

SCR 並聯型負載轉供系統之研製

Implementation of SCR parallel Load Transfer System

吳坤德*

周宏亮*

吳晉昌⁺

蕭錦成*

林文正*

Kuen-Der Wu

Huring-Liahng Jou

Jinn-Chang Wu

Yu-Hsiang Chang

Wen-Jeng Lin

*國立高雄應用科技大學 電機工程系

⁺國立海洋科技大學 微電子工程系

台灣 高雄市

台灣 高雄市

Department of Electrical Engineering

Department of Microelectronics Engineering

National Kaohsiung University of Applied Sciences

National Kaohsiung Marine University

Kaohsiung, TAIWAN, R.O.C.

Kaohsiung, TAIWAN, R.O.C.

E-mail : shrimptrain@gmail.com

摘要

輸配線路遭受外物碰觸或其他意外，使得鄰近線路發生電壓驟降是一無法避免的事，電壓驟降事故發生時，常會使得感性負載因欠電壓而跳機，造成經濟及時間上的損失。以雙迴路供電為基礎之負載轉供系統可保護感性負載，避免電壓驟降事故發生時導致設備跳脫造成損失。

關鍵字：負載轉供、電壓驟降、轉供開關、窗形偵測。

Abstract

Power line contact to other objects or some accidents cause voltage sag in the neighboring power line can not avoid, voltage sag often interrupt the sensitive facility operated, it result in significant loosened purse-strings and wasted time. The load transfer system based on dual power feeder can protect sensitive load against voltage sag to avoid losses.

Keywords: load transfer system, voltage sag, transfer switch, window detection.

I. 簡介

伴隨著電力電子技術在各種電力設備上廣泛的使用，也使得用電不再是單一電壓單一頻率，用電環境也趨於複雜，且隨著科技進步，工業電氣設備也越來越精密，對電力品質要求也越來越高，相關電力品質議題也越來越受重視。

其中，電壓驟降已成為近年來十分重要的電力品質問題，電壓驟降發生時常會使得感性負載跳機，使負載工作中斷，造成財務及時間上的損失。

以雙迴路供電為基礎之負載轉供系統可保護感性負載，提供感性負載渡過電壓驟變之能力。負載轉供系統架構如圖 1-1，使用雙電源供應負載電力，平時以主饋線電源供應，若主饋線遭遇電壓驟變，則負載轉供系統會自動將主饋線切離，改以輔助饋線供應電力，使負載維持正常供電。圖 1-2 為負載轉供系統之控制方塊圖，包含電壓驟變偵測及饋線轉換機制。

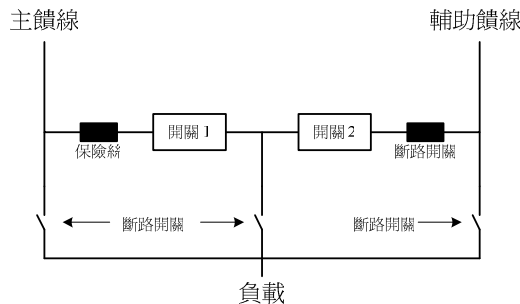


圖 1-1 負載轉供系統架構圖[1]

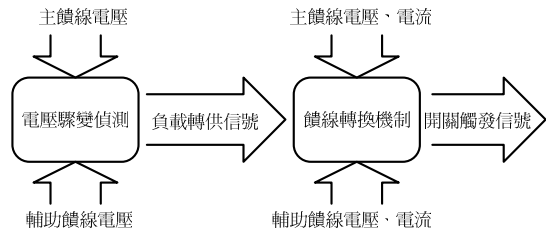


圖 1-2 負載轉供系統控制方塊圖[2]

II. 電壓驟變偵測技術

電壓驟變偵測技術是負載轉供系統中技術之關鍵，主要用於偵測電源是否發生電壓驟變，作為控制器判斷是否進行負載轉供之主要依據，且電壓驟變偵測技術對於整體負載轉供速度有極大影響，以下將介紹本文所使用之「窗形偵測法」及相關參數設計介紹。

窗形偵測法示意圖如圖 2-1，係設定一上臨限訊號及一下臨限訊號為被偵測訊號可變動範圍，若被偵測訊號超出此範圍且持續一段時間，即可判定為電壓異常。目前常用之窗形以參考訊號上下位移一 DC 量較多 [3][4]，以此方法做窗於偵測弦波信號時有如下優點：當在訊號較小時(譬如在相位 0°)窗形範圍相對於此時的訊號比例大，可避免雜訊干擾產生誤動作，在電壓大時(譬如在相位 90°)窗形範圍相對於此時的電壓比例小，可迅速偵測訊號是否異常。

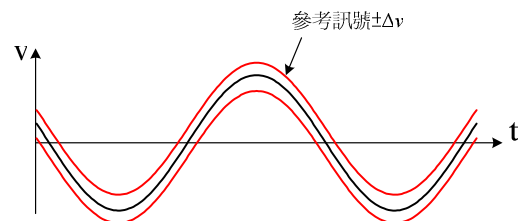


圖 2-1 窗形偵測法窗形示意圖

使用窗形偵測時，藉由輸入測試資料建立「驟變電壓對偵測時間曲線」可配合負載對電壓擾動的耐受力來做一個比較完整的對策。

除此之外，窗形的建立還需考慮雜訊或者暫態電壓突波 [5] 影響，使系統產生誤動作，因此我們給偵測器一個時間裕度，若是破窗持續時間未超過此時間裕度，則將之視為雜訊忽略之，若超過則視為電源電壓異常，而此時間以下我們稱之為「雜訊排除時間」，不同「雜訊排除時間」所繪出之「驟變電壓對偵測時間曲線」也不一樣，在以下例子將有不同雜訊排除時間所繪出之「驟變電壓對偵測時間曲線」之比較。

在這邊我們輸入的測試資料是由各種不同驟變電壓與不同驟變開始相位組合而成的事件，藉由這些事件

測試偵測速度繪製「驟變電壓對偵測時間曲線」，事件驟變電壓從 0(V)(0 p.u.)至 156(V)(1.3 p.u)，每間隔 1(V)變化一次，驟變起始相位為 0°至 165°，間隔 15°變化一次，從 a1 至 a1884 共 1884 個事件，如表 2-1。

表 2-1 事件測試資料表

		電壓驟變起始相位			
		0°	15°	...	165°
驟	0	a1	a2	...	a12
變	1	a13	a14	...	a24
電
壓	155
(V)	156	a1873	a1874	...	a1884

本文所使用之窗形為一弦波電壓 120(V)上下位移 26(V)，雜訊排除時間為 1(ms)之偵測窗，圖 2-2 及圖 2-3 為偵測窗在各種電壓驟變起始相位、電壓與偵測時間對應圖，橫軸為驟變電壓標么值(p.u.)，縱軸為偵測時間(ms)，標注意義依序為「雜訊排除時間-參考訊號上下位移量-測試參考資料之驟變起始角度」。

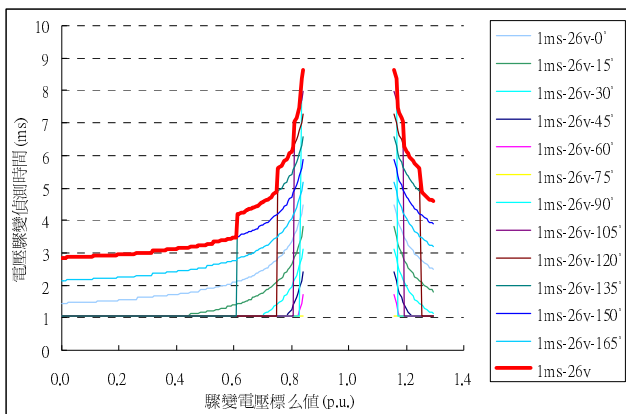


圖 2-2 上下位移 26(V)、雜訊排除時間 1(ms)偵測窗，在各種不同電壓驟變起始相位下驟變電壓對偵測時間曲線

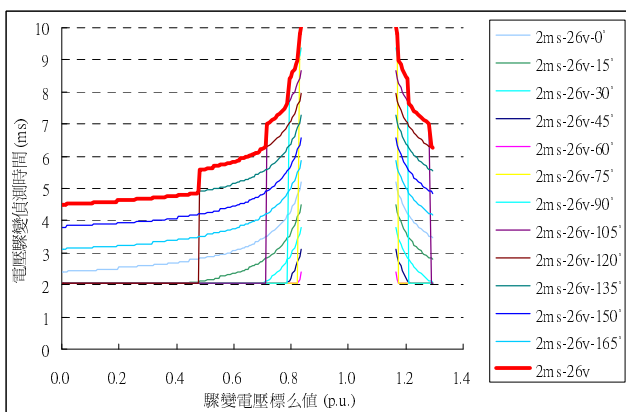


圖 2-3 上下位移 26(V)、雜訊排除時間 2(ms)偵測窗，在各種不同電壓驟變起始相位下驟變電壓對偵測時間曲線

「驟變電壓對偵測時間曲線」如紅色線所示，此曲線是在各種不同驟降起始相位下，取最大之偵測時間所繪成，此外觀察圖 2-2 及圖 2-3 可發現某些角度的偵測曲線會有一些「轉折點」，此現象可由圖 2-4 解釋。

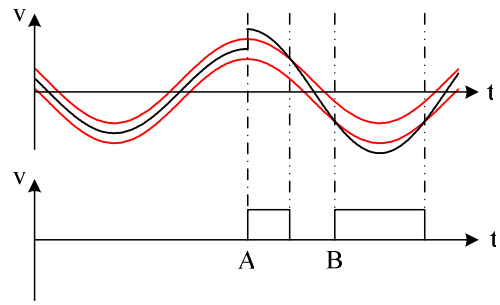


圖 2-4 第一次破窗未滿「雜訊排除時間」找第二次破窗示意圖

當被偵測訊號在 A 點開始超出偵測窗並持續一段時間，但此段時間未滿足系統設定之雜訊排除時間，因此被認定為「未破窗」，因此須等待下一次超出偵測窗(B 點)且持續時間大於雜訊排除時間才認定為「破窗」亦即電壓異常，所以在轉折點處才會因為增加了等待時間使得偵測時間突然增加許多。此外當「雜訊排除時間」設的越大，「轉折點」也越容易出現在離標準電壓越遠的地方，使得偵測時間平均來說要花費更長，如圖 2-2 及圖 2-3 之比較。

III. SCR 並聯型負載轉供系統

SCR 並聯型負載轉供系統架構如圖 3-1，當系統偵測到主饋線電源電壓異常，欲進行負載轉供，將主饋線電源切離負載，改以輔助饋線供應負載電源時，共可分為四種情形[6]如圖 3-2：

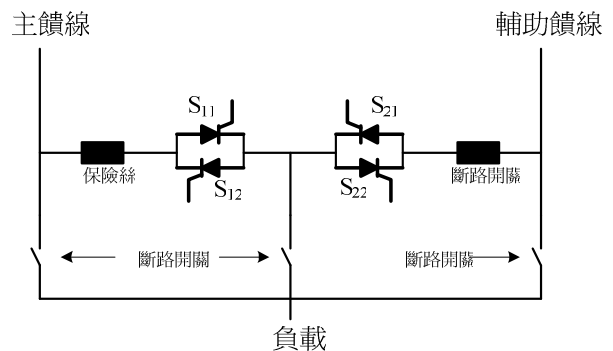


圖 3-1 SCR 並聯型負載轉供系統電路架構

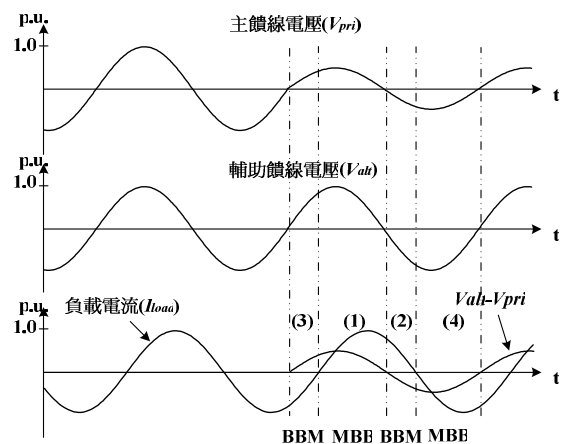


圖 3-2 饋線轉換時的四個工作區域
(1) 電流方向為電源側流至負載側，輔助饋線側電壓大於主饋線側。

- (2) 電流方向為電源側流至負載側，輔助饋線側電壓小於主饋線側。
- (3) 電流方向為負載側流至電源側，輔助饋線側電壓大於主饋線側。
- (4) 電流方向為負載側流至電源側，輔助饋線側電壓小於主饋線側。

其中，共可分為二種工作區，(1)、(4)為先投後切區(Make Before Break, MBB)，(2)、(3)為先切後投區(Break Before Make, BBM)，在這二個工作區中，我們分別取(1)及(2)為這二個工作區來做說明，當在(1)之情形時，電流流經 S_{11} 之間流體，若此時將 S_{21} 觸發，則逆偏電壓將會強迫 S_{11} 截止，因此此工作區稱為先投後切區(Make Before Break, MBB)，若在(2)之情形時，電流流經 S_{11} ， S_{22} 處於順偏，若此時誤將 S_{22} 觸發，則會造成主饋線及輔助饋線電源並聯，所以我們應先等待 S_{11} 自然截止，再將 S_{22} 觸發完成負載轉供工作，因此此工作區稱為先切後投區(Break Before Make, BBM)。

IV. SCR 並聯型負載轉供系統主電路及控制方法

圖 4-1 為 SCR 並聯型負載轉供系統架構圖，共有二個獨立電源，分別為「主饋線」電源及「輔助饋線」電源，平時藉由控制器觸發「主饋線」側開關(Switch 1)供給電源給負載，當「主饋線」發生電壓驟變時，則由控制器內饋線轉換機制將「主饋線」側開關信號移除，等待進入適當工作區再觸發「輔助饋線」側開關(Switch 2)改以「輔助饋線」供給電源給負載。

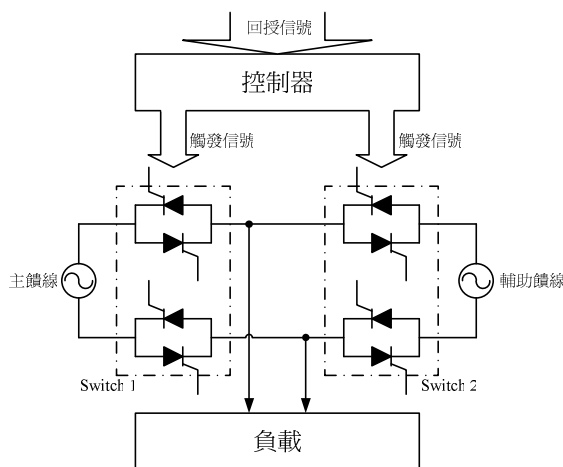


圖 4-1 SCR 並聯型負載轉供系統架構圖

在電源尚未投入負載前，先進入初始運轉模式判斷電源電壓是否正常如圖 4-2，在初始運轉模式中，會先經由鎖相迴路判斷電壓頻率及極性，再由窗形偵測法及有效值判斷電壓是否正常，如「主饋線」電源電壓(V_{pri})或「輔助饋線」電源電壓(V_{alt})其一正常或都正常，就會透過控制器選擇開極觸發信號，接著再進入正常運轉模式。

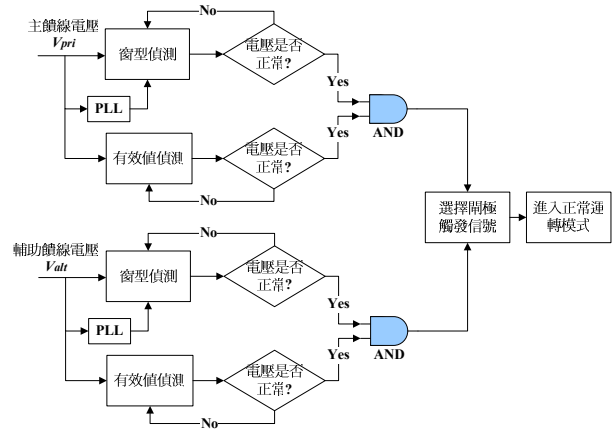


圖 4-2 控制器初始運轉模式方塊圖

正常運轉模式如圖 4-3 所示，控制器會持續偵測「主饋線」電源電壓(V_{pri})、「輔助饋線」電源電壓(V_{alt})，每次偵測的結果都會送到狀態選擇器，在根據目前狀態判斷目前應如何動作，狀態選擇器內狀態共有 12 種情形，如表 4-1。

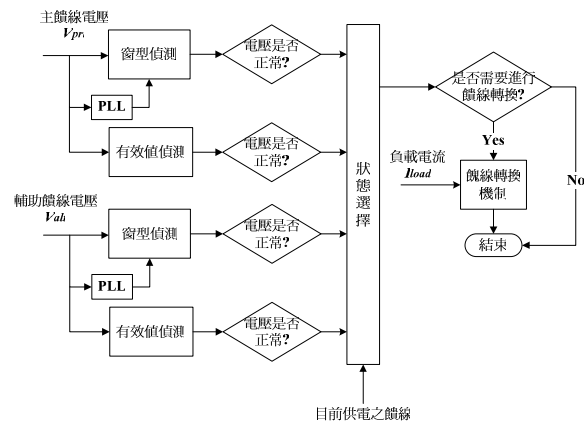


圖 4-3 控制器正常運轉模式方塊圖

表 4-1 狀態選擇器狀態表

		電源狀態			
		$V_{pri} : X$ $V_{alt} : X$	$V_{pri} : O$ $V_{alt} : X$	$V_{pri} : X$ $V_{alt} : O$	$V_{pri} : O$ $V_{alt} : O$
目前供電饋線	無	無動作	觸發主饋線	觸發輔助饋線	觸發主饋線
	主饋線	移除主饋線開極信號	無動作	主→輔助	無動作
	輔助饋線	移除輔助饋線開極信號	輔助→主	無動作	等待一段時間轉回主饋線

圖 4-4 是供給電源為主饋線時此時主饋線發生電壓驟變，而輔助饋線保持正常時之動作流程圖，當控制器判斷主饋線發生電壓驟變，此時若輔助饋線正常，則會進入饋線轉換機制，在饋線轉換機制中會先移除主饋線之開極觸發信號，在判定目前工作區為 BBM 區(Break Before Make)或者是 MBB 區(Make Before Break)，當在

MBB 區時，只需直接觸發輔助饋線開極信號即可完成轉供，但若在 BBM 區時，則需等待直到進入 MBB 區才可將輔助電源開極信號觸發。

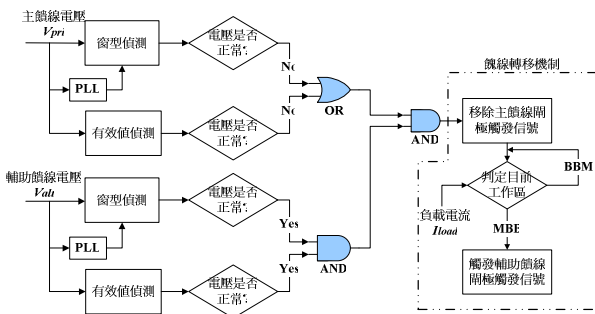


圖 4-4 供給電源為主饋線時此時主饋線發生電壓驟變，而輔助饋線保持正常時之動作流程圖

V. 實測結果與分析

圖 5-1 為測試平台示意圖，主饋線以一 AC 電源供應器作為電源電壓驟升驟降源，可透過視窗軟體介面編輯事故波形，可控制事故起始相位、大小、及持續時間，輔助饋線則由 AC 電源供應器經一隔離變壓器供應電源，主饋線及輔助饋線相位差為 0° 。

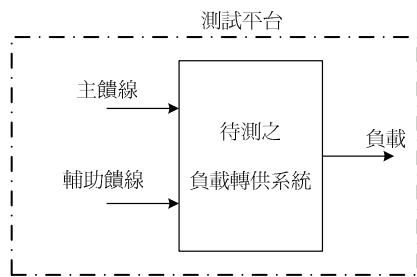


圖 5-1 負載轉供系統測試平台

實測方法如下，電壓變動事故開始相位從 0° 、 45° 、 90° 直到 135° 每 45° 測定一次，量測事故發生至負載轉供系統發出轉供信號及實際完成負載轉供所需時間，變動電壓大小則標準電壓 40% 開始直到 130%，每 10% 測定一次，但在接近需轉供與不需轉供邊界時，會以較小幅度測定。

◆系統參數設定：

- 電源側：120(V)，60(Hz)
- 變壓器：1k(VA)，110(V)，60(Hz)
- SCR：SANREX PK90HB120
- 負載型式：電感性負載

◆控制參數設定：

- 取樣頻率：15k(Hz)
- 窗形偵測參數：上下位移 26(V)、雜訊排除時間 1(ms)

圖 5-4 至圖 5-7 為 SCR 並聯型負載轉供系統在各種不同電壓驟變起始角度及不同驟變電壓下實測結果，觀察我們設計的「驟變電壓對偵測時間曲線」與實測之結果可以驗證的確偵測時間皆會控制在我們設計的時間以內，因此可配合我們設計的偵測曲線與負載對電壓擾動的耐受力做一個比較完善的對策。

除此之外 SCR 並聯型負載轉供系統由於有前述 BBM 區及 MBB 區之分別，只有在 MBB 區時才可做負載轉供，若是需轉供時卻在 BBM 區則需等待直到進入 MBB 區才可做負載轉供，如圖 5-4 及圖 5-5 分別為工作在 MBB 區及 BBM 區之情形，CH1 為負載電壓、CH2 為輔助饋線電流、CH3 為主饋線電流、CH4 為偵測到電源電壓異常時發出之信號

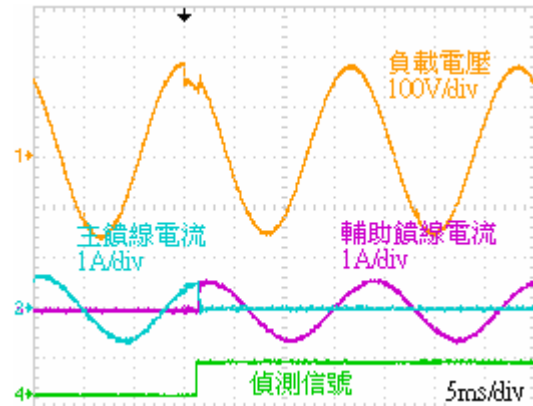


圖 5-2 SCR 並聯型負載轉供系統工作在 MBB 區之情形

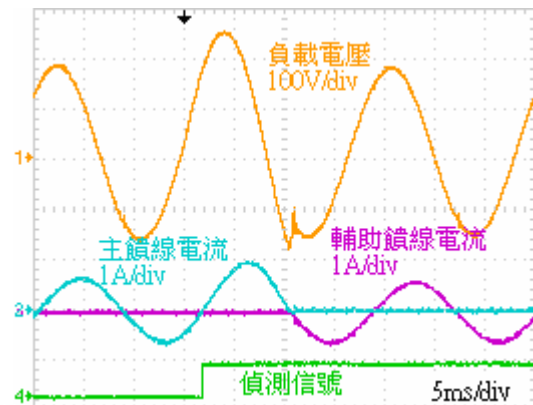


圖 5-3 SCR 並聯型負載轉供系統工作在 BBM 區之情形

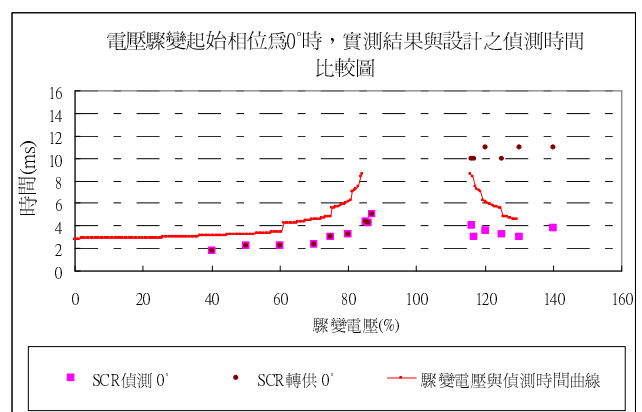


圖 5-4 電壓驟變起始相位為 0° 時 SCR 並聯型負載轉供系統實測與設計之驟變電壓對偵測時間曲線比較圖

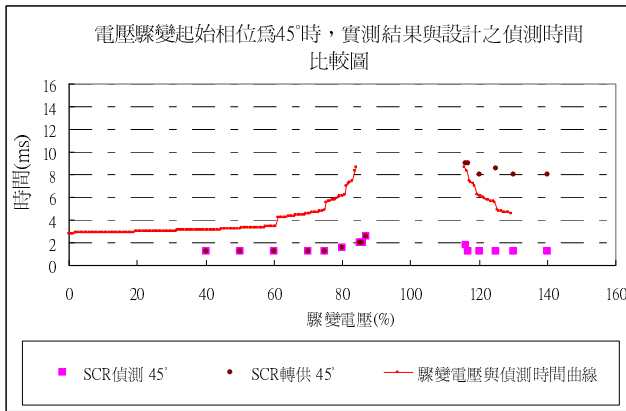


圖 5-5 電壓驟變起始相位為 45° 時 SCR 並聯型負載轉供系統實測與設計之驟變電壓對偵測時間曲線比較圖

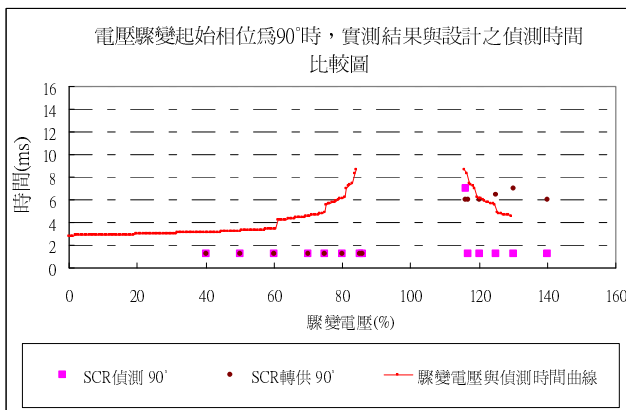


圖 5-6 電壓驟變起始相位為 90° 時 SCR 並聯型負載轉供系統實測與設計之驟變電壓對偵測時間曲線比較圖

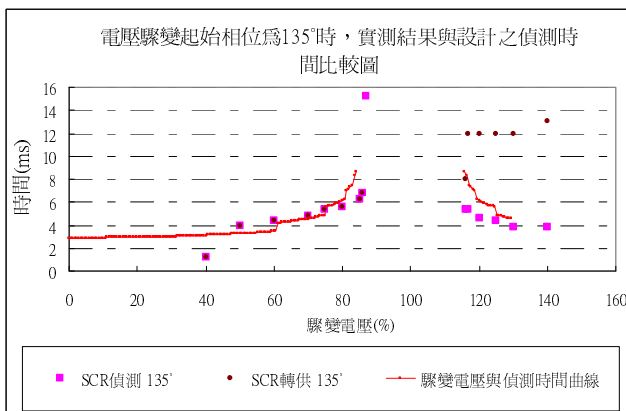


圖 5-7 電壓驟變起始相位為 135° 時 SCR 並聯型負載轉供系統實測與設計之驟變電壓對偵測時間曲線比較圖

VI. 結論

現今用電環境複雜，設備越趨精密，對用電品質要求也越高，電壓驟降是無法避免的電力品質問題，目前使用補償系統改善電壓驟降之設備體積龐大、成本高昂且補償時間有限。以雙迴路為基礎之負載轉供系統則可改善這些問題，配合本文提出一窗形偵測法設計及建立偵測曲線方法，利用此方法配合負載之電壓忍耐力，對於各種敏感性負載，皆可做完整的對策，協助負載渡過電壓驟變，減少電壓驟變對負載之影響。

應用在雙迴路供電之負載轉供系統，可降低電壓驟變對敏感性負載設備之威脅，SCR 並聯型負載轉供系統

之可行性已經由實驗證明，目前已完成單相系統之研製，後續研究將朝向三相系統研究目標邁進。

參考文獻

- [1] A. Sannino, "Power quality improvement in an industrial plant with motor load by installing a static transfer switch," Industry Applications Conference, Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, Vol.2, pp.782-788, 2001.
- [2] H. Mokhtari, S. B. Dewan, M. R. Iravani, "Performance Evaluation of Thyristor Based Static Transfer Switch," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.15, No. 3, 2000.
- [3] J. Hyun-Chul, H. Dong-Suk, "IHTS development for Uninterruptible Power Supply at UPS fault," 7th International Conference on Power Electronics, ICPE '07, pp.951-955, 2007.
- [4] M. Arias, M.M. Hernando, M. Rodríguez, D.G. Lamar, J. Sebastián, A. Rodríguez, "Transfer Time Suppressor (TTS) for Line- Interactive Uninterruptible Power Supplies," IEEE Power Electronics Specialists Conference, PESC 2008, pp.3689-3694, 2008.
- [5] California Energy Commission, "Power Quality Solutions for Industrial Customers," 2000.
- [6] H. Mokhtari, M.R. Iravani, "Effect of Source Phase Difference on Static Transfer Switch Performance," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 22, No.2, 2007.