閻麗萍教授進行交流，閻教授認為我國於 2015 年在圓山飯店舉辦的 APEMC 是非常成功的研討會，不論在場地選擇、環境佈置、菜餚準備及空間規劃等都已是一流水準，建議臺灣能積極爭取各種國際性會議的主辦權，以增加我國在世界舞臺發光發熱的機會。