

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PEE1100981

學門專案分類/Division：工程學門

執行期間/Funding Period：2021.08.01 – 2022.07.31

以 CDIO 為基礎之 PBL 電力量測與儀表實踐教學策略學習成效研究/ Research of Learning Performance of CDIO-Based Teaching Strategy with PBL Power Measurement and Instrumentation Practice

配合課程：電力品質訊號處理/ Signal Processing of Power-Quality Disturbances

計畫主持人(Principal Investigator)：陳正一

協同主持人(Co-Principal Investigator)：無

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中央大學電機系

成果報告公開日期：

立即公開 延後公開(統一於 2024 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：2022/9/18

以 CDIO 為基礎之 PBL 電力量測與儀表實踐教學策略學習成效研究/ Research of Learning Performance of CDIO-Based Teaching Strategy with PBL Power Measurement and Instrumentation Practice

一. 本文 Content

1. 研究動機與目的 Research Motive and Purpose

隨著政府近年重點發展電力系統智慧化、再生能源技術與微電網，電力系統基礎課程的培養對學生進入產業界及進行相關技術研發，是十分重要的。由於分散式電源可減低在電力系統中新能源成本上的投資、提供虛功補償、調節頻率變化、增加系統備轉容量、改善電網的穩定度，因此近年逐漸普及化，因而使得電力網路從傳統的單向傳輸被動配電網路，轉化為雙向電力輸送且具有智能的主動網路，即為微電網。微電網的結構類似大電力網路，差異只在於電源與負載的規模比較小，對於大電力網路不易到達的地方，微電網則能提供偏遠地區或特殊需求之系統的電力解決方案。然而，此類分散式電源亦會對系統造成一些負面的影響，例如保護協調、電壓調節、諧波與間諧波、電壓閃爍等電力品質問題。因此，雖然微電網可以為傳統電力網路的問題提供解決方案，但是所衍生其他系統安全與電力品質等議題則必須重視。

本課程主要介紹電力品質分析的基本原理和方法，進而發展能源管理系統之跨領域技術。然而，文獻中有諸多分析的技術與相關背景理論被提出，選擇適當的分析方法時常困擾著該領域的初學者，甚至對於有經驗的工程師來說亦容易誤用，因而導致相關檢測與處理程序的誤判。因此，本計畫透過相關教育平台的開發，將常見的分析技術與背景理論進行分類，藉以釐清各技術之優缺點，進而輔助學習者針對對應的工程應用選擇合適的處理方法。

在計畫主持人十年的教學經驗中發現，採用傳統的板書及投影片教學與考試之評量方式下，學習者常常對數學分析感到困擾甚至無法理解，進而造成只會考試不知所學之工程實務應用的困境。本計畫針對電力品質訊號處理課程採用 CDIO(Conceive-Design-Implement-Operate)教學策略、翻轉教室、相互教學法、問題導向學習、場域實踐之教學策略，藉此探討學習成效提升的效益。此外，本課程亦利用 LaVIEW 與嵌入式系統平台進行電力品質分析，藉此輔助學生了解工程實務問題。長久以來，由於電力系統中非線性負載使用量的逐漸增加，使得電力品質問題逐漸受到重視。電力品質會造成輸電系統在傳輸的過程中額外的損失，並且會減短電力設備的使用壽命，進而引發故障等重大事故。因此，提升電力品質與找出合適的故障分析技術已逐漸成為電力公司與用戶間所關心的議題。為了有效地評估出該系統造成的故障成分，一套簡易與準確的分析方法是十分重要的。自 1960 年代以降，由於有效計算離散傅立葉轉換演算法—快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)的開發，促使數位量測技術大幅提升。因而，國內外於通訊、語音、影像、控制等各研究領域逐漸大受採用。然而，由於 FFT 的直接使用受限於諸多限制，促使分析與量測電力設備造成之故障時，將造成可觀的誤差。此外，從眾多分析電壓電流波形故障特徵訊號的演算技術當中，選擇適於當前應用的方法，對領域初學者來說是十分不容易的。一個有效的輔助方式便是從了解分析技術與量測參數間的關係開始。本計畫即依據上述之想法，整合幾種常用的電力品質分析方法，指導學生進行電力量測與虛擬量測儀表平台系統之研製，以提升在電力分析與量測領域人才之研究與實作能力。

由於文獻常用的電力品質分析演算法各異，對不同的電力訊號有各自的使用限制，無經驗的系統分析工程師容易誤用，以致無法有效正確地進行訊號處理。因此，本計畫就目前常見之電力品質分析方法進行回顧，並提出完善的整合型學習系統以輔助初學者熟悉各類分析

技術。另一方面，所實現電力品質分析演算法，亦將藉由結合相關量測硬體開發出一套虛擬量測系統，以進行實際量測來驗證與評估各分析方式。

綜合上述，本計畫主要研究內容包括：(1)針對現行之電力品質分析演算方式與相關之量測設計架構進行回顧與比較；(2)實作各項分析技術與比較其優劣；(3)針對所提出之設計準則研擬電力品質虛擬分析儀和教學平台之設計與實作；(4)以實現之電力品質虛擬分析儀進行實際量測與分析；(5)設計與建立相關之電力品質量測資料庫；(6)採用翻轉教室與相互教學法之教學策略，藉此探討學習成效提升的效益。(7)採用問題導向學習及場域實踐之教學策略，於本校建置的建築微電網貨櫃屋中，進行場域實踐，進而完成系統規劃訓練，且實現跨電機、通訊、資工領域技術之系統整合能力提升。

有鑒於此，本計畫著眼蒐集常用的電力品質分析方法，將各法加以進行整併與改善，並配合相關硬體進行系統量測分析實務，不同於傳統電力品質分析課程創新之處，便是設計使用者介面以視覺化及微電網場域驗證測試方式提昇學習理解，進而培育學生以所學技術去解決電力領域問題的能力，進而促進合作學習與分析演算技術之規畫、設計與實現。此外，本研究結果亦可提供將來國內各校工程教育實施翻轉教室、相互教學法學習、專題導向學習及場域實踐課程之參考。

2. 文獻探討 Literature Review

近年越來越多高等教育教師已著手在教學中使用翻轉教室教學策略。然而，在工程教育中翻轉教室的使用較少受到關注。由於工程領域的畢業生所需具備的能力為透過團隊合作來解決現實問題，此點顯示了翻轉教室教學策略的優點。目前僅有少數研究在探討翻轉教室模型對工程教育的影響。由美國麻省理工學院與瑞典皇家工學院、瑞典查爾姆斯理工大學和瑞典林雪平大學共同規劃的 CDIO 教學策略，透過構思(Conceive)、設計(Design)、實施(Implement)、操作(Operate)四階段的工程教育人才培育模式，解決工程教育學用落差問題，為近年來國際工程教育領域改革最成功且最具影響力的策略之一。而相互教學法則是一種用來教授學生提升閱讀理解的認知改善教學策略，其流程涵蓋總結、產生問題、澄清和預測等引導架構，透過教師與學生之間的對話嘗試從內容中理解意義，相互教學有兩個主要特點。其一是前述四種理解培養策略的指導與實踐，其二則是利用相互教學對話作為學習和實踐這四種策略的工具。上述四種策略既能提高閱讀理解能力，亦可提高閱讀理解能力的自我監控能力。綜合上述研究工程教育課程的策略探討，明確的指出透過相互教學的教學方式，學習者能得到良好的學習成效並發現小組合作對於工程實作課程的重要性，然而在學習者的學習過程中認知層次與創造力的發展方面並沒有深入討論，本研究則針對此部分進行分析與調整教學策略，並藉由 CDIO 教學策略四階段的安排，融合翻轉教室、相互教學、小組專題導向及場域實踐式的合作學習方式，希冀促進學生對課程技術之認知層次與創造力的發展。

3. 研究問題 Research Question

(1) 研究問題

本計畫希冀納入問題導向學習方式輔助導引學生，藉以了解學生對專題導向問題的感知程度與學習態度，並經由 CDIO 教學框架、翻轉教室、相互教學法、業師導入及場域實踐之教學策略，探討學習者認知層次、學習行為對創造力的影響與三者間的關係。

(2) 研究對象與場域

學習者在之前的課程當中未有電力品質訊號處理演算法的實作經驗，僅接受過基礎電機工程知識訓練，在課程開始第 1 週時，會先請學生填寫個人特質能力的分析表，藉此於期末時可了解個人特質對分組專題成果及創造力等能力提升之影響性。並希冀透過翻轉教室、相

互教學及小組專題導向式的合作學習方式提升學生個人學習成效。場域實踐方面，將於本校建置的建築微電網貨櫃屋中，結合業師進行，進而分析太陽能、儲能系統、用電設備間的能源管理狀況，並完成電能監測技術、電力資料庫、電力量測與儀表設計、系統企劃等系統規劃訓練，且實現跨電機、通訊、資工領域技術之系統整合能力提升。

4. 研究設計與方法 Research Methodology

(1) 課程進行方式

本計畫利用所發展之電力品質訊號分析學習教育平台，整合相關軟硬體裝置，並提供彈性的開發環境予使用者進行其分析技術的創新、改進、實作及驗證。配合 CDIO 教學框架，納入問題導向學習方式輔助導引，了解學生對專題導向問題的感知程度與學習態度，搭配相互教學法、翻轉教室、同儕互評、業師導入、場域驗證等方式，並經由探討學習者認知層次、學習行為對創造力的影響與三者間的關係，所得之反饋意見將採納來完成電力品質訊號分析學習教育平台之效益評估及設計修正。本計畫課程進程序如圖 1 所示。此外，本計畫於本校建置的建築微電網貨櫃屋中，結合業師進行場域實踐，進而分析太陽能、儲能系統、用電設備間的能源管理狀況，並完成電能監測技術、電力資料庫、電力量測與儀表設計、系統企劃等系統規劃訓練，且實現跨電機、通訊、資工領域技術之系統整合能力提升，實踐場域與規格如圖 2 所示。

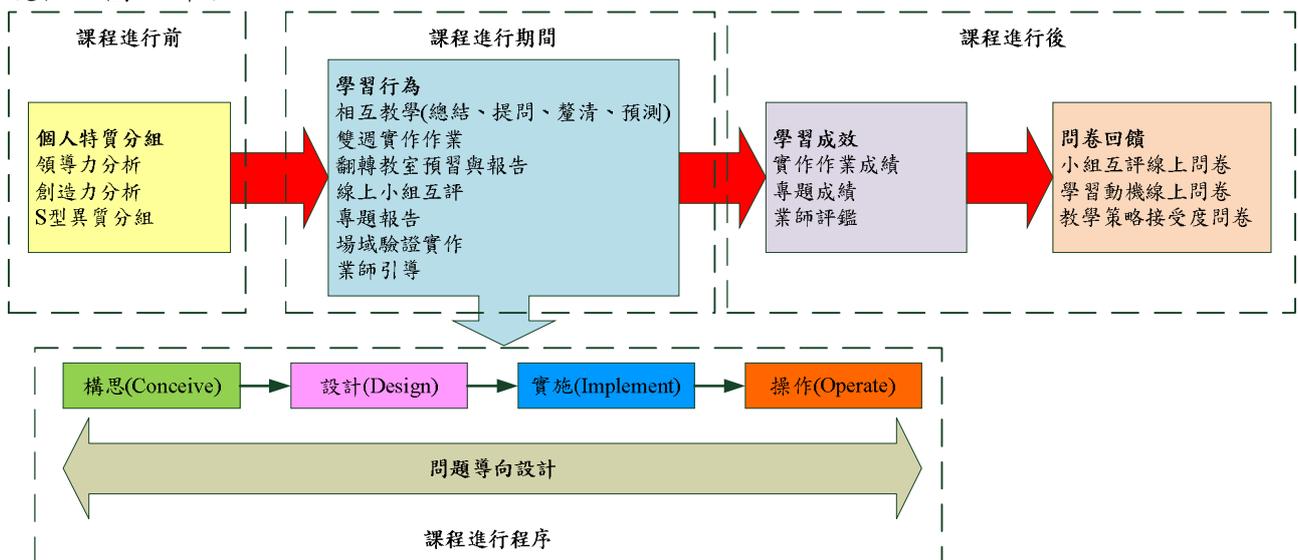


圖 1、本計畫課程進程序。



建置規劃	
安裝空間	20呎貨櫃4個
負載需求	10 kWh/日
太陽能	7.4 kW，每日發電為7.4 kW * 3.9 hr = 28.86 kWh
儲能	鋰電池 21.6 kWh
	甲醇重組型燃料電池 5 kW
電力轉換器	三相15 kW，輸出AC 220 V

圖 2、本計畫實踐場域-於本校建置的建築微電網貨櫃屋及配電盤。

本計畫之課程主要的教學資源有本校提供的網路教學平台系統(ee-class)，本課程除將所編製的教學投影片匯入網路教學平台系統，以供學生下載外，將透過訊號處理及分析系統設

計範例及操作之製作，促使學生利用該教育系統展示圖形化的訊號處理狀況，藉由學習系統相關參數的調整，得以輔助初學者理解複雜數學理論的物理意義，並於課後安排該系統的操作習題，藉由課後學習報告中，了解使用者的學習狀況。上述課程進行方式，皆須透過網路教學平台系統，提供學生相關學習資料。此外，在本校、院、系及教學中心之支持度方面，電機系已提供實驗室(42.78 m²)做為研究實驗空間，並於教學實驗室中安裝課程所需之 LabVIEW 圖控編輯軟體環境、訊號產生器、示波器等設備；在行政配合措施方面，有 3 名系辦人員提供相關協助；在課程配合方面，有 2 名課程助教協助進行教學改進，並有 1 名業師協助問題導向實作及場域實踐。本課程主要評量方式採用習題實作、同儕互評討論、翻轉教室報告、分組專題實作、相互教學表單、專題場域實踐展示等多元成果評分，著重在學生的實作與討論，並無傳統考試之評量方式。

學期 18 週之課程規劃安排如下：

- 電力系統簡介(2 週)-簡介電力系統的架構，以及相關應用與背景知識。
- 電力品質與能源問題介紹(3 週)-透過數學方式將電力品質所欲解決之問題表示出來，並依據不同應用主題練習相關軟硬體操作練習。
 - 構思(Conceive)：評估如何提供電力品質干擾嚴重程度之指標
 - 設計(Design)：規劃評估指標之分析流程
 - 實施(Implement)：利用 LabVIEW 圖控編輯軟體及相關硬體實現分析演算法
 - 操作(Operate)：將所開發之評估指標演算技術整合至建築微電網貨櫃屋，並進行運轉測試
- 第一次平時作業練習與整合：透過建築微電網貨櫃屋之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解評估指標之分析性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 諧波問題分析方法與設計(3 週)-針對所採用之分析平台，依據訊號處理類型，進行諧波訊號量測所需操作練習。
 - 構思(Conceive)：評估如何進行諧波訊號分析
 - 設計(Design)：規劃諧波訊號分析流程
 - 實施(Implement)：利用 LabVIEW 圖控編輯軟體及相關硬體實現諧波分析演算法
 - 操作(Operate)：將所開發之諧波訊號分析演算技術整合至建築微電網貨櫃屋，並進行運轉測試
- 第二次平時作業練習與整合：透過建築微電網貨櫃屋之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解諧波訊號分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 期中分組專題報告，並請業師指導(1 週)
- 電壓閃爍問題分析方法與設計(3 週)-針對電壓閃爍問題進行分析，並利用分析平台完成求解架構設計。
 - 構思(Conceive)：評估如何進行電壓閃爍訊號分析
 - 設計(Design)：規劃電壓閃爍訊號分析流程
 - 實施(Implement)：利用 LabVIEW 圖控編輯軟體及相關硬體實現電壓閃爍分析演算法
 - 操作(Operate)：將所開發之電壓閃爍訊號分析演算技術整合至建築微電網貨櫃屋，並進行運轉測試
- 第三次平時作業練習與整合：透過建築微電網貨櫃屋之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解電壓閃爍訊號分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 電力品質事件問題分析方法與設計(5 週)-利用分析平台，針對所欲解決之電力品質事件問題，進行分析系統實作及測試。
 - 構思(Conceive)：評估如何進行電力品質事件分析

- 設計(Design)：規劃電力品質事件分析流程
- 實施(Implement)：利用 LabVIEW 圖控編輯軟體及相關硬體實現電力品質事件分析演算法
- 操作(Operate)：將所開發之電力品質事件分析演算技術整合至建築微電網貨櫃屋，並進行運轉測試
- 第四次平時作業練習與整合：透過建築微電網貨櫃屋之監控平台，完成系統整合測試驗證，了解電力品質事件分析之性能，達成資訊、通訊、電機之跨領域技術實現目標。
- 期末分組專題與場域實踐成果報告，並請業師指導(1 週)

在課程開始第 1 週時，會先請學生填寫個人特質能力的分析表，藉此於期末時可了解個人特質對分組專題成果及創造力等能力提升之影響性。初期藉由課程引導，讓學生發掘電力品質訊號處理相關議題，並引導學生構思所學專業如何應用，以求達成專題設計並解決問題。於課堂講授內容之前，會先請各組學生上台報告，以翻轉教室之模式進行課程內容介紹，並搭配相互教學法之表單設計，讓上課學生整理各組所報告之重點。並於每次實作練習請學生填寫進度報告，除可掌握學生專題導向之實作進度外，亦可了解學生組內的討論結果與發現，進而促使學生自主學習解決問題、團隊溝通、創意力激盪等能力。而在口頭分組報告中，將採用互評表單設計方式，促成學生各分組間的討論及分享。最後於期末將舉行成果展，透過報告及場域實踐成果展示方式讓學生進行表達力、宣傳力、溝通力等訓練，並進行評量與跟各組互動討論，激發學生所做專題之創意與成效反思。整體課程進行過程中，皆使用 CDIO 教學策略，透過構思(Conceive)、設計(Design)、實施(Implement)、操作(Operate)四階段規劃電力品質訊號處理技術開發與實作，進而引導學生完成系統整合與跨領域之設計概念。

學習活動設計方面，本研究是使用問題導向式學習，透過實作電力品質訊號處理演算法專題的方式進行，本研究的學習活動設計總共有四個階段，每個階段各有不同的學習活動，並在活動結束後進行小組報告，而每次的報告完畢皆會進行小組互評，藉此瞭解學習者對於其他組別的實作情況，詳述如下：

(一) 第一階段

由於學習者在之前的課程當中未有電力品質訊號處理演算法的實作經驗，過去的課程皆為理論課程，因此第一階段會讓各組的學習者藉由導師與助教的指導，開始基礎的電力品質訊號處理演算法實作練習，並在結束後進行工作報告紀錄，以瞭解學習者練習的情況，期中前主要報告基礎實作練習成果。並配合 CDIO 框架，進行電力品質干擾嚴重程度之指標分析演算技術開發。

(二) 第二階段

第二階段同樣進行實作練習，此階段學習者進行進階的電力品質訊號處理演算法練習，透過實作練習將所學習到的內容，開始規劃專題計畫，並且在期中報告時提出專題規劃與實作內容，在導師與助教進行實作評估後，指導學習者進入下個階段。並配合 CDIO 框架，進行諧波訊號分析演算技術開發。

(三) 第三階段

此階段學習者正式進入專題實作，此階段的學習者開始進行專題實作，而學習者在此階段會遇到許多實作上的問題，需要透過導師與助教的引導，藉此瞭解目前的實作情況並且解決問題，在期末前報告目前專題進度外，還須完成專題半成品。並配合 CDIO 框架，進行電壓閃爍訊號分析演算技術開發。

(四) 第四階段

最後一個階段各組必須完成專題實作，在此階段同樣會透過導師與助教的指導，並在期

末報告時報告完整的專題並且展示實作成果。並配合 CDIO 框架，進行電力品質事件分析演算技術開發。

(2) 多元評量方式

在整體 18 週的電力品質訊號處理課程規劃中，透過訊號處理演算法介紹、專題背景知識討論、模組系統實作練習、專題問題分析與設計、專題應用實作等程序，得以協助學生運用所學之工程知識，了解電力訊號之應用問題，進而透過工程相關軟硬體工具、問題分析與設計、與同儕的合作討論，完成專題系統實作與場域實踐。因此，可經由所規劃的平時專題作業練習與整合，得以瞭解學生是否達成本系之教學核心能力；最後再透過期中與期末報告方式，培養學生工程報告寫作及口頭語文表達能力。核心能力與評量表單對應之項目如下表 1 所示。

表 1、本課程使用之核心能力對應 Rubrics 評量表單

核心能力	比例	分組						平均
		1	2	3	4	5	6	
運用工程知識	15%							
實作能力	15%							
使用工程工具	15%							
應用工程設計	5%							
多元化團隊合作	15%							
理論分析能力	15%							
論文寫作/語文表達	10%							
環境影響/終身學習	5%							
工程倫理	5%							
總分	100%							

經由本電力品質訊號處理教學計畫之進行與完成，所得之成果為建構了一個訊號分析與量測學習平台架構，以輔助學生對分析演算技術之熟悉與減少誤用，並擬定客觀且正確的訊號處理程序，進而能提供相關工程應用一個可靠的方式，以提高工程學習之效率。除此之外，該平台將可使學生完成實作作品成果驗證，成果將以海報展示、實體系統展示、口頭報告、場域實踐成果展方式展現。根據上述多元評量方式，依據課程進行方式可歸納如下：

- 翻轉教學報告(組間互動)
- 相互教學表單(組間互動)
- 小組互評問卷(組間互動)
- 工作進度報告(組內互動)
- 專題期中規劃報告
- 專題期末成果展示與報告
- 核心能力對應 Rubrics 評量表單

(3) 學習成效分析方式

資料蒐集與學習成效評估方面，本計畫將透過 google 表單與教學平台，讓學生上傳相關實作作業與報告，並進行相互教學、同儕互評、學習成效等資料填寫，以利學期結束後之學習成效分析。本課程依據傳統教學結合問題導向學習的教學方式進行，並結合 CDIO 教學策略、翻轉教室、相互教學法、業師導入與場域實踐，透過引導學習者的方式進行實作電力品質訊號處理演算法，進而建構能源管理系統，此實驗以量化與質性分析進行探討，研究對象

依據領導力分析共分為若干組別，每組分別以 2 到 3 人為一組。各學習成效分析方式如下：

同儕互評各層次評估

電力品質訊號處理為工程教育當中軟體類型的課程，其中包含許多實作演算法過程，課程中透過作業與專題階段循序漸進地讓學習者了解實作的過程，並藉由教師的引導與小組討論讓學習者互相激盪藉此提升學習者之認知層次與創造力，本研究將學習過程中的小組報告與工作報供內容，藉由修改並重新定義 Bloom 認知層次，如下表 2 所示，各階段小組報告及工作日誌內容皆由兩位專業人士對其學習內容進行認知層次評估，進而分析學習者在學習過程之認知層次變化與學習成效之影響關係。

表 2、本課程之認知層次定義

認知層次	定義
記憶	對於電力品質訊號處理演算法的基本知識
理解	瞭解電力品質訊號處理中演算架構、運用與分析程序
應用	設計電力分析系統的運作架構與實際執行作業
分析	能分析電力演算法及系統運作的架構，並瞭解如何完成後續工程
評鑑	學習者根據電力分析系統的規範、標準與其經驗來評論作品的優劣
創造	產生新的構架方式或創新想法，融入到目前的實作當中
表達力	學習者對實作成果之報告表達能力
完成度	實作成果之完成度
正確性	實作成果之正確性

認知層次分析與訪談的相關性探討

○有無領導力特質對應用層次面的差異探討，透過訪談想得知有領導力組別同學是否有經過討論和多方資料參考以及將該知識結合到另一個領域，而無領導力組別同學是否是直接採用課程內容下去做訊號處理，藉此了解有領導力組別應用度跟無領導力組別之差異。

○有無領導力特質對分析層次面的差異探討，透過訪談想得知有領導力組別的學生是否能清楚描述他們所探討的訊號，並多次實驗與列出圖表比較實驗組及對照組，探其之間的差異。而無領導力組別同學是否是只有概述與比對訊號不同而已，沒有做較詳細的解釋。藉此了解有領導力組別的學生在分析層次面上跟無領導力組別之差異。

○有無領導力特質對專題完成度、正確性的差異探討，透過訪談想得知有領導力組別的學生是否對於自己組別的評價能接近預期，而無領導力組別的學生對於自己組別評價是否偏低，覺得無法實際應用且和預期有所差異。

○有無領導力特質對創造力的差異探討，透過訪談想得知無領導力的學生組別是否直接採用課堂內容下去設計實驗，並作其他討論，而有領導力的學生組別是否有著條理性的規劃與發想步驟，從找資料→假設→實驗→結果→問題與討論，並從網上資料或論文中尋找方法解決問題，在不同知識背景慢慢疊加之下，相信在專題中更容易在這些基礎上蹦出新的應用方法。藉此了解有無領導力特質學生對創造力的影響是否有直接關係。

○有無領導力特質對表達力的差異探討，透過訪談想得知在有領導力組別的學生中，是否能透過成員間是合理輪替與工作分配，比較能掌握報告內容，而無領導力組別的學生雖然也是輪替，是否能有效負責進度內容與表達報告，藉此了解有無領導力對表達力的影響是否有直接關係。

小組互評問卷

當中除了透過小組報告之外，為瞭解小組之間對於別組報告內容的評價與理解程度，藉由小組互評問卷的方式讓各組可以互相給予建議與討論，藉此提升組與組之間的競爭力與加強學習目標。每次小組報告結束之後都會有一次小組互評，小組互評問卷總共有六個項目，

並且由專任導師編制而成。問卷量表之量測尺度採用 Likert 五點量表，每個項目皆有五個選項可供勾選，分別從非常同意(5分)、同意(4分)、普通(3分)、不同意(2分)以及非常不同意(1分)，由學習者對其問卷問題的主觀感受進行填答。小組互評問卷評估項目與定義如表3所示。

表3、本課程之小組互評問卷構面與定義

項目	定義
完成度	評估小組體整報告的完整程度。
理解度	評估小組對自己報告的理解程度。
正確性	評估小組實驗結果的正確程度。
應用度	評估小組報告內容的拓展與跨領域應用程度。
創新性	評估小組對於應用是否有新的想法與創新性。
表達力	評估小組報告時的表達能力。

問卷結果分析

本課程進行學習動機與教學策略接受度兩項問卷，其分析問卷如圖3及4所示，藉此了解本課程所採取之教學策略是否可提升學生學習動機，與了解學生對創新教學策略之接受度。

學習動機 (•◡•)♡

*必填

注意力

在即將上完本學期課程的時刻，我們想就「專題導向之相互教學翻轉教室」這樣的上課模式來請問您一些問題：
以下有五個小題(◡◡◡)

1. 「專題導向之相互教學翻轉教室」的上課模式讓我對電力品質訊號處理課程更感興趣。*

1 2 3 4 5

2. 「專題導向之相互教學翻轉教室」的課程進行方式，讓我更投

圖3、學習動機問卷。

專題導向之相互教學翻轉教室-接受模型◡◡◡?

*必填

易用性

以下有五個小題(◡◡◡)

1. 透過「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的相互教學活動討論，我可以更快理解課程內容。*

1 2 3 4 5

2. 透過「專題導向之相互教學翻轉教室」機制下的相互教學活動

圖4、教學策略接受度問卷。

由以上意見，可協助本課程進行相關多元評分與實作課程流程之調整。電力品質訊號處理課程結合問題導向的教學設計與導師的引導預期能夠幫助學習者獲得良好的學習成果，並且在活動設計中包含 CDIO 教學策略框架、翻轉教室、相互教學法、組內互動(工作報告)與組間互動(小組報告與小組互評問卷)、業師指導與場域實踐，藉由 Bloom 認知層次評估小組的工作報告與小組報告的內容，藉此了解後期的課程其分析與創造層次數量相對於課程前期是否有所提升，這也意涵組內與組間的分組活動是否能更提升學習者高層次的認知。

5. 教學暨研究成果 Teaching and Research Outcomes

(1) 教學過程與成果

為了提高學生分析技術設計時之便利性，進而輔助了解電力品質訊號處理問題及加速完成分析演算法實作，本計畫透過場域實踐、軟硬體教具開發、即時系統模擬平台等方式，依據電力品質訊號屬性並配合課程內容進行劃分，進而完成電力品質訊號處理與監控架構驗證環境之雛形。並配合學生的使用情況，進行學生對該門課程之學習狀況評估，進而將所擷取之學習成果及學生同儕間互動討論情形，進行學習效果評比，並修正與規劃合適之課程進行方式，以強化學生之學習動機與工程應用之創造力。

本計畫之驗證實踐場域與電力品質監控平台如圖 5 與圖 6 所示，而本計畫所開發之教具智慧型雙向電能轉換器平台與電力品質測試平台則如圖 7 與圖 8 所示。關於電力品質分析技術硬體迴圈開發架構所形成之即時系統模擬平台，該硬體架構設計規劃與實體照片如圖 9 所示。本計畫企業參訪與業師指導情況如圖 10-11 所示。

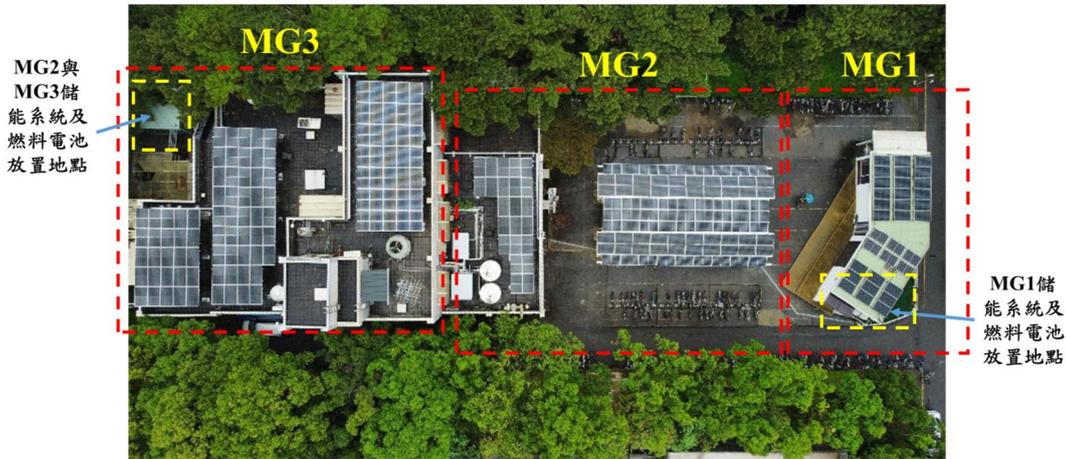


圖 5、本計畫實踐場域之空拍照。

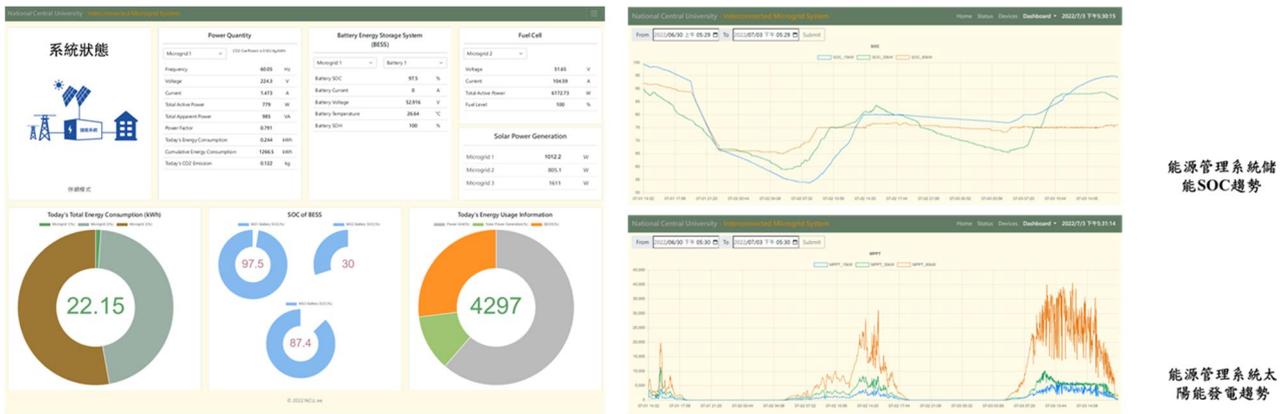


圖 6、本計畫電力品質監控平台介面(軟體教具)。

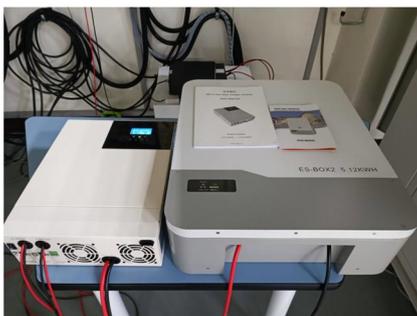


圖 7、智慧型雙向電能轉換器平台(硬體教具)。圖 8、電力品質測試平台(硬體教具)。

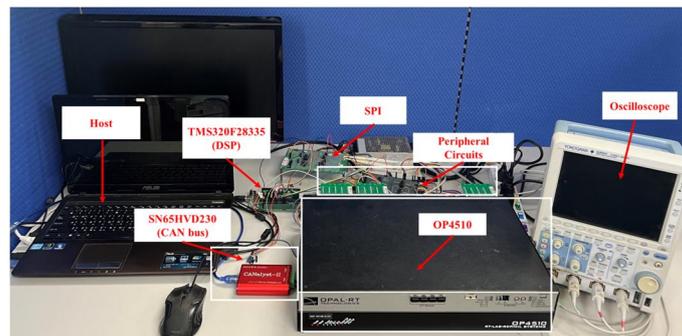


圖 9、本計畫電力品質分析技術硬體迴圈開發架構(硬體教具)。



圖 10、參訪長園科技股份有限公司、傑明新能源股份有限公司。

This Week

1. 中興電工儲能櫃config/profile review
2. 電池電量抓取是以canbus對電池抓取，無法直接從inverter取得，也確認新場域電池是不同廠商的
3. 這周有與中興電工進行場域確認與新增功能的會議，我認為應該改回以hmi控制
 - (1) 我們後來發現中興電工hmi不能控是機台問題，目前已請人員排除，目前可控放電
 - (2) 下圖的線路圖，中興電工有新增電網卸載的功能，該功能可以對整個電網進行卸載，可使用hmi來控(應該是必須得用)，同時也有新增電網互連切換的功能。

Project & Project

Proj. Name: ...
 Date: ...
 Proj. Manager: ...
 Client: ...
 Status: ...

Item No.	Item Name	Item Status
0001-01	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-02	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-03	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-04	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-05	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-06	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-07	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-08	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-09	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-10	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-11	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-12	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-13	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-14	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-15	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-16	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-17	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-18	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-19	System Architecture & Hardware Selection	Complete
0001-20	System Architecture & Hardware Selection	Complete



圖 11、業師實作輔導與學生實習進度報告(七泰電子股份有限公司、聯齊科技股份有限公司、中興電工機械股份有限公司)。

本計畫執行成果彙整如下：

- 軟硬體教具數件
- 長園科技股份有限公司、傑明新能源股份有限公司、七泰電子股份有限公司、聯齊科技股份有限公司、中興電工機械股份有限公司企業實習 15 人次與參訪
- 中央大學互聯微電網場域實踐 20 人
- 蕭百均同學以"互聯微電網之電力共享控制技術"榮獲 2021 年第三屆綠點子國際發明暨設計競賽銅牌獎
- 傑明新能源股份有限公司、聯齊科技股份有限公司提供設備進行人才培育，並協助進行業師實作輔導
- 發展之電力品質訊號處理分析及控制技術刊登於國際期刊
 - F. J. Lin, C. I. Chen, G. D. Xiao, and P. R. Chen, "Voltage Stabilization Control for Microgrid with Asymmetric Membership Function Based Wavelet Petri Fuzzy Neural Network," IEEE Trans. on Smart Grid, Vol. 12, No. 5, Sept. 2021, pp. 3731-3741.
 - C. I. Chen, S. S. Berutu, Y. C. Chen, H. C. Yang, and C. H. Chen, "Regulated Two-Dimensional Deep Convolutional Neural Network-Based Power Quality Classifier for Microgrid," Energies, 15, 2532, 2022, pp. 1-16.
 - F. J. Lin, J. C. Liao, C. I. Chen, P. R. Chen, and Y. M. Zhang, "Voltage Restoration Control for Microgrid With Recurrent Wavelet Petri Fuzzy Neural Network," IEEE Access, Vol. 10, Jan. 2022, pp. 12510-12529.

(2) 教師教學反思

根據本計畫教學策略改進方式，在小組報告與工作日誌之認知層次分析如圖 12 與圖 13 所示。針對每週的工作日誌認知層次與學習成效進行相關分析，結果發現到工

作日誌認知層次中的『記憶』層次與專題成績呈顯著負相關，『理解』層次則沒有與專題成績顯著相關，而『應用』、『分析』、『評鑑』、『創造』層次與專題成績呈正相關，也就是說在小組工作日誌當中的『記憶』層次數量越少，『應用』、『分析』、『評鑑』、『創造』層次數量越多，對於其專題成績就會越高。由此結果可以推論，因為本課程透過 CDIO 教學框架、翻轉教室、相互教學法、業師導入及場域實踐之教學策略，最後成績著重在於實作成果方面，所以每週工作進度報告當中越少出現基本的理論知識內容，對於整體學習成果來看越優秀，也就是說學習者要擺脫基本『記憶』層次的框架進入到越高的層次當中，其學習成效就會越好。

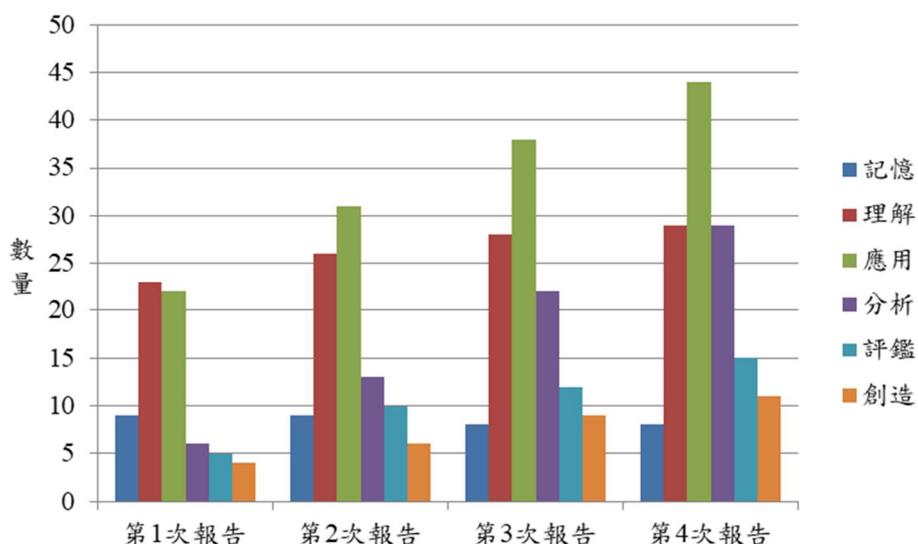


圖 12、小組報告之認知層次數量曲線圖。

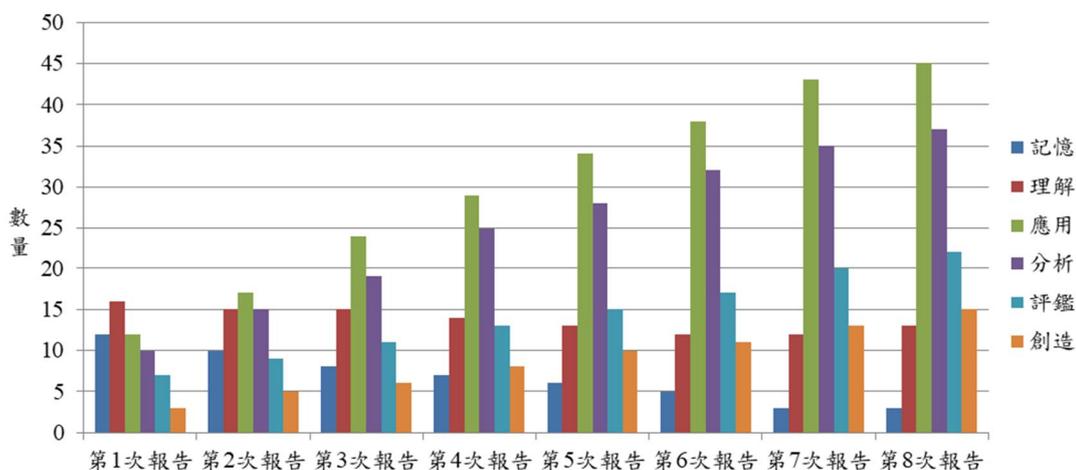


圖 13、工作日誌之認知層次數量曲線圖。

(3) 學生學習回饋

本課程參與學生之實作電力訊號偵測結果如圖 14 所示，且學生亦透過人工智慧技術開發智慧型電力發電預測系統，針對分散式電源之電力品質訊號進行檢測，圖 15 則為學生從實踐場域中，擷取儲能系統電力訊號及透過 LabVIEW 軟體實作分析演算法之方塊圖與結果波形。

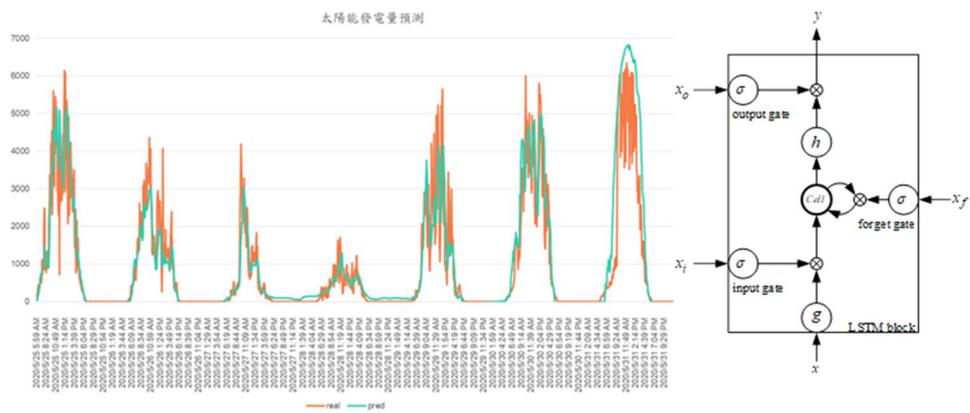


圖 14、電力訊號預測與偵測結果。

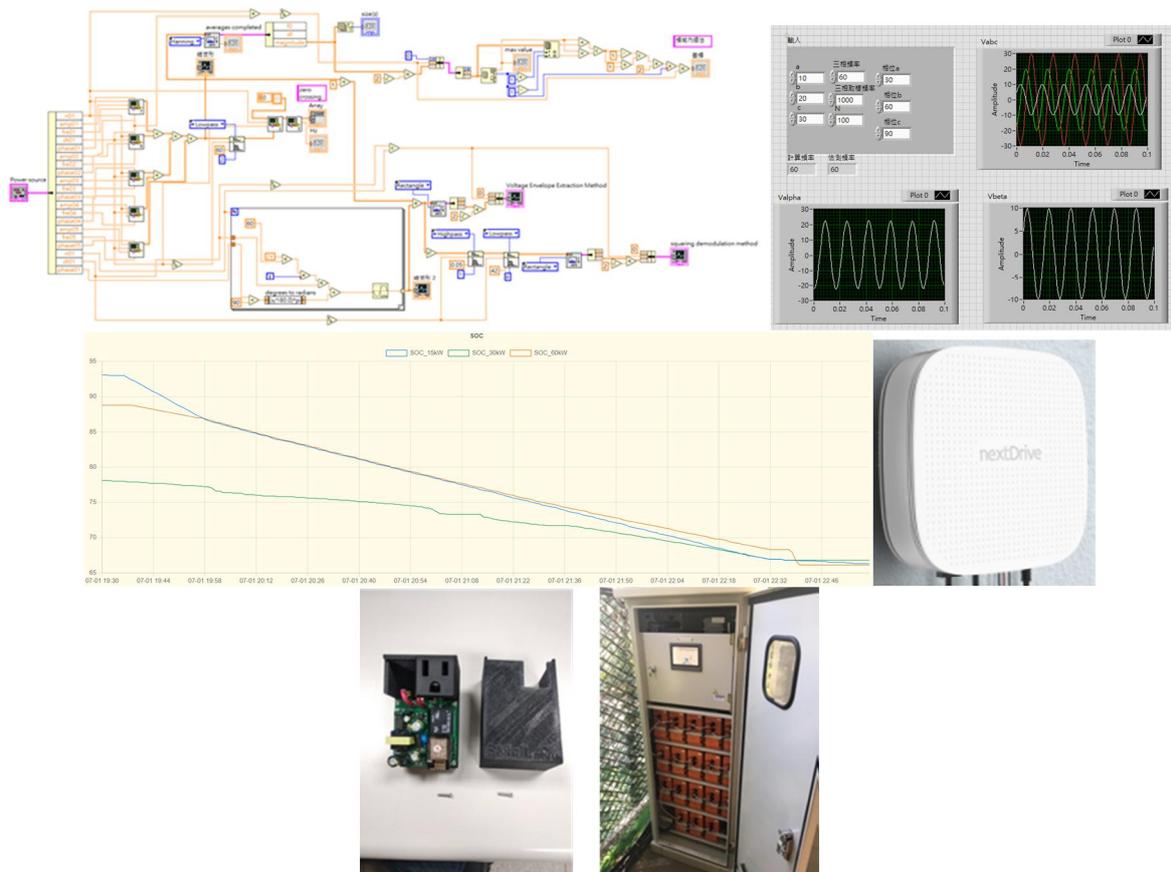


圖 15、擷取儲能系統電力訊號及實作分析演算法之方塊圖與結果波形。

6. 建議與省思 Recommendations and Reflections

根據學習成效分析結果，可初步歸納出在傳統一般翻轉教學策略中，國內學生長期習慣「課堂聽講首次接觸內容→考前才複習」的慣性模式，非常倚賴教師在課堂上為他們整理概念，不習慣主動預習、自己整理概念，也不在意小考結果。學生也很矛盾，他們最喜歡課堂互動，依序才是聽講、看影片和閱讀文本，但若不預先看影片和閱讀文本，課堂內將充滿聽講而沒有互動時間。而本計畫整合 CDIO 教學框架、翻轉教室、相互教學法、業師導入及場域實踐之教學策略，改以報告方式促進學生主動學習，而且老師也容易看出學生是否有認真或理解該知識了沒，學生們大概有一個禮拜時間可以做小組討論和找資料，於下次課堂報告和同學們及老師交流互動，解決了上述問題。並可促進學生系統整合及跨領域技術之能力培養。且透過 CDIO 教學框架可有效地引導學生進行電力品質訊號處理演算法之設計、實踐與應用，業師之實務經驗及場域實踐有助於學生理解實務問題。

二. 參考文獻 References

- [1] R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, and H. W. Beaty, *Electrical Power Systems Quality*, McGraw-HILL International Editions, 2000.
- [2] J. Arrillaga, N. R. Watson, and S. Chen, *Power System Quality Assessment*, John Wiley & Sons Ltd, Jan. 2001.
- [3] A. A. Girgis and F. M. Ham, "A Quantitative Study of Pitfalls in the FFT," *IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems*, vol. AES-16, no. 4, July 1980, pp. 434-439.
- [4] *Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*, IEC Std. 61000-4-7, 2002.
- [5] F. J. Harris, "On the use of windows for harmonic analysis with the discrete Fourier transform," *Proc. of IEEE*, Vol. 66, No. 1, Jan. 1978, pp. 51-83.
- [6] D. Agrez, "Weighted multipoint interpolated DFT to improve amplitude estimation of multifrequency signal," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 51, No. 2, Apr. 2002, pp. 287-292.
- [7] D. Gallo, R. Langella, and A. Testa, "Desynchronized processing technique for harmonic and interharmonic analysis," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 19, No. 3, July 2004, pp. 993-1001.
- [8] G. W. Chang, C. I. Chen, Y. J. Liu, and M. C. Wu, "Measuring power system harmonics and interharmonics by an improved fast Fourier transform-based algorithm," *IET Proc. on Generation, Transmission, and Distribution*, Vol. 2, No. 2, March 2008, pp. 193-201.
- [9] M. Aiello, A. Cataliotti, and S. Nuccio, "A chirp-z transform-based synchronizer for power system measurements," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 54, No. 3, June 2005, pp. 1025-1032.
- [10] M. Aiello, A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, "Synchronization techniques for power quality instruments," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 56, No. 6, Oct. 2007, pp. 1511-1519.
- [11] V. V. Terzija, "Improved recursive Newton-type algorithm for frequency and spectra estimation in power systems," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 52, No. 5, Oct. 2003, pp. 1654-1659.
- [12] A. Cataliotti, V. Cosentino, and S. Nuccio, "A phase-locked loop for the synchronization of power quality instruments in the presence of stationary and transient disturbances," *IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement*, Vol. 56, No. 6, Dec. 2007, pp. 2232-2239.
- [13] D. Gallo, R. Langella, and A. Testa, "On the processing of harmonics and interharmonics: using Hanning window in standard framework," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 19, No. 1, Jan. 2004, pp. 28-34.
- [14] I. Y. H. Gu and M. H. J. Bollen, "Estimating interharmonics by using sliding-window ESPRIT," *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 23, No. 1, Jan. 2008, pp. 13-23.
- [15] S. H. Kia, H. Henao, and G. -A. Capolino, "A high-resolution frequency estimation method for three-phase induction machine fault detection," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 54, No. 4, Aug. 2007, pp. 2305-2314.
- [16] M. H. J. Bollen and I. Y. H. Gu, *Signal Processing of Power Quality Disturbances*, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [17] Peng-Chun Lin, Huei-Tse Hou, Shu-Ming Wang, and Kuo-En Chang, "Analyzing knowledge dimensions and cognitive process of a project-based online discussion instructional activity using Facebook in an adult and continuing education course," *Elsevier Computers & Education*, Vol. 60, No. 1, Jan. 2013, pp. 110-121.
- [18] Mrinal Patwardhan and Sahana Murthy, "Teaching-Learning with Interactive Visualization: How to Choose the Appropriate Level?" *2012 IEEE International Conference on Technology Enhanced Education*, Jan. 2012, pp. 1-5.