

交流系統分析於捷運供電系統之應用與實例

章台光¹ 黃森榮² 徐守青³

摘 要

本文目的主要在說明交流系統分析在捷運供電系統設計上之應用，同時也介紹捷運供電模式設計理念以及臺北市政府捷運工程局所使用之交流系統分析軟體 PTW 的功能，其應用於捷運交流供電系統之電力潮流分析、短路電流分析、緊急發電機分析等，對本局於捷運供電系統規劃設計以及審查驗證廠商之交流系統分析文件，具有相當大的效益。

關鍵字：交流系統分析、電力潮流分析、緊急發電機分析

Applications and Examples of AC System Analysis for Rapid Transit Systems

Tai-Kuang Chang Sen-Rong Huang Shou-Ching Hsu

Abstract

This paper introduces the application of AC system analysis used in the design of power supply systems for rapid transit networks. This paper also introduces the philosophy of power dispatch methods for Taipei's MRT and the function of PTW software used for AC system analysis by DORTS. PTW can analyze power flow, short-circuit current and emergency generator characteristics. PTW provides substantial benefits in planning and designing power supply systems and reviewing AC system analysis documents submitted by contractors.

Key Words : AC system study, power flow study, emergency generator study

1. 臺北市政府捷運工程局副總工程師 tkchang@trts.dorts.gov.tw

2. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處技正兼課長 10328@trts.dorts.gov.tw

3. 臺北市政府捷運工程局機電系統設計處幫工程師 11297@trts.dorts.gov.tw

一、捷運供電系統交流分析

(一) 捷運供電系統交流分析之目的與項目

臺北捷運供電系統設計，於招標前之基本規劃設計階段以及供電廠商得標後進行系統單線圖設計時，均須進行各項詳細之系統分析，以驗證確認系統架構、變電站位置、供電模式、各供電設備之型式與容量等均能符合系統設計要求，並作為後續細部設計之依據。交流分析所模擬分析的系統範圍，包含從各主變電站 BSS (Bulk Supply Substation) 的 AC 161kV 電源側，經系統 AC22kV 側，至車站配電室 SSS (Station Substation) 的 AC 380V 側及牽引配電室 TSS (Traction Substation) 的 AC 589V 側，均可在交流分析的分析範圍。

捷運供電系統交流分析依系統設計之實際需要，其分析項目應包含「電力潮流分析」與「短路電流分析」。各分析項目之主要目的如下：

1. 電力潮流分析目的：

- (1) 模擬供電系統正常 (Normal) 及非正常 (Abnormal) 之運轉狀態。
- (2) 計算供電系統內各匯流排之電壓大小、相角與電壓降。
- (3) 計算系統內各變壓器及電纜饋線之負載電流與電力潮流，決定各供電設備之額定容量。
- (4) 驗證確認供電系統於正常及非正常運轉狀態時，供電模式及系統架構可提供高可靠性之電力，能安全無虞的滿足捷運營運之最大電力負載需求。

2. 短路電流分析目的：

- (1) 模擬供電系統短路事故發生狀態。
- (2) 計算短路事故時供電系統內之短路電流。
- (3) 據以決定各供電設備之耐衝擊電流容量及各保護開關之短路電流啓斷容量。
- (4) 作為供電系統保護協調設計之依據，確保系統安全無虞。

上述所提之供電系統正常及非正常運轉狀態的定義，其中正常運轉狀態係指供電系統內各 BSS 均正常供電，非正常運轉狀態則指某一 BSS 因故停止供電之狀況，另外當二座以上 BSS 因故停止供電，而須啓動緊急發電機之供電狀況，亦屬交流分析應考量之非正常運轉狀態。以南港板橋土城線全線設有義捷、新復捷、土捷三座 BSS 為例，交流分析對南港板橋土城線供電系統須分析下述五種系統狀況：

1. 義捷、新復捷、土捷三座 BSS 均正常運轉，供應南港板橋土城線全線用電。
2. 義捷 BSS 因故無法正常供電，由新復捷、土捷二座 BSS 供應南港板橋土城線全線用電。
3. 新復捷 BSS 因故無法正常供電，由義捷、土捷二座 BSS 供應南港板橋土城線全線用電。
4. 土捷 BSS 因故無法正常供電，由義捷、新復捷二座 BSS 供應南港板橋土城線全線用電。
5. 義捷、新復捷、土捷三座 BSS 均因故無法正常供電，而啓動緊急發電機供電。
6. 上述五種系統狀況之交流分析均應包含「電力潮流分析」及「短路電流分析」。

(二) 捷運供電系統交流分析設計準則要求

交流分析軟體是臺北捷運供電系統規劃設計的重要工具，其分析結果除應滿足本文第三章所述的供電模式設計原則外，亦應符合下列之設計準則要求：

1. 在各BSS皆正常供電狀態下，22kV匯流排的電壓降不得超過5%；當有任一BSS因故無法正常供電而由其它BSS轉供時，22kV匯流排的電壓降不得超過7%。
2. 各設備（如電纜饋線、變壓器等）之最大負載量不得超過設備之額定承載容量，即各設備無過載問題。
3. 供電系統正常狀況時（即各BSS皆正常供電），主變壓器最大負載量不超過其自然風冷容量，當有任一BSS因故無法正常供電而由其它BSS轉供時，主變壓器最大負載量不超過其強迫風冷容量。

二、交流分析作業流程與 PTW 軟體操作簡介

本局早先使用的交流分析軟體，為美國 SKM Systems Analysis 公司所發展之 DOS 版的「DAPPER」軟體，曾先後完成淡水新店線、中和線、南港板橋線、土城線之交流分析，經與供電承商分析結果比較驗證，均在極小之誤差範圍內，該軟體對台北捷運交流供電系統之單線圖與供電模式設計，具有莫大之助益。該軟體經 SKM 公司逐年更新改良，已開發有 WINDOWS 版之交流分析軟體，目前本局擁有之交流分析軟體為 SKM 公司 2001 年 Windows 版的分析軟體「PTW」(Power Tools for Windows)。如圖 1 所示為本局所使用之 PTW 軟體進行交流分析的基本作業流程。

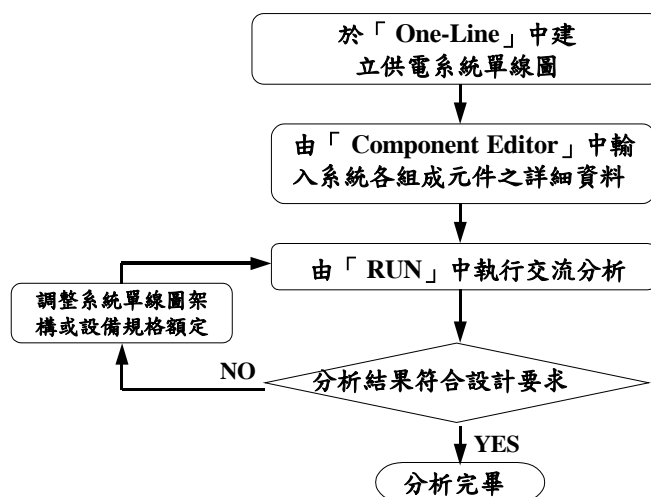


圖 1 PTW 軟體之交流分析作業流程

依 PTW 軟體之作業流程與操作方式，執行交流分析之步驟流程概述如下：

- 步驟 1：執行 PTW 軟體並進入主視窗後，由「Document」中點選「One-Line」並進入後，在「One-Line」中輸入建立擬分析之系統單線圖。
- 步驟 2：在「Document」中點選「Component Editor」並進入後，在「Component Editor」中將系統單線圖內各組成元件的詳細資料，依軟體所訂格式予以輸入。
- 步驟 3：在「RUN」中點選「Analysis」並進入後，設定執行之分析項目(如電力潮流分析、短路電流分析)、分析結果輸出檔名等，然後即可執行交流分析。
- 步驟 4：在「Document」中點選「Report」並進入後，設定欲檢視之分析結果輸出檔名，對交流分析結果予以審查。

步驟 5：分析結果輸出檔內容經檢視審查後，若分析結果符合設計準則要求，則交流分析完成，否則檢討分析結果不符合設計準則之原因，調整系統架構或設備容量規格後，至步驟 1 起依流程再次進行分析工作。

PTW 軟體主視窗的「Document」中有 4 個重要之選項功能，分別概要說明如下：

1. 「One-Line」：於「One-Line」中，可輸入建立所分析之系統單線圖架構，其功能不僅只是繪單線圖而已，實際上「One-Line」是一個供電系統架構編輯工具，因為在其建立單線圖之過程中，同時自動地將系統之組成元件放入軟體資料庫中，因此操作者可透過「One-Line」來建立、檢查、修改所分析之系統架構，此種方式相較以往須在資料庫編輯工具中建立系統架構之方式，其較為便利且可清楚的除錯。
2. 「Component Editor」：上述提到於「One-Line」建立單線圖時，系統之組成元件將自動地放入軟體資料庫中，「Component Editor」主要是提供操作者在此編輯、修改或新增資料庫中各系統組成元件之詳細資料。若操作者不經由前項「One-Line」之功能建立系統架構，亦可直接於「Component Editor」中以新增系統組成元件之方式，逐步將供電系統架構完成。依交流分析理論及模擬軟體之操作程序，交流分析應輸入的供電系統資料有變壓器資料、電纜饋線資料、台電電源特性資料、匯流排資料、負載資料等，這些輸入資料主要供執行電力潮流分析與短路電流分析之用。
3. 「Library」：供電系統內常使用相同容量規格之電纜或變壓器等，如臺北捷運之車站變壓器容量主要有 500kVA、1000kVA、1500kVA、2000kVA 等，為避免使用者在「Component Editor」中因重覆編輯輸入相同容量規格的設備資料，而浪費時間人力，因此「Library」中可預先建立好各種容量規格的設備詳細資料，當於「Component Editor」中編輯輸入設備之資料時，只需將該設備於「Library」中的容量規格代號輸入即可，軟體會自動地將「Library」中預存好的設備資料連結至「Component Editor」中，如此可節省資料輸入的時間。
4. 「Report」：主要為 PTW 執行交流分析後之交流分析結果輸出檔，PTW 軟體完成交流分析後，操作者由「Document」之「Report」中可檢視分析結果，電力潮流分析結果中包含各匯流排之電壓大小、相角與電壓降、流經各變壓器及電纜饋線之電流、電力潮流、損失、電壓降、系統電源之總輸入功率及系統總損失等。短路電流分析結果中包含各匯流排之對稱與非對稱短路電流、短路時各匯流排之電壓大小與相角、短路時流經電纜饋線及變壓器之短路電流等，其中短路發生後任一週期（Cycle）的瞬間非對稱短路電流值、各匯流排電壓值、流經各電纜及變壓器之短路電流值，均可依操作者的需要，設定將分析結果於輸出檔中列出，此有助於系統保護協調設計及短路電流理論瞭解。分析結果輸出檔內雖然具有全部之分析結果詳細資料，惟若操作者想很快的判讀重要的分析結果數據，可設定輸出格式將所欲判讀之分析結果顯示於「One-Line」中建立的單線圖上，如此便能更清楚的判斷交流分析結果是否符合設計準則要求。

三、捷運供電模式設計

(一) 供電模式設計原則概述

執行交流分析的目的之一，是在模擬驗證所設計之供電系統於正常及非正常運轉狀況時，均能達到高供電可靠度及高安全性之設計要求，因此交流分析前須確定系統之供電模式設計要求，以作為系統架構調整及交流分析成果是否合格之判定依據。

台北捷運所需電力係以二饋線（一經常供電，一經常備用）從台電變電所引接 161kV 電

源至捷運供電系統的 BSS，經 BSS 之 161/22.8kV 主變壓器降壓後，由 22kV 電纜饋線將 BSS 二次側之 22kV 電力送至捷運路網沿線的各 TSS 及 SSS，以分別提供電聯車及車站所需之電力。捷運供電系統著重安全性及可靠度，故設計的一個重要準則，是當系統內任何一項設備，如任一電纜、任一開關、任一變壓器，甚至於任一座 BSS、TSS 或 SSS 故障時，經由系統設備保有之餘裕及適當的開關切換，以轉供方式供電給停電區域，而不影響捷運路網任何一條路線之正常營運，故捷運供電系統設備會注意預留其備用轉供容量，以因應各種可能的偶發事故發生。當台電系統發生區域性的大停電而導致各 BSS 皆失去 161kV 電源時，捷運供電系統內設置之緊急發電機，須在短時間內啟動，以供應捷運車站及隧道內之維生性負載。

BSS 至各 TSS 及 SSS 間之 22kV 電纜饋線是以開環路架構供電，每座 TSS 及 SSS 均連接有二組 22kV 電纜饋線，BSS 可經由該二組不同之電纜饋線路徑供電給 TSS 及 SSS，當任一組 22kV 電纜饋線因故障無法輸送電力時，可透過 22kV 開關的切換，由另一組 22kV 電纜饋線供電，以提高 TSS 及 SSS 的可靠度。

臺北捷運高運量初期路網之供電模式設計，如圖 2 中 BSS 對 SSS 之供電區間規劃圖例所示，在正常狀況（即各 BSS 均正常供電）時，每一座 BSS 有各自的供電範圍，各 BSS 間的 22kV 電力不得相互並聯，各 BSS 間的負載量分配，盡量能以平均為原則，以降低系統損失，減少電費支出，並避免 BSS 容量之閒置，不過原則雖然如此，但有時受限於 BSS 的位置、22kV 電纜饋線環路架構、非正常情況時之轉供需要等因素，各 BSS 間的負載量分配無法完全平均，這是因須兼顧轉供時之供電可靠度所致，畢竟維持捷運系統安全可靠之正常營運是捷運供電系統設計之第一考量。

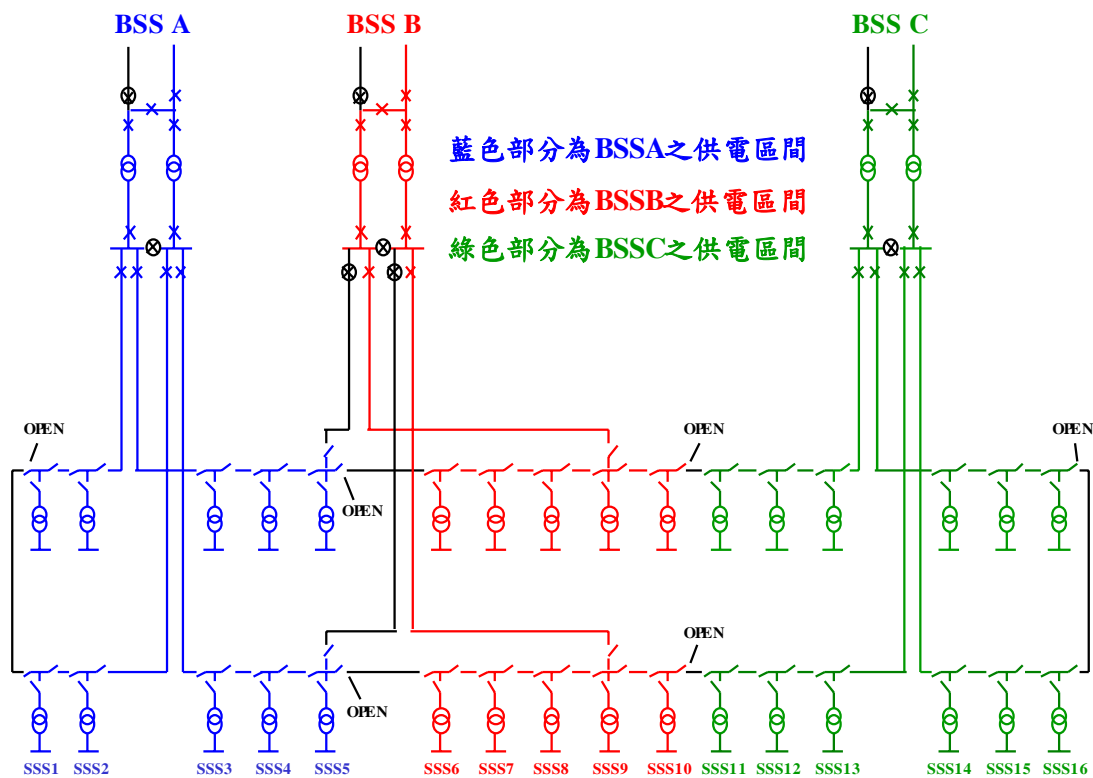


圖 2 臺北捷運高運量初期路網 BSS 於正常運轉狀況時對 SSS 之供電區間規劃圖例

若供電系統中有某一座 BSS 故障時，應立刻由其他 BSS 轉供停電區域，轉供後之供電區間規劃如圖 3 所示，轉供策略之設計原則應以最少的開關切換，並避免停電區域擴大之前提

下，儘快對停電區域進行復電，以儘速回復捷運路網之正常營運，這些原則都是在進行交流分析設計時，擬定 22kV 開關轉供切換策略的重要考量項目。

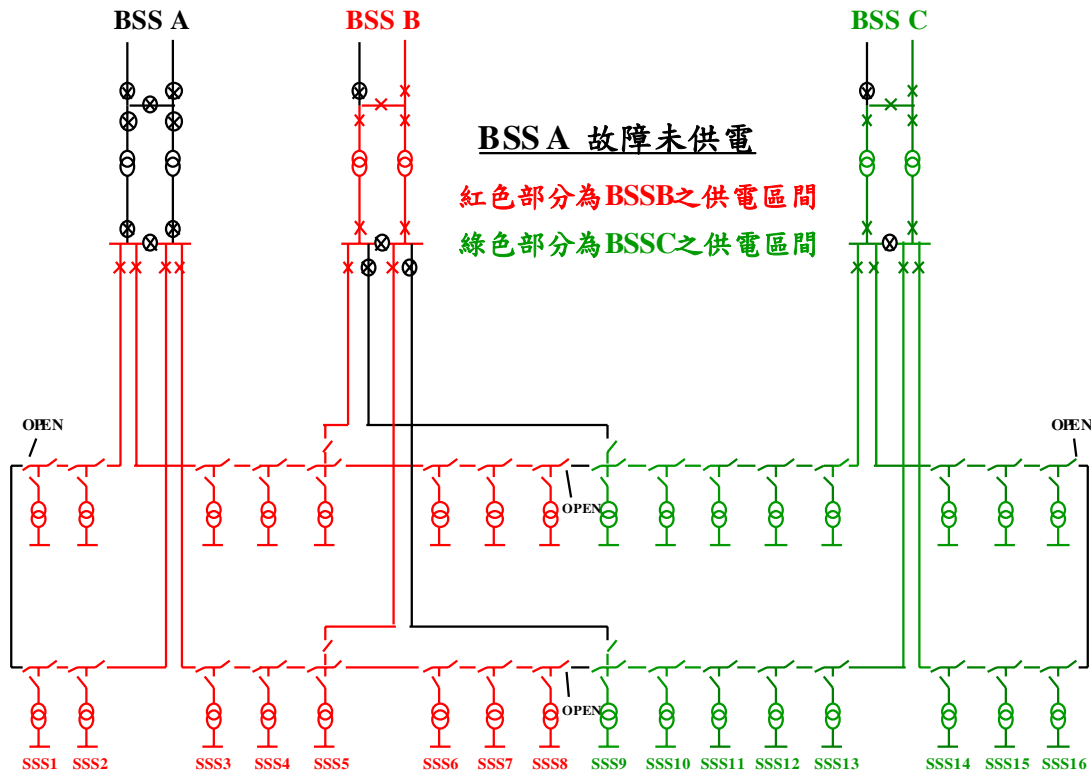


圖 3 臺北捷運高運量初期路網 BSS 於非正常運轉狀況時對 SSS 之供電區間規劃圖例

淡水新店線及南港板橋線供電系統主要是以各自路線獨立之轉供調度模式為設計考量，於正常狀況及非正常狀況時之供電區間規劃類似圖 2 及圖 3 之方式，此種供電模式在有一座 BSS 故障之非正常情況時，為了達到轉供後之各 BSS 負載量能盡量平均，故其轉供過程中會因各 BSS 供電區間重新分配的緣故，而在開關切換之程序中對部分有電區域先短暫予以停電，待各 BSS 供電區間分配調整後便恢復供電，這是淡水新店線及南港板橋線轉供模式之特色。而臺北捷運高運量後續路線如新莊蘆洲線、信義線、松山線、中運量路線如木柵線、內湖線以及高雄捷運紅、橘線等則有所不同，其在有一座 BSS 故障時，可由其他 BSS 立即對停電區域進行轉供復電，而無須先進行各 BSS 供電區間之重新平均分配，故其轉供過程中無須暫時對少部分有電區域予以停電，此係因供電系統設置之 BSS 容量較為足夠，並運用各路線相互間靈活調度之轉供模式，因此可充裕的對停電區域直接進行轉供，如此可更佳提昇供電可靠度，將捷運營運中斷之影響減少至最小。

當二座以上 BSS 因故無法供電而須啓動緊急發電機時，須注意的是若緊急發電機供電區間過長，則 22kV 電纜對地之電容性無效功率量可能超過發電機之負荷，使發電機產生過激現象，致發電機感應電勢過高，若超過發電機之電壓調整控制範圍，則發電機輸出電壓可能過高，而產生過電壓昇問題。另外電容性無效功率潮流經過發電機昇壓變壓器之阻抗時，亦會使昇壓變壓器 22kV 側電壓升高。為解決緊急發電機供電時之過電壓昇問題，交流分析須特別針對緊急發電機執行無載分析，即各車站之維生性負載假設為零之情況下，計算出緊急發電機可能承受之最大電容性無效功率量，以評估是否須於緊急發電機輸出端加裝電抗器，消弭過電壓昇問題。

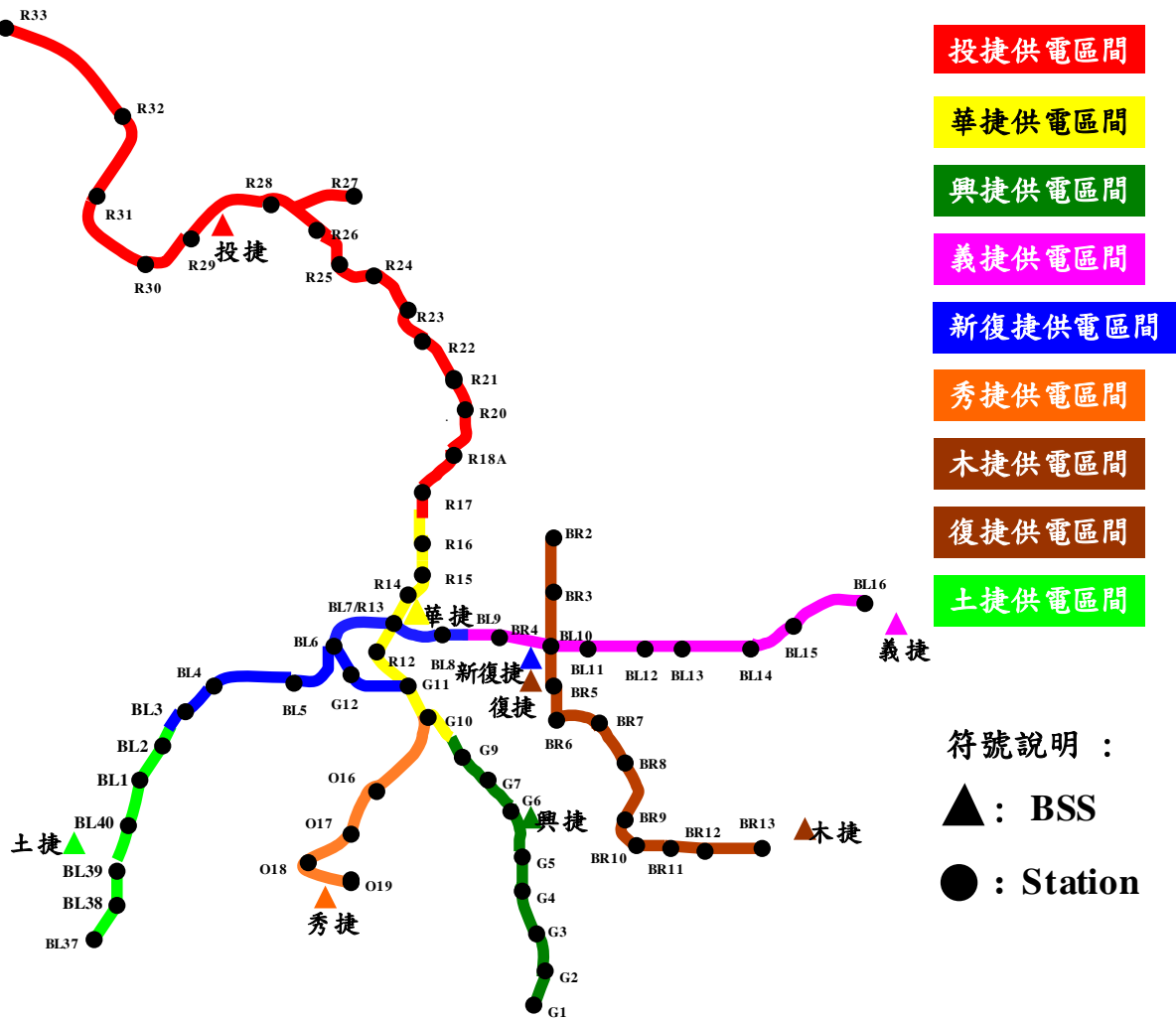


圖 5 臺北捷運既有路網各 BSS 對 SSS 之供電區間圖

表 1 臺北捷運各路線之供電模式說明

捷運初、遠期 路線名稱	平時營運之 正常電力來源	電力來源中某一 BSS 因故無 法正常供電時之轉供模式
淡水新店線	投捷、華捷、興捷 BSS	1. 投捷 BSS 因故無法正常供電時，華捷 BSS 之原供電區域部分調撥給興捷 BSS 轉供，投捷 BSS 故障所導致之停電區域全由華捷 BSS 轉供。 2. 華捷 BSS 因故無法正常供電時，由投捷與興捷 BSS 轉供停電區域。 3. 興捷 BSS 因故無法正常供電時，華捷 BSS 之原供電區域部分調撥給投捷 BSS 轉供，興捷 BSS 故障所導致之停電區域全由華捷 BSS 轉供。

中和線	秀捷 BSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 秀捷 BSS 因故無法正常供電時，中和線之牽引用電由新店線興捷 BSS 轉供，車站用電由淡水線華捷 BSS 轉供。 2. 新莊線完工後，中和線供電系統將與新莊線供電系統連接，屆時當秀捷 BSS 因故無法正常供電時，將由新莊線民族公園 BSS 轉供中和線。
南港板橋土城線	義捷、新復捷、土捷 BSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 義捷 BSS 因故無法正常供電時，新復捷 BSS 之原供電區域部分調撥給土捷 BSS 轉供，義捷 BSS 故障所導致之停電區域全由新復捷 BSS 轉供。 2. 新復捷 BSS 因故無法正常供電時，由義捷與土捷 BSS 轉供停電區域。 3. 土捷 BSS 因故無法正常供電時，新復捷 BSS 之原供電區域部分調撥給義捷 BSS 轉供，土捷 BSS 故障所導致之停電區域全由新復捷 BSS 轉供。
新莊線	民族公園、新莊機廠 BSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 民族公園 BSS 因故無法正常供電時，由蘆洲機廠 BSS 及中和線秀捷 BSS 轉供停電區域。 2. 新莊機廠 BSS 因故無法正常供電時，由民族公園 BSS 轉供停電區域。
蘆洲線	蘆洲機廠 BSS	蘆洲機廠 BSS 因故無法正常供電時，由新莊線民族公園 BSS 轉供蘆洲線。
松山線	十三號公園 BSS	十三號公園 BSS 因故無法正常供電時，可由新莊線民族公園 BSS 及中和線秀捷 BSS 轉供松山線。
信義線	中強公園 BSS	中強公園 BSS 因故無法正常供電時，可由新莊線民族公園 BSS 及中和線秀捷 BSS 轉供信義線。
木柵線	復捷、木捷 BSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 復捷 BSS 因故無法正常供電時，由木捷 BSS 供應木柵線全線用電。 2. 木捷 BSS 因故無法正常供電時，由復捷 BSS 供應木柵線全線用電。
內湖線	湖捷、內湖機廠 BSS	<ol style="list-style-type: none"> 1. 湖捷 BSS 因故無法正常供電時，由內湖機廠 BSS 供應內湖線全線用電。 2. 內湖機廠 BSS 因故無法正常供電時，由湖捷 BSS 供應內湖線全線用電。

(三) 高雄捷運路網供電區間與轉供模式

高雄捷運目前興建中路網共有紅線及橘線兩條路線，路網總長度約 42.7 公里，其中紅線由 R3 站至 R23 站，共設置 23 座車站，路線長度約 28.3 公里，橘線由 O1 站至 OT1 站，共設置 14 座車站，路線長度約 14.4 公里。高雄捷運之營運分為兩個階段，分別為 Initial Stage 與 Final Stage，供電系統須滿足之營運模式如下：

Initial Stage：設計班距 2 分鐘，W4 載重，每一列車為 3-car。

Final Stage：設計班距 2 分鐘，W4 載重，每一列車為 6-car。

紅線設置有 BSS 1 與 BSS 5 兩座主變電站，橘線設置有 BSS 3 一座主變電站，由於 Initial Stage 之牽引負載量比 Final Stage 之牽引負載量小，因此供電系統架構於 Initial Stage 及 Final Stage 二個階段稍有所不同，未來 Final Stage 時，將於未設置 TSS 之車站增設 TSS，並增加部分交/直流供電饋線之並聯電纜數目，以增大對牽引負載之供電容量。

本局擔任高雄捷運公司之機電設計審查顧問 EMDR (Electrical and Mechanical Design Review)，在審查高雄捷運交流系統分析文件時，亦曾使用本局之 PTW 軟體對高雄捷運供電系統執行交流分析，以驗證供電廠商之交流分析結果的正確性。如圖 6 所示為高雄捷運紅、橘線各 BSS 之供電區間圖，高雄捷運紅、橘線之主變電站在正常運轉狀況及非正常運轉狀況時之供電模式如表 2 所示。

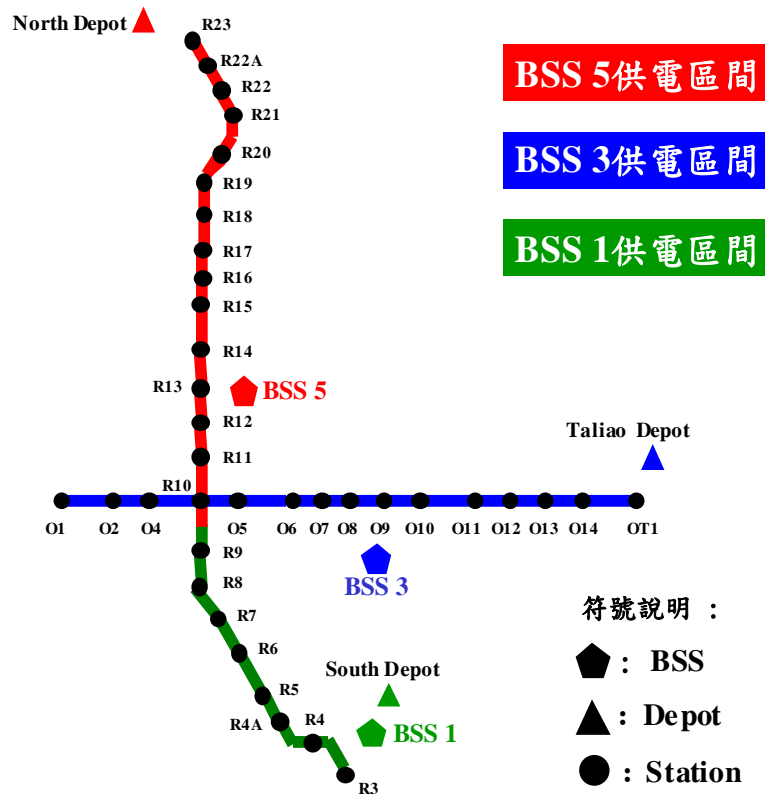


圖 6 高雄捷運紅、橘線各 BSS 之供電區間圖

表 2 高雄捷運紅、橘線之供電模式說明

路線名稱	平時營運之正常電力來源	電力來源中某一 BSS 因故無法正常供電時之轉供模式
紅線	BSS 1、BSS 5	1. BSS 1 因故無法正常供電時，停電區域之牽引用電由 BSS 3 轉供，車站用電由 BSS 5 轉供。 2. BSS 5 因故無法正常供電時，停電區域之牽引用電由 BSS1 轉供，車站用電由 BSS 3 轉供。
橘線	BSS 3	BSS 3 因故無法正常供電時，停電區域之牽引用電由 BSS 1 轉供，車站用電由 BSS 5 轉供。

四、交流系統分析驗證實例

交流分析軟體之準確度及操作者之專業度影響交流分析結果的正確性，在此以臺北捷運中和線供電系統之電力潮流分析及淡水線 R17（圓山）站至 R33（淡水）站區段之二台緊急發電機分析為例，驗證本局使用 PTW 交流分析軟體之準確度及專業性。

(一) 中和線電力潮流分析

中和線設置有秀捷 BSS 以供應中和線營運用電需求，如圖 7 所示為使用 PTW 軟體所輸入建立之中和線供電系統單線圖，並於 PTW 軟體之「Component Editor」中編輯建立所有變壓器、電纜饋線、台電電源、匯流排、負載等之細部資料後，執行電力潮流分析，本局 PTW 軟體與西門子公司「SINCAL」軟體對秀捷主變電站之 22kV 匯流排電壓值分析結果比較如表 3 所示，秀捷主變電站至各 TSS 及 SSS 間之 22kV 主電纜供電量分析結果如表 4 所示。由表 3 與表 4 的分析結果比較，本局 PTW 軟體之分析結果與西門子公司「SINCAL」軟體之分析結果相當接近，兩者誤差值極小。

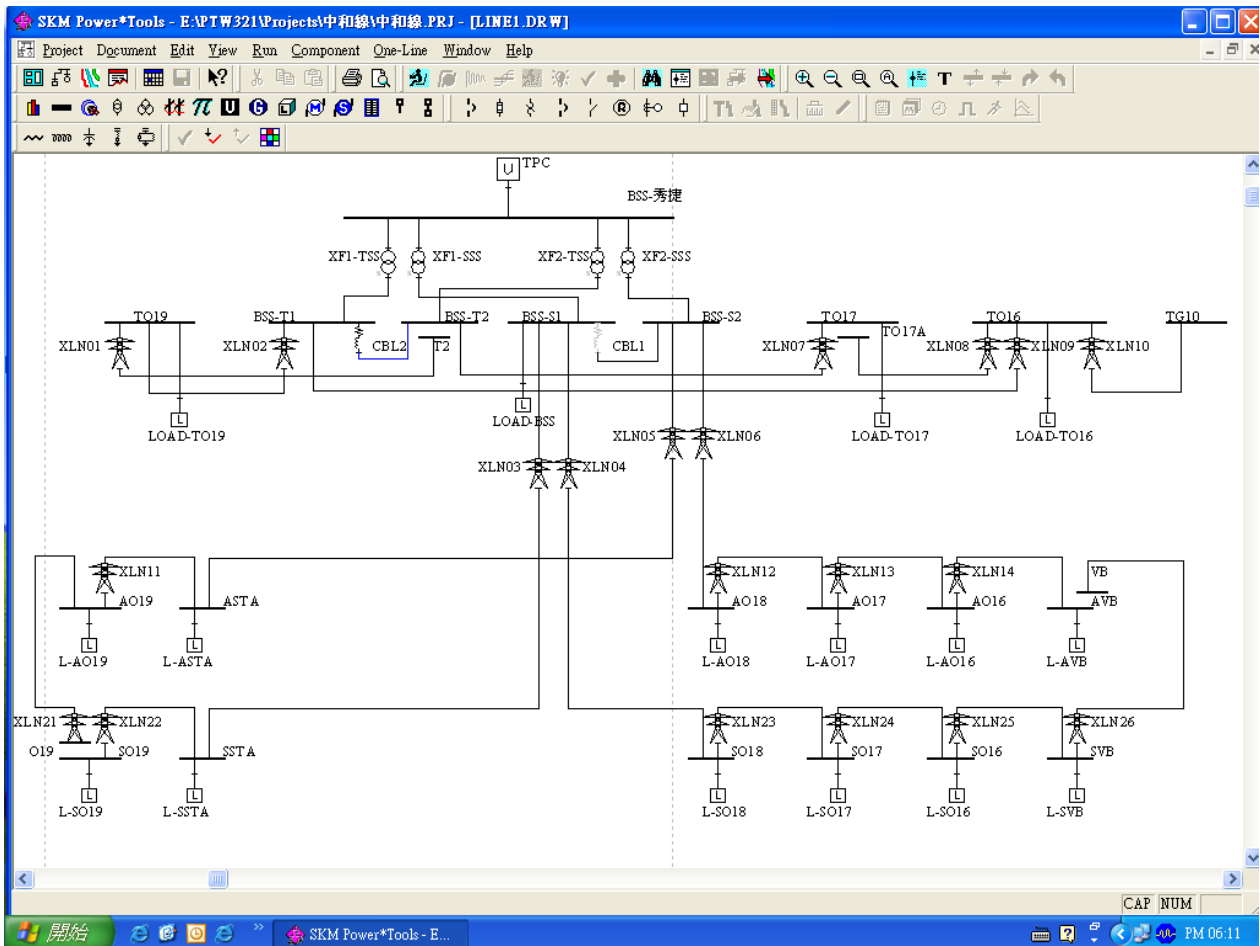


圖 7 使用 PTW 軟體所輸入建立之中和線供電系統單線圖

表 3 秀捷主變電站之 22kV 匯流排電壓大小分析結果比較

22kV 匯流排名稱	本局使用 PTW 軟體分析結果 (kV)	西門子公司分析結果 (kV)
BSS-T1	22.66	22.65
BSS-T2	22.66	22.65
BSS-S1	22.55	22.55
BSS-S2	22.59	22.58

表 4 秀捷主變電站至各 TSS 及 SSS 間之 22kV 主電纜供電量分析結果比較

22kV 主電纜		本局使用 PTW 軟體分析結果 (kVA)	西門子公司分析結果 (kVA)
FROM BUS	TO BUS		
BSS-T1	TO16	3226	3226
BSS-T2	TO17	3065	3065
BSS-T1	TO19	3149	3149
BSS-S2	AO18	3579	3566
BSS-S1	SO18	3698	3685
BSS-S2	ASTA	1546	1546
BSS-S1	SSTA	1963	1963

(二) 淡水線 R17 站至 R33 站區段之緊急發電機分析

淡水線於 R16 (民權西路) 站及華捷 BSS 內原規劃設置二部緊急發電機以供應淡水線緊急電力負載，惟在進行測試時發現，隨著緊急發電機供電區間逐漸增加，緊急發電機之輸出電壓有逐漸升起現象，此係因緊急發電機供電路徑過長，22kV 電纜對地電容之超前無效功率超過緊急發電機負荷，致使緊急發電機輸出電壓升高。為解決淡水線緊急電力供電問題，本局於投捷 BSS 用地內選擇適當地點增設二部容量 1000kW (功率因數 0.8) 之緊急發電機，並加裝電抗器，以供應 R17 站至 R33 站間各車站之緊急電力負載，其中有關電抗器之容量須經過交流分析軟體進行分析。

緊急發電機分析之輸入資料與供電系統電力潮流分析有稍許差異，在供電系統電力潮流分析中，因各變壓器之鐵損及磁化電感功率與變壓器負載量相比，其值顯得相當小，若變壓器鐵損及磁化電感功率忽略不計，對供電系統電力潮流分析結果影響極小，但緊急發電機因容量有限，因此在緊急發電機分析中，各項損失皆必須精確考量與計算，否則容易造成誤差而有發電機容量不足之虞。

如圖 8 所示為使用 PTW 軟體所輸入建立之 R17 站至 R33 站區段緊急發電機分析之系統單線圖，本局 PTW 軟體與西門子公司「SINCAL」軟體對緊急發電機有載分析之供電量計算結果比較如表 5 所示，兩者分析結果幾乎相同，誤差值極小。由分析結果顯示尚未加電抗器前，二台緊急發電機須承受之電容性無效功率均高達七百多 kVAR 以上，已超過發電機之負荷 (發電機可承受之電容性無效功率量一般約為發電機額定容量之 25%)，故決定於緊急發電機之 AC 380V 輸出端加裝 700kVAR 電抗器，以抵銷電容性無效功率，消弭過電壓昇問題。

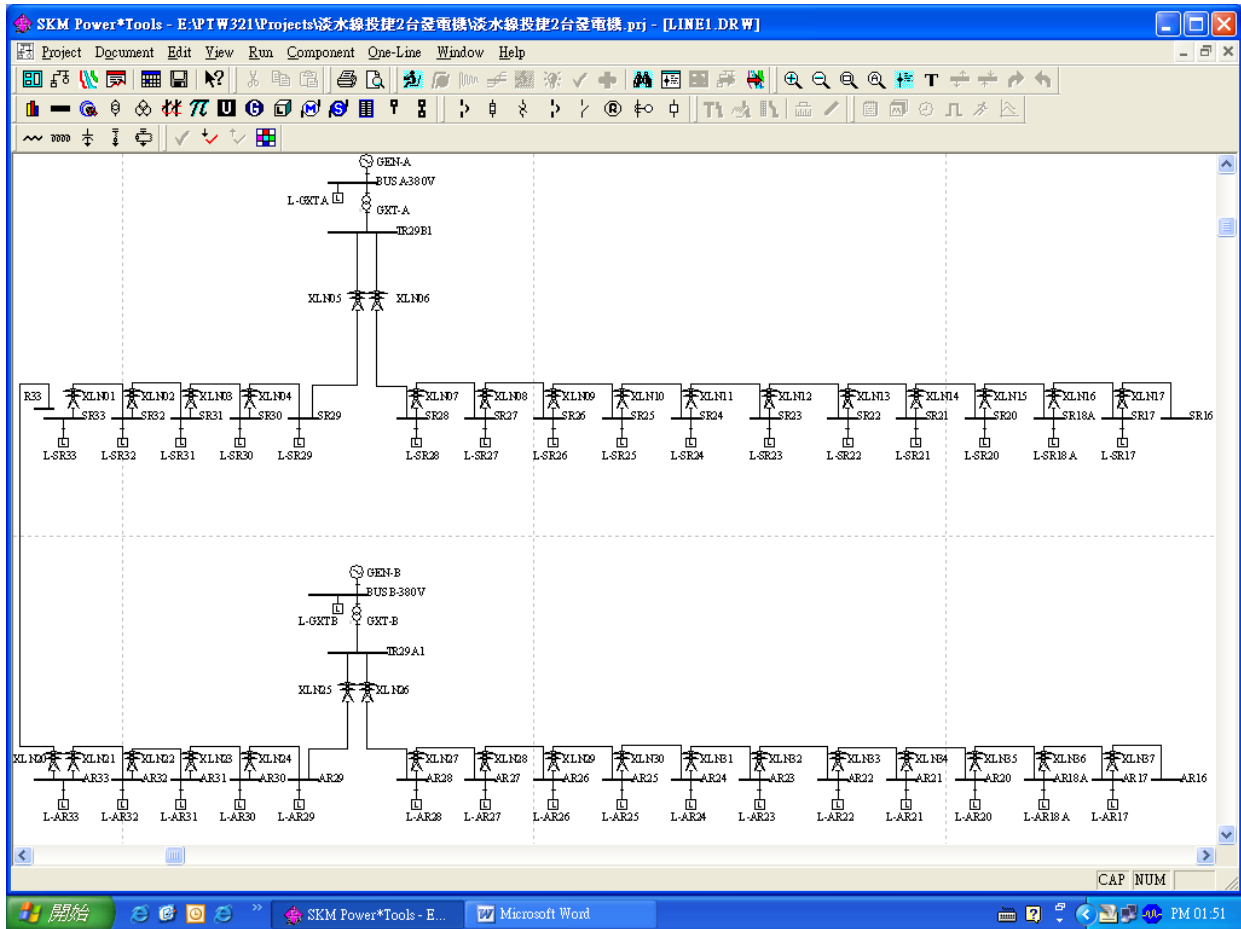


圖 8 使用 PTW 軟體所輸入建立淡水線 R17 站至 R33 站區段緊急發電機分析之系統單線圖

表 5 淡水線 R17 站至 R33 站區段之緊急發電機有載分析供電量結果比較

	本局使用 PTW 軟體分析結果		西門子公司分析結果	
	有效功率 (kW)	電容性無效功率 (kVAR)	有效功率 (kW)	電容性無效功率 (kVAR)
GEN-A 緊急發電機	540	703	540	701
GEN-B 緊急發電機	472	729	472	726

五、結論

交流系統分析是捷運交流供電系統設計上之重要分析項目，本局使用之交流分析軟體從 DOS 版之「DAPPER」至 WINDOWS 版之「PTW」，在捷運供電系統規劃設計及對廠商交流分析文件之審查驗證上，具有相當大的助益，該軟體具備臺北捷運淡水新店線、中和線、南港板橋線、土城線、新莊蘆洲線、高雄捷運紅、橘線等供電系統之交流分析驗證實績。從本文所舉淡水線 R17 站至 R33 站區段之緊急發電機分析計算出所須加裝的電抗器容量，以消弭緊急發電機之電壓昇問題，即是運用交流分析的具體實例，此充分顯見交流分析於系統設計上之重要性，而本局交流分析人員之專業技術能力以及 PTW 軟體的準確性，亦從交流分析之歷次實績中獲得驗證。

參考文獻

1. 徐守青 (2004), 「捷運供電系統電腦模擬分析之應用與實例 (下) — 交流系統分析」, 捷運技術半年刊, 第三十一期, 頁 179—198。
2. 臺北市政府捷運工程局 (2002), 「CK373/CL603 新莊線及蘆洲支線供電系統工程特別技術規範」。
3. 高雄捷運股份有限公司 (2002), 「交流供電系統特別技術規範 (英文)」。
4. 大陸工程股份有限公司/中鼎工程股份有限公司 (2003), 「土城線交流系統分析核定版」。
5. 中鼎工程股份有限公司 (2004), 「新莊蘆洲線交流系統分析」。
6. SKM Systems Analysis Inc. (1998), "Power Tools for Windows User's Guide".
7. SIEMENS (2003) "KMRT Kaohsiung, TPS-DC Basic Design Studies Part 1, HV Study Rev.1".
8. SIEMENS (1994) "HV System Study for Contract CC363 Power Supply of Chungho Line".
9. SIEMENS (1999) "HV System Study for Contract C303 Power Supply of Tamsui & Hsintien Line".