

崑山科技大學－產學合作計畫 結案報告

計畫名稱：智慧型多功能變壓器開發計畫

合作廠商：信佳電機有限公司

執行期間：102 年 08 月 01 日至 103 年 04 月 30 日

中華民國 103 年 04 月 20 日

1.研究動機

近年來，隨著各項監測技術之研究及發展，使得其元件及設備被廣泛應用於工業控制及家庭電器用品，作為電能監控使用。然而，亦因非線性負載使用量遽增，業已造成電力品質日漸惡化，電力系統諧波汙染問題引發用電事故頻傳，輕則造成生產線中斷，重則引發工安事故。而目前常用之配電變壓器保護裝置，通常僅具過電流保護並無自我診斷及修護功能，為因應現行電器產品所產生的大量諧波，並改善現有變壓器的缺點，本研究係結合現有變壓器及各種監測技術，藉以調整電力系統的運轉效能並提升現行變壓器的附加功能。本產品除可避免因電流過載或電壓欠相所引起電力中斷，並依照電力系統之實際負載變化來控制其二次側負載，而降低停電之機率並改善配電變壓器保護效果。同時運用溫控特性，以最經濟的方式，來提昇供電品質。

本研究係發展配電變壓器內部自我診斷絕緣及修護功能技術，以提升配電變壓器狀態維護技術為目的，本研究係為探討變壓器加壓激磁湧入電流之暫態響應，以配電變壓器鐵心模型及內部絕緣故障模型為基礎，輔以現場實測數據驗證模型的正確性，分析研討變壓器激磁湧入電流與故障電流之時域與頻域特徵及其差異性，發展變壓器內部故障線上演算法及檢測儀器，作為變壓器內部絕緣異常線上診斷工具，提供維護點檢時機決策之參考。

針對上述研究問題探討，本研究主旨係將自我診斷技術整合至變壓器即時監測系統，以提供變壓器相關維護之電力工程師一套可隨時監控的系統，充分了解變壓器之運轉狀況。同時，藉由開發變壓器運轉狀態監測技術，將變壓器控制電子化並由線上監測裝置，即時分析計算變壓器之電流、電壓及溫度變化情況，並由面板加以顯示數據及是否異常，提供用戶瞭解變壓器運轉狀態，方便使用者進行日常維護，避免影響用電廠商之生產作業進度。

目前變壓器只有單純的轉換電壓功能，同業間經常削價競爭，更有黑心產品出現。近年因能源逐漸匱乏，油、電價格越來越高，政府因此推行節能減碳運動；該公司為改善用電戶電力品質問題，因此積極開發新產品，期能善盡企業責任，對社會略盡綿薄之力。該公司計畫增加變壓器功能，藉以提高變壓器使用安全性及改善供電品質，進而增加利潤率，並可提

升自身競爭力來逐漸淘汰不良廠商。期望開發變壓器產品附加功能及運轉狀態監測技術，藉由發展智慧型監測裝置，即時提供用戶瞭解變壓器運轉狀態，方便使用者進行維護。

將自我診斷技術整合變壓器即時偵測系統，預期可提供相關管理人員進行協調規劃，替換異常之變壓器，進行設備預知維護。將對於變壓器的故障分析作一數位化控制，並結合自我診斷技術，對故障偵測系統規劃實務具有更深入之瞭解，應有其正面助益。本研究之相關參與人員將涵括變壓器及自我診斷之跨領域研究，不僅可獲得變壓器故障分析能力，另外將鼓勵其研修相關之程式，訓練無線傳輸技術，探討並克服解決問題，對於變壓器故障診斷技術之開發，應有其高度助益。於講求成本降低之今日，研究成果期許致力偵測系統及監控系統之整合，具有高度應用潛力，未來可延伸利用自我診斷技術解決其他相關之電力系統或品質問題，對於電力科技應用之貢獻及電力產業研發競爭力之提昇，將臻具體顯著。

2.系統架構分析

科技日新月異，工業用電子設備之使用與日俱增，電力公司和大用戶正面臨日趨嚴重之諧波污染問題，電力系統中若有諧波成分時，將導致變壓器過熱、馬達發生異音、電容器過熱、電子控制失效及保護電驛誤動作等問題發生。然而諧波亦會導致變壓器銅損與渦流損之增加，故諧波污染已逐漸成為變壓器內部熱故障之主因。因此，為有效限制諧波污染問題以改善電力品質，現今許多國際研究機構皆制定諧波管制標準，如IEEE 519-1992、IEC 1000-3-2及IEC 1000-3-4等；而台灣電力公司亦制定電力系統諧波管制暫行標準。

本研究所提出電子式之變壓器自我診斷監測裝置系統架構如圖2-1所示，即時分析計算變壓器之電壓及電流變化，並由面板顯示數據及運轉狀態。依據出廠前之開路及短路試驗結果，設定變壓器正常之運轉損失範圍，並據與判斷未來是否為正常運轉狀態或可能超載及異常原因。將自我診斷技術整合至變壓器即時監測系統研究，以提供變壓器相關維護之電力工程師一套可隨時監控的系統，監控各變壓器之運轉狀況。建立運轉中各電壓等級、各型變壓器激磁湧入電流背景值，提出辨識內部故障電流演算法之應用範圍，線上診斷裝置規格，及現場變比器所需性能之建議事項。針對開發產品之實作雛型進行量測並與模擬結果分析比較修正參數設計，實現商業化產品，來提升廠商核心技術能量，強化產業競爭力。

該公司於2010年已完成電力濾波器之參數設計模擬及濾波效果分析：結合現有變壓器及電力濾波器為抗諧波變壓器，藉以調整電力系統的運轉效能並提升現行變壓器的附加功能。同時亦完成 Δ -Y相位轉換變壓器配置設計雛型：提升現有變壓器功能，可減少電力諧波對配電線路、馬達、電腦、儀表等電力設備的損害，延長電力設備的使用年限，避免影響用電廠商之生產作業進度。

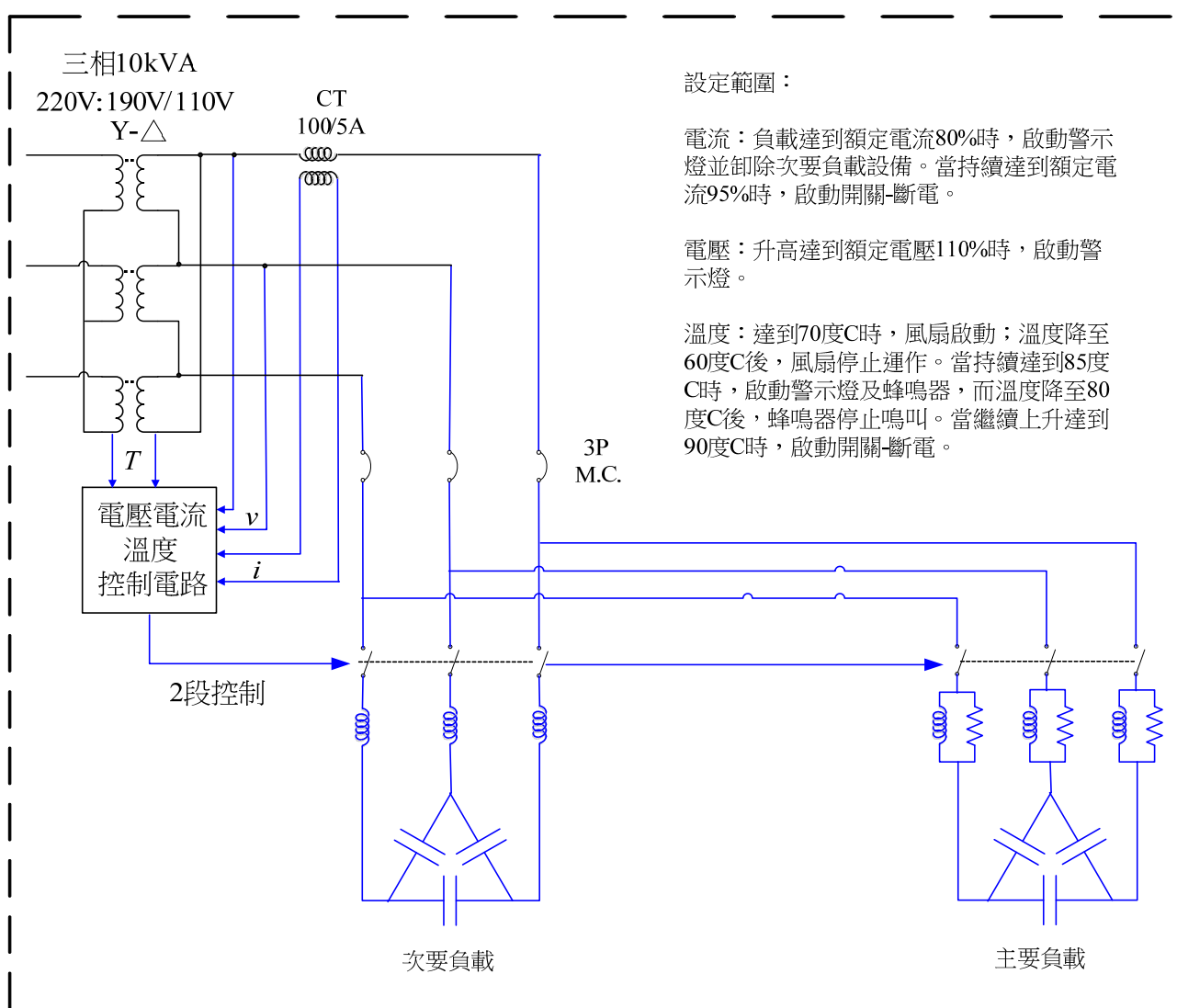


圖 2-1 智慧型變壓器之系統架構圖

2012年則完成電子式之變壓器線上損失監測裝置系統架構電路設計：利用變壓器運轉狀態監測技術，將變壓器銘牌予以電子化，並由線上損失監測裝置，即時分析計算變壓器之鐵損及銅損變化情況，並由LCD加以顯示數據及是否異常，提供用戶瞭解變壓器運轉狀態，方便使用者進行日常維護保養。同時，亦以無線傳輸技術整合至變壓器即時監測系統進行研究，

以提供變壓器相關維護之電力工程師一套可遠端監控的系統，隨時的監控各變壓器之運轉狀況。

3. 本文研究方法及步驟

本研究首先建立配電變壓器磁路之激磁湧入電流，及內部初始故障等各種模型。初始故障是指變壓器上存有局部弱點，在弱點上的介質強度是以連續、緩慢的速度趨於劣化，且此故障電流小於保護裝置之檢測靈敏度者。

模擬變壓器加壓與發生內部故障之狀態，須包含下列條件：依變壓器加壓及負載條件，應用鐵心磁路模型，繪製B-H曲線及V-I曲線。分析鐵心飽和程度對激磁電流的影響，及其運轉點在B-H曲線及V-I曲線之分布狀態。分析變壓器加壓投入角度與激磁湧入電流的對應關係。分析變壓器繞組匝間、層間短路，及相間、相對地短路等初始性內部故障情況之故障電流特徵。以對稱分量分析變壓器內部匝間、層間、相間短路故障及接地故障之阻抗及電流，並以軟體模擬內部故障之特性。

於合作廠商客戶中選定不同容量之配電變壓器，進行變壓器加壓現場實測，分析斷路器投入角度、激磁湧入電流波形、幅值、頻譜、周期及衰減時間常數等參數之對應關係，據以驗證鐵心磁路模型之正確性。依據驗證結果，修正模型參數。依據變壓器磁路及內部初始故障模型，開發變壓器激磁湧入電流暫態響應之內部故障演算法。

依據鐵心磁路模型及變壓器內部故障演算法研究成果，製作擷取激磁湧入電流波形參數之線上數位型電子裝置，此裝置須即時完成變壓器加壓暫態響應之線上演算，並顯示變壓器絕緣診斷結果。建立運轉中各電壓等級、各廠型變壓器激磁湧入電流背景值，提出辨識內部故障電流演算法之應用範圍，線上診斷裝置規格，及現場變比器所需性能之建議事項。

因此，首先將蒐集分析國內外對於目前變壓器故障診測之研究現況，俾供本研究後續研究之參考依據，接著選定幾項變壓器診測方式為量測依據，然目前變壓器診測之相關文獻大部份皆以量測變壓器之開短路電壓電流值作為診斷之依據，因此本研究亦先以量測變壓器之電壓電流為基礎，並輔以開發板運算及達成即時監控之目的。本計劃所規劃變壓器診測之基本架構，由於變壓器之電壓電流均遠超過開發板及各項無線傳輸的額定範圍，因此需先透過比壓器及比流器予以降壓及降流等方式，方可將所量測之訊號傳回至各項運算及傳輸設備

上。接著利用開發板蒐集並運算所量測之各項數值，最後輔以無線傳輸技術與遠端監控電腦連線，以提供相關管理人員施行變壓器運轉決策之需，進而減少變壓器故障時所影響的範圍及時間。

本研究於變壓器故障診測嵌入無線概念化之監控機制，並輔以適當的訊號處理技術，完成變壓器故障之診斷依據，同時建立電腦數據資料庫以供未來研究變壓器診斷之各項資訊。目前已可利用開發板上的溼度、溫度及光感測器擷取外在的環境資訊，並透過所建立之無線網路傳遞給協調器，協調器在蒐集資訊後將各項資訊展示於螢幕。未來擬以此網路架構為雛形，建立一套可應用於變壓器故障診測之無線網路通訊，以求能及時且準確的診測變壓器故障，並及時將變壓器切離電力系統，以縮短故障影響時間，進而提升電力系統可靠度。

4. 結論

變壓器的嚴重事故不但會導致自身的損壞，還會中斷電力供應，給社會造成巨大的經濟損失。隨著政府電業自由化的政策開放與解制，電力市場的競爭性將大幅提高，在自由化的導向下，用戶對於供電與電力品質的提升必日漸重視。本研究提出的智慧型變壓器，因為比一般變壓器多了可以自我診斷絕緣及修護之附加功能，可以有效的監控配電系統過電壓或是過電流，而使得電力設備壽命延長，為驗證本研究提出的智慧型變壓器的可行性是否達到預期，經由硬體實測來證實本研究所提出的智慧型變壓器在應用時，確可達到預期之效果。

本研究係發展配電變壓器內部絕緣診斷技術，以提升配電變壓器狀態維護技術為目的，本研究係為探討變壓器加壓激磁湧入電流之暫態響應，以配電變壓器鐵心模型及內部絕緣故障模型為基礎，輔以現場實測數據驗證模型的正確性，分析研討變壓器激磁湧入電流與故障電流之時域與頻域特徵及其差異性，發展變壓器內部故障線上演算法及檢測儀器，作為變壓器內部絕緣異常線上診斷工具，提供維護點檢時機決策之參考。

本研究預期可推廣至產業或市場之成果為：

1. 將自我診斷技術整合變壓器即時偵測系統，預期可提供相關管理人員進行協調規劃，替換異常之變壓器，進行設備預知維護。將對於變壓器的故障分析作一數位化控制，並結合無線傳輸技術，對參與計畫人員對故障偵測系統規劃實務具有更深入之瞭解，

應有其正面助益。

2. 相關參與人員將涵括變壓器及自我診斷之跨領域研究，不僅可獲得變壓器故障分析能力，另外將鼓勵其研修相關之程式，訓練無線傳輸技術，探討並克服解決問題，對於變壓器故障診斷技術之開發，應有其高度助益。
3. 研究成果將可促進電力專長研究人員藉由自我診斷之應用，擴增自我研究領域之廣度及深度，且經由跨領域之學能充實，將更有助於培育電力研究之創意研發，對於研究突破及前瞻性科技人才之栽培養成，應有一定之貢獻成果。
4. 於講求成本降低之今日，研究成果期許致力偵測系統及監控系統之整合，具有高度應用潛力，未來可延伸利用自我診斷技術解決其他相關之電力系統或品質問題，對於電力科技應用之貢獻及電力產業研發競爭力之提昇，將臻具體顯著。
5. 協助廠商研提產品研發之政府補助計畫，促進產業升級轉型，來提升中小企業核心技術能量，強化產業競爭力。由開發產品之機會，建立該公司明確的研發制度及相關編制，以提升生產技術；進而帶動同業投入改良現有變壓器功能，亦讓消費者有更新、更好的變壓器使用，以達到三贏的目標。