

國立東華大學電機工程學系

碩士論文

指導教授：林法正 博士
謝欣然 博士

東台灣水力發電廠SCADA系統之研究

Study of SCADA System for Eastern Taiwan Hydraulic Power Station



研究生：周定進 撰

中華民國九十七年七月

學位考試委員會審定書

國立東華大學 電機工程學系 系所

研究生 周定進 君所提之論文

(題目) 東台灣水力發電廠SCADA系統之研究

Study of SCADA System for Eastern Taiwan Hydraulic Power Station

經本委員會審查並舉行口試，認為
符合碩士學位標準。

學位考試委員會	召集人	<u>黃仲欽</u>	簽章
	委員	<u>謝雅度</u>	簽章
	指導教授	<u>林法正</u>	簽章
	指導教授	<u>謝欣慈</u>	簽章
	系主任 (所長)	<u>鄭獻勳</u>	簽章

中華民國九十七年七月七日

誌 謝

首先要感謝的是指導教授林法正博士與謝欣然博士在作者三年的碩士學位求學歷程中，給予悉心指導與諄諄教誨，培養學生在學術知識、語言表達與獨立思考之能力，使得本論文得以順利完成，在此致上最高敬意和誠摯感激之情。同時感謝本次的口試委員，黃仲欽教授與謝耀慶教授在論文發表時給予指正與建議，使得本論文更加嚴謹與完整。

再則要感謝實驗室中禮濤學長細心地、耐心地教導論文上與不厭其煩的指出我研究中的缺失。感謝同學柏寰、政言、裕翔與宴任以及實驗室的學弟們制勝、英智、孟勳、朱珩與健益，這三年來在課業上的指導切磋和精神上的相互鼓勵，使本論文得以順利付梓。當然也要謝謝助理旻琳與昭儒給予的幫助。

藉此特別感謝台灣電力公司綜合研究所電力研究室的楊金石主任、王金墩工程師、曹昭陽工程師、李兆惠工程師與廖政立工程師的提攜與教導，感謝您們引領我進入 SCADA 的領域。感謝服務單位的葉丁財副廠長、徐正雄經理、王明強課長與張登松課長，在工作上給予最大之擔待與支持。在此還要感謝明潭發電廠胡榮生廠長、林口發電廠謝志強副廠長及東部發電廠的梁李肇經理、張建興經理、劉丁財經理、陳秋明經理、李重億經理、王福順課長、王萬谷課長、劉聲盛同仁、游本杰同仁、

林傳風同仁、鄭罔市同仁、徐英真同仁，感謝您們的鼓勵與肯定。最後還要感謝幫助過我的每一個人，用最誠摯的心向您們說聲，感恩！

僅將此論文獻給敬愛的祖父周竹何先生、祖母阮次妹女士、父親周三清先生、母親彭靜子女士、岳父郭添壽先生、岳母傅秋蘭女士、大姊周定億、大姊夫連漢哲及摯愛的妻子郭秀鑾、長子孝諺、長女孝萱、次女孝玟。在此深深感謝您們在吾的求學過程中，給予最大的支持及鼓勵，使我在求學過程中可以全力以赴，願與您們分享此份榮耀。

周定進 謹識於花蓮

2008年7月

中文摘要

監控(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)系統具有資訊完整，能正確掌握系統運作狀態，而且可幫助快速診斷出系統故障狀態等優勢，已成為目前電力系統不可或缺的工具。它不但能提高發電機組(Power Set)運作的可靠性、安全性與經濟效益，且可減輕運轉人員的負擔，使電力系統作業完全自動化(Automation)與現代化，以提高調度效率，進而達成提供用戶滿意的服務。本論文首先介紹監控系統之概述、應用範圍、架構、連結與功能，以及SCADA系統之架構，包含資訊末端設備(Remote Terminal Unit, RTU)功能及特點、可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)、人機介面(Human Machine Interface, HMI)等之完整介紹；接著提出目前台電公司東部發電廠所管轄之各水力廠發電監控系統架構、功能及應用，加以分析探討及研究，對於目前面臨之問題提出建議及可行方案，以期東部水力發電廠未來能有更加完整的監控系統。

關鍵詞：監控系統、發電機組、自動化、資訊末端設備、可程式控制器、人機介面

ABSTRACT

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) System has the complete information, can grasp the system operation condition correctly, and may help to diagnose the system failure condition fast and so on superior potential. Due to above advantages, it has become the indispensable tool of the power system. To provide the satisfactory service to the user, it not only can enhance the operation reliability of the power set, the security and the economic efficiency, but also may lighten dispatcher's burden, cause the power system completely automation and the modernization, raise the dispatch efficiency. This thesis first introduces the outline, the application scope, the construction the supervisory system, link with the function, as well as construction of the SCADA System. Then, it complete introduces the functions and the characteristics of the information remote terminal unit (RTU), programmable logic controller (PLC), human machine interface (HMI) and so on. Moreover, this thesis analyzes and discusses the present power supervisory system's construction, function and the application. Furthermore, some solutions are proposed to complete the SCADA system of the various hydraulic power plants governed by eastern hydraulic power station of the Taiwan Power Company.

Key Words: Supervisory Control and Data Acquisition, Power Set, Automation, Remote Terminal Unit, Programmable Logic Controller, Human Machine Interface.

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	X
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機與目的.....	1
1.3 論文大綱.....	2
第二章 SCADA 之介紹.....	4
2.1 SCADA 概述.....	4
2.2 SCADA 架構.....	5
2.3 SCADA 之連結.....	7
2.4 SCADA 功能.....	8
第三章 東部水力發電廠系統.....	10
3.1 前言.....	10
3.2 東部水力發電廠系統發展背景.....	13
3.3 東部水力發電廠系統介紹.....	14
3.3.1 東部水力發電廠之特色.....	15
3.3.2 東部水力發電廠之效益.....	16
3.3.3 東部水力發電廠之經營管理.....	17
3.4 東部水力發電廠之架構.....	18
3.4.1 水路設備.....	19

3.4.2	水輪機設備.....	19
3.4.3	水輪調速機設備.....	21
3.4.4	發電機設備.....	21
3.4.5	勵磁系統設備.....	30
3.4.6	變壓器及附屬設備.....	34
3.4.7	開關設備.....	40
第四章	東部水力發電廠 SCADA 系統軟硬體介紹.....	45
4.1	前言.....	45
4.2	SCADA 系統規劃設計之特色與流程.....	45
4.2.1	SCADA 系統規劃設計之特色.....	45
4.2.2	SCADA 系統規劃設計之流程.....	46
4.3	東部水力發電廠 SCADA 系統之架構.....	50
4.3.1	硬體設備.....	51
4.3.2	軟體設備.....	54
第五章	東部水力發電廠監控系統之應用與實例.....	57
5.1	前言.....	57
5.2	監控系統之應用.....	58
5.2.1	監控系統之功能.....	59
5.2.2	監控系統之特色.....	61
5.3	SCADA 實例之分析探討.....	74
5.3.1	前言.....	74
5.3.2	東部系統供需與穩定度.....	76
5.3.3	事故處理程序驗證.....	78
5.3.4	案例分析.....	81
5.3.5	案例探討.....	86

第六章	東部水力發電廠 SCADA 系統之研究.....	88
6.1	前言.....	88
6.2	東部發電廠 SCADA 系統分析探討.....	89
6.2.1	東部發電廠 SCADA 系統分析.....	89
6.2.2	東部發電廠 SCADA 系統問題探討.....	95
6.3	東部發電廠 SCADA 系統之研究.....	96
6.4	新 SCADA 系統之規劃設計.....	98
6.5	新 SCADA 系統之實做測試與結果.....	111
第七章	結論與未來的研究方向.....	116
參考文獻	117
作者簡介	121

圖目錄

圖 2.1	一般 SCADA 系統之(a)硬體與(b)軟體架構圖	6
圖 2.2	SCADA 通訊架構圖	8
圖 3.1	慣常水力發電流程圖	12
圖 3.2	抽蓄水力發電流程圖	12
圖 3.3	東部發電廠轄區廠、壩位置圖	14
圖 3.4	佩爾吞、佛蘭西氏與卡布蘭等水輪機	16
圖 3.5	東部水力發電廠遙控中心與各副控中心	18
圖 3.6	水力發電系統示意圖器	19
圖 3.7	線圈感應電動勢變化	22
圖 3.8	橫軸式發電機組	24
圖 3.9	豎軸式發電機組	25
圖 3.10	發電機之作動	29
圖 3.11	勵磁系統方塊圖	31
圖 3.12	勵磁系統線路圖	32
圖 3.13	勵磁機觸發控制系統部份與 SCR 輸出部份	33
圖 3.14	變壓器原理示意圖	35
圖 3.15	三相變壓器的繞組 Y 接法	37
圖 3.16	三相變壓器的繞組 Δ 接法	37
圖 3.17	比壓器及比流器在儀錶電路上的應用	38
圖 3.18	比流器及短路開關安裝位置圖	39
圖 4.1	東部發電廠全區 SCADA 系統架構圖	48
圖 4.2	東部發電廠遙控中心 SCADA 系統架構圖	48

圖 4.3	東部發電廠龍澗副控中心 SCADA 系統架構圖.....	49
圖 4.4	東部發電廠銅門副控中心 SCADA 系統架構圖.....	49
圖 4.5	東部發電廠立霧副控中心 SCADA 系統架構圖.....	50
圖 5.1	台灣電力公司電力系統流程圖.....	58
圖 5.2	圖控發展版作業畫面.....	63
圖 5.3	圖控發展版規劃作業畫面.....	64
圖 5.4	圖控值班版作業畫面.....	64
圖 5.5	電力線路系統畫面.....	65
圖 5.6	開關廠系統圖.....	65
圖 5.7	水壩系統圖.....	66
圖 5.8	線路故障點顯示畫面圖.....	66
圖 5.9	機組故障點顯示畫面.....	67
圖 5.10	發電量即時趨勢圖.....	67
圖 5.11	警報訊息顯示畫面.....	68
圖 5.12	發電/用電資訊畫面.....	68
圖 5.13	操控記錄功能畫面.....	69
圖 5.14	AI 警報規劃設定畫面.....	69
圖 5.15	警報規劃設定畫面.....	70
圖 5.16	日報表查詢畫面.....	70
圖 5.17	日報表列印畫面.....	71
圖 5.18	旬報表查詢畫面.....	71
圖 5.19	旬報表列印畫面.....	72
圖 5.20	歷史曲線查詢畫面.....	72
圖 5.21	曲線列印畫面.....	73

圖 5.22	模擬盤系統架構圖	73
圖 5.23	遙控中心模擬盤.....	74
圖 5.24	東部電力線路系統概況圖	76
圖 5.25	花蓮地區 95 年用電量統計	77
圖 5.26	銅門轄區輸電系統圖	80
圖 5.27	警報訊息畫面	83
圖 5.28	萬銅線#610 跳脫畫面	83
圖 5.29	圖控操作第一次確認畫面	84
圖 5.30	圖控操作第二次確認畫面	84
圖 5.31	萬銅線#610 投入畫面	85
圖 5.32	圖控操作訊息畫面	85
圖 5.33	數位式測距電譯動作流程圖	87
圖 6.1	系統發展生命週期之流程.....	98
圖 6.2	東部發電廠新 SCADA 系統架構示意圖	101
圖 6.3	建立硬體設備	104
圖 6.4	PLC 各組態對應值	105
圖 6.5	AI、DI 與 DO 點之建立	105
圖 6.6	新建立之圖面	106
圖 6.7	控制框圖面	106
圖 6.8	PLC 程式	107
圖 6.9	控制框程式	107
圖 6.10	操控資料庫設定畫面.....	108
圖 6.11	Alarm Sound Manager 畫面	108
圖 6.12	警報看板設計畫面	109

圖 6.13	CIMPLICITY HMI 提供之 EXCEL 範例檔	109
圖 6.14	SOE 事件記錄擷取設計畫面	110
圖 6.15	SOE 事件記錄擷取與事件動作點之文字名稱之程式 器	110
圖 6.16	東部發電廠發電量資料與通訊整合顯示圖	112
圖 6.17	發電機組系統圖顯示畫面	112
圖 6.18	警報看板運作畫面	113
圖 6.19	旬報表系統畫面	113
圖 6.20	發電實績旬報畫面	114
圖 6.21	控制框第一段確定畫面	114
圖 6.22	制框回應第二段控確認畫面	115

表目錄

表 3.1	台電公司各水力發電廠裝置容量資料	10
表 3.2	東部發電廠各機組之概況一覽表	15
表 3.3	斷路器與普通開關比較	44
表 6.1	東部電源開發計畫	88

第一章 緒論

1.1 研究背景

隨著文明科技的高度發展及進步，工商業的蓬勃快速發展，人民生活水準不斷的提昇，人類對電力的高度依賴，已成為現代生活中不可或缺的能源，相對的電力需求供應快速地成長。台電負責供輸之電力量亦日愈增加，為了確保電力系統供輸之穩定度，除了電力設備連續的有效運轉外，最重要的不外乎在於其電力設備之監控系統。一套完整監控系統(Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA)，將有助於電力系統品質、供電安全可靠度及用戶滿意度等的提升，更能有效地運用電力系統各項設備資源，達成發電、供電經濟調度及減少線路損失降低營運成本[1]，基於以上的諸多緣故，一套完整監控系統有其發展之必要。

1.2 研究動機與目的

隨著時代的變遷，台灣電力系統日趨龐大複雜，當發生事故時，由人力判斷與處理的方式，在緊急與強大壓力下，不僅無法縮短事故處理時間，反而增加人為判讀與操作等錯誤的機率[2]。SCADA系統在電力系統中，應用最為廣泛，技術發展也最為成熟。由於SCADA系統具有資訊完整，能正確掌握系統運作狀態，而且可幫助快速診斷出系統故障狀態等優勢，已成為目前電力調度不可或缺的工具[2]。它不但能提高輸電網運

作的可靠性、安全性與經濟效益，且可減輕調度員的負擔，使電力調度作業完全自動化與現代化，以提高調度效率，進而達成提供用戶滿意的服務。

有鑒於此重要性，促成本文研究之動機及目的。本文介紹目前台電公司東部發電廠所管轄之各水力廠發電監控系統架構、功能及應用，加以分析探討及研究，以期東部水力發電廠未來能有更加完整的監控系統。

1.3 論文大綱

本論文共分為七章，各章節之內容大綱分別說明如下：

第一章 緒論

介紹研究背景及研究動機與目的。

第二章 SCADA介紹

SCADA概述、應用範圍、架構、連結與功能。

第三章 東部水力發電廠系統

先簡介台電東部水力電廠系統發展背景，再說明目前台電東部水力發電廠系統之架構。

第四章 東部水力發電廠SCADA系統軟硬體介紹

首先說明東部水力發電廠SCADA監控系統架構，包括主控站、副控站及相關系統等，再分別詳細介紹台電公司東部水力發電廠目

前之軟硬體元件。

第五章 東部水力發電廠監控系統之應用與實例

介紹東部水力發電廠監控系統之應用，包含目前架構、現場硬體及軟體之功能等實際應用，並列舉SCADA實例進行分析探討。

第六章 東部水力發電廠SCADA系統之研究

說明東部水力發電廠監控系統之分析研究，並提出解決改善建議方法。

第七章 結論與未來的研究方向。

第二章 SCADA 介紹

2.1 SCADA 概述

所謂SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)是監控與數據資料擷取系統的簡稱，它不僅是一個控制系統，更是一個完整的監控系統。監控系統起源於電廠及石化廠等控制點數量繁多之大型廠區，近年來電腦及網路科技快速發展，使得監控系統技術已相當的成熟。監控系統係指現場系統數位、類比訊號等資料，經由終端資料收集器(Remote Terminal Unit, RTU)設備的收集整理，藉由通訊系統回傳至控制中心主電腦資料庫中，再經整理分析即可得知受控系統的運作狀態，對於系統異常狀況，監控人員可透過畫面獲知，且可由監控用電腦透過監視畫面下達控制指令，直接控制現場各項設備[3]。

隨著SCADA系統應用不斷的拓展及網路科技快速發展，廣域網路(Wide Area Network, WAN)技術已廣泛地被應用在SCADA系統設計上，在監控距離方面，以往僅適用於廠區，現在監控之距離甚至可達到跨國之遠。由於SCADA系統應用早已超越製造業廠房內部控制藩籬之外，舉凡電力系統、水利系統、石油、化工、汽車業、核生化實驗室、環境監控都是其應用領域[4]。

2.2 SCADA 架構

SCADA 架構，如圖 2.1 所示，大致上可分為硬體和軟體等二種類別：

1. 硬體架構

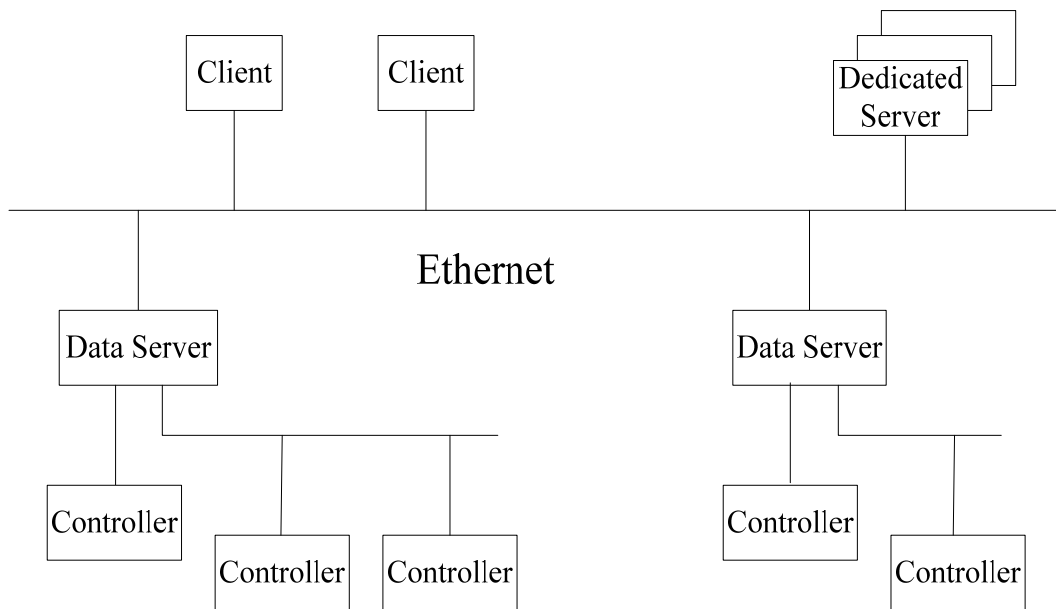
硬體架構在邏輯上可分成 Client 端與 Server 端，Client 端專門負責控制人員和受控設備間的聯繫與溝通，一般在 Client 端會有圖控介面軟體或人機介面(Human Machine Interface, HMI)圖控軟體，控制人員由 Client 端掌控整個系統的即時狀況，並依據警報、報表或其他決策支援工具，再透過 Client 端進行處理[4]。

Server 端之資料伺服器(Data Server)為 SCADA 系統的重要核心，其主要工作在連接 Client 端與現場各 RTU(Remote Terminal Unit)、PLC(Programmable Logic Controller)等控制器聯繫溝通，定時掃瞄各控制器，擷取最新數據資料後。並依據預設的邏輯規則，將數據資料進行加值處理，再分別送至資料庫儲存與 Client 端[4]。

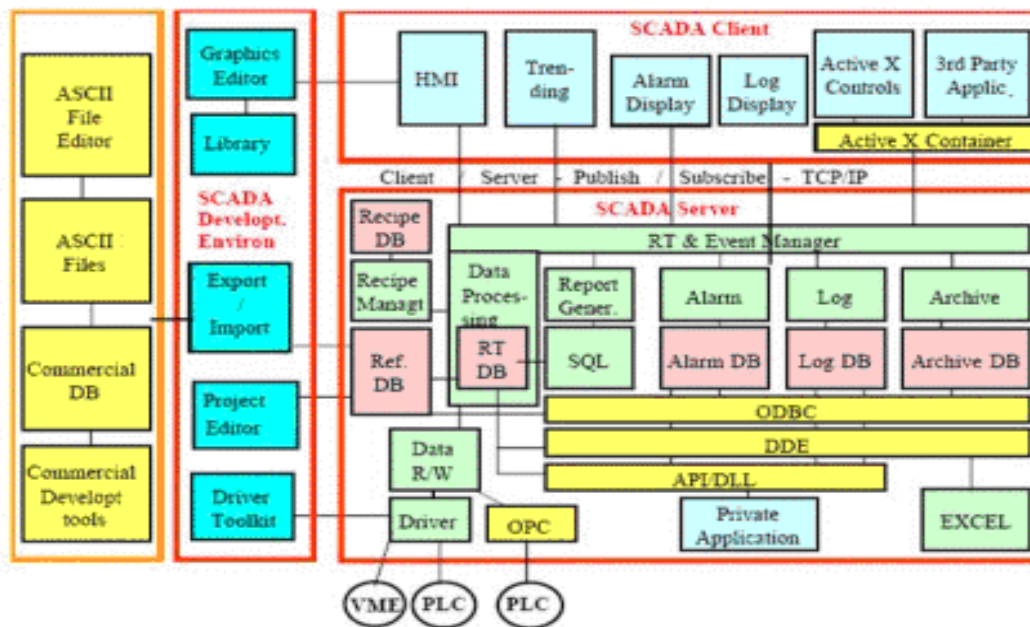
2. 軟體架構

一般是以即時資料庫(Real-Time Database)為資料交換核心，資料伺服器會將各控制器的數據資料寫入即時資料庫中，再由各功能模組向即時資料庫取得資料進行演算處理。由於資料伺服器安裝在工業伺服器上，具備多工能力可同時進行多重任務，大致可滿足效能上的及時要

求。至於伺服器對 Client 端的通訊，多已採用 Publish/Subscribe 和事件驅動方式，在區域網路內可以達到良好的效能[4]。



(a)



(b)

圖 2.1 一般 SCADA 系統之(a)硬體與(b)軟體架構圖[4]

2.3 SCADA之連結

SCADA軟、硬體設備連結方式[5]，如圖2.2所示，大致可歸納成三類：

1. 標準的通訊協定

工業界一般常用的標準通訊協定有 ARCNET(Attached Resource Computer Network), CAN(Control Area Network) Bus, Device Net, Lon Works(Local Operating Networks), Modbus, Profibus[5]。

SCADA軟體和硬體設備的連結，只要使用相同的通訊協定，兩者就可以直接連結溝通，不需要再安裝其他額外的驅動程式[5]。

2. 標準的資料交換介面

工業界普遍通用的資料交換介面有 DDE(Dynamic Data Exchange), OPC (OLE for Process Control) [5]。

使用通用標準的資料交換介面，SCADA軟體經由間接的方式，透過 DDE和OPC內部的資料交換中心(Data exchange center)，和硬體設備溝通[5]。這種連結方式的優點在於，不管硬體設備是否使用通用標準的通訊協定，硬體製造商只需提供一套DDE或OPC的驅動程式，即可支援大部分的SCADA軟體[5]。

3. 專屬的驅動程式(Native driver)

專屬的驅動程式是指專門針對某一特定硬體、目標設計的驅動程式。這種方式，優點是執行效能比使用通用標準的資料交換介面好，但

缺點是相容性不好，硬體製造商必須針對特定的SCADA軟體提供專屬的驅動程式[5]。

以上三種連結方式，只要使用其中任意一種，即可將SCADA軟體和硬體設備結合起來。

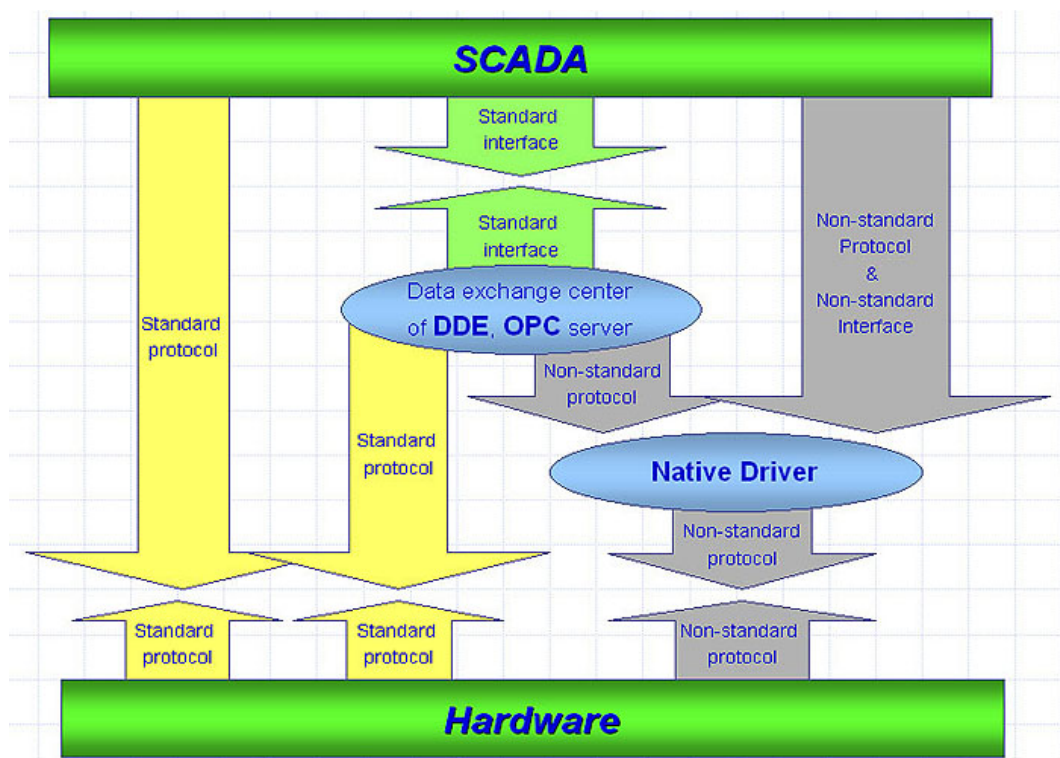


圖2.2 SCADA通訊架構圖[5]

2.4 SCADA功能

SCADA 的基本功能必須包括資料收集、傳輸、Log 歷史記錄、報表產生、與自動警報產生；加值功能則包括針對警報的自動處置、連接相關系統 (如 MIS、MES 或 MRP) 的介面，以及各種與產業領域相關的分析工具模組[4]。

此外，SCADA 系統必須接取來自多種 RTU、PLC 的數據，所以各 RTU、PLC 必須有適合該 SCADA 系統使用的驅動程式，即使沒有，也必須能利用該 SCADA 的開發環境來開發[4]。

第三章 東部水力發電廠系統

3.1 前言

台灣目前發電種類主要有核能、火力、水力及風力發電。核能及火力發電的燃料需仰賴進口，相對地水力發電屬於自產能源，且對電力系統的品質控制有相當大的幫助。台灣地區，雨量充沛，河川坡地陡峻，水力資源豐富，有白煤之稱的水力發電，取之不盡，用之不竭，曾經為本省光復初期之系統主力。台電公司水力發電廠，經整併後共11所，裝置容量總計為4,500MW，如表3.1所示，佔全發電系統總裝置容量的12%，最主要是供尖峰及基載負載用，與火力、核能機組作基載運轉相互配合[6]。

表 3.1 台電公司各水力發電廠裝置容量資料[6] (單位：MW)

火力發電		水力發電		核能發電		風力發電	
廠別	裝置容量	廠別	裝置容量	廠別	裝置容量	廠別	裝置容量
協和	2,000.0	東部	183.0	一廠	1,272.0	中屯	4.8
林口	900.0	蘭陽	26.0	二廠	1,970.0	石門	4.0
深澳	400.0	桂山	111.0	三廠	1,902.0	恆春	4.5
大潭	1,710.4	石門	130.0			大潭	4.5
台中	5,780.0	大甲溪	1,104.0			觀園	30.0
通霄	1,784.8	明潭	1,664.0			彰工	46.0

南部	1,117.8	大觀	1,110.0			台中	8.0
興達	4,326.0	萬大	36.0			台中港	10.0
大林	2,400.0	曾文	50.0				
尖山	129.8	高屏	6.0				
塔山	63.0	卓蘭	80.0				
其他	87.9						
小計	20,699.7		4,500.0		5,144.0		111.8
總計							30,455.5

每一秒鐘水流體積的移動量叫做「流量」，而水從高地流到低地的垂直距離叫做「落差」，又稱為「水頭」。如果水量一定，則落差越高所產生的「水力」也就越大。水力發電係利用水位落差(H)之高低位能，與水流流量(Q)大小，以具有位能或動能的水來推動水輪機，進而帶動發電機轉子磁極，切割定子線圈繞組，產生三相交流電。水位差愈大則水輪機所得動能愈大，可轉換之電能愈高。這就是水力發電的基本原理。水力發電開發方式的種類很多，因地理環境不同而大異其趣。目前台電公司水力發電廠11所，依其運轉型態可區分如下[6]：

1. 慣常式(如圖 3.1 所示)

川流式、調整池式、水庫式。

2. 抽蓄式(如圖 3.2 所示)。

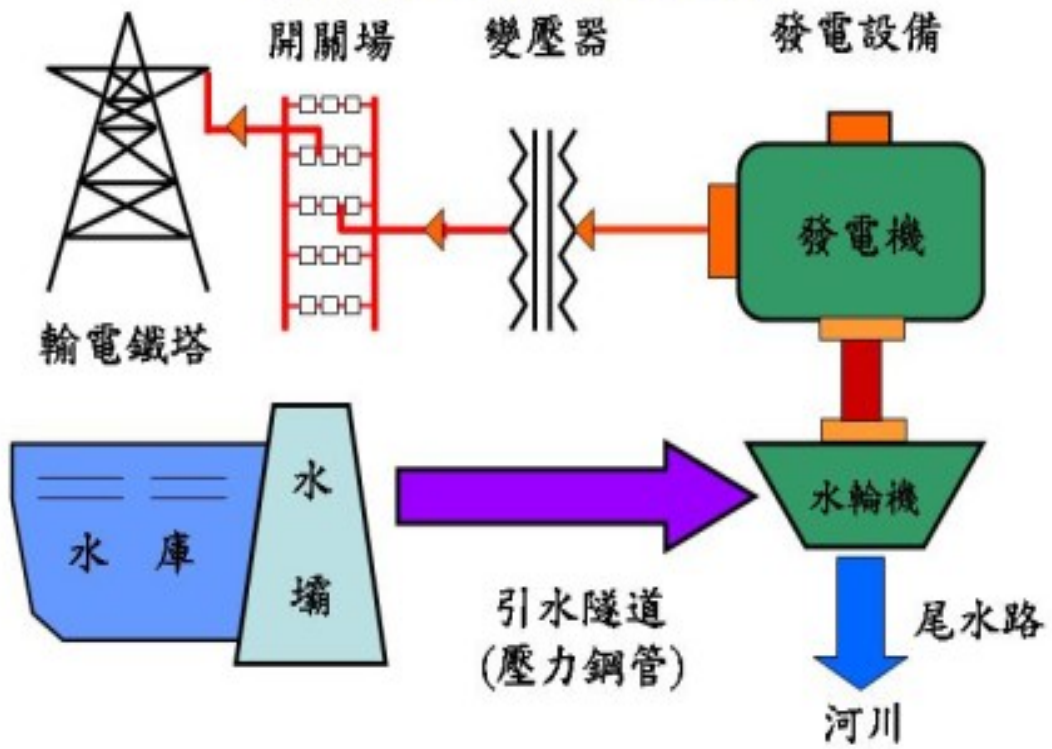


圖 3.1 慣常水力發電流程圖[6]

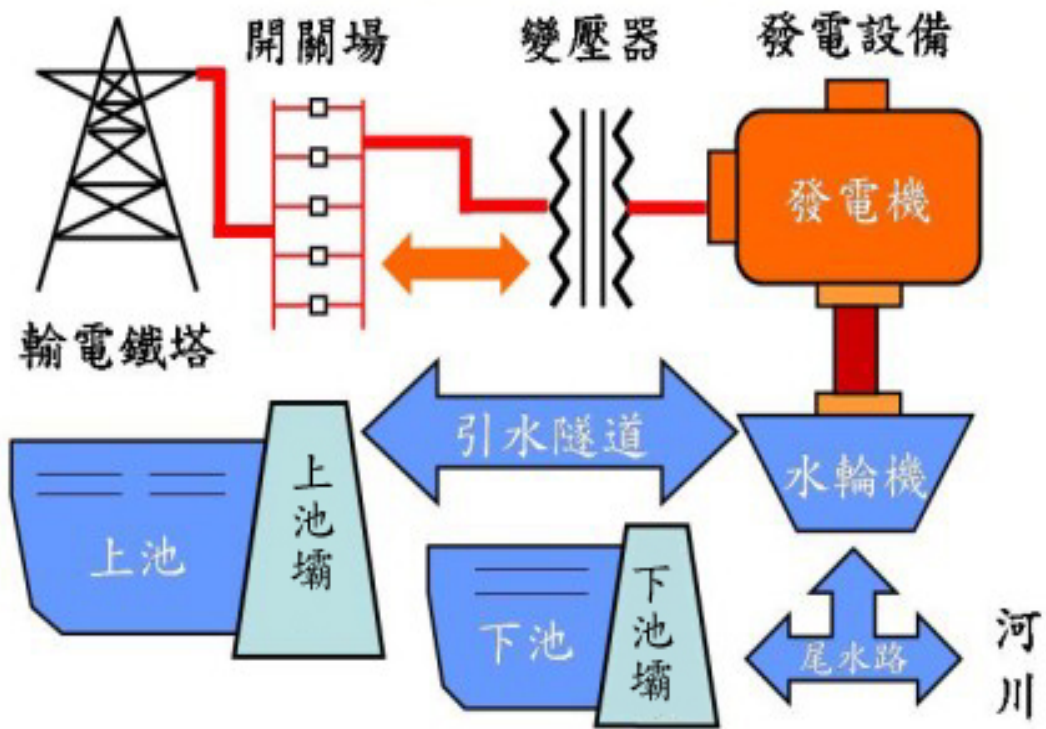


圖 3.2 抽蓄水力發電流程圖[6]

3.2 東部水力發電廠系統發展背景

台灣地區高山峻嶺且多溪川，東部地區更是蘊含豐富的水源，為發展水力發電的理想地點。尤其以水豐陡急的木瓜溪、清水溪、壽豐溪與立霧溪等 4 條溪流，因河川特性適合發電，日治末期日人就在東部發展水力發電計畫，分別在西元 1937 年於清水溪建立「清水發電廠」，此電廠為東部最古老的水力發電廠；西元 1939 年在木瓜溪興建「銅門、初音(光復後改名「初英」)」等發電廠；並於西元 1940 年在立霧溪興建「立霧」發電廠。民國 35 年 5 月 1 日臺灣電力公司成立，台電公司延續原有發電廠加以修整，至民國 38 年逐一修復，並開始擴建與開發新電源。

臺灣電力公司於民國 40 年 10 月成立「東部發電區管理處」，負責督導東部 6 座水力發電廠、輸電線路及花蓮變電所之營運與維護事宜。民國 66 年 2 月改組為東部電力處，業務範圍除原有發電及輸變電之營運與維護外尚包括木瓜溪及立霧溪水力發電計畫工程之執行。民國 76 年 8 月因木瓜溪水力發電工程早已完工，而立霧溪工程則因景觀問題暫緩興辦，又由於東部輸變電業務之擴增，基於專業化之原則，將此項業務分別歸由花東供電區營運處接管，改組為東部發電處僅負責東部地區各發電廠(如圖 3.3)之營運與維護。民國 90 年因組織重整又改為東部發電廠[7]。



圖 3.3 東部發電廠轄區廠、壩位置圖[7]

3.3 東部水力發電廠系統之介紹

東部發電廠位於花蓮市區中心，轄下包括十座水力發電廠 16 部機組，分別位於花蓮縣境內之立霧溪、木瓜溪、清水溪與壽豐溪流域。有立霧溪的立霧廠、木瓜溪的龍溪、龍澗、水簾、銅門、榕樹、初英、清水溪的清水、清流、與壽豐溪的溪口等廠。東部水力發電廠總裝置容量為 183,000 瓩[7]。表 3.2 為東部發電廠各機組之概況。

表 3.2 東部發電廠各機組之概況一覽表[7]

廠別	裝置容量 (KW) *機組	有效落差 (M)	用水量 CMS	建廠年月	地下 電廠	尖峰 電廠
龍溪	4,700*1	242.0		2.40	74.11	⊙
龍澗	48,600*2	855.0	#1 #2	6.93 6.67	48.06 73.07	⊙ ⊙
水簾	9,500*1	69.6		16.68	74.03	⊙
清水	2,500*2 2,000*1	406.0	#1,2 #3	0.84 0.60	30.09 28.06	
清流	4,200*1	105.0		4.90	72.10	
銅門	7,000*3	158.0	#1 #2,3	5.57	44.01 44.07	⊙
榕樹	2,700*1	20.0		16.64	56.02	
初英	2,000*1	19.5		15.75	30.02	
溪口	2,700*1	39.6		8.30	49.05	
立霧	16,000*2	118.0	#1 #2	18.00	40.12 43.03	⊙
合計	183,000					

3.3.1 東部水力發電廠之特色[7]

1. 地下廠房：龍溪、龍澗、水簾、銅門電廠。
2. 尖峰電廠：龍澗及立霧電廠，其調整池容量各為 20 萬及 34 萬立方公尺。
3. 遠東最高落差電廠：龍澗電廠，落差為 855 公尺。
4. 台灣所有水力機組電水比最高：龍澗 1.9480 度/m³。
5. 水力機組型式最多：佛蘭西斯、佩爾頓、卡布蘭，如圖 3.4 所示。
6. 由國人製裝電廠：清流、水簾電廠由大同公司製裝。龍溪由遠東機械

公司製裝。

7. 各電廠例行性之大修、檢驗及試驗工程由東部發電廠自行負責。

8. 典型川流式水力電廠，尾水供下游電廠發電：

(1) 龍溪→龍澗→水簾→銅門→榕樹→初英。

(2) 清水→清流。



圖 3.4 佩爾吞、佛蘭西氏與卡布蘭等水輪機[7]

3.3.2 東部水力發電廠之效益[7]

1. 東部發電廠 10 座水力廠年發電量達 10 億度。

2. 龍澗、立霧等尖峰電廠，可隨電力系統之調度需要取水發電，並可調

整無效電力，提供良質穩定之電力。

3. 初英、溪口等電廠其發電尾水導入下游供農田灌溉，面積達 5 千公頃，充分利用水資源，嘉惠農民。

4. 東部發電廠對地方供電穩定及區域電力平衡效益相當大。

3.3.3 東部水力發電廠之經營管理[7]：

1. 實施電廠集中保養制度(含大修工程)：

- (1) 精簡電廠維護人員。
- (2) 提高維護品質及生活水準。
- (3) 減低維護成本。
- (4) 安定員工生活。

2. 推行電廠自動遙控化(如圖3.5)：

- (1) 78年3月完成銅門區域五電廠集中遙監控系統工程，81年4月溪口電廠納入本系統監控。
- (2) 87年8月完成龍澗區域三電廠集中遙監控系統工程。
- (3) 90年9月完成銅門轄區汰舊換新並延伸到東部發電廠遙控中心集中遙控。
- (4) 91年12月完成龍澗轄區提升並將其遙控系統納入東部發電廠遙控中心集中遙控。
- (5) 民國92年底將立霧廠納入東部發電廠遙控中心管理。



東部發電廠遙控中心



銅門廠副控中心



龍澗廠副控中心

圖3.5 東部水力發電廠遙控中心與各副控中心

3.4 東部水力發電廠系統之架構

東部發電廠之運轉型態為貫常式水力發電系統，如圖3.6所示，慣常水力發電的流程為：河川的水經由攔水設施擷取後，經過壓力隧道、壓力鋼管等水路設施送至電廠，當機組運轉發電時，首先打開主閘(類似自來水龍頭之功能)，再開啟導翼(實際控制輸出力量的小水門)使水衝擊水輪機，水輪機轉動後帶動發電機旋轉，在發電機加入勵磁後，發電機建立電壓，並於斷路器投入後開始將電力送至電力系統[8]。如果要調整發電機組的出力，可以調整導翼的開度增減水量來達成，發電後的水經由尾水路回到河道，供給下游的用水使用[8]。

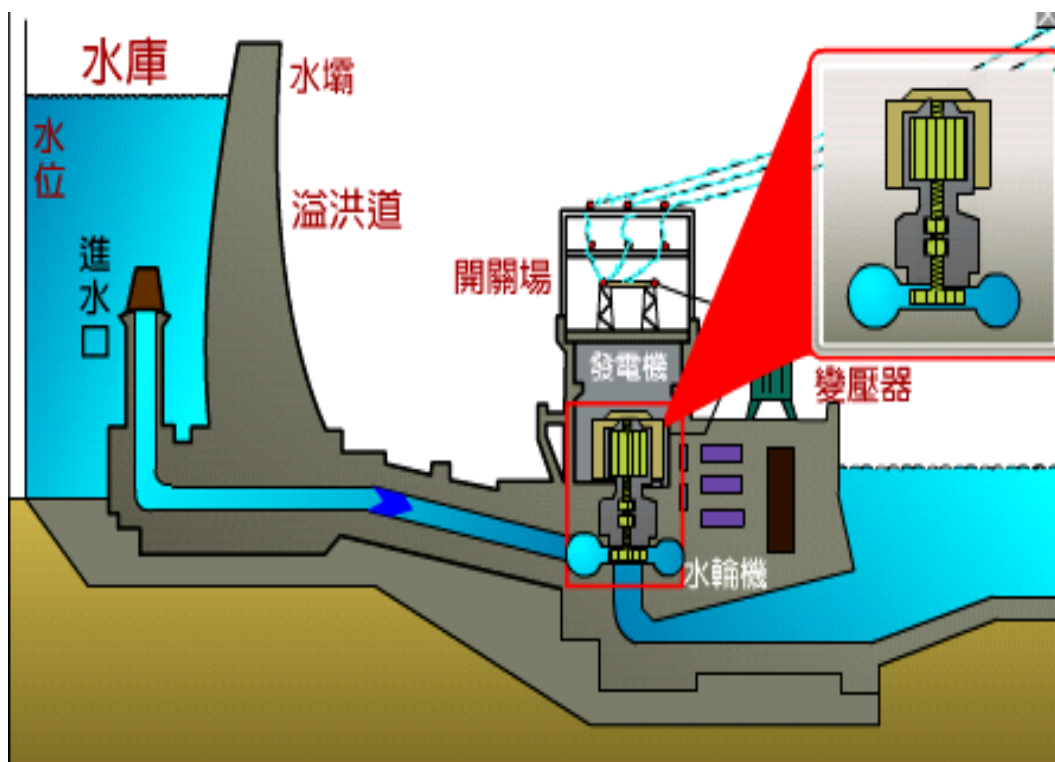


圖3.6 水力發電系統示意圖[8]

3.4.1 水路設備[8]

水力發電之主要設備為水路設備。水路設備可分為：引水設備與制水設備。引水設備包括水壩、取水口、沉砂池，輸水管路、隧道、渡槽、前池、壓力鋼管及尾水路等。制水設備包括制水設備包括溢洪道、壩頂閘門、制水閘門與排砂門等。

3.4.2 水輪機設備[9]

水輪機是把水流的能量(動能、位能和壓力能)轉換為機械能的動力機械。它是屬於流體機械的透平機械(Turbomachinery) [9]，它的共同特

點是裝有葉片的轉子作高速旋轉運動，流體流經葉片之間通道時，葉片與流體之間產生力的相互作用，藉以實現能量轉化。

現代水輪機則大多數安裝在水力發電廠內，用來驅動發電機發電。在電廠內，上游水庫中的水經引水隧道、壓力鋼管引向水輪機，推動水輪機動輪旋轉，進而帶動發電機發電。水輪機的輸出功率 P (千瓦)按下式計算：

$$P=9.804HQ\eta \quad (3.1)$$

其中 H 為流向水輪機的有效落差(公尺)， Q 為流向水輪機的水流量(公尺³/秒)， η 為水輪機的效率，即水輪機的輸出功率與輸入功率之比。

根據公式(3.1)，有效落差越高、流量越大，水輪機的輸出功率也就越大。而現今水輪機除了利用水本身的落差所產生的位能外，還採用噴射及葉片或水斗方式，以衝擊或反擊的作動原理，將壓力能轉變為動能，然後藉用水輪機的軸帶動發電機運轉，其轉速須配合發電機的同步轉速。而水輪機也就是利用水的位置水頭、壓力水頭及速度水頭讓水輪機運轉。

由於各水力廠的地點的落差高低以及水量多寡的差異，為了求最有效的利用，因而水輪機的設計也各不相同。依作用方式的不同，水輪機可分為兩大類：衝擊式(Impulse Type)和反擊式(Reaction Type)。

3.4.3 水輪調速機設備

水輪速度調速機，是水輪發電機組重要設備之一，承擔啟動、停機、緊急停機、增減負載等任務；並依實際負載需要調整流入水輪機的流量，使機組轉速保持恆定，以便供給系統固定的頻率，如此電力系統能夠正常運作，所以調速機的控制必須是靈敏準確的。目前在東部發電廠還有水簾、清流與榕樹等廠還在使用機械式調速機，調速機可分成機械式、電氣式與電子式等三類。

3.4.4 發電機設備

水力發電係以水輪機為原動機順勢帶動發電機旋轉，將水的位能經水輪機，而再轉換成電能的設備。發電機乃是把機械能轉換為電氣能的機器，依弗來明右手定則得知：磁力線由右向左，導體與磁力線成直角由下向上切割，中指的方向即由對方向面前產生感應電動勢。

交流發電機是以鐵製圓筒內側挖溝，嵌入銅線繞成的線圈，內部的電磁鐵以軸承支持，由外部使其旋轉，旋轉電磁鐵通入直流電以匯流環及電刷導入電流。當磁力線與導體之相對運動時線則產生感應電動勢。在轉子轉動一圈，線圈感應電動勢變化，如圖 3.7 所示。

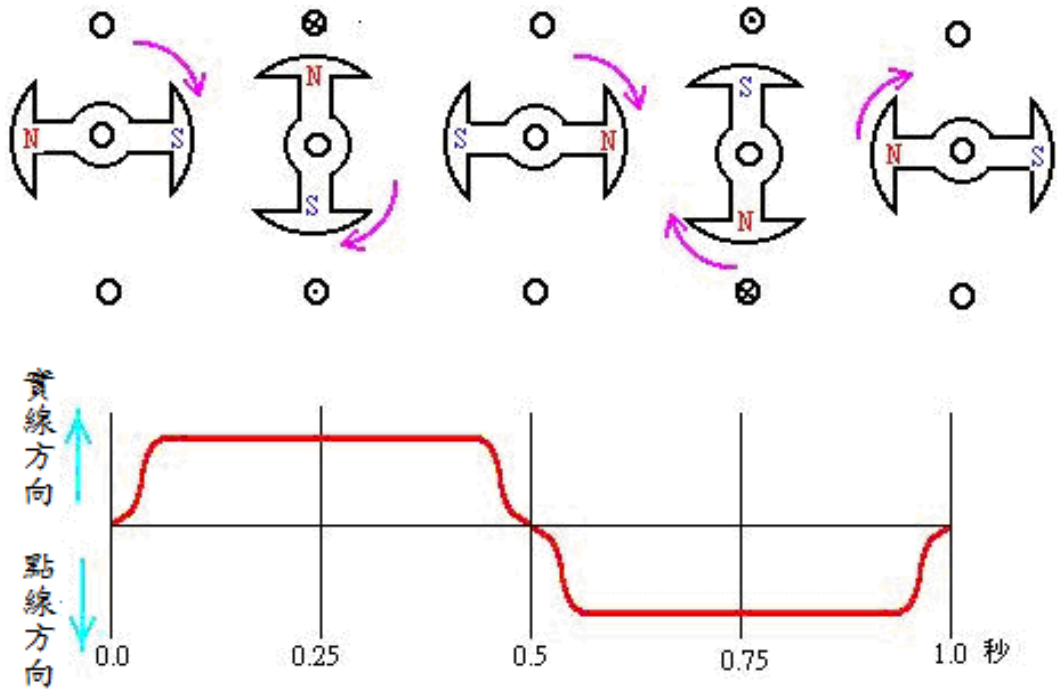


圖 3.7 線圈感應電動勢變化

1. 三相發電機

當發電機的電樞鐵芯(靜子鐵芯)平均做成六個溝，各相差 60° ，會形成三個相差 120° 線圈，當轉子轉動一圈即產生三個相差 120° 的交流電。

2. 感應電勢

電樞線的感應電勢波型與磁場的磁通密度波型相似，一般為正弦波，可用下式表示之：

$$e = \sqrt{2}E(\sin\theta) = \sqrt{2}E\sin 2\pi ft \quad (3.2)$$

$$E = 4.44Z\phi f \frac{K_p K_b}{K_\phi} \quad (3.3)$$

E = 每相電勢有效值

e = 每相電勢瞬間值

K_{ϕ} = 磁通分佈係數

Z = 每相串聯線圈匝數

K_p = 電樞線圈短節繞係數

K_b = 電樞線圈分佈繞係數

f = 轉速或頻率

ϕ = 每極磁通

3. 頻率

當兩極發電機，線圈轉動一圈其所產生的電動勢波型，剛好指電動機有 p 個磁極的線圈每秒轉一圈則產生 $p/2$ 週電勢，每秒轉 n 轉，則產生 $n \times p/2$ 週電勢，而一秒鐘的交流週數叫頻率或週率，以 f 表示之

$$f = n \times p/2 \quad n = rps \quad (Hz)$$

$$\text{或 } f = N \times p/120 \quad N = rpm \quad (Hz) \quad (3.4)$$

同步轉速是指當欲產生頻率 f 的交流電動勢時，線圈每分鐘轉速為 $120f/p$ 時，此轉速 N 稱為同步轉速。同步轉速依磁極和頻率而定，以同步轉速運轉的發電機叫同步發電機，產生交流電勢的發電機叫同步發電機。依上式得知，當頻率固定時，轉速提高時磁極可以減少，即體型可以變小，各種水輪機各有轉速上的限制，一般多在 200~900 r.p.m 範圍內，故其極數較多，約需 36~8 極。而汽輪機適合於高速運轉，故其極數很少，如 60Hz、3600 r.p.m 時只須 2 極。

4. 交流發電機的分類

(1) 依旋轉磁場和磁極形狀之分類：

- a. 轉樞型：少用。
- b. 轉磁型：外側磁極型(因具飛輪效果，偶用於引擎發電機)、內側磁極型、突極型(用於水輪機為原動機的發電機)、全極型(多用於透平為原動機的發電機)。

(2) 依主軸放置方式分類：

- a. 橫軸式：適用於高落差或中容量以下水輪發電機或透平發電機。構造較豎軸簡單，但機械安裝床面積及建築物較大。圖3.8為橫軸式發電機組。



圖3.8 橫軸式發電機組

- b. 豎軸式：大容量水力發電均採用豎軸型；發電機可裝設在洪水面

上，水車設在下部，故可有效地利用水落差。且裝機床面積小，建設費低。當發電機容量較大，搬運時重量尺寸受限制時，則易將靜子分塊搬運。圖3.9為豎軸式發電機組。



圖 3.9 豎軸式發電機組

(3) 依外殼及冷卻方式之分類：

- a. 開放自冷型：係將機體四週空氣直接吸入發電機內，冷卻經轉子後排出機外，因直接排入室內故室溫易上升、噪音大、機體內部易髒，停機易吸收濕氣引起絕緣性下降，普通限用於小容量電機。
- b. 開放通風型：冷卻空氣在吸入或排出一方有通風道者，將熱風排出室外。

- c. 密閉通風型：吸入及排出方皆有通風道，將室外乾淨的冷空氣引入冷卻後再排至室外，可避免室溫上升及噪音問題，常採用於中容量機組。
- d. 密閉內冷型：密閉內冷型在發電機坑內設水冷式通風冷卻系統，在發電機出風口之高溫空氣經冷卻器冷卻後，再送回發電機吸入口使用，不排入大氣中。

(4) 同步發電機並聯運用的條件：

- a. 感應電勢大小需相等。(以電壓錶檢定及同步檢定器之)。
- b. 感應電勢的相位角需相等。(同步燈(含檢查相序)，同步檢定器)。
- c. 感應電勢的頻率需相等。(同步燈(含檢查相序)，同步檢定器)。
- d. 感應電勢的波形需相等。(製造時已設計好不需再檢查)。
- e. 感應電勢的相序需相等。(相序檢定器或使用三相感應電動機)。

(5) 阻尼線圈之功用(同步電動機凸極面裝設阻尼線圈)

- a. 可使同步電動機以感應電動機方式起動。
- b. 往復機械推動之發電機或帶動脈衝負荷之電動機，可藉阻尼線圈之阻尼作用減低震動。
- c. 對短路或開關操作引起之轉子振盪產生之阻尼作用。
- d. 可產生額外轉矩，以利發電機之同步化。
- e. 當發電機有不平衡故障時，可產生煞車轉矩。

f. 可抑制諧波並於不平衡負載下，維持端電壓之平衡。

g. 阻止磁極之磁束變化，可防止磁極過熱。

5. 感應發電機

(1) 特徵：感應發電機最顯著的特徵為運轉簡單，啟動感應發電機始達適當速度時，即可關閉斷路器加入系統運轉。感應發電機本身無控制電壓、頻率或無效電力之能力。功率輸出乃為轉差率(Slip)之函數，且與原動機輸入，系統頻率及電壓有關，故系統必須有足夠之同步能力以控制此等因素，使感應發電機能獲得適當之運轉。

(2) 構造：感應發電機之靜子構造(電樞繞組)與同步發電機相同，轉子則為鼠籠式，構造簡單且堅固，唯感應機無磁場繞組，所需之激磁電流須由其所連接之系統供給，故系統須有供給感應發電機建立氣隙磁通所需滯後無效電力(KVAR)之能力。此等無效電力可由系統上過激之同步機或並聯電容器供給之。若採用並聯電容器，以系統觀點而言，最適當是裝在發電機端，但對自激磁問題需加以考慮。

(3) 感應機係由原動機拖動之，當轉子轉速至等於同步速率時，轉子導體與旋磁通間無相對運動，轉子之感應電壓及電流均為零。若再增高轉速時，轉子導體與旋轉磁通間之相對運動向與前(即轉子

轉速低於旋轉磁通之情況) 相反。故轉子之感應電壓與電壓亦反向。在此情況下轉差率變為負值(即轉子轉速高於磁通轉速)。由原動機供給之軸轉矩，經氣隙移給定子，轉變為電功率輸送至所連接之電力系統。故淨功率輸出乃為轉子輸入功率減去電機內部損失功率之淨值，而為轉差率之函數。

(4) 短路比 K_S ：指同步轉速下電機產生無載額定電壓所須的勵磁機電流 I_{Fn} 。

$$K_S = \frac{\text{無載額定電壓所需勵磁機電流 } I_{Fn}}{\text{三向短路電流達額定電流值之勵磁電流 } I_{Fs}} \quad (3.5)$$

- a. K_S 大者：須擁有較多磁束，且尺寸大，價格高。
- b. K_S 小者：須擁有較多線圈數，尺寸小，價格廉。
- c. 水輪發電機的短路比 0.8 ~ 1.2。
- d. 汽輪發電機的短路比 0.6 ~ 1.0。

(5) 短路比與電機特性

- a. 短路比小：同步阻抗較大，電樞反應較劇。
- b. 短路比小：電機之安定度差。
- c. 短路比小：過負載之能力較小，電壓變動率大，易發生自激現象。

(6) 電壓變動率：交流發電機在勵磁及轉速保持不變時，由額定出力至無負載狀態電壓變動與額定電壓百分比。電壓變動率隨負載電流之功率因素而異。

(7) 現有裝 A.V.R :

故 功率因數 $p.f = 1$ 時，變動率為 18 ~ 25%

$p.f = 0.8$ 時，變動率為 20 ~ 30% (max < 30%)

(8) 減少電壓變動率之方法：

- h. 電機之短路比要大。(電樞反應小)。
- i. 提高磁氣飽和度。(勵磁容量大，且磁氣飽和率小)。
- j. 電樞之安培匝數要小。

(9) 發電機之作動(如圖 3.10)：

- a. 調整水車導翼開度：增減有效電力輸出。
- b. 調整勵磁電流大小：增減有效電力輸出。

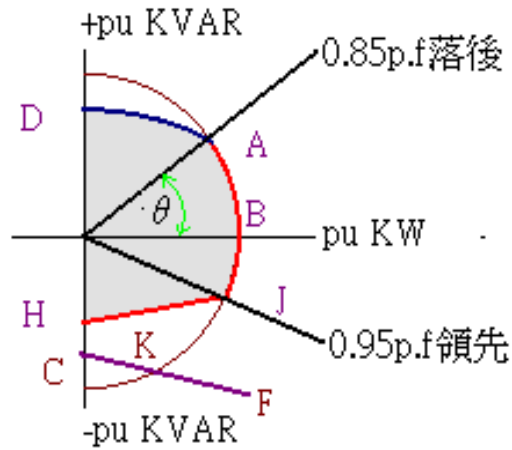


圖 3.10 發電機之作動

DA：磁場電流限制(過熱)。

AJ：電樞電流限制 (過熱)。

JH：電樞端部電流限制(過熱)。

(水輪發電機轉子構造不同，故無此項端部過熱顧慮)

CK：靜態穩定限制。

3.4.5 勵磁系統設備[10]

目前東部發電廠有勵磁系統的同步機組都是採用台電修護處的產品。除了清水機組為數位訊號處理外，其他均為類比卡片式的系統。發電機的磁場線圈為直流產生裝置供給電力，激磁系統控制發電機的磁場來控制發電機的端電壓。基本功能有：

1. 供給旋轉磁場之直流電力。
2. 控制發電機輸出電壓、功因、無效電力。
3. 對發電機和系統提供選擇性的保護和補償，預防及指示發電機不正常運轉。

基本的激磁控制系統，如圖 3.11，壓調整器、手動控制。手動控制是控制勵磁機輸出端電壓或電流大小，一般稱之為「手動電壓調整器」，主要是使勵磁機輸出至發電機的磁場線圈的端電壓和電流恆定，需要人員手動操作。自動電壓調整器(AVR)乃發電機端電壓變化時，檢出誤差回授給系統加以補償。類比式電路使用較多的離散元件，較易損壞，不易查修。故目前將逐步改用以西門子 S7 系列為核心的數位化激磁系統。

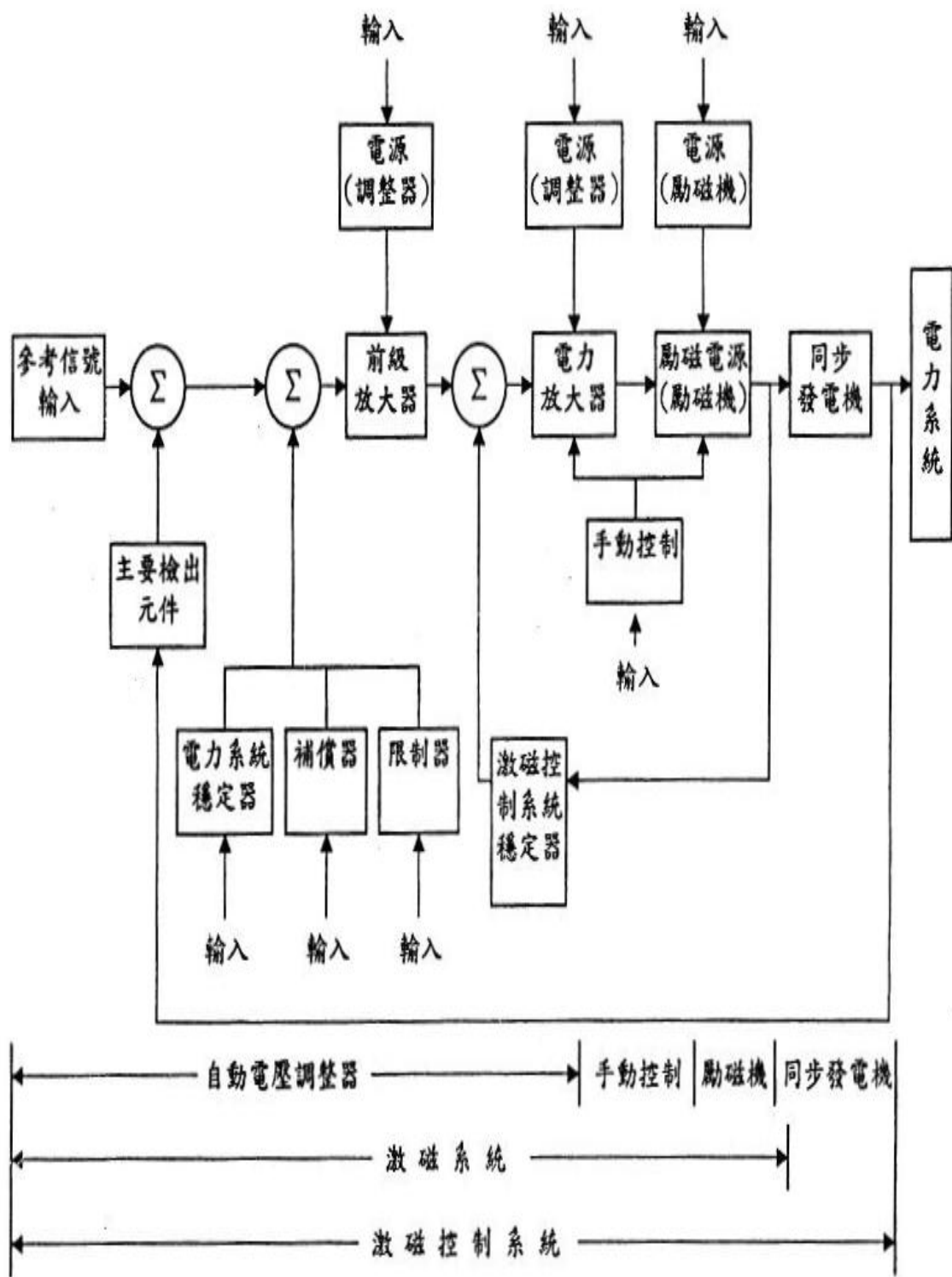


圖 3.11 勵磁系統方塊圖[10]

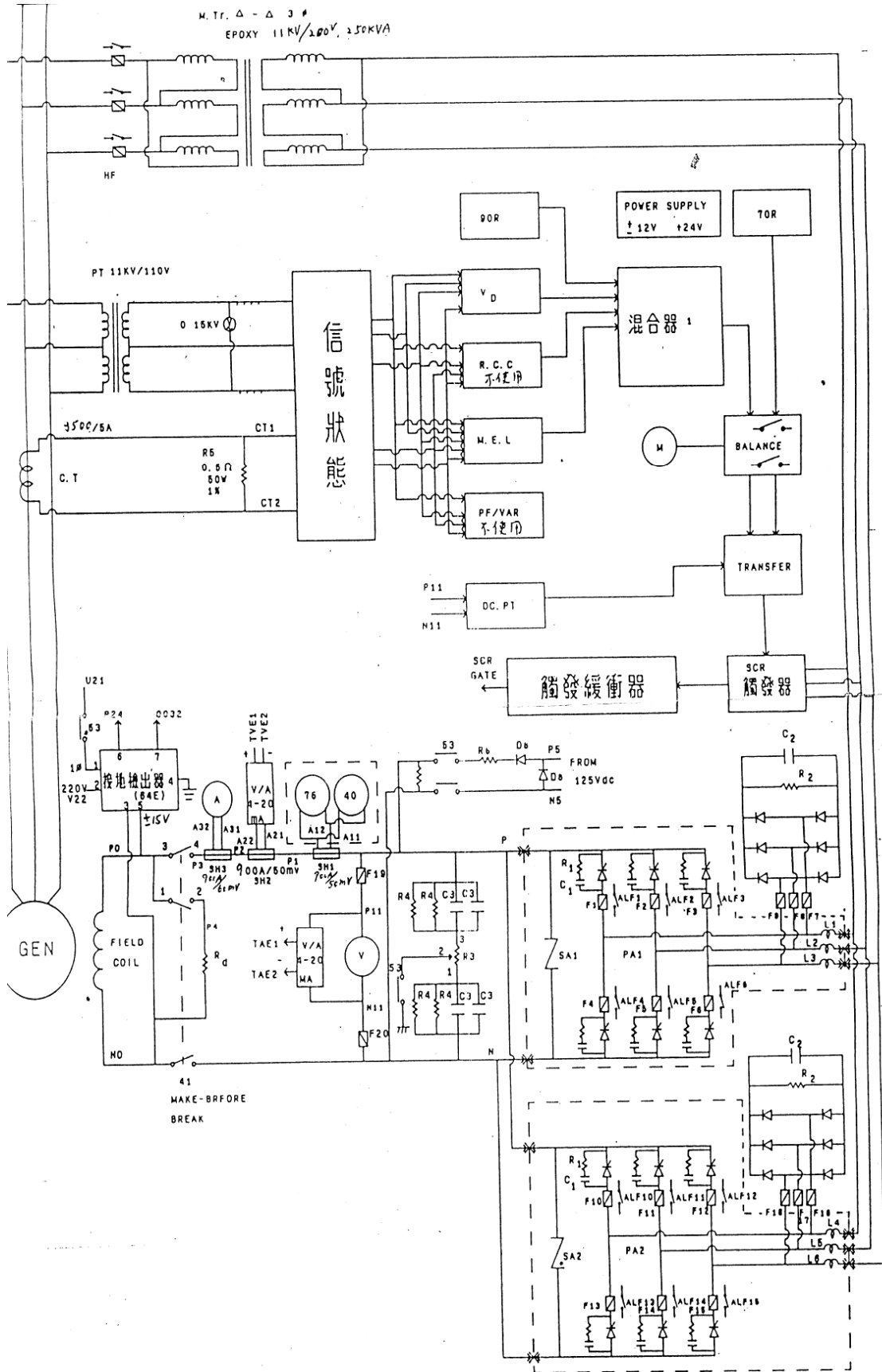


圖 3.12 勵磁系統線路圖[10]

由觀察圖 3.12 可看出其運作原理。在發電機啟動達到額定轉速百分之八十後，系統投入 41, 53 電驛，使蓄電池的直流電送入勵磁線圈中，使發電機達到端電壓，投入勵磁變壓器達到自激後再將蓄電池的電驛 53 切掉。平常運作的 SCR 輸出盤，如圖 3.13，並保有一組可做備品。但有的廠沒有勵磁變壓器，只好取營業區處的配電線來當勵磁電源，如溪口機組。



圖 3.13 勵磁機觸發控制系統部份與 SCR 輸出部份

3.4.6 變壓器及附屬設備

1. 變壓器(Transformer)

變壓器主要是用來傳遞電能也是發電廠內不可或缺的設備之一。在電力系統中，發電廠利用升壓變壓器將電壓升高，用高電壓傳輸電能，以提高輸電效率；而在用電地區則利用降壓變器來降低電壓使用。

最簡單的變壓器，如圖 3.14，是由兩個分別纏繞在同一個鐵心的線圈所構成，連接電源的線圈稱為一次線圈(Primary)，而連接負載的線圈稱為二次線圈(Secondary)。當一次線圈接上交流電源，於該線圈通過的電流會在鐵心中產生磁通量變化，另一端的二次線圈會因為感應的電動勢(emf)，而產生另一個相同頻率的交流電[11]。

依據公式(3.6)「法拉第定律(Faraday's Law)」說明感應電動勢與磁通量以及線圈匝數的關係，其中 ε 為感應電動勢， N 為線圈匝數， Φ_B 為磁通量。在理想情況下，線圈每一匝的磁通量 Φ_B 皆相同，因此 $\frac{d\Phi_B}{dt}$ 亦為相同，故感應電壓與線圈匝數成正比(公式(3.7))，若二次側線圈數(N_2)大於一次側線圈數(N_1)，則該變壓器為「升壓變壓器(step-up transformer)」，反之若 $N_2 < N_1$ 則為「降壓變壓器(step-down transformer)」[11]。

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.6)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (3.7)$$

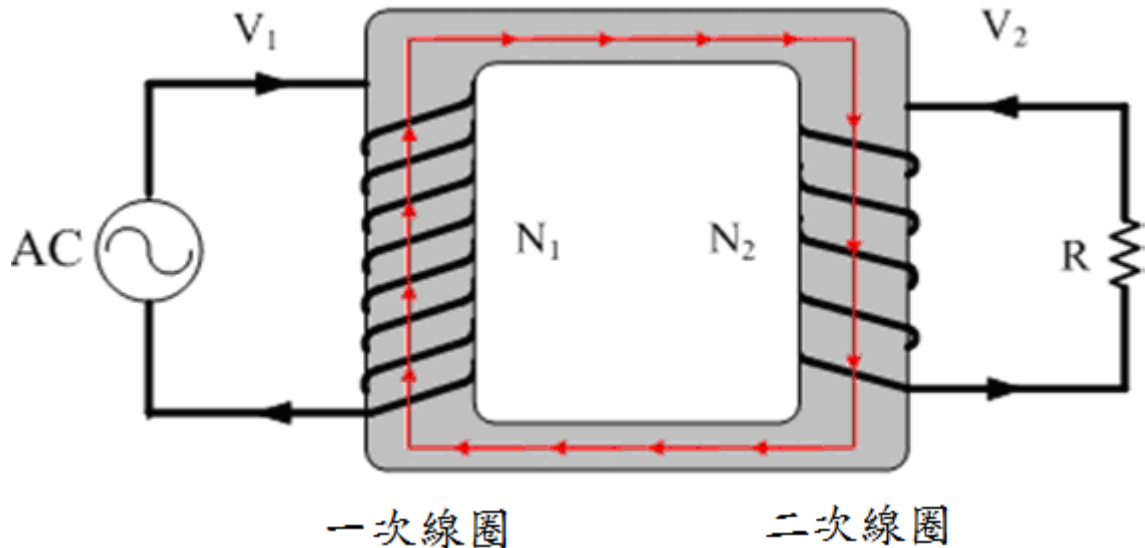


圖 3.14 變壓器原理示意圖[11]

三相變壓器的繞組有兩種接法，分別是 Y 接法(如圖 3.15)和 Δ 接法(如圖 3.16)，在 Y 接法中三個相繞組的一端連接成共同點，稱為中性點 (N)，另一端則分別接到三相接線；在 Δ 接中三個相繞組連接成封閉的回路。變壓器的三相連接法較普遍的有下列四種：

- (1) Y-Y 接法：變壓器的一次、二次側均採用 Y 接，若中性點不接地則當負載不平衡時中性點的電位會游動，如果發生單相接地故障時，將造成其餘兩相的相電壓增大到線電壓的值，此時若絕緣不良，則在套管引線處會造成絕緣破壞，此接法之優點為短路故障

電流小，可節省開關設備的投資，對通訊系統不會產生干擾。若中性點接地，則中性點電位保持穩定，且可藉中性線作三相四線式輸電，安全度高，但對通訊系統產生干擾，短路故障電流較大，開關設備投資較大，目前較少採用。

- (2) Δ - Δ 接法：一次、二次側均採用 Δ 接，由於激磁電流的三次諧波有迴路可通，因此感應電勢較近似於正弦波，若遇某一相故障或檢修拆下時，仍可利用其餘兩相繞組改變為V-V接法，持續作三相供電，可靠度提高。但因為沒有接地，容易產生異常電壓，對事故之檢測保護工作較難處理。
- (3) Y- Δ 接法：一次側為Y接法，二次側用 Δ 接，如將一次側之中性線去掉，電壓波形雖欲畸變，但由於此畸變電壓而產生第三諧波電流於 Δ 環路中，正好能補充原先第三諧波激磁電流之不足，而修正磁通為正弦波形，因此即使將中性線省掉電壓波形仍保持良好。
- (4) Δ -Y接法：一次側為 Δ 接，二次側用Y接，此種接法之變壓器中，激磁電流之第三諧波可環流於 Δ 接一次側電路內，其磁通及電勢均為正弦波，無畸變之虞。

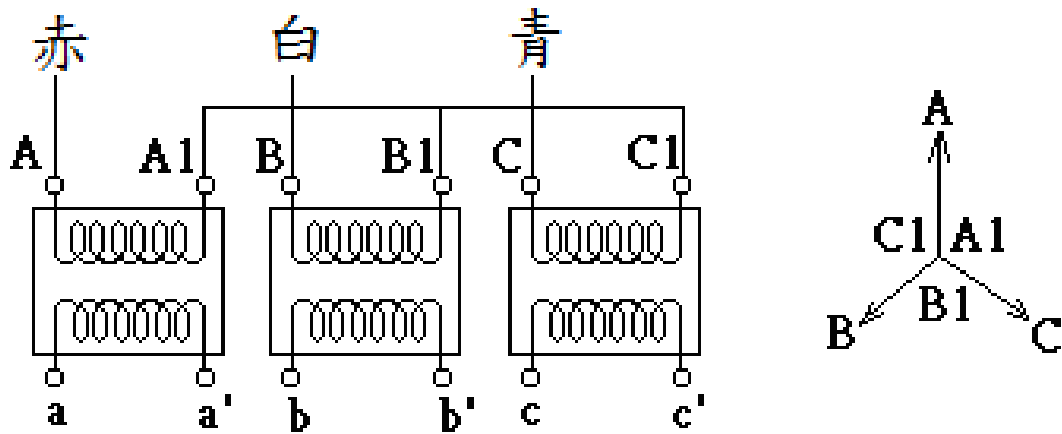


圖 3.15 三相變壓器的繞組 Y 接法

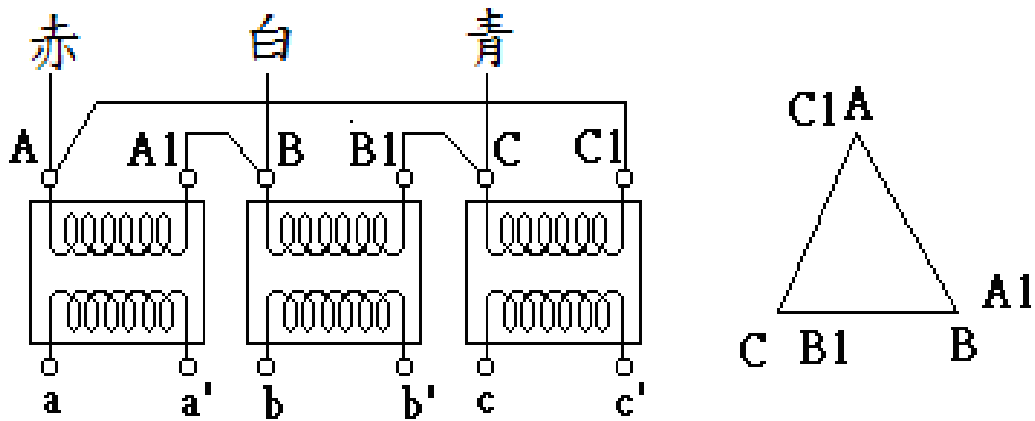


圖 3.16 三相變壓器的繞組 Δ 接法

2. 比壓器(Potential Transformer, PT)

當線路電壓很高，無法直接連接電壓計或電驛等裝置所需電源時，使用比壓器，將線路電壓降低，以利取安全電壓。

比壓器是經由精確的降壓比來測量系統的電壓，為了提昇測量的準確性，必須儘量的降低負載效應，因此電壓錶應具備高阻抗以減少流入比壓器的電流。通常在比壓器的一次側會裝設有熔絲(Fuse)以確保系統

的安全及隔離操作時的便利性。一般比壓器二次側的額定電壓為 120V，如圖 3.17。

比壓器的二次測電路，無論如何不可短路。短路將產生大電流，燒毀線圈。負載不可超過負擔以上，否則正確度變差，例如指示燈、表示燈等之電源，應避免由比壓器來接用。

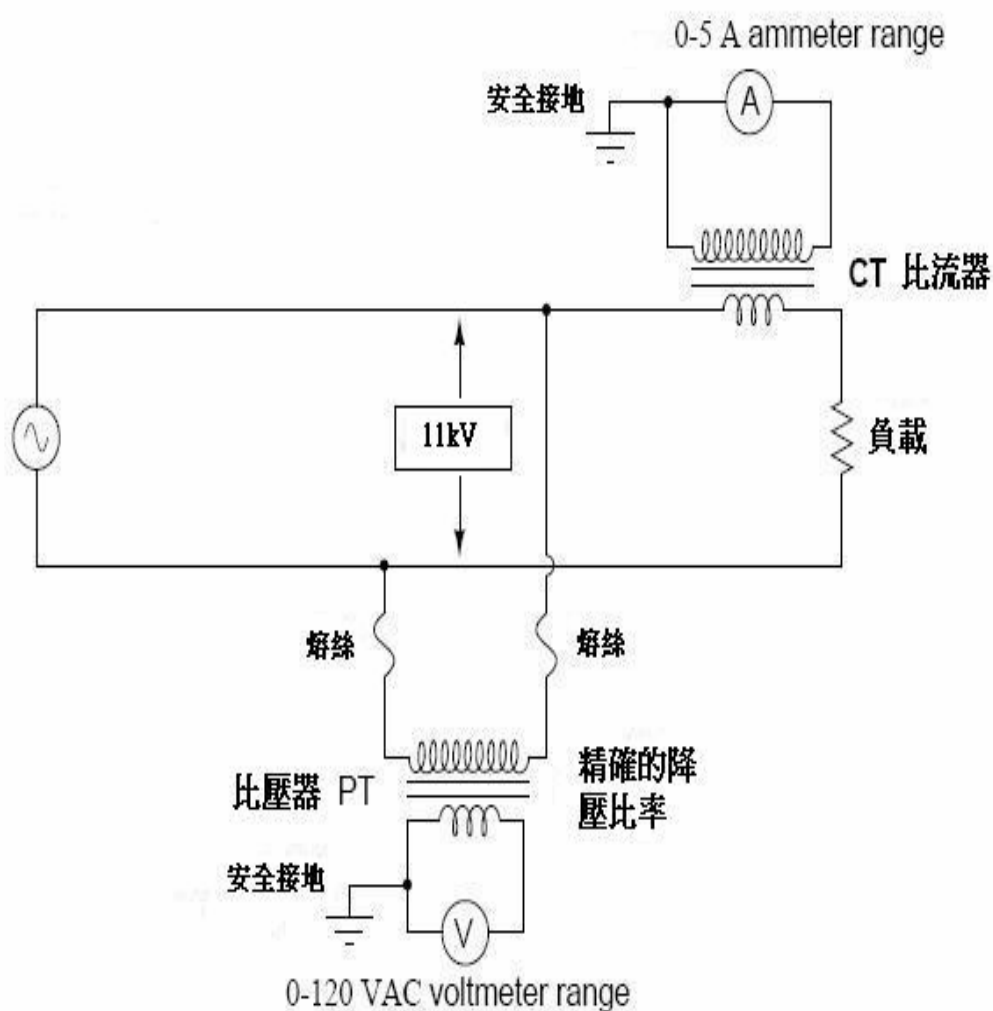


圖 3.17 比壓器及比流器在儀錶電路上的應用

3. 比流器(Current Transformer, CT)

比流器係將主電路之大電流變成儀器、電驛動作的小電流使用，利用此原理所製成的比流器，可將一次側的大電流變換為適當的小電流，以利測定。一般比流器的二次側額定電流值為 5A。

雖然比壓器利用的是降壓原理以降低測量的電壓，但在比流器上是藉由昇壓來降低測量的電流，所以在比流器的二次端會有較高的電壓，因此不可以在二次端開路的情形下操作，以免所產生的高壓對設備和人員產生危害。通常在比流器的二次側於配電盤裝設 PK2，當電流儀錶需要拆裝或維修時，須將 PK2 插座抽出短路片會自動將 CT 側回路短路，以防拆裝或維修時開路，如圖 3.18。

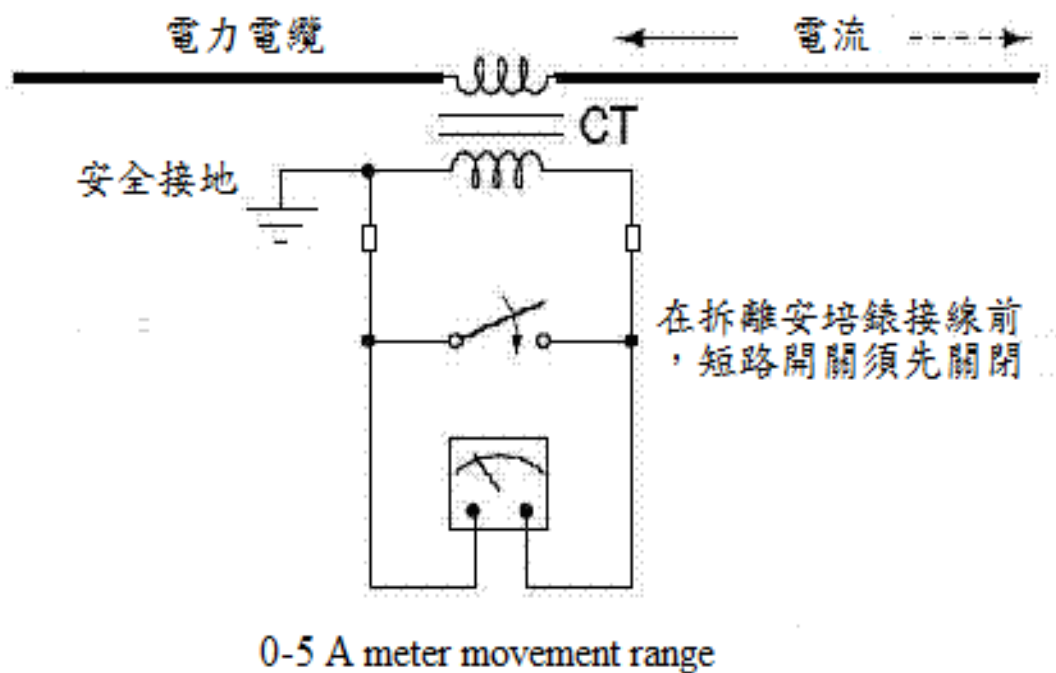


圖 3.18 比流器及短路開關安裝位置圖

3.4.7 開關設備

開關設備，廣義的說：包括開關、電力熔絲、斷路器，及其他有關的保護電驛、儀表等控制設備。一般來說開關設備，係指開關、電力熔絲，及斷路器。開關設備在電力系統裡擔任電路「開」與「關」之動作，在正常運轉狀況下，「接通」或「啟斷」負載電流；例如電力線路或發電機的送電及停電負載的操作，線路的分段操作等。電力系統的線路或機器發生故障時，因而發生故障或短路電流，斷路器必須能迅速地啟斷電流。短路電流通過開關設備發生熱量；在啟斷斷路器的接觸子上發生旺盛的電弧(電弧的溫度達 8000°C 至 10000°C)，所以斷路器必須有消弧的能力。

電力系統的設備發生故障，如持續太久會影響系統運轉的穩定度(故障電流所發生的熱量，與時間成正比，容易損壞機器，必須迅速地啟斷故障電流，減少機器的損害)。斷路器的啟斷時間，配電系統使用者約 5Hz，輸電系統使用者約 1Hz 至 3Hz。

1. 開關器

開關器在電力系統中，僅能作為線路之連接、隔離或切斷負載電流，而無法啟斷故障電流。其種類可分為空斷開關、分段開關、斷流開關等。

(1) 空斷開關(Air Break Switch)簡稱 ABS：此種開關均為屋外型，皆

為三相同時操作，雖具有固定接觸子與可動接觸子，但因無消弧設備，故無法啟斷一般電流，但少量之變壓器激磁電流及線路充電電流則可藉主接觸子上所另裝之弧角設備來達成滅弧及降低主接觸子發弧熔蝕之程度，並予以啟斷上述少量電流。空斷開關裝於變電所一次側輸電線路進出口的地方，或主變壓器一次側，其主要目的是隔離線路上之電壓，並可切斷變壓器的激磁電流及線路之充電電流，故空斷開關之操作必須在線路無負載或其同一線路之斷路器在開路狀態下執行。

- (2) 分段開關(Disconnecting Switch)簡稱 DS：分段開關多為單極、三極兩種外型，使用絕緣桿操作。分段開關之功用僅作為隔離之用，在運轉時，需待斷路器啟斷電路後始可開啟。通路之前，亦須先行閉合，斷路器再接通電路。空斷開關及分段開關，雖然不能自行啟斷電流，但運轉時定有負載電流及故障電流通過，所以開關的額定容量，除了額定電流及額定電壓外，尚有瞬時電流容量。瞬時電流，時間為一秒鐘，該電流通過開關時，開關應有足夠的機械強度及電機的耐熱特性。例如二次變電所使用的空斷開關，額定電壓為 14.4kV，額定電流 600A，瞬時電流 40000A。
- (3) 熔絲鏈開關：電力熔絲是一種保護設備，亦是開關設備中的重要單元，它對系統或設備的保護能力是一種熱動設備，當有故障異

常電流時，其產生的熱量將可熔性元件熔斷，電弧使硼砂變成液態然後汽化，由於硼砂氣體的冷卻作用，又因筒內沒有空氣，電弧無法持續，並利用彈簧的作用，拉長電弧，完成消弧，電力熔絲的啟斷容量很大，約為 10kA 至 20kA，電壓自 5kV 至 138kV。重點為價格低，可用在很多需要斷路設備又不想投資斷路器的低壓配電場合。

2. 斷路器

斷路器為一機械之開關設備，主要是由動能使活動接觸子與固定接觸子接觸，可以在正常電路情形下達成啟斷與閉合電流的目的，並同時作為保護設備，在不正常之情形下(主要的是短路)，也可使電路在規定時間內通過不正常電流而啟斷之。更明確言之，斷路器應可通過正常的負載電流而且並無過熱及損傷現象，又能快速啟斷短路電流而不使其本身致傷，其所接觸的部位所受電弧的灼傷程度，則應越小越好。

(1) 斷路器其主要構造元件如下：

- a. 消弧室：在大容量高電壓之斷路器，都有消弧室，其作用為促進滅弧的速度。在最初發明斷路器時，尚沒有消弧室，也能完成操作，只是容量較小、體積較大，以及斷流時間較長。
- b. 接觸子：可分為活動接觸子與固定接觸子，是斷路器之載流部份，也是最重要的部份，因為電流之切斷與接續全賴活動接觸子之動

作而完成。

- c. 操作機構：操作機構才是整個斷路器之動力來源，其動力來源很多，如壓縮空氣、馬達、彈簧等。
- d. 傳動機構：傳動機構連於活動接觸子上，賦予活動接觸子動作的能力，三極的動作一致，使之集體操作。
- e. 絕緣物：如油斷路器(Oil Circuit Breaker, O.C.B)最主要的是油，空氣斷路器及少油量斷路器為壓縮空氣與絕緣瓷磚子，絕緣物是斷路器中很重要的元件。
- f. 洩氣管：在故障電流切斷後，斷路器內會發生高壓氣體，恐怕會爆破斷路器，必將洩出外面，以求安全。

(2) 斷路器之分類：因為斷路器本身具有雙重責任，及其所保護的大容量電路，可知其在電力系統中的重要性，而目前所通用的斷路器的型式很多，本廠使用為六氟化硫斷路器(SF6)和真空斷路器(VCB)為大宗。

斷路器與普通開關比較：兩者均有兩各金屬極(或接點)，一個叫做固定接觸子，一個叫可動接觸子，閉合時通路，離開時開路，其不同點如表 3.3 所示。

表 3.3 斷路器與普通開關比較

項	普通開關	斷路器
1.構造上	兩各金屬極	兩個金屬極、消弧室、滅弧介質等
2.操作方式	多為手動與單斷式	大多數為自動或遙控、多數為多斷式
3.電壓高低	使用於較低電	使用於較高電壓
4.電流大小	數百安培	可用於更高的電流
5.價格維修費	低廉	昂貴

第四章 東部水力發電廠 SCADA 系統軟硬體介紹

4.1 前言

SCADA 系統在電力系統中，應用最為廣泛，技術發展也最為成熟。由於 SCADA 系統具有資訊完整，能正確掌握系統運作狀態，而且可幫助快速診斷出系統故障狀態等優勢，目前已成為電力調度不可或缺的工具。它能提高輸電網運作的可靠性、安全性與經濟效益，並可減輕調度員的負擔，使電力調度作業完全自動化與現代化，可提高調度效率，進而達成提供用戶滿意的服務。東部發電廠有鑑於此的重要性，遂進行 SCADA 系統設備工程，以達成全面自動化之目標。

4.2 SCADA 系統規劃設計之特色與流程

4.2.1 東部水力發電廠 SCADA 系統規劃設計之特色[12]

1. 結合東部水力發電廠自動化與發電設備控制之實務經驗。
2. SCADA 系統架構與設備於發電機組運轉年限內，可完全支撐電廠之資訊顯示與控制。
3. SCADA 系統流程與自動化之關鍵元件標準化，建立一致性之操作模式。
4. 將東部水力發電廠運轉及維護人員之經驗彙整回饋，使系統設備功能符合現場實際需求。

5. 電廠營運管理、發電有關之控制與保護系統、主控站、副控站之人機介面、系統工程設計、試運轉與維護工具等，都採用相同的電腦系統，使電廠機組之運轉與維護更有效率，人員訓練容易，而且可節省備品。
6. 具有強大的遠端資訊存取功能，包含人機介面(HMI)、歷史性資料處理與維護設施等，都完全結合到 SCADA 控制系統設計中。
7. SCADA 系統規劃設計時，傳統的盤面控制系統與先進的電廠管理功能相互整合，這樣可降低運轉及維護成本，設備安裝費用也由於在整體電機工程上徹底整合而得以最佳化。
8. 整體的 SCADA 系統具有高可靠度與可用性。
9. SCADA 系統與電廠之管理資訊系統相結合，可提升營運績效。

4.2.2 東部水力發電廠 SCADA 系統規劃設計之流程[12-14]

1. 遠端(現場)保留原傳統監控盤。
2. 遠端(現場)設置 DI(Digital Input, DI)及 DO(Digital Output, DO)等介面電譯。
3. 遠端(站)系統規劃架設
 - (1) 利用奇異(General Electric, GE)公司的程式規劃 PLC 組態、邏輯運算及控制。
 - (2) 收集現場 AI(Analog Input, AI)、DI 資料及執行 DO 輸出。

(3) 與副站 PLC 連線。

4. 銅門、龍澗與立霧副控(站)中心系統規劃架設(如圖 4.1-4.3)

(1) 利用 GE 程式規劃 PLC 組態、邏輯運算及控制。

(2) 收集所屬遠站 AI、DI 資料及執行人機介面之 DO 資料至所屬遠站。

(3) 傳送 AI、DI 及執行人機介面之 DO 資料至主站。

(4) 控制模擬盤。

(5) 與遠站及主站 PLC 連線。

5. 花蓮主控(站)中心系統規劃架設(如圖 4.4)

(1) 利用 GE 程式規劃 PLC 組態、邏輯運算及控制。

(2) 收集所屬遠站及副站 AI、DI 資料。

(3) 執行人機介面之 DO 資料至副站及遠站。

(4) 控制模擬盤。

(5) 與副站 PLC 連線。

6. 人機介面整合

銅門及龍澗採用台電公司綜研所自行開發之圖控軟體，立霧則採用 Cimplicity 圖控軟體。

銅門副控中心 SCADA圖控系統架構圖

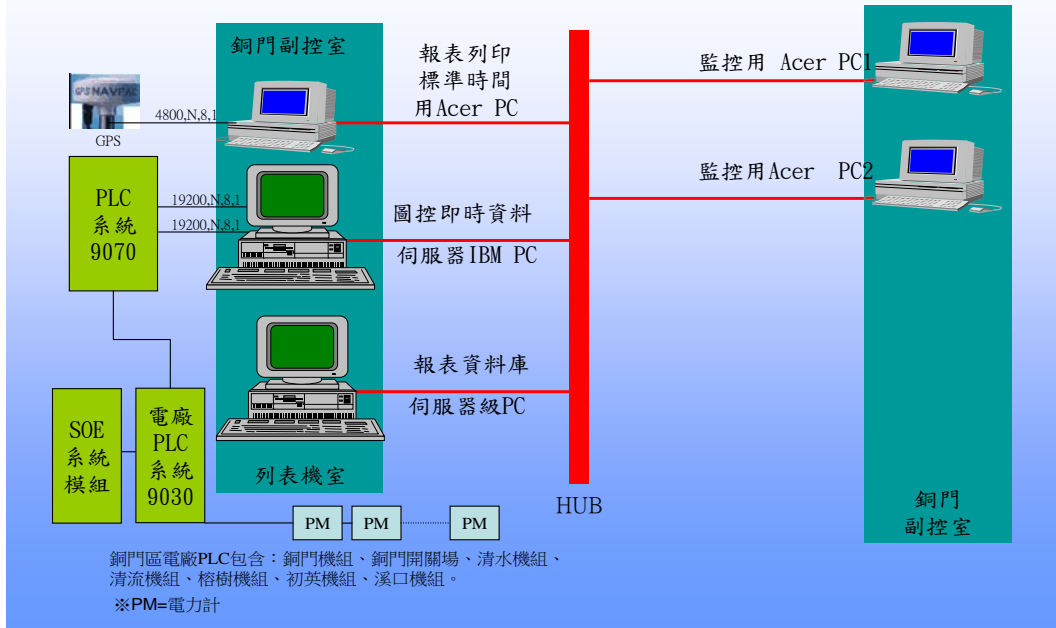


圖 4.1 東部發電廠銅門副控中心 SCADA 系統架構圖[12]

龍澗副控中心 SCADA圖控系統架構圖

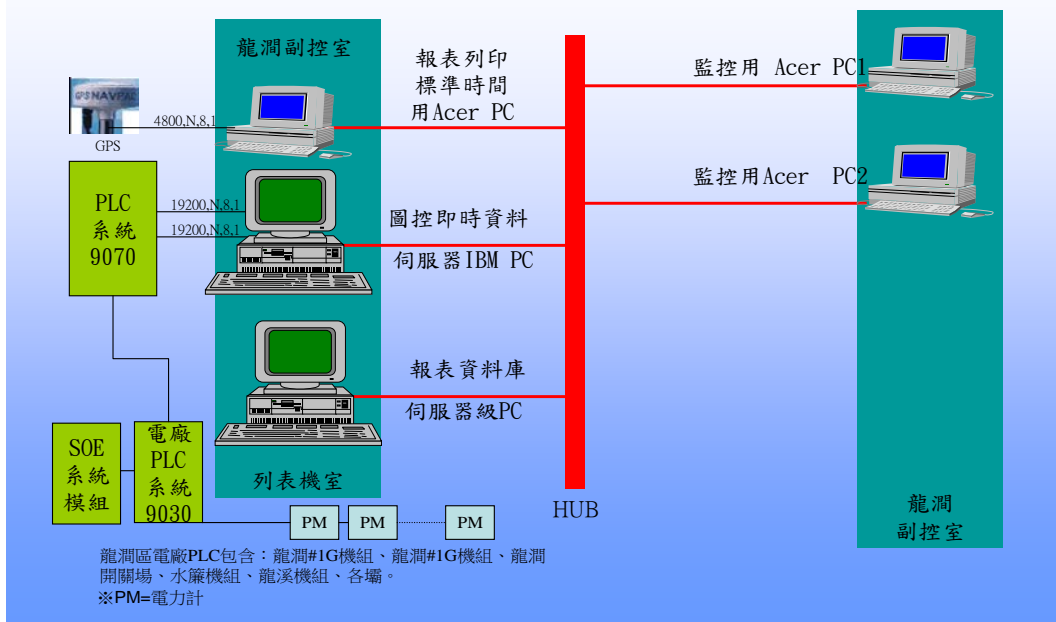


圖 4.2 東部發電廠龍澗副控中心 SCADA 系統架構圖[12]

立霧副控中心 SCADA圖控系統架構圖

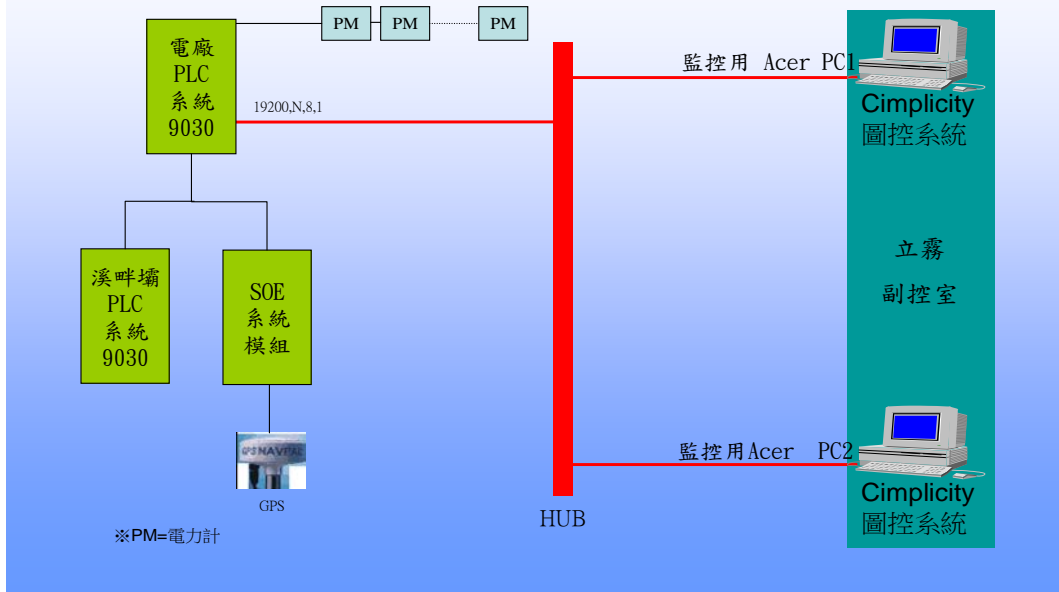


圖 4.3 東部發電廠立霧副控中心 SCADA 系統架構圖[12]

東部發電廠(遙控中心) SCADA系統架構圖

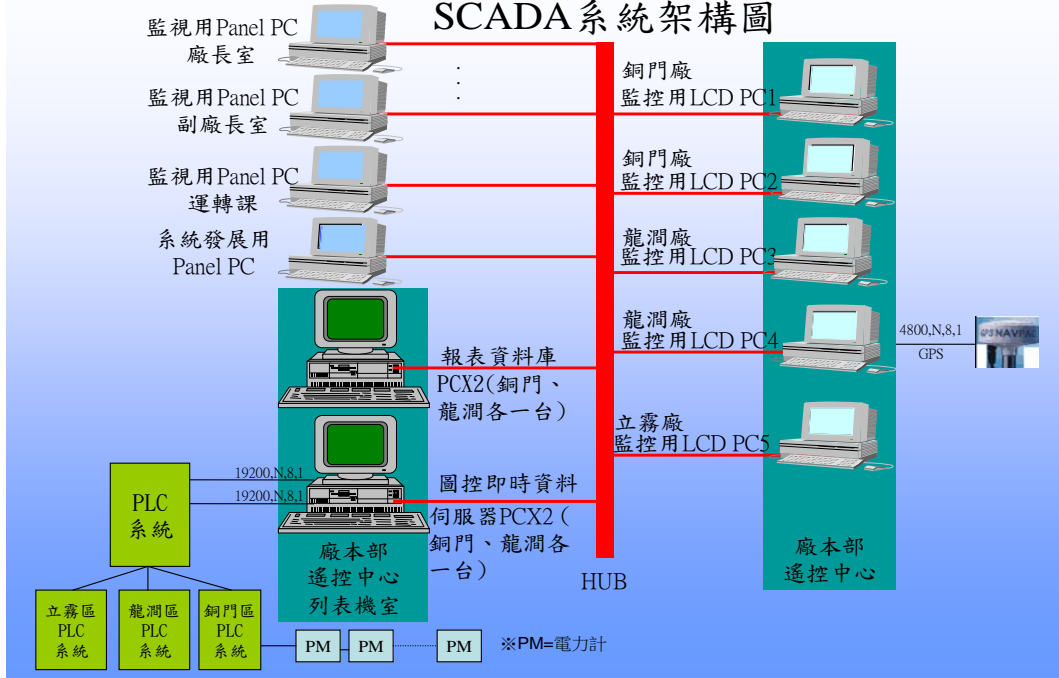


圖 4.4 東部發電廠遙控中心 SCADA 系統架構圖[12]

4.3 東部水力發電廠 SCADA 系統之架構

東部發電廠 SCADA 系統架構，如圖 4.5 所示，是以電腦為基礎的電力生產過程控制與調度自動化系統[14-16]。目前 SCADA 系統是由末端 PLC 設備、控制站通訊及網路系統、即時資料庫系統、控制站人機介面系統、模擬盤控制系統與報表資料庫列印系統等組成。它可以對現場運轉中的設備進行監視和控制，以實現資料擷取、設備控制、測量、參數調節以及各類信號警報等功能[17-20]。其架構分別由硬體與軟體等二大部分組成。

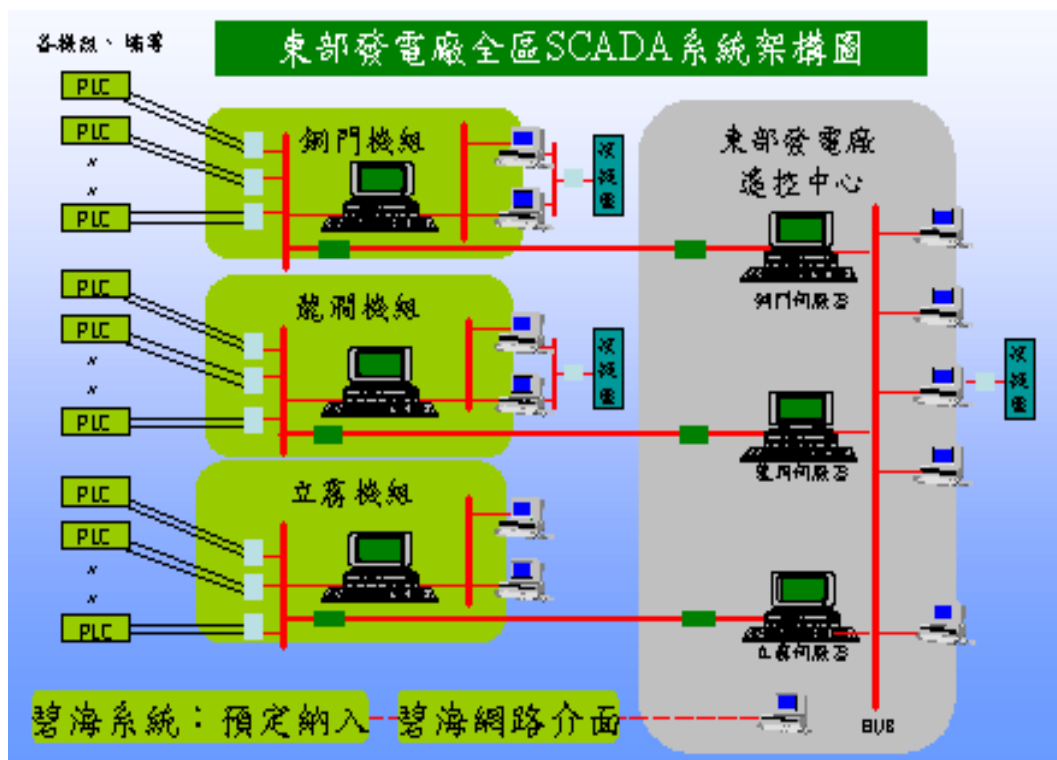


圖 4.5 東部發電廠全區 SCADA 系統架構圖[12]

4.3.1 硬體設備[21]

硬體設備除電腦主系統之外，尚包含使用者介面系統(User Interface System)、電腦網路系統、電源設備及末端資訊設備[22-23]，各項設備之規劃要求均隨電腦科技之進步採用最新型與通用基本規格之要求，概述如下：

1. 電腦主系統

(1) 伺服器電腦：負責與遠端監控PLC之通訊、資料收集、整理及傳送；並負責監控網路系統資料庫、監控人機介面、通訊程式、網路程式、報表列印程式等之整合與運用。

(2) 雷射印表機：負責監控系統之正常報表列印及異常動作或事故列印。

2. 使用者介面系統

(1) 監控操作台(操控專屬電腦)：與伺服器電腦構成主站副站監控網路系統負責監控人機介面、通訊程式、網路程式之運作。

(2) 規劃分析及列印用電腦：負責圖控規劃分析與管理及OFF LINE資料庫管理分析與列印用，撰寫程式、載入、測試及修改。

(3) 監視用電腦：負責顯示轄區系統及每個設備運轉狀態，使單位正副主管及相關部門主管了解目前系統之運作情形。

(4) GPS(Global Positioning System)衛星時間設備：接收衛星時間設備最

主要得功能是提供各控制站運作的標準時間及時間偏差校正，也提供時間標準同步碼供遠端設備(RTU)之事件順序紀錄(Sequence Of Event, SOE)用。

(5) 模擬盤系統：其系統是以燈號顯示轄區系統及每個設備運轉狀態使運轉人員了解目前系統之運作情形。

3. 設備網路系統[24-28]

各電腦系統間均規劃成可互為連線系統，符合TCP/IP架構，主站與副站設備之連線系統為 T_1 光纖通信專線，各副站與末端設備連線系統為 E_1 光纖通信專線。

4. 電源設備

UPS不斷電電源供給設備採用雙機式架構，容量須符合系統設備之用電需求，平時由一般電力供電，停電時由UPS不斷電電源系統供給。

5. 遠端資訊設備[29]

傳統發電廠的各項電力資料取得，全賴裝設末端資訊設備來擷取，目前遠端資訊設備可分成四部份。

(1) 遠端設備單元(Remote Terminal Units, RTU)

目前RTU之設備為可程式控制器(Programmable Logic Controller, PLC)，PLC之結構是以微處理器、記憶體、中斷控制器、時序系統、通訊控制器及I/O介面為主體所構成之設備，以執行輸入輸出掃描功

能、控制中心監控命令及PLC互鎖控制或順序控制功能。PLC收集現場設備的資料並將其送回控制中心，它同時傳遞由控制中心送出的控制訊號以進行各種設備的控制。

PLC的控制輸出點是用以控制現場的每一設備。當PLC接收到控制指令，被選到的控制接點便會動作，而接到此接點的現場設備便會動作執行該指令。PLC有兩種方式可以改變接點的輸出狀態，第一種是使控制接點保持在控制中心所下定指令的狀態，這種方式叫閉鎖的控制方式，另一種操作控制開關接點的方法，是利用瞬時閉合接點。

(2) 轉換器

轉換器將各式之感測器的輸出訊號轉換成PLC能夠處理的信號，如典型的電流轉換器將比流器得到的0至5安培的AC電流信號轉換成0至5伏特DC信號送入PLC的類比通道，有電壓、瓦特數、功因數等的轉換器。仟瓦時能量轉換器則利用比壓器和比流器的測量值當輸入而其輸出則成指波信號送入PLC的累積通道。PLC的類比輸入點直接接收比壓器、比流器或其它感測器的輸出信號。

(3) 感測器

感測器如比壓器、比流器是將較高的電力參數降低至適合人員及儀器設備使用之範圍，基本上只要有電流和電壓量測值，其它的電力參數便可計算產生，而感測器的準確性可能因為設計或裝置誤差原因

會有很大之差異。

(4) 智慧型電子設備

由於微處理器功能及可靠度之提昇，不僅在RTU上廣為使用其它特殊用途上，如電驛、電錶…等皆大量使用微處理器以偵測及計算電力參數及品質。具有對外通訊能力，直接與PLC連接而成為一個資料集中點。

4.3.2 軟體設備

遙控中心軟體包括電腦作業系統軟體、應用軟體，將分別介紹如下：

1. 電腦作業系統

控制中心電腦作業系統是一種可多人同時使用及分散式多重處理的網路作業系統，此系統提供使用者所使用的軟體和硬體資源，並產生最大網路流通量。

2. 系統應用軟體

(1) 圖控系統規劃程式[12]

圖控系統規劃程式，內建標準統一化的各式元件，利用拖拉的方式，用來建立各發電廠之單線圖。單線圖上依據現場之實際狀況顯示出各種開關設備之狀態(如CB、ABS之ON/OFF、TAP之昇降、Relay Use/Lock之控制)。

(2) 圖控系統執行程式[12]

圖控系統執行程式，將各廠之單線圖、開關狀態、遙測值、故障經歷、通訊網路狀況、水路系統狀態及其他資料圖表顯示在電腦螢幕。運轉人員能在電腦螢幕上選定要控制的設備(如 CB、ABS、Relay 及機組設備等)作控制。

(3) 圖控監視/警報/記錄程式[12]

負責將各遠站之類比偵測值、設備狀態、故障警報，經由通訊傳輸線路送至圖控系統執行程式，並記錄所有操作控制、故障警報，提供列印記錄與查詢功能。

(4) 資料庫管理程式[14]

所有的操作控制及報表紀錄均由控制中心電腦執行，所以現場設備之數位點(如CB、ABS、Relay)及類比點(如電壓、電流、MW 等)名稱，經由資料管理程式，定義在電腦中心的資料庫中，當發電廠增加或擴充設備時，資料庫之內容亦需更新，資料庫管理程式就是要維護各種資料庫之完整性及正確性以符合實際之需要。

(5) 報表應用程式[14]

運轉人員在控制中心除了執行操作控制之外，報表紀錄也是一項主要的工作，報表產生與控制的功能乃依據實際運轉之需求，經由報表應用程式，由運轉人員操作指令印出各種報表。

(6) 資料連結程式[14]

現場的開關設備狀態及各種類比量由資料連結程式收集後，再透過通信線路及資料連結功能不定時傳送訊息至控制中心，這些資料可能是其它應用程式所需之資料。

第五章 東部水力發電廠監控系統之應用與實例

5.1 前言

電力為工業之母，電力系統主要是由發電系統、供電系統與配電系統結合而成，為提供優良的電壓品質，發電機組所產生的電力，經過輸、變、配電網路輸送給用戶時，電壓降不可太大，必須嚴格控制發電機的輸出電壓及 345kV、161kV、69kV 各變電所的運轉電壓，如圖 5.1 所示。至於控制設備，主要有電壓調整器、電容器、電抗器、主變壓器之有載自動切換器等，以即時控制輸配電網的電力流量，維持適當電壓，提高供電的可靠性[6]。

台電公司為有效運用電力系統各項資源，達成發電經濟調度，減少供電損失，提高供電品質，乃積極推動電力調度控制自動化，於民國73年開始推動自動化工程，其主要計劃是以電腦輔助方式取代傳統人工方式施行電力設備之監視控制任務，已獲得更佳之電力運轉安全性，效益性以及提昇更好電力供電品質。

現代化監控系統之架構特色為有彈性而且開放性的，根據工業界普遍使用的硬體元件與標準通訊網路，可提供各類型發電廠之全新自動化或部分系統設備改善之控制。東部發電廠於民國 92 年整合完成所管轄區之 SCADA 系統，並正式邁向現代化監控系統的新時代。東部發電廠 SCADA 系統是一種最新科技應用設計的電廠自動化系統，它整合加強

而且一致性的電廠與機器控制功能，並與先進的管理功能相結合，使電廠之運轉與維護能處於最佳狀況。

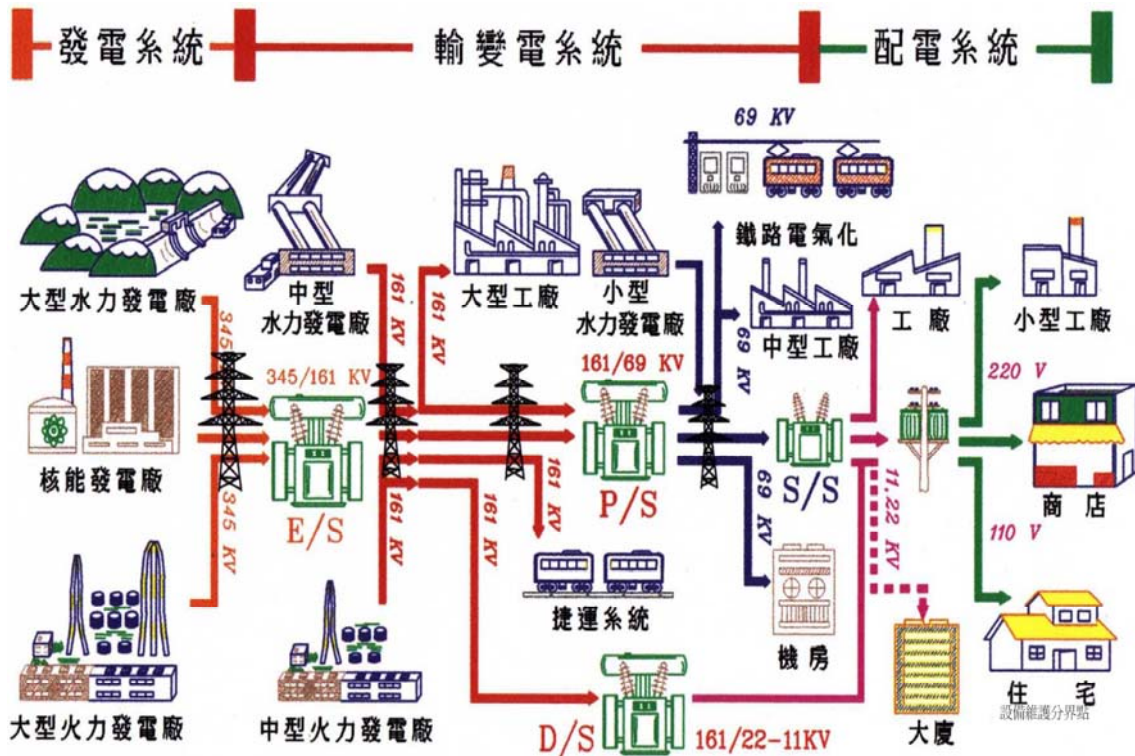


圖 5.1 台灣電力公司電力系統流程圖[6]

5.2 監控系統之應用

東部發電廠最終目的是完成『東部發電廠遙控中心之規劃與建立』，主要目標為將目前運轉之東部發電廠所屬水力發電廠，分區納入區域副控中心做遙控及遙測，在各區域副控中心均完成後，在花蓮東部發電廠本部之東發廠遙控中心，經由區域副控中心，遙控監測各水力發電廠及相關設備，已達到全面自動化目標[12]。

目前採用的人機介面圖控程式 PreSCADA 4.0(Power Research

Institute Supervisory Control And Data Acquisition 4.0), 中文全名叫做電力綜合研究所監控系統 4.0, 它是台電公司綜研所電力研究室監控小組用 Delphi 4.0 物件導向程式語言所開發的監控套裝程式系統[12]。PreSCADA 4.0 是個網路版監控系統, 可在 Windows 作業系統下運作。Server PC 端之程式, 含監控通訊及網路驅動程式及人機介面程式; 在各監控 PC 端, 則含執行版圖控人機介面系統; 在規劃用 PC 端則含發展版圖控人機介面系統[12], 如圖 5.2-5.3。

5.2.1 監控系統之功能[12、14]

1. 資料擷取與處理

- (1) 利用遠端 PLC 設備, 每 2 秒或 10 秒定期或不定期搜集類比狀態及警報等即時資料。
- (2) 資料搜集期間, 如遇干擾或瞬間中斷而引起傳輸失敗時, 須自動嘗試數次若能失敗, 則輸出警報訊息。
- (3) 將所搜集類比資料轉換成工程值, 並作合理極限、變化率極限、過載極限、電壓極限及警報範圍等之校核。且作即時搜集資料之週期性計算包括有效/無效電力、電流負載百分比及各項總和等。
- (4) 具備電力系統網路狀態處理器, 隨時分析各種設備開關現況, 以推定系統網路之連線情形, 提供其它應用程式使用。

2. 遙測控制

運轉人員可在控制台上之電腦螢幕上選定要控制的設備(如CB、ABS、Relay及機組設備等)作ON/OFF、OPEN/STOP/CLOSE、RAISE/LOWER之控制，或其它禁止操作之控制與清除，當選定設備後30秒內不執行操作控制，選定功能自動消失，無法執行操作控制。下達操作控制指令後，若因設備之問題無法在設定時間內完成操作動作，即視為失敗，將產生警報，如圖5.16-5.19。

3. 警報訊息

當設備之狀態改變或系統產生不正常情況時，AD/C會產生各式警報通知調度運轉人員來作各種處置，如圖5.16-5.19。警報分類依設備之重要性分為主要警報，如CB跳脫、Relay動作等，次要警報，如線路過載、溫度或壓力過高以及低等警報，如圖5.16-5.19，如ABS之操作。

4. 事件順序處理紀錄

為掌握重要設備的動作順序，SOE能將CB及Relay的動作順序紀錄下來，以供事故分析檢討。SOE對時間的動作解析度可達1ms，GPS衛星時間，每隔60分鐘必須對電腦作時間同步，以確保時間得精確性。

5. 自動順序處理

為了防止人為誤操作，調度運轉人員可將操作步驟先擬好成一控制順序，經過驗證後存入資料庫中，必要時叫出來執行，執行時可依實際

選擇自動或半自動來操作。

6. 趨勢曲線圖

為了解系統連續運轉資料，運轉人員可以選定某些設備的運轉資料(如電壓、電流等)，利用曲線應用程式，輸入指令取樣間隔後，可將資料化成連續性曲線顯示在電腦螢幕上或將其印出供參考保存，如圖5.16-5.19。

7. 報表及歷史資料紀錄

電力系統資料繁多，有瞬時值(電壓、電流、MW等)，有累積值(MWH、MVARH等)及極大值、極小值，所有這些運轉資料經由伺服器電腦收集後，經計算整理儲存於資料庫中，利用報表應用程式成為日報表、旬報表及月報表，如圖5.16-5.19，再由運轉人員印出供參考保存。

5.2.2 監控系統之特色[12]

1. 人性化圖控畫面，系統操作簡單易學

- (1) 由內到外全面中文化，無須任何的轉換。
- (2) 無需撰寫任何程式或敘述語法即可完成基本的監控需求。
- (3) Windows 作業系統環境下皆可操作。開發整合通訊、網路、圖控、資料庫、警報、圖表、列印於一之系統。
- (4) 接近真實物體的視覺化軟體物件，減少操作學習的時間。

- (5) 親和力人機介面、系統操作簡單易學。
2. 技術自主、維護擴充易、成本低。
- (1) 台電員工自行開發，技術自主、成本低、系統功能易擴充，系統維護不必依賴廠商。
 - (2) 可以同時連接多種廠牌各種不同類型的 I/O 裝置。
 - (3) 各類遠端監控設備、通訊設備及主站設備台電自主則優整合。
 - (4) 開放式資料庫系統使用者可自行發展報表或分析應用系統。
 - (5) 通訊系統擴充或整合容易。
3. 獨立互補系統設計，系統穩定可靠。
- (1) 模擬盤系統與電腦獨立互補。互補 PLC 系統。獨立互補電腦系統。
獨立互補通訊系統。圖控系統與報表資料庫系統互補。
 - (2) 具備網路連線能力，可以多機協同作業，並可遠端即時監控。
4. 即時監控，迅速反應遠方監控結果。
- (1) 即時類比資料擷取(電壓、電流、水位、溫度等)。
 - (2) 即時狀態資料擷取(開關、程序之狀態)。
 - (3) 即時語音警報。
 - (4) 即時控制(開關、程序之操作、啟動)。
 - (5) 即時趨勢圖。
5. 開關操作安全控制機制及措施。

- (1) 二重式開關程序操作確認機制及措施。
- (2) 互鎖程序操作確認控制保護。
- (3) 單獨掛牌近指操作或整廠現場/遙控操作。

6. 其他

- (1) 指示燈監視系統通訊是否故障。
- (2) 機組自動起降載操作簡單可靠。
- (3) 圖型化上下位警報設定對話框。
- (4) 多重通訊協定整合。
- (5) 衛星定位系統之即時系統時間校正。
- (6) 定時抄表記錄存入資料庫，SQL 語法資料庫查詢與報表列印。

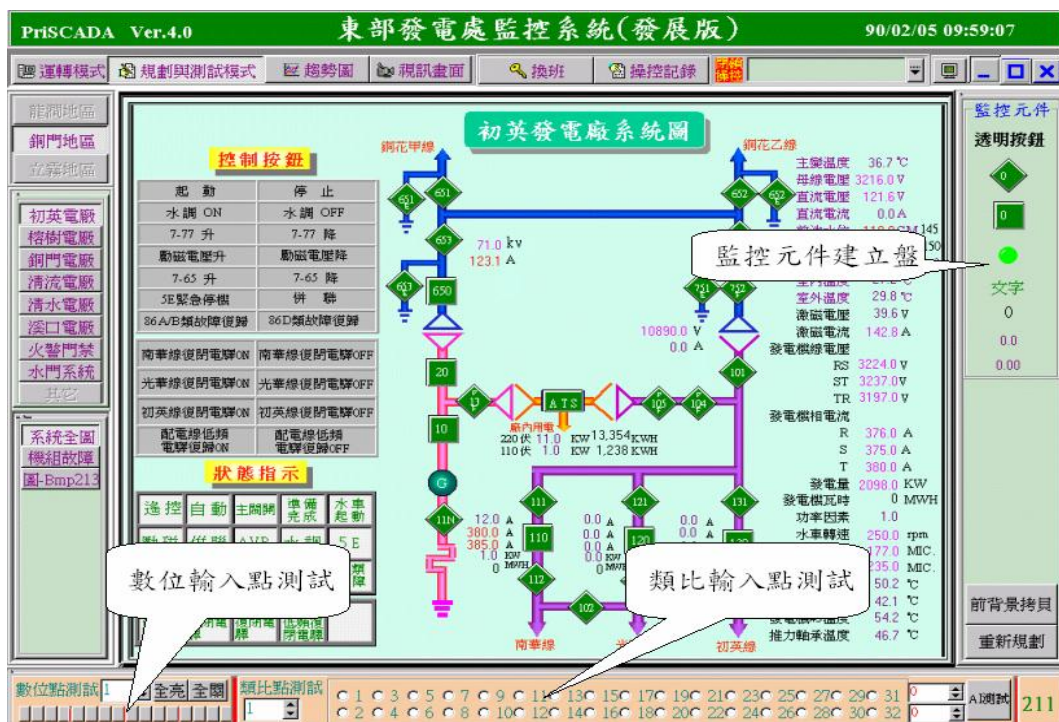


圖 5.2 圖控發展版作業畫面[12]

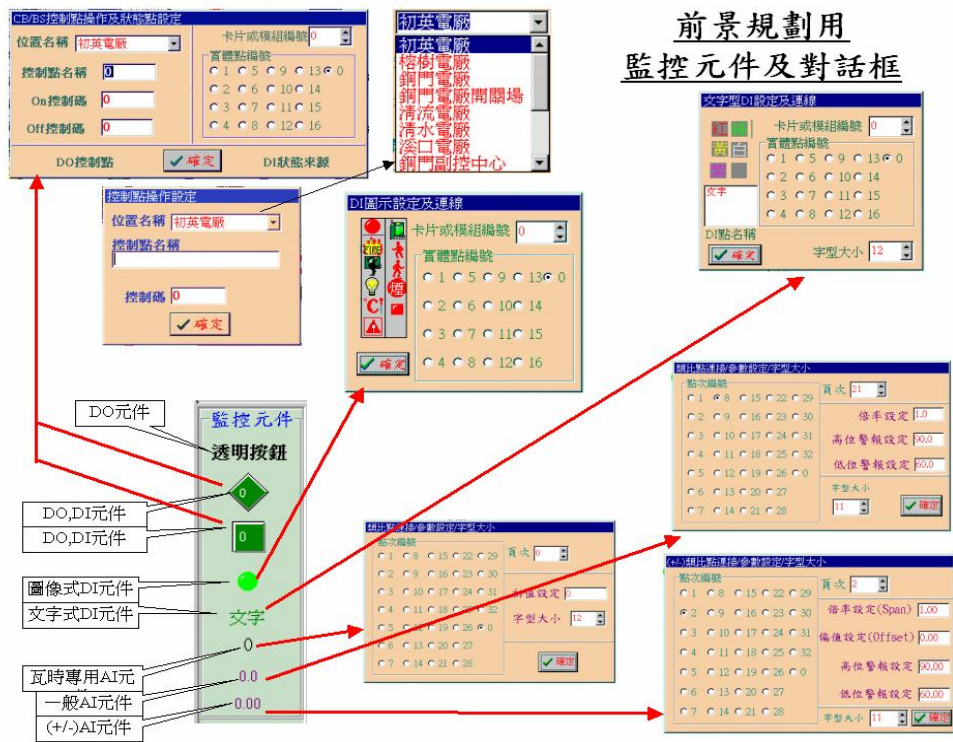


圖 5.3 圖控發展版規劃作業畫面[12]

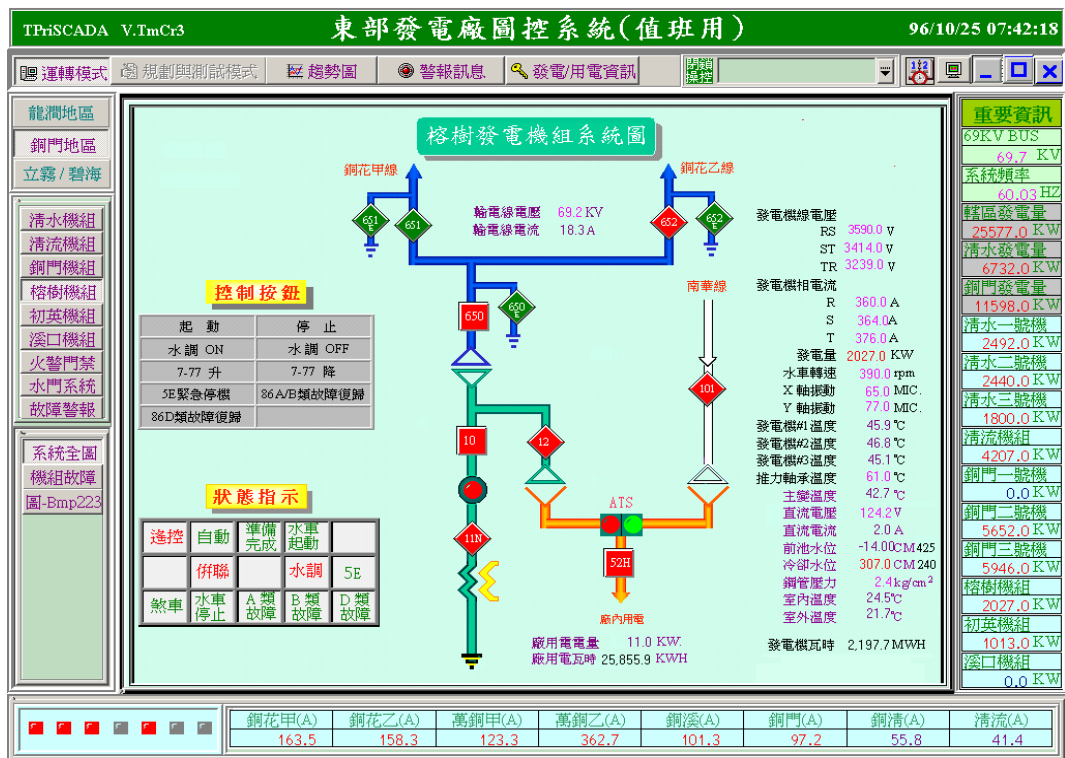


圖 5.4 圖控值班版作業畫面

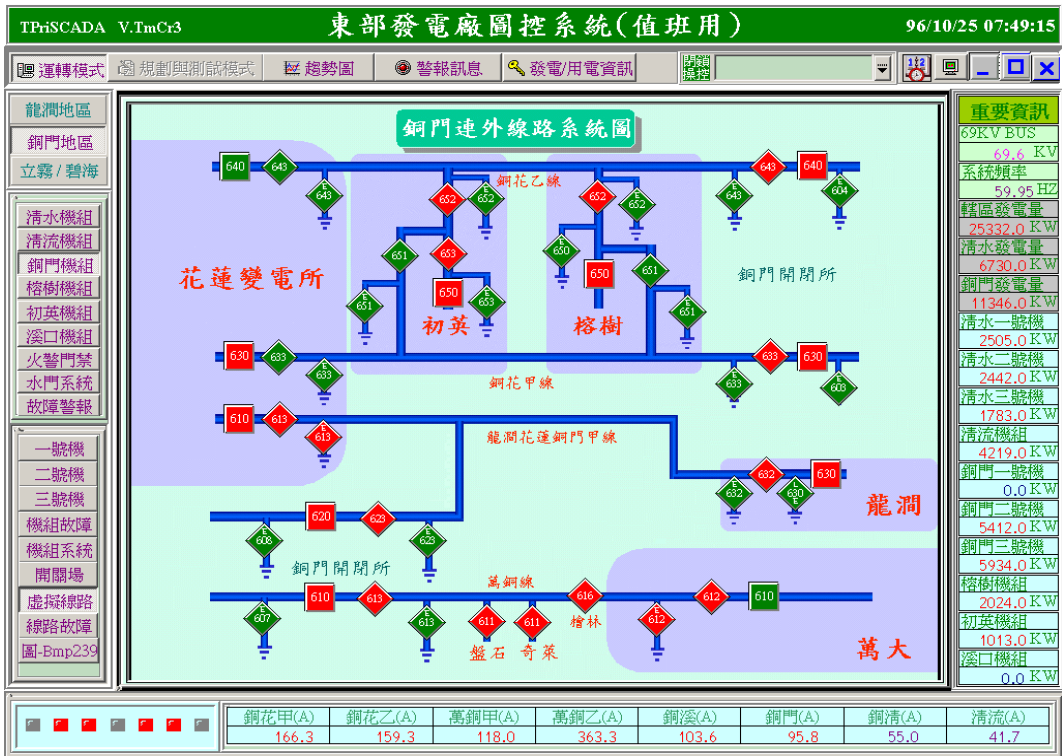


圖 5.5 電力線路系統畫面

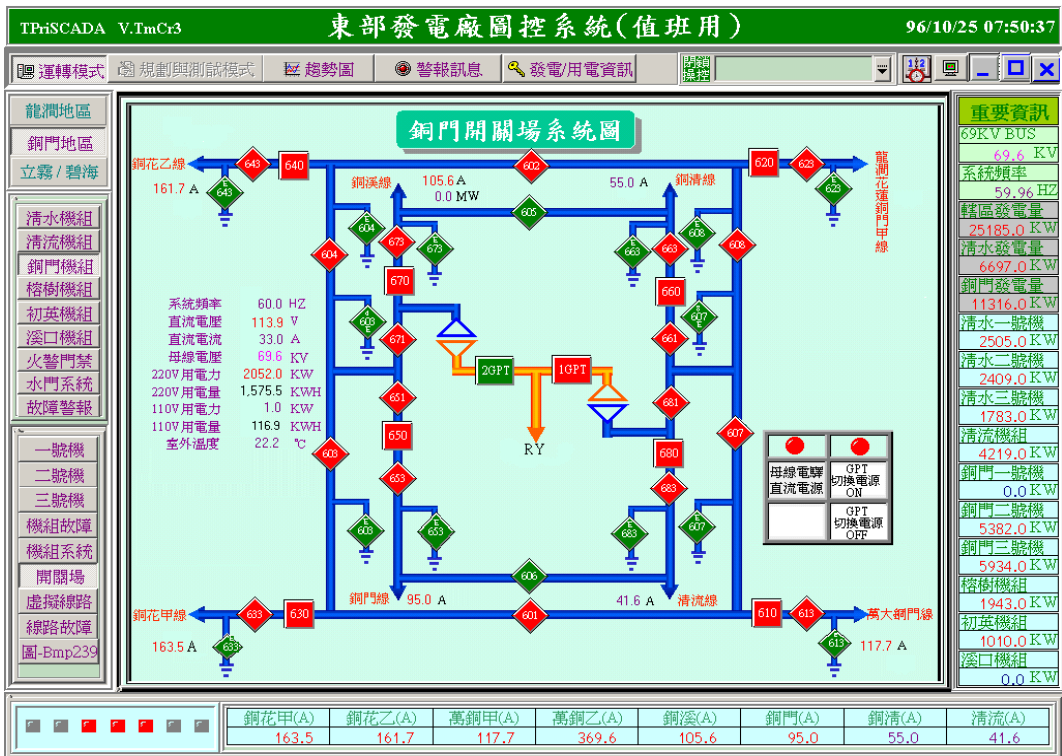


圖 5.6 開關廠系統圖

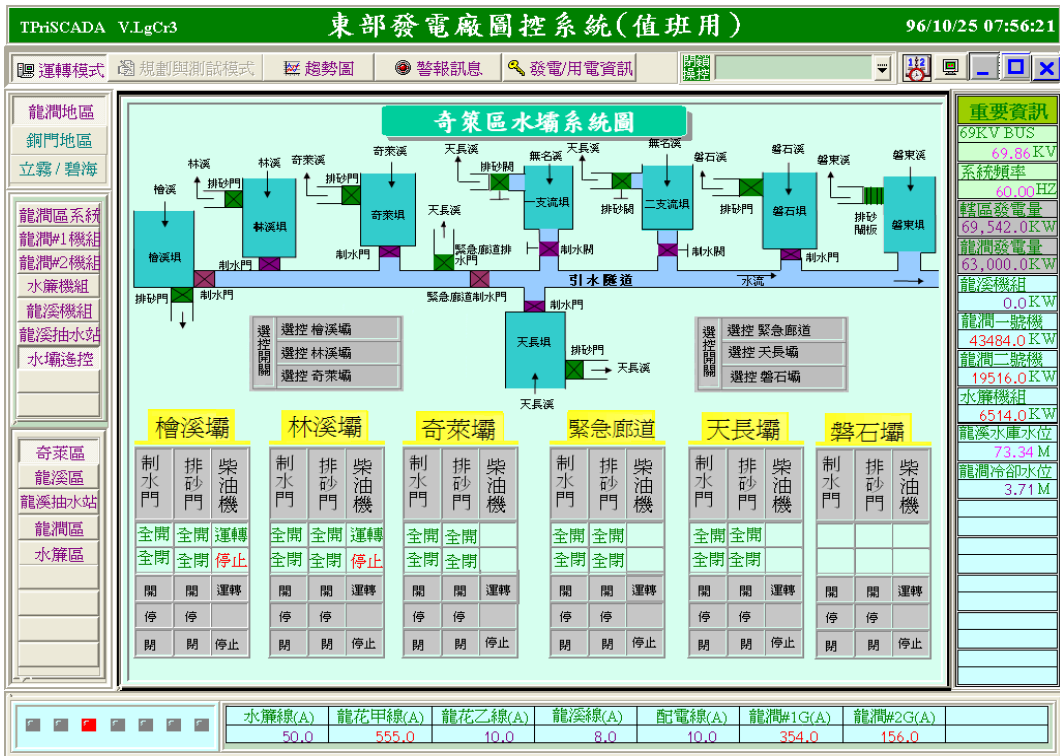


圖 5.7 水壩系統圖



圖 5.8 線路故障點顯示畫面



圖 5.11 警報訊息顯示畫面

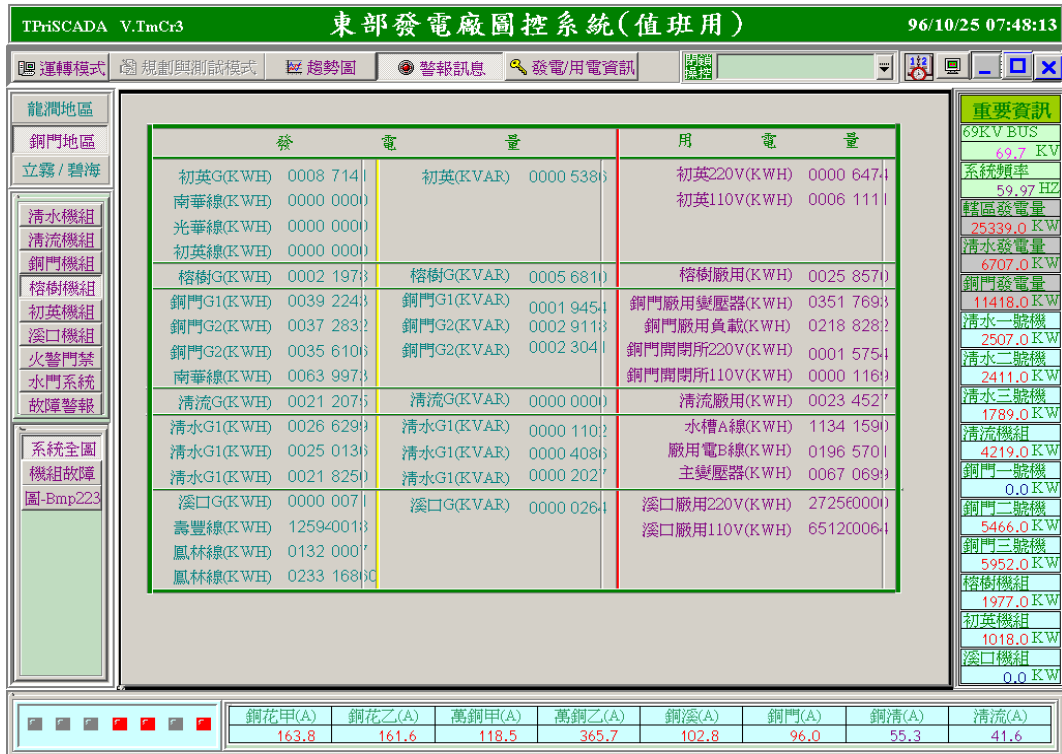


圖 5.12 發電/用電資訊畫面

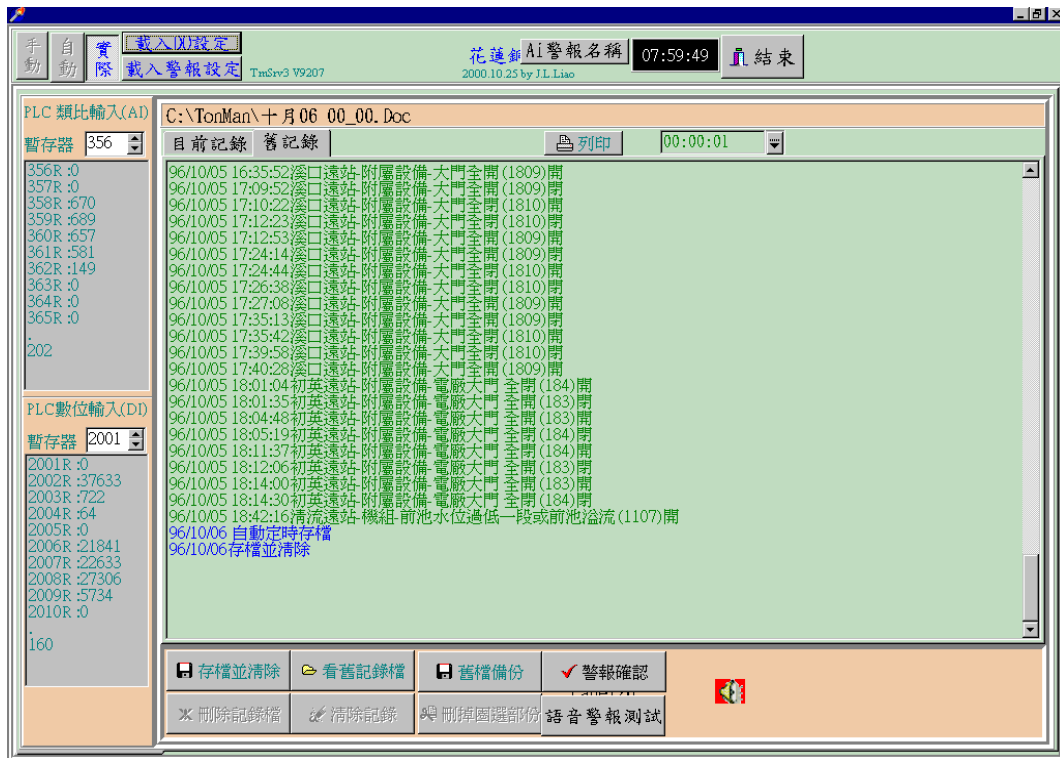


圖 5.13 操控記錄功能畫面



圖 5.14 AI 警報規劃設定畫面



圖 5.15 警報規劃設定畫面



圖 5.16 日報表查詢畫面

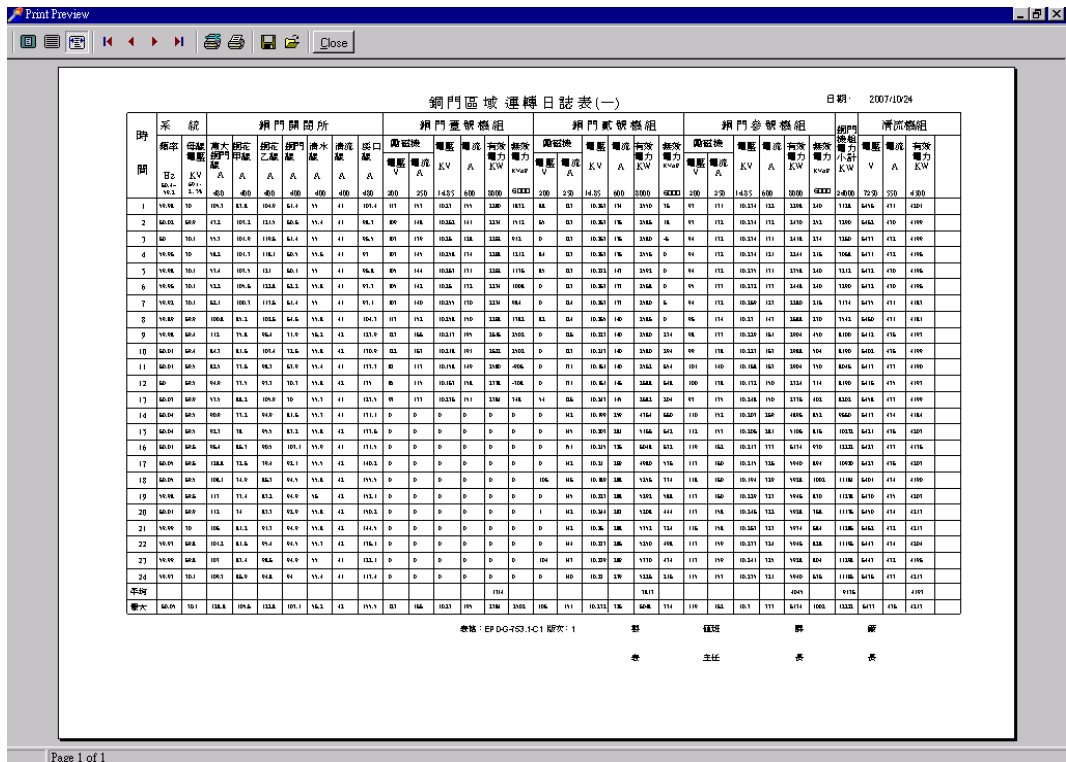


圖 5.17 日報表列印畫面



圖 5.18 旬報表查詢畫面

Microsoft Excel - 查詢2007年10月中旬

龍洞 發電廠有效電力發電實績旬報 機組別: GT2.1

日期	時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	本月發電量	本月耗電		
96.10.10	11:07:01	69.0	69.0	68.9	68.9	69.0	69.0	69.1	69.0	68.9	69.0	69.1	68.9	66.4	2.3		
96.10.10	11:07:02	68.8	69.1	69.0	68.9	69.0	69.0	69.0	69.0	68.9	68.9	68.9	69.1	1652.8	2.3		
96.10.10	12:07:01	68.8	68.9	68.8	68.9	68.8	68.8	68.8	68.8	68.8	68.8	68.9	68.9	66.1	2.7		
96.10.10	12:07:02	68.8	68.7	68.8	68.7	68.9	68.8	68.9	68.9	69.0	69.1	69.2	69.1	1650.2	2.7		
96.10.10	13:07:01	69.1	69.0	68.9	69.0	69.0	69.0	69.2	68.9	69.0	69.1	69.2	69.2	66.6	2.5		
96.10.10	13:07:02	69.1	69.1	69.0	69.0	69.1	69.0	69.0	69.0	69.0	69.1	69.2	69.0	1654.7	2.5		
96.10.10	14:07:01	69.1	68.9	69.1	68.9	69.1	69.0	69.0	69.0	69.0	69.1	69.1	69.1	66.4	2.3		
96.10.10	14:07:02	69.1	69.1	69.1	68.9	69.1	69.2	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1	69.0	1654.8	2.3		
96.10.10	15:07:01	69.1	69.1	69.0	69.2	68.9	68.9	69.2	69.0	69.0	69.0	68.9	69.0	66.6	2.5		
96.10.10	15:07:02	68.9	69.2	69.1	69.0	69.0	69.1	68.9	69.0	68.9	68.9	69.1	69.0	1654.0	2.5		
96.10.10	16:07:01	69.1	69.0	69.1	69.0	68.9	69.1	69.1	69.1	69.0	68.9	68.8	68.9	66.5	2.4		
96.10.10	16:07:02	67.3	67.7	67.6	67.6	67.5	67.6	67.6	67.6	67.4	67.5	67.5	67.1	1625.4	2.4		
96.10.10	17:07:01	67.2	67.1	67.2	67.1	67.4	67.4	67.6	67.3	67.3	67.4	67.4	67.4	50.2	168		
96.10.10	17:07:02	67.7	67.2	67.0	67.3	63.0	60.7	61.1	60.9	61.1	61.0	60.6	58.4	1546.6	168		
96.10.10	18:07:01	58.2	48.4	18.4	18.6	27.9	42.0	43.2	39.9	23.5	29.4	24.4	9.4	973.6	26.7		
96.10.10	18:07:02	58.7	49.2	49.3	49.3	49.3	49.5	49.5	49.5	49.6	49.5	49.6	49.5	30.6	26.8		
96.10.10	19:07:01	49.5	49.5	49.4	49.4	49.4	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.2	1393.3	26.8		
96.10.10	19:07:02	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.9	68.1	40.4	26.8		
96.10.10	20:07:01	64.3	64.4	64.2	64.3	64.2	64.0	61.6	60.2	60.2	60.3	60.1	40.4	1464.2	26.8		
96.10.10	20:07:02	22.2	55.5	68.8	68.9	68.8	69.0	68.6	68.8	68.7	68.7	57.7	49.3	1464.2	26.8		
本月合計 (MWH)		15,271.6												112.2	69.2	240.00	0.0

圖 5.19 旬報表列印畫面

銅門廠歷史曲線查詢(東部發電廠電廠製作)

歷史曲線查詢列印

輸入起日: 10/1/2007
輸入迄日: 10/10/2007

查詢與更新

銅門

日期時間	序號	銅門#1負載	銅門#2負載	銅門#3負載	清流負載	清水#1負載	清水#2負載
96/10/01 00:46:00	1	276	216	0	4129	2599	246
96/10/02 00:46:00	2	258	240	0	4147	2603	245
96/10/03 00:46:02	3	264	234	0	4184	2597	246
96/10/04 00:46:01	4	264	258	0	4184	2592	245
96/10/05 00:46:01	5	216	240	0	4187	2592	246
96/10/06 00:46:01	6	0	90	0	4121	2592	246
96/10/07 00:46:01	7	0	432	0	4049	2570	251
96/10/08 00:46:01	8	510	432	0	4204	2522	250
96/10/09 00:46:04	9	0	366	0	4184	2501	245
96/10/10 00:46:05	10	0	354	0	4184	2499	251

圖 5.20 歷史曲線查詢畫面

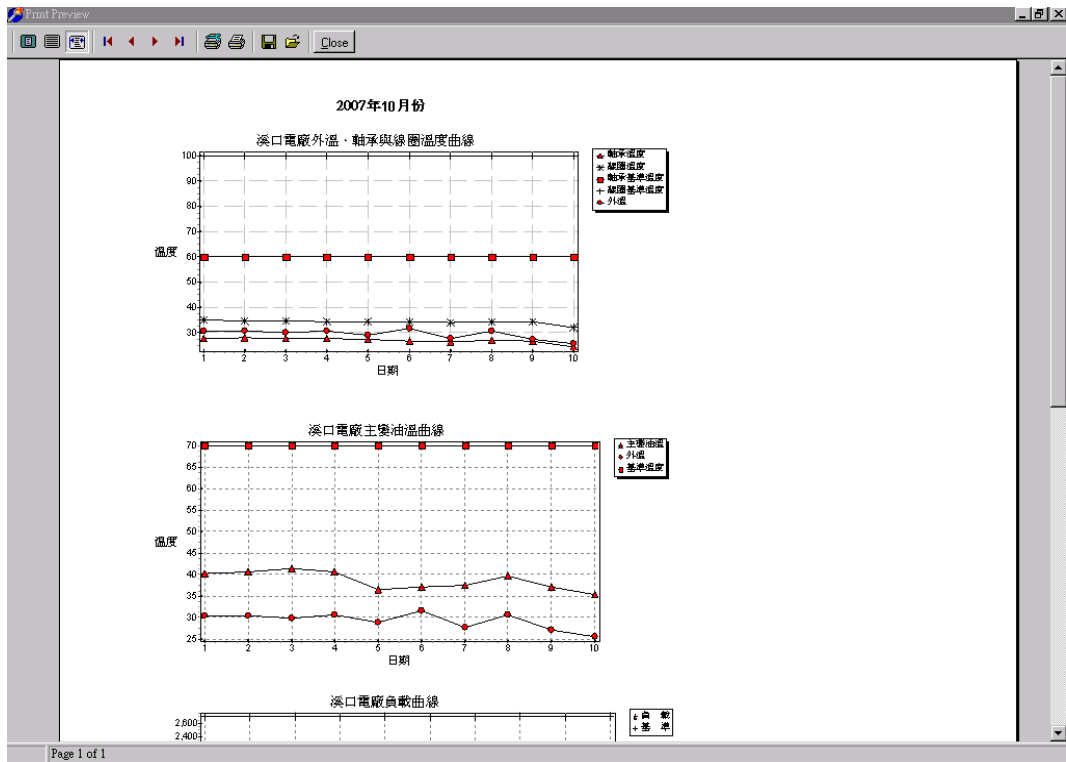


圖 5.21 曲線列印畫面

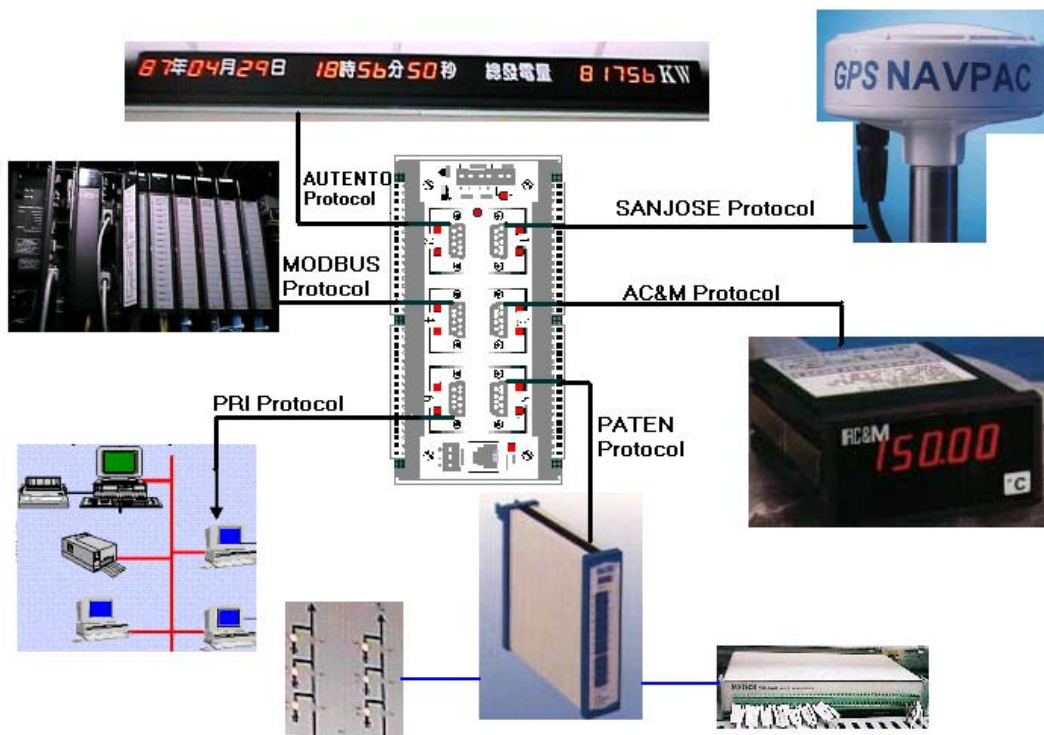


圖 5.22 模擬盤系統架構圖[12]



圖 5.23 遙控中心模擬盤

5.3 SCADA 實例之分析探討

5.3.1 前言

台灣地區，雨量充沛，河川坡地陡峻，水力資源豐富，有白煤之稱的水力發電，取之不盡，用之不竭，曾經為本省光復初期之電力系統主力。東部地區更是蘊含豐富的水源，為發展水力發電的理想地點。尤其以水豐陡急的木瓜溪，因河川特性適合發電，在日據時代就已經建有銅門、初英等發電廠。

臺灣光復後，由於東部地區用電需求量低，而西部地區用電需求量大，為使台灣東西地區電力匯為整體之電力網，於民國 37 年開始新建

69kV 東西連絡線，西起萬大電廠，線路跨越中央山脈東至銅門電廠，沿途經過廬山、天池、檜溪、奇萊、磐石、龍澗等，全長 45 公里。為確保線路可靠，將二回線分為二路架設，鐵塔線路為甲線，木桿線路為乙線，全線共費時五年完成，是國府來臺初期重要的建設。民國 50 年政府推動農村電器化及大用戶陸續申請用電，69kV 電力系統延伸至台東縣，負載日增行成電力不足，東西連絡線改由西電東送，並聯東部系統供應花東二縣所需[30]。

隨著台灣經濟建設蓬勃發展，因應東部地區用電需求逐年成長及佈建全台灣輸電環狀電力系統，俾於調度、監控暨提供穩定、高品質之電力，台電公司乃投入鉅資，興建西起南投縣大觀、明潭發電廠，東迄花蓮縣鳳林變電所間 345kV 超高壓輸電線路(簡稱新東西線)。本線路有別於民國 40 年建設之 69kV 萬大~銅門甲、乙線(簡稱舊東西線)，同時肩負著花蓮、台東兩縣市工商業及民生用電，輸送西部電力銜接花東電力線路系統，圖 5.24，供應穩定電力最重要線路[31]。

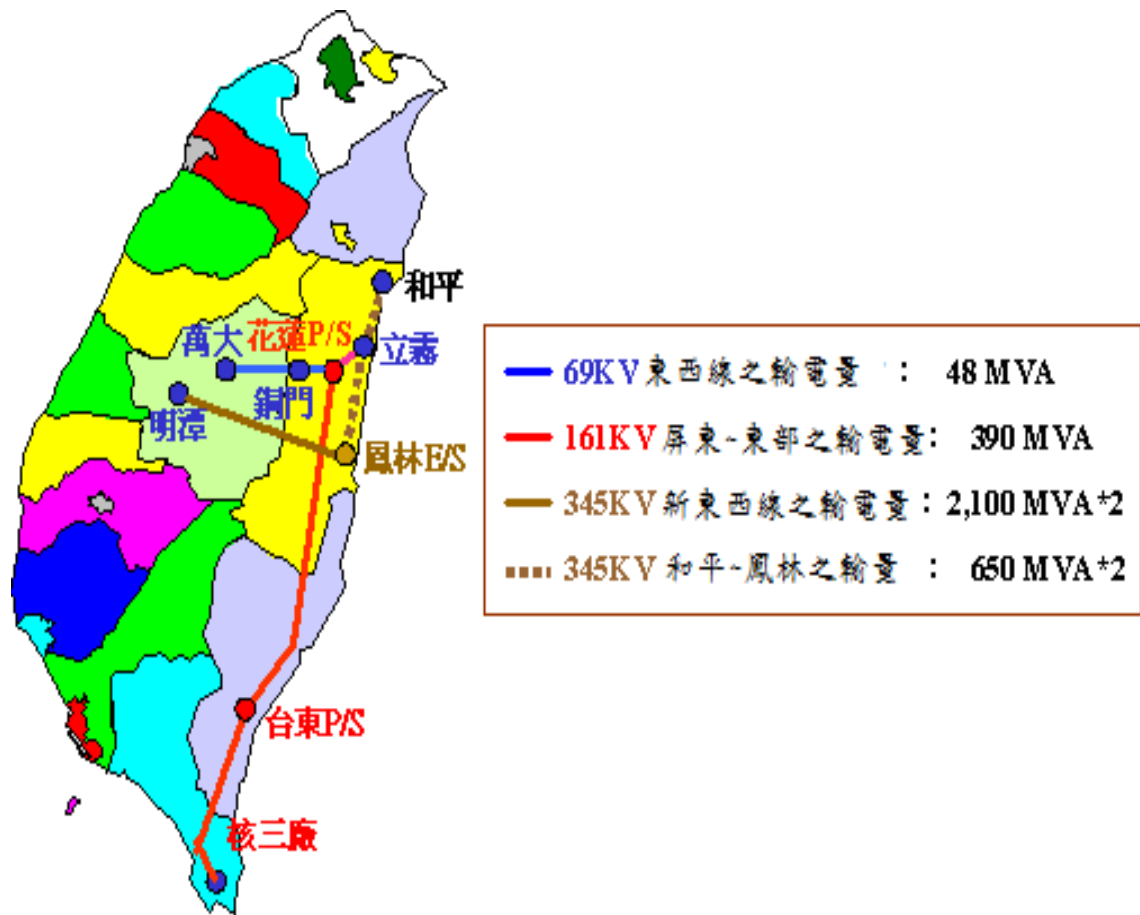


圖 5.24 東部電力線路系統概況圖[7]

5.3.2 東部電力系統供需與穩定度

近年東部觀光業急速發展，帶動經濟繁榮，相對的民生及企業的用電量極具攀升，歷年來用電量屢創新高，單靠東部發電廠的發電量是不足以應付尖峰用電量，花蓮地區 95.7.23 年最大尖峰負載：約 374MW，東部發電廠所轄水力發電廠總裝置容量 183MW，如圖 5.25，不足電力必須透過 69kV 萬大~銅門線(簡稱舊東西線)、新東西線 345kV 超高壓輸電線路與 161kV 楓港~花蓮線等線路來提供。

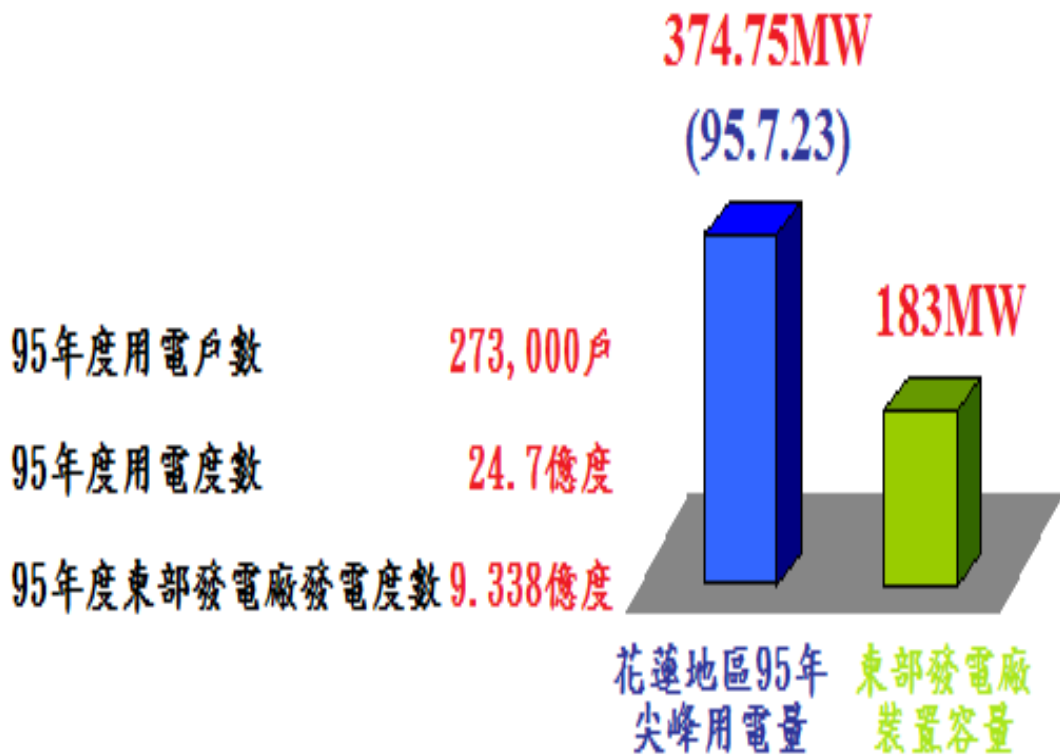


圖 5.25 花蓮地區 95 年用電量統計[7]

目前東部電力供需不均，需大於供，對於不足的電力都必須仰賴中部與南部的輸電線供應。輸電線路其敷設路徑穿越高山峻嶺、陡峭山坡及深川大河，藉由鐵塔、導線、絕緣支持物和發電設施等聯結成電力網，對於維護工作更是艱鉅。尤其 69kV 萬大~銅門甲、乙線(簡稱舊東西線)當初設計的標準，因時代及環境的變遷，其基礎、支撐物強度及線下高度已不符日亦升級之新標準，每年投資在線路維護費用龐大，在不符經濟效益拖累營運績效，台中與花東供電區處原有意將其廢除，簽請總處評核，經系統規劃處考量此線路還肩負奇萊山區水力發電水壩開門之操作電與政府預訂開闢南投~花蓮快速道路時施工用電所需，因此必須

保留一回線，於是在民國 91 年將二回線合併為一回線，並更名為萬大~銅門線[31]，平時線路加壓，必要時還可東西連絡送電。對於 69kV 萬大~銅門線、新東西線 345kV 超高壓輸電線路與 161kV 楓港~花蓮線等三輸電線路，經過歷年的天災考驗，驗證其對東部供電之重要性，不僅補足東部供電缺口，更有助於東部電力系統的穩定。

5.3.3 事故處理程序

台電公司對於事故處理規則，可分成以下三大部分：

1. 各廠遇線路或設備故障時依照電力調度規則彙編中有關事故操作規定辦理[32]。
2. 主要設備如發電機主變壓器等，各廠依照設備之特殊情形訂定「事故處理辦法」辦理。
3. 各廠在事故緊急處理後，應儘速向發電處報告，屬於一次系統者應向中央調度員報告，屬於二次系統者應向地方調度員報告。

東部發電廠所管轄之銅門轄內由於歷史因素放置了非常多線路，四面八方的線路都在這裡集合而成為井字型的輸電線路，如圖 5.26，而非一般發電廠的樹狀型那麼單純。當系統輸電線路，因天災或人為破壞造成系統大崩潰時，各機組可能會因 12Ry、51 Ry、40 Ry 等動作而跳脫，而初英三地方饋線及溪口地方饋線 CB #690 也會因 81Lf Ry(低頻電驛)動

作而跳脫，但銅門開閉所內各主 CB（#650、#660、#670、#680、#610、#620、#630、#640），不一定會跳脫。復電步驟如下：

1. 先確認各機組是否確實解聯停機，並確認開閉所有那些CB跳脫。
2. 報告地方調度員機組及CB跳脫情形。
3. 報告廠長、經理事故發生，機組及CB跳脫情形，並請求支援。
4. 依調度員指令，由銅花甲、乙線或萬銅甲、乙線或銅溪線受電。（受電前應先確認機組是否已解聯停機，否則要先解聯，再準備受電。）
5. 溪口及初英的地方饋線，應第一優先復電。
6. 由銅門、清水先併聯，再各機組逐步併聯發電。

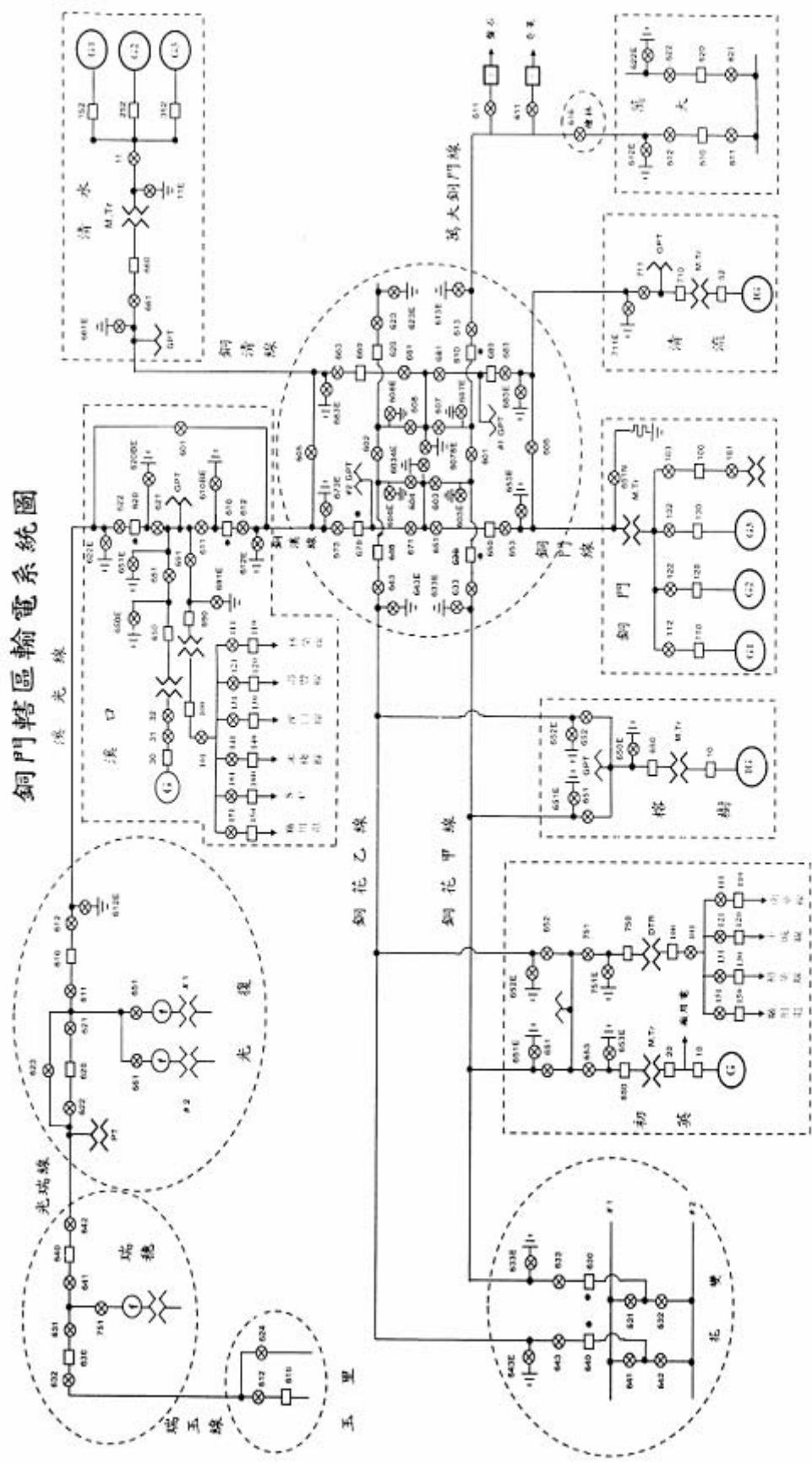


圖 5.2.6 銅門轄區輸電系統圖(台灣電力公司)

5.3.4 案例分析

1. 事故案例名稱：萬銅線銅門# 610 CB跳脫。
2. 事故原因：96/8/8 花蓮地區遭受「帕布颱風」侵襲，造成萬銅線銅門# 610 CB跳脫。
3. 影響程度：民生用電短時間停電。
4. 事故分析及處理步驟說明：
 - (1) 事故前萬銅線由銅門#610 加壓至萬大#610 斷。
 - (2) 0:23 #21 Ry(測距電驛)動作，銅門#610 跳脫，如圖 5.27-5.28。
 - (3) 立即連絡地方調度值班主任，俟風雨較小時再試送。
 - (4) 5:15 銅門#610 試送，無法投入。
 - (5) 6:45 由萬大#610 試送，加壓至銅門#610 斷正常。
 - (6) 銅門副控值班及颱風戒備人員至現場，將#613 斷，#610 投入正常。
 - (7) 花東供電區處電驛課人員至現場檢修後，於 11:28 投入正常。
 - (8) 11:45 萬銅線恢復送電。
 - (9) 事故發生原因，颱風期間外物碰觸造成線路跳脫。
5. 事故復電 SCADA 圖控操作步驟(由地方調度值班主任下達試送指令後方可進行操作)：
 - (1) 電腦螢幕圖控畫面左上用滑鼠選擇運轉模式。
 - (2) 選擇銅門機組。

- (3) 選擇虛擬線路，出現銅門連外線路系統圖畫面，如圖 5.28。
- (4) 選擇要操作的圖形元件(如 610CB)點一下，會出現如圖 5.29 之“遙控操作第一次確認”對話框。
- (5) 確認對話框內所要操作的是否為 610CB ON，是則在“確認”方格內點一下，否則點“取消”。
- (6) 出現“遙控操作第二次確認”表格，如圖 5.30，會立刻出現，此時再確認一次如果無誤，即可在“確認”小方格內再點一下，610CB 投入正常。610CB 元件狀態顯示為紅色，表示為 ON，如圖 5.31，且有操作訊息及記錄，如圖 5.32。
- (7) 執行每一操作應待狀態點正確回應，始可繼續下一步操作。
- (8) 斷路器投入加壓輸電線時，若電流異常突生，應立即啟斷斷路器。
- (9) 斷路器投入後，如發生三相電流不平衡，應檢查相關設備，並視不平衡情況做適當處理。



圖 5.27 警報訊息畫面

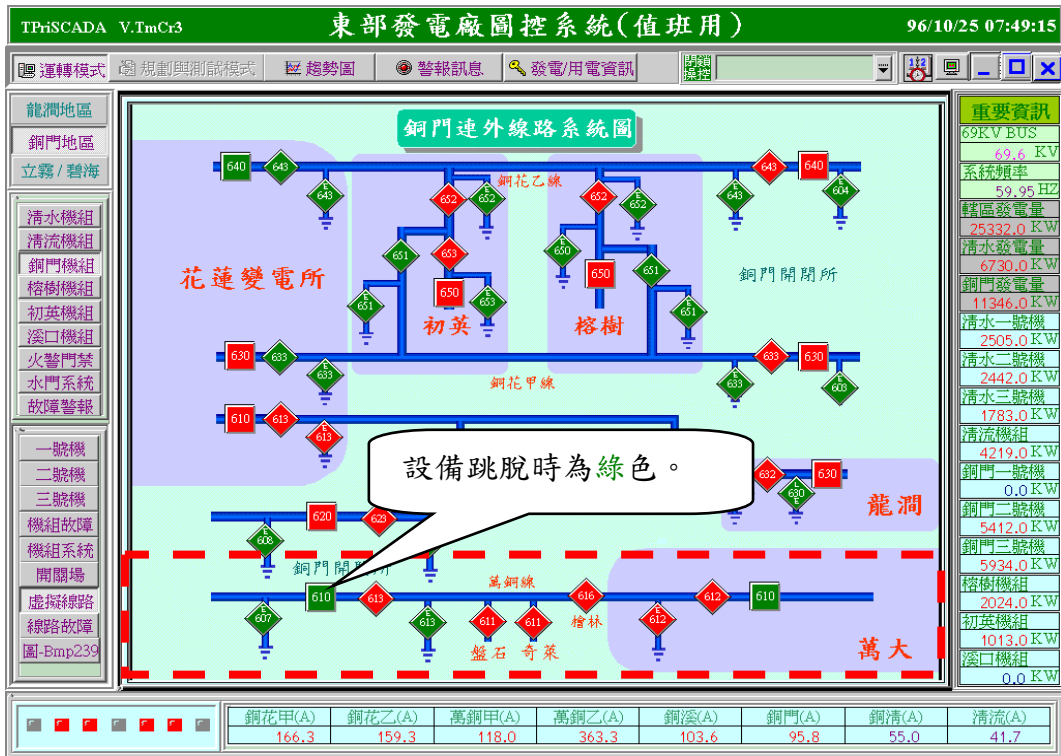


圖 5.28 萬銅線#610 跳脫畫面

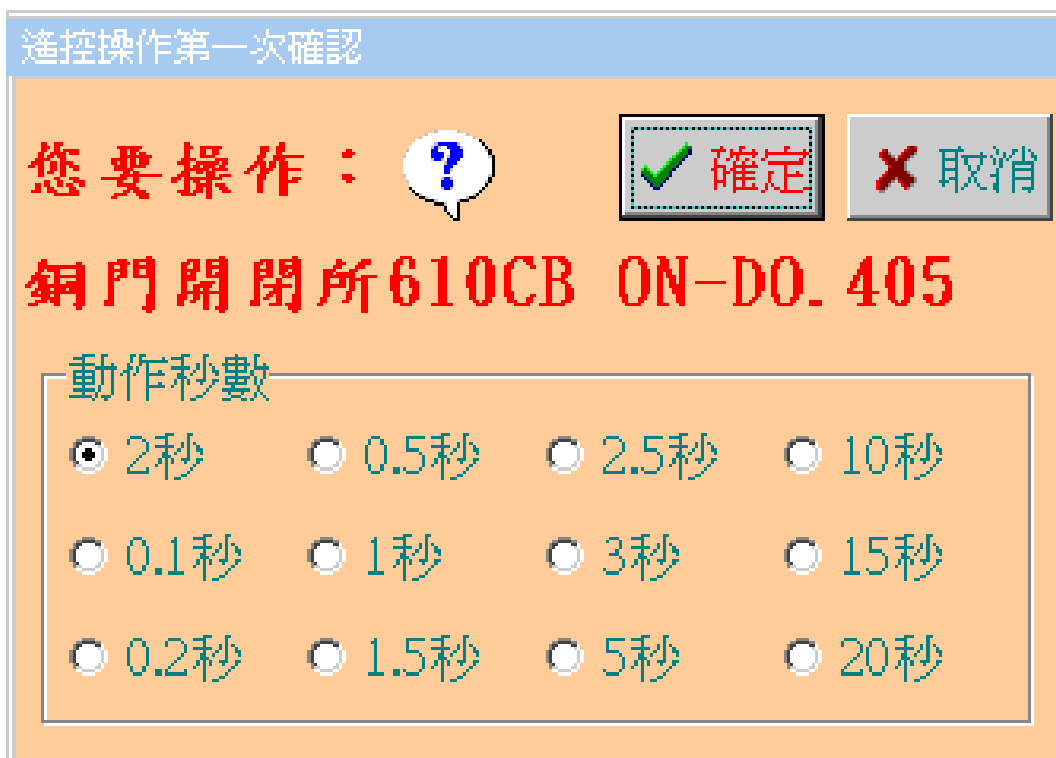


圖 5.29 圖控操作第一次確認畫面

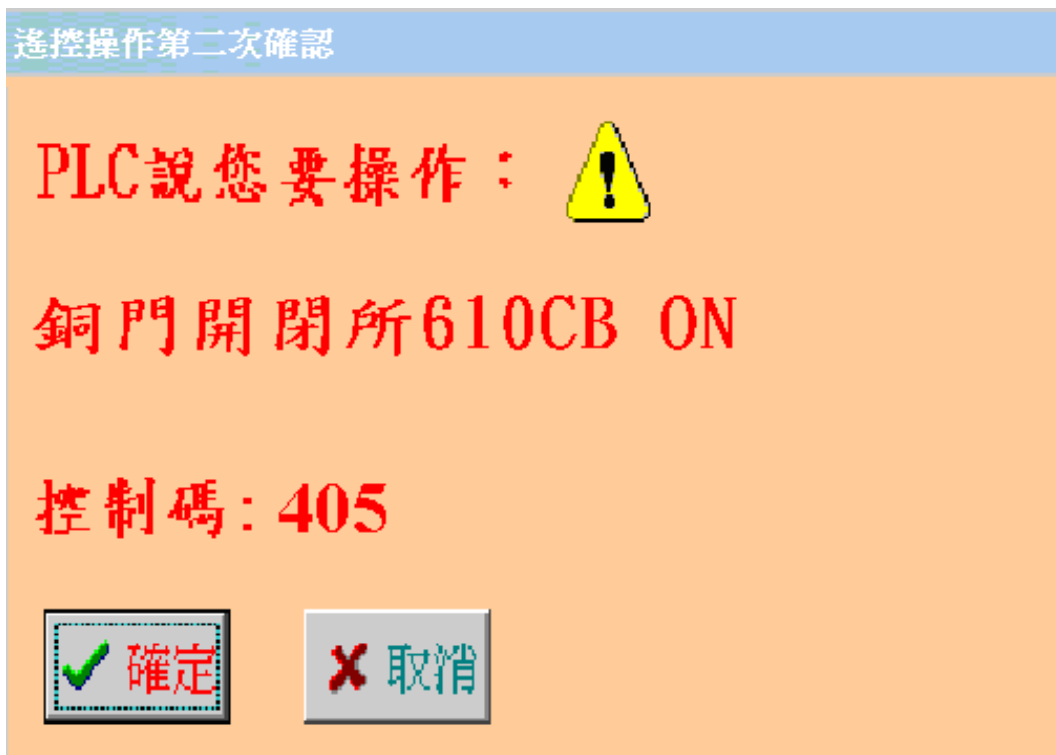


圖 5.30 圖控操作第二次確認畫面

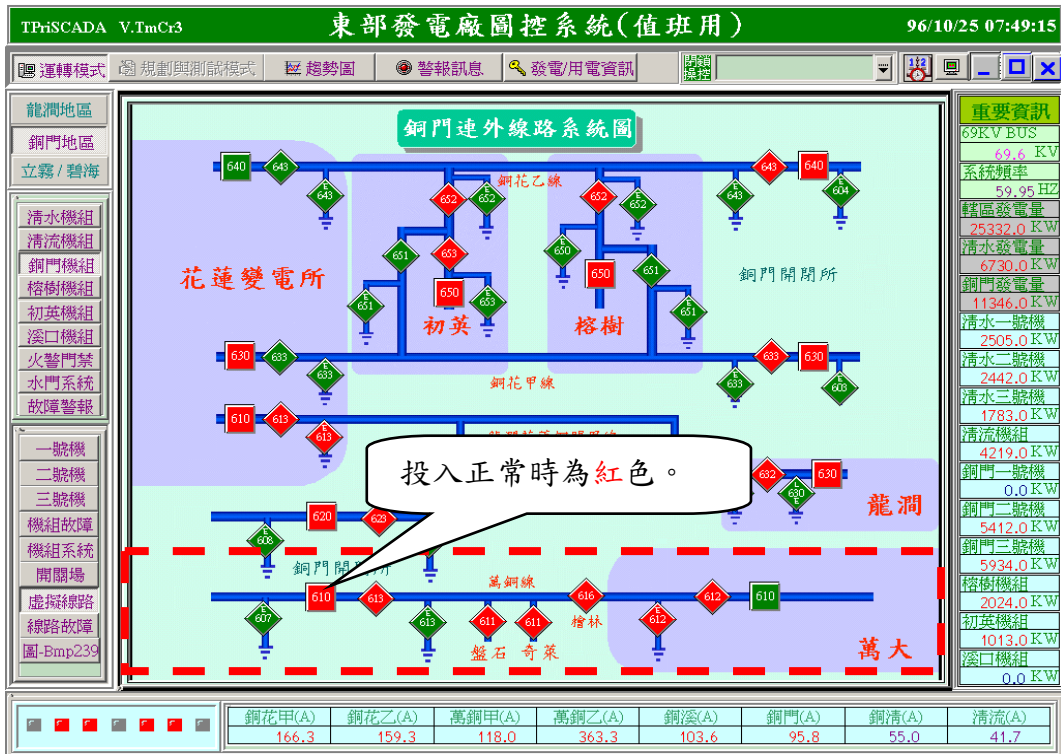


圖 5.31 萬銅線#610 投入畫面



圖 5.32 圖控操作訊息畫面

5.3.5 案例探討

本案例輸電線長達45公里，其路徑穿越高山峻嶺、陡峭山坡及深川大河等各種險峻地形，在故障的修復過程中，維修人員沿路尋找故障位置不僅費時且困難倍增，若輸電線故障的位置，發生在深山當中，維修人員除了需翻山越嶺外，有時故障發生的原因並非維修人員目視可以察覺，因此相當沒有效率可言；測距電驛具有解決上述問題的功能，能夠快速隔離故障區域並能偵測出故障位置及判斷故障種類，不僅加速了維修人員的修復時間，更是減少停電時間的一大關鍵[33]。

台電公司全面自動化工程，推動至今由於微處理器使用的普遍性及其功能的強大，數位式電驛[34]成為新一代的保護設備，數位電驛是利用微處理器的運算功能，可將輸入資料作快速的運算及判斷，更可以對雜訊作濾除動作，數位式測距電驛[35]的處理方式，可以先將輸入訊號的諧波、突波及直流成份作濾除，再作測距的運算，如圖5.33，如此會使電驛動作更確實，更快速。目前各超高壓變電所(E/S)均有值班及守衛人員監控，配電變變所(D/S)無人化透過電腦由區域調度中心(ADCC)監視控制，事故異狀以電驛跳脫斷路器遮斷事故點(電驛設備採用新型數位式電驛)，防止事故擴大，隨即通知維護部門巡視、搶修。本次發生故障原因，研判為颱風期間外物碰觸造成線路跳脫。輸電線無實體故障損失。

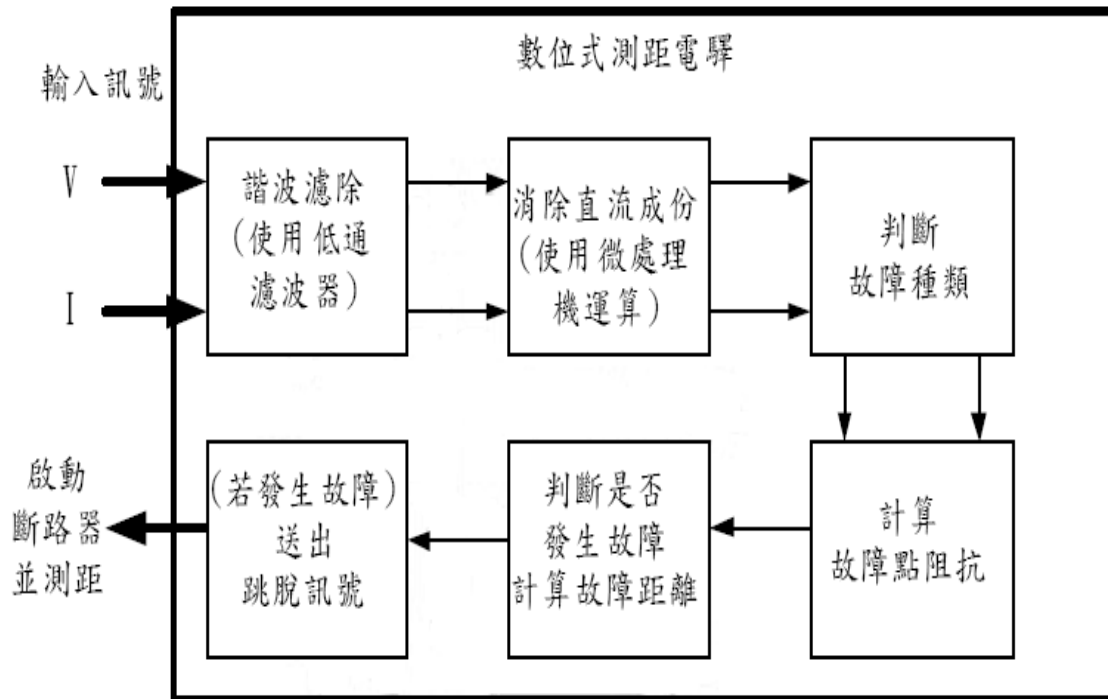


圖5.33 數位式測距電驛動作流程圖[33]

本實例問題延伸探討，隨著經濟成長、國內各項公共建設推動及人民生活水準提升，國內電力需求仍將繼續增加。為因應快速的電力需求成長，必須加強我國整體電源開發，確保電力穩定供應。對於電力系統穩定的前題就是電力系統之安全，電力系統運轉時，無可避免會遭受雷擊、開關突波、以及短暫過電壓等各種干擾。萬一導致設備絕緣破壞而發生接地事故，產生的故障電流可高達數拾 kA。異常電壓與電流，對於電力設備及人員生命，均是嚴厲之威脅。因此，須有各項保護機制，其中保護電驛、及接地系統扮演極重要之任務[33]。

第六章 東部水力發電廠 SCADA 系統之研究

6.1 前言

近年東部觀光業急速發展，帶動經濟繁榮，相對的民生及企業的用電量極具攀升，歷年來用電量屢創新高，單靠東部發電廠的發電量是不足以應付尖峰用電量，對於不足的電力都必須仰賴中部與南部的輸電線供應。東部地區電力需求，短期內尚無自給自足，對於東部輸電線路興建與電源開發(如表 6.1 所示)，台電公司投入鉅資，俾於調度、監控暨提供穩定、高品質之電力，有助於電力系統的穩定。

表 6.1 東部電源開發計畫

水力發電計畫名稱	裝置容量(KW)	預期商轉時間
碧海(和平溪)	61,200	100 年 10 月
西寶(萬榮馬太鞍溪)	74,200	94 年奉令暫停
溪畔及谷園(立霧溪)	250,000	75 年奉令暫停

東部發電廠管轄的水力發電廠，目前共計有 10 廠。台電公司的電源開發計畫與政策，勢必有新電廠的納入管轄，對於新的發電設備與系統的加入，既有的 SCADA 系統將面臨巨大的挑戰與變革，以因應未來全新的發展與整合，這將是 SCADA 系統研究的最佳題材。

6.2 東部發電廠 SCADA 系統分析探討

東部發電廠於民國 92 年整合完成所管轄區之 SCADA 系統，其系統運作至今已近五年。銅門及龍澗轄區採用台電公司綜研所自行開發之 PreSCADA 4.0 圖控軟體，立霧廠則採用 Cimplicity 圖控軟體。

台電綜研所能在少數人力下發展出台灣電力公司第一套人機介面軟體，實屬難能可貴，系統使用至今，當初規劃與設計已不符現今之實際需求，且台電綜研所自行開發之圖控軟體，其發展空間受限，圖控系統維護人員遇到該圖控受限部份時，往往需請台電綜研所原設計者協助解決，如此非長久之計，應審慎評估發展新的 SCADA 系統。

6.2.1 東部發電廠 SCADA 系統分析

東部發電廠面臨設備汰舊更新(正常維護作業)及新系統的加入，SCADA 系統已無法符合所需，就其系統分析，大致分成硬與軟體二部份：

1. 硬體部分

- (1) 電腦設備：主站與副站之 CLIENT 與 SERVER 電腦主機是採用 IBM NetVist(中央處理器 Intel Pentium 4)，螢幕 19” ，民國 90 年 12 月啟用至今已有六年，電腦設備二十四小時全天候運作，設備日趨老化，電腦使用年限也將至，電腦是 SCADA 系統重要核

心，若電腦大當機(損壞)無法搖控，將造成發電系統運轉盲點，汰舊換新為首要之急。

- (2) 通訊設備：通訊系統如同 SCADA 之神經命脈，關係著 SCADA 之良窳甚巨。由於本廠各機組皆在深山之中，傳統的通訊線其通訊品質受到環境、地形、距離、氣候影響，時常有【XXX 通訊故障】警報發生。民國 93 年台電東部通訊中心完成東部發電廠 SCADA 光纖線路架設工作，主站與副站設備之連線系統為 T_1 光纖通信專線，各副站與末端設備連線系統為 E_1 光纖通信專線。通訊設備已汰舊更新使用，採用多工器作為其通訊連接設備，使用迄今無不良問題發生。
- (3) 遠端資訊設備：採用 GE-PLC 90-30 作為遠端設備(RTU)，利用 GE(General Electric)程式規劃組態、邏輯運算及控制，收集現場 AI(Analog Input)、DI 資料及執行 DO 輸出，與副站 PLC 連線[34]。使用迄今無不良問題發生(設備維護正常汰舊更新)。
- (4) 副站(中繼)資訊設備：採用 GE-PLC 90-70 作為中繼資訊設備，利用 GE 程式規劃組態、邏輯運算及控制，收集所屬遠站 AI、DI 資料及執行人機介面之 DO 資料至所屬遠站，與遠站及主站 PLC 連線，傳送 AI、DI 及執行人機介面之 DO 資料至主站。控制模擬盤。使用迄今無不良問題發生(設備維護正常汰舊更新)。

(5) 主站資訊設備：採用 GE-PLC 90-70 作為資訊設備，利用 GE 程式規劃組態、邏輯運算及控制。收集所屬遠站及副站 AI、DI 資料，與副站 PLC 連線，執行人機介面之 DO 資料至副站及遠站。控制模擬盤。使用迄今無不良問題發生(設備維護正常汰舊更新)。

2. 軟體部分

(1) 作業系統：採用 Windows 2000 professional 與 Windows 2000 Server。

a. 特色：硬體平台的獨立性、多重處理器的支援、具多重開機功能 (Multi-boot)、優先權式多工 (Preemptive Multitasking)、多執行緒 (Multithreading)、高度的安全性符合 C2 標準。

b. 功能：更具親和性的使用者介面、更強大的搜尋功能、支援 FAT、FAT32、NTFS 檔案系統、NTFS5.0 支援加密檔案系統 (EFS) 及使用者磁碟配額等功能、提供「驅動程式簽署」及「系統檔案保護功能」，使系統更穩定、支援 隨插即用及 APM、ACPI 電源管理、整合的 Internet 功能，內建的 IIS 5.0。

(2) 圖控軟體：

a. 銅門及龍澗轄區採用台電公司綜研所自行開發之 PreSCADA 4.0 圖控軟體。雖然是台電公司同仁自行開發的圖控軟體，程式本身殊多限制，程式原始碼又無法釋出，圖控軟體無法完全依使用需

要規劃設計，對於新增設備與發電系統，將無法加入及整合，是 SCADA 系統的一大隱憂。

b. 立霧廠則採用 Cimplicity 圖控軟體，此為 GE 公司市售圖控軟體。其功能與特色[36]：

(a) 符合 MICROSOFT WINDOWS 技術標準如 OLE，COM，DCOM，ODBC，OPC，DNA 等，WINDOWS NT 及 WINDOWS 2000 之對稱多重處理(SMP)支援 2 個 CPU 至 4 個 CPU 在單一電腦下執行之圖控軟體。

(b) 支援中文語系具中文顯示能力。

(c) 採開放式系統設計，具 CLIENT/SERVER 架構多工處理 (MULTI-TASKING)，多人操作 (MULTI-USER) 之 32 位元 WINDOW NT 環境下執行。

(d) 具動態規劃能力，增加或修改圖面及點名稱，不需停機。

(e) 支援 WINDOWS METAFILE，如 AUTOCAD，POWERPOINT 等圖形物件，可利用於圖面上，並可定義其動態，如同圖控本身物件之定義而並非如位元圖形(BITMAP)般之靜態物件。

(f) 動態圖面測試，可測試經修改之圖面，而不需更動原始圖面。

(g) 內建樣品圖庫(SYMBOLS LIBRARY)至少 1800 個，利用點選方式直接選取入圖面上使用，並提供連結式物件(LINKED

OBJECTS)，在多圖面時，同一物件不必重複定義其動態。

- (h) 提供警報管理之警報看板，並可規劃該看板之欄位，當警報產生時，立即將其警報點，位置所在，裝置名稱，時間與等級等警報訊息顯示於看板上，並可利用上述各參數進行排序。另外在多台電腦網路連線，該看板亦可顯示網路上其他系統之警報。
- (i) 資料儲存需符合 ODBC 標準，可利用 MICROSOFT ACCESS，SQL，ORACLE 建立資料庫，進而建立報表及資料庫管理。另具有回存能力(STORE AND FORWARD)當現場電腦資料經網路儲存於中央電腦資料庫集中管理，若網路中斷，則現場電腦自動將收集資料儲存本身硬碟內，待網路恢復即將資料送至中央電腦，不至使資料收集中斷。
- (j) 內建 VISUAL BASIC 語法之程式編寫至少 500 個基本指令，有效整合圖控內建之功能，更有彈性的解決問題。
- (k) 內建點名稱表列能力，不需另建新圖顯示點名稱資料，直接就可於表列上觀察。在電腦網路連結上亦可顯示網路上其他系統之點名稱表列，方便於維護觀察及狀況排除。
- (l) 在單一圖面上亦可觀察該圖面所有使用的點名稱趨勢圖及其位置表列，並可加以搜尋及更改點名稱，以利維護並節省時間。

- (m) 內建趨勢圖功能，於單一圖面上可放置多個趨勢圖，在一趨勢圖不限定顯示筆數，可自由規劃顏色、字型及線條形式，即時與歷史曲線可同在一趨勢圖上，動態地更換筆數，每一筆數可各有各自軸位顯示。
- (n) 快速趨勢圖功能(Quick Trends)，不須另建趨勢圖畫面，可任意選取欲在短期內監看的點，以利即時並彈性的反應現場狀況。
- (o) X、Y 曲線對應圖，非以時間為 X 軸之趨勢圖，X 軸與 Y 軸各自定數據，並可多重定義 X、Y 軸幫助資料分析。
- (p) 內建系統點名稱，如時間、日期、系統警報、使用者及權限等級，方便知道目前系統內部各項資訊。
- (q) 匯出/匯入功能，可將點名稱之規劃匯出至 MICROSOFT EXCEL，供建立與管理，並可再匯入圖控系統以供圖控使用。
- (r) 具複聯式能力(REDUNDANCY)，圖控本身可規劃成複聯式，主機電腦當機時副機電腦可自動接管，並具有自動備份能力，使資料收集、警報、資料記錄與操作能連續進行，當主機恢復正常，副機亦將資料回存主機後，仍由主機接管，副機則待命及備份，使資料同步進行。在網路之工作站亦可連接至 REDUNDANCY 系統，並自動切換連接至主機或副機。另外網路本身亦具備 REDUNDANCY 提供雙網路能力連接主機.副機

與工作站。

- (s) 具網際網路 (INTERNET) 能力可利用目前的 INTERNET/INTRANET 瀏覽器軟體如 IE4.0 或 NETSCAP 透過網際網路直接連接至圖控主機，直接顯示圖控之圖面進行監控、另原本單位的網路主機亦可與現場圖控連接，將圖控數據結合於網路主機的網頁上，供網際網路上大眾瀏覽查看。
 - (t) 支援無線 Ethernet 網路功能，用 Windows CE 作業系統之 PDA，Tablet PC 等行動電腦，利於現場操作。
 - (u) 能將電腦與網路系統效能設計於圖控畫面上，對於單台 PC 及網路 PC 皆能監視，便於瞭解系統效能。
 - (v) 支援電力管理系統 (Power Management Control System，PMCS)，配合，電表，電驛，保護電驛等電力設備做監視控制，電力波形擷取，諧波分析與計費管理等。
- (3) SOE 軟體：採用 Cimplicity 圖控軟體作為其連接 SOE(記錄器)PLC 之擷取軟體。

6.2.2 東部發電廠 SCADA 系統問題探討

針對東部發電廠 SCADA 系統經分析後，發現目前問題在於硬體之電腦主機設備的老化問題與軟體之銅門、龍澗轄區圖控系統受限，新增

發電系統設備無法加入及整合問題。東部發電廠 SCADA 系統分析之問題，目前最急迫之事就是考慮因應將來的擴充性與整合性，需提出一個完整解決方案，架構特色為彈性而且開放性的，根據工業界普遍使用的硬體元件與標準通訊網路，可提供各類型發電廠之全新自動化或部分系統設備改善之控制，與先進的管理功能相結合，使電廠之運轉與維護能處於最佳狀況。

6.3 東部發電廠 SCADA 系統之建議

目前以電腦為基礎所建構的 SCADA 系統，最重要的就是具有穩定強健性的電腦系統與開放彈性架構功能之圖控軟體，所構成的人機介面(HMI)。簡單的說，一個優良的人機介面就是利用開放彈性式架構功能良好之圖控軟體，經由電腦系統，面對各類型的遠端設備都能有效的透過標準的通訊協定與標準的資料交換介面連接，並能依據使用者所需規劃設計出視覺與外觀完整的人性化操控系統。

本論文提出利用『系統發展生命週期(System Development Life Cycle, SDLC)』模式[37]，作為解決目前東部發電廠 SCADA 系統所面臨問題之建議。其步驟流程大致可分為下列五階段(如圖 6.1 所示)：

1. 系統規劃(system planning)

工作首要需瞭解系統之任務(Mission)、目的(Goal)、計劃(Plan)及需

求(Requirement)為何，進行上述及其相關評估作業，決定如何開發系統(自製、外購、外包、使用者自行開發)。

2. 系統分析(System Analysis)

先瞭解目前的系統，加以分析與問題的確認，再定義出新系統的大綱，並調查收集使用者的需求、設計需求及系統發展的標準。主要工作是將使用者需求與新系統需求(輸入、輸出、資料、軟體結構及控制等)之描述轉化為系統規格文件。

3. 系統設計(System Design)

主要工作在提出系統開發之設計方案(多項)，依據系統發展的標準去加以評選，並考慮到系統整合。系統設計可分為邏輯設計(資料庫設計、表單與報表的設計與所有I/O介面的設計)和實體設計(實際檔案與資料庫的設計與程式與處理程序的設計)。設計的重點在於建立系統的架構、資料結構、操作介面的設計等。

4. 系統製作(system implementation)

主要工作為系統的安裝與測試、人員的訓練與系統汰換運作，保存舊系統以防範未然。

5. 系統維護(system maintenance)

提供系統運作、修改與擴充的維護更新工作，並協助使用者正常處理系統運作時發生的問題。

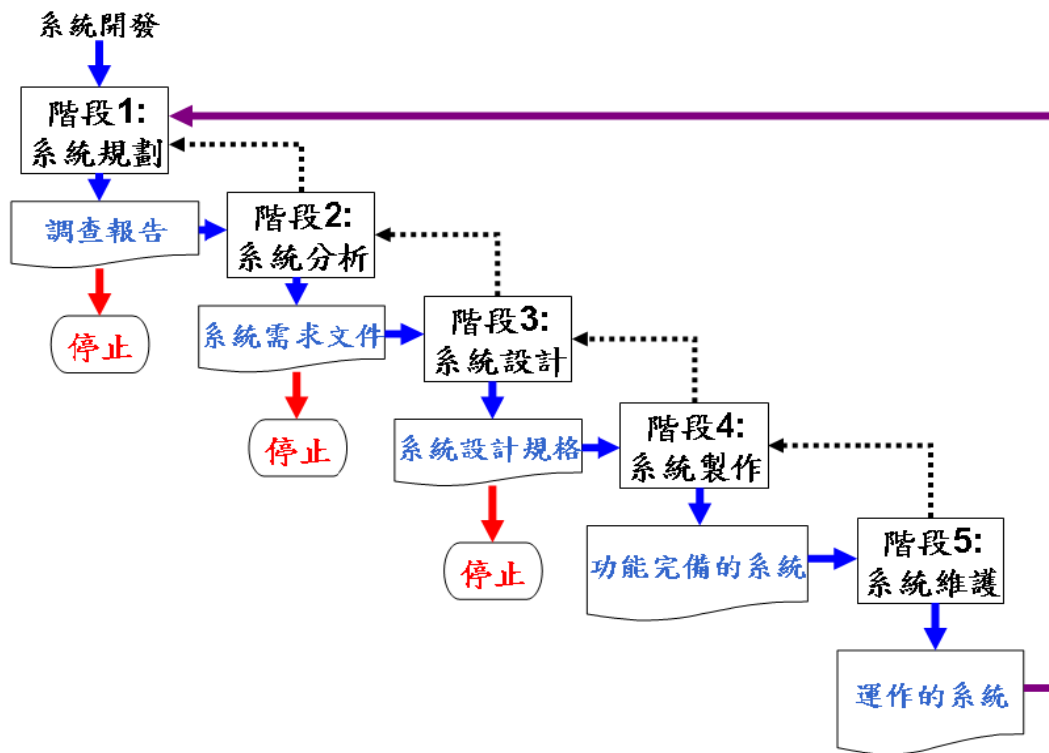


圖 6.1 系統發展生命週期之流程

6.4 新 SCADA 系統之規劃設計

本章設計一東部發電廠新SCADA系統，由6.2節可知，其主要問題在於「人機介面」的不良所造成，利用『系統發展生命週期(System Development Life Cycle, SDLC)』模式，進行新SCADA系統開發，經審慎考量後，決定採用GE公司市售圖控軟體(Cimplicity)，其功能特色於6.2.1節中已詳述，不再加以贅述。首先進行系統規劃，將東部發電廠所管轄10座水力發電廠劃分為三個副控站及主控站(設置於東部發電廠管理大樓)，架設新人機介面，完成整合工作，建置一新SCADA系統，其架構(如圖6.2所示)與功能，擬定如下：

1. 系統架構

(1) 花蓮主站

- a. 圖控伺服器(Cimplicity圖控軟體Server版)。
- b. 圖控工作站(Cimplicity圖控軟體Viewer版)。
- c. 連接各副站與各遠站PLC設備。

(2) 副站(銅門、龍澗、立霧)

- a. 圖控伺服器(Cimplicity圖控軟體Server)。
- b. 圖控工作站(Cimplicity圖控軟體Viewer版)。
- c. 連接主站、副站與各遠站PLC設備。

(3) 遠站(各廠之現場)

- a. 架設SOE伺服器(Cimplicity圖控軟體Server)。
- b. 連接主站與副站PLC設備。

2. 功能與特性

(1) 參考沿用原有SCADA系統之功能與特性(如4.2.1-4.2.2與5.2.1-5.2.2所示)，並加以創新。

(2) 花蓮主站、龍澗副站與銅門副站SCADA系統，不僅主站可以遙控轄區各遠站設備，副站與副站間亦可互為操控，主、副站均為一個相同完整的圖控系統，形成一個複聯式架構之SCADA系統。

(3) 將「物件導向技術」代入系統設計，利用物件類別觀念，將關聯物

- 件分門別類，建構各式標準模組及元件。維護人員無需撰寫任何程式或敘述語法即可達到新增控制項的便利性。
- (4) 選定操控設備後30秒內不執行操作控制，選定功能自動消失，控制設有二段式開關程序操作確認機制及措施。
 - (5) 圖控軟體安裝在Windows作業系統環境下。利用圖控軟體內建的各项功能，開發中文化專屬之整合圖控、資料庫、警報及圖表於一完整系統。
 - (6) 圖控軟體之高效率通訊設計大幅提升監控與資料收集之反應速度，可同時連接多部及多種控制器。採用具開放式架構特性的人機介面，讓擴充與整合更加容易。
 - (7) 圖控軟體內建SQL資料庫，不需額外增購資料庫軟體。資料儲存符合ODBC標準，利用Microsoft Office Access建立資料庫，搭配Microsoft Office Excel應用軟體，進而建立報表及資料庫管理。
 - (8) 結構安全性的運用，使用者依據權限設定來使用與管理圖控系統，提高系統之安全性。操控訊息框，可立即顯示由哪控制站進行操作與完成訊息。
 - (9) 圖形化使用著介面與視覺化技術的使用，符合使用著需求。運轉人員毋須特訓，能夠立即適應新系統之運作。

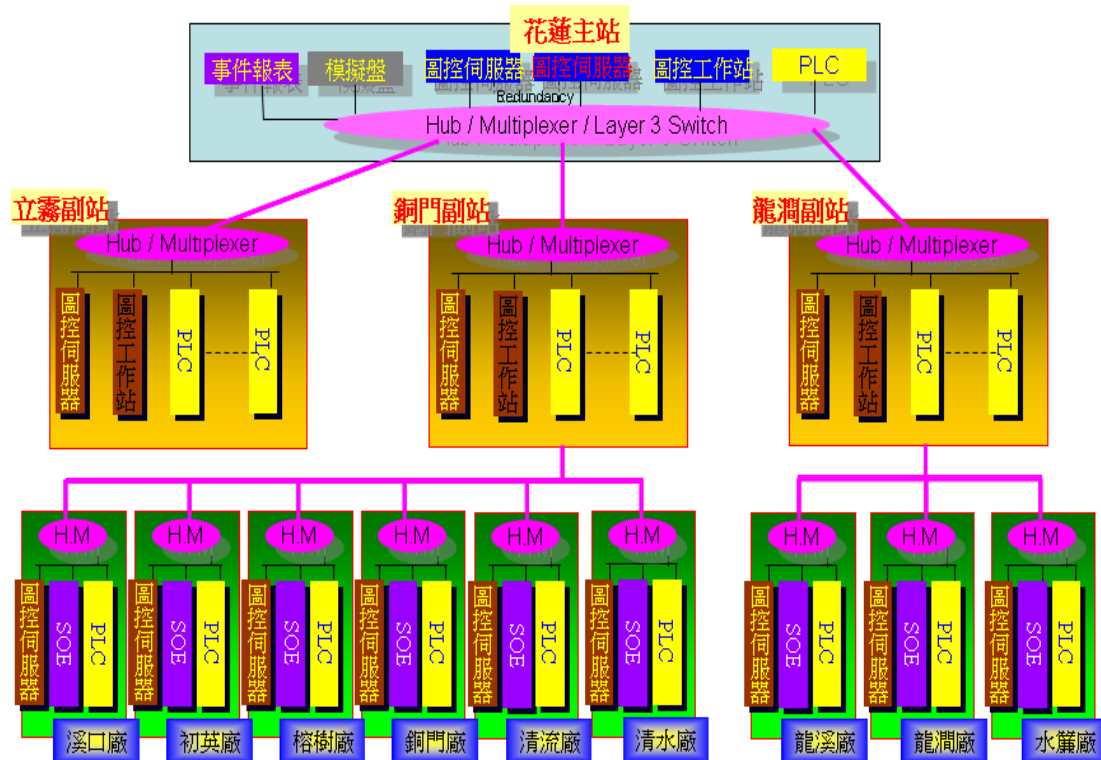


圖6.2 東部發電廠新SCADA系統架構示意圖

本文設計新SCADA系統，主要是針對人機介面做全新的規劃設計，主要目的是將東部發電廠所管轄10座水力發整合於同一圖控。依據規劃所擬定的各項功能與特色進行設計，「東部發電廠新SCADA系統」設計採用Cimplicity HIM軟體作為人機介面的開發。首先開啟CIMPLICITY Workbench進行專案設計工作。

1. 建立專案

- (1) 首先訂定專案名稱與選擇Options和Protocols。
- (2) 建立通訊埠(Port)：可同時連接多部及多種控制器，依所要連接設定通訊協定(Protocol)及埠(Port)。

- (3) 建立硬體設備(Devices)，與PLC連接，如圖6.3所示。
- (4) 建立監控點(Points)：依資料型態選擇(類比點選擇Analog，數位點選擇Boolean，純文字則選Text)，並依照各廠PLC點表(如圖6.4所示)建立AI、DI、DO點，如圖6.5所示。

2. 圖面

- (1) 依照各廠機組系統、廠區系統、故障、水壩等建立所需圖面，並建立圖形連結框、通訊顯示框與操作訊息框，如圖6.6所示。
 - (2) 對於控制的設備(如CB、ABS、Relay及機組設備等)作ON/OFF、OPEN/STOP/CLOSE、RAISE/LOWER之控制採標準元件及模組化，利用內建指令編輯設定與VISUAL BASIC語法之程式編寫。當選定設備後30秒內不執行操作控制，選定功能自動消失，無法執行操作控制，如圖6.7所示。
 - (3) 利用內建指令編輯設定與VISUAL BASIC語法之程式編寫，並與PLC程式搭配。對於控制設有二段式開關程序操作確認機制及措施，如圖6.8-6.9所示。
3. 記錄資料：圖控軟體之資料儲存符合ODBC標準，透過標準ODBC界面設定，利用Microsoft Office Access建立操控記錄資料庫，以供日後查看參考，如圖6.10所示。
 4. 趨勢圖：開啟CimEdit，新增畫面，利用已定義的OLE物件，從功能表

中選取CIMPLICITY Trend Control，設定所要的趨勢線及資料點，即完成即時趨勢圖。對於歷史曲線圖之建立步驟與即時趨勢圖大同小異，不同之處在於可選取資料點之記錄值。

5. 警報

(1) 警報點設定：當points設定警報時需選擇一Alarm Class，此點產生警報時則根據這一個Class的設定來顯示。錄製語音檔*.wav，各警報等級中Audio須設定為Wave file，進行連結設定，最重要就是在完成警報設定後，將project名稱加入Alarm Sound Manager，當專案啟動，語音警報才會生效(綠燈表示連線，紅燈表示無連線)，如圖6.11所示。

(2) 警報文字看板(Alarm Viewer)：開啟CimEdit，新增畫面，利用已定義的OLE物件，從功能表中選取CIMPLICITY AMV Control，警報看板有靜態(Static)和動態(Dynamic)兩種型態可設定，將所需之功能逐一設定後即完成，如圖6.12所示。

6. 報表：在CIMPLICITY HMI上將所要的資料點資料來源設定到CIMPLICITY SQL Server Logging，然後使用CIMPLICITY HMI提供的EXCEL報表檔(Visual Basic建置)，來設計專屬的格式，然後產生報表。這些報表使用SQL (Structured Query Language)指令，是標準的Excel巨集和SQL技術所設計，如圖6.13所示。

7. SOE事件記錄擷取與事件查詢程式撰寫

- (1) 利用Cimplicity HIM軟體製作，SOE事件記錄擷取及事件查詢畫面，如圖6.14所示。
- (2) 圖控軟體之資料儲存符合ODBC標準，透過標準ODBC界面設定，利用Microsoft Office Access建立SOE事件記錄資料庫，以供日後查看參考。
- (3) SOE事件記錄擷取與事件動作點之文字名稱，利用內建指令編輯設定與VISUAL BASIC語法之程式編寫，如圖6.15所示。。

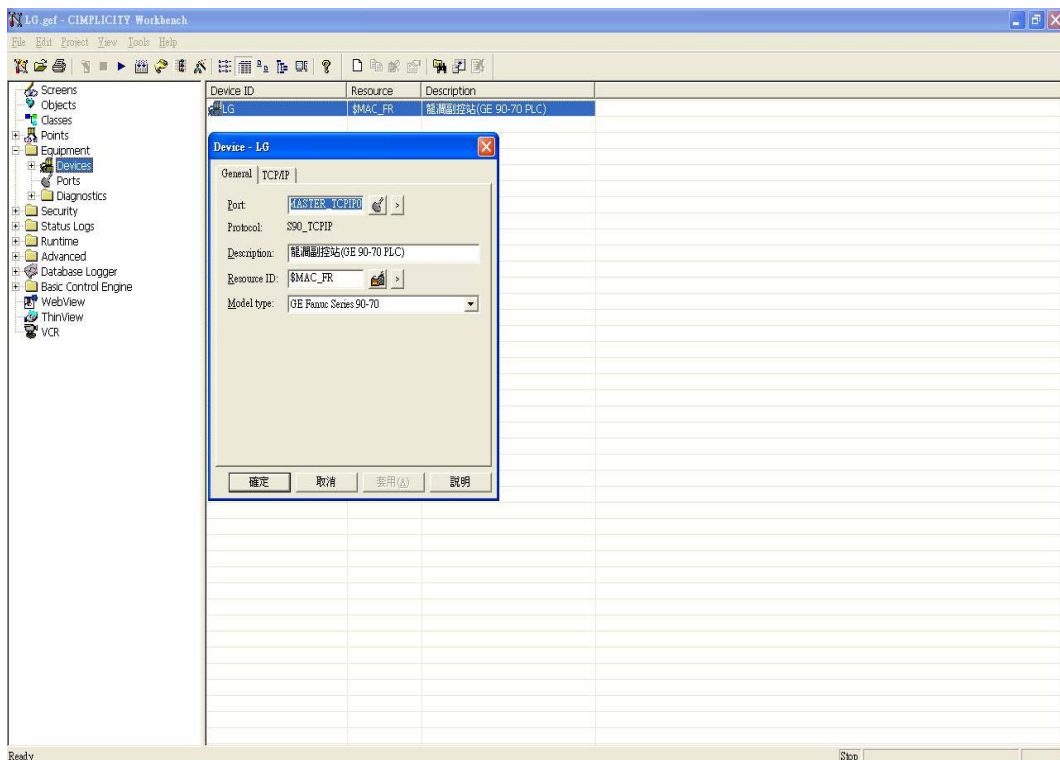


圖6.3 建立硬體設備

龍澗壹號機遠站										龍澗副控中心				花蓮主控中心												
序號	點名稱及代號	AI 訊號			PLC 接點			PLC 位址		PLC 位址		PLC 接點		極電小	PLC 位址		PLC 接點		極電小	編						
		來源	輸入點	輸出點	極	址	點	R	倍率	R	R	R	極	址	點	點	點	點	點	點						
1	SOE 紀錄器現在分秒	PLC			x	x	x	x	5022	601,602	1					3001	1001			0	1001			0	AI001	
2	SOE 紀錄器現在日時	PLC			x	x	x	x	5023	608,604	2					3002	1002			0	1002			0	AI002	
3	SOE 紀錄器現在年月	PLC			x	x	x	x	5024	605,606	3					3003	1003			0	1003			0	AI003	
4	SOE 紀錄器的區運	PLC			x	x	x	x	5042	607,608	4					3004	1004									AI004
5	SOE 紀錄器現在狀態	PLC			x	x	x	x	5043	609,610	5					3005	1005									AI005
6	SOE 事件的分秒	PLC			x	x	x	x	5001	611,612	6					3006	1006									AI006
7	SOE 事件的分秒	PLC			x	x	x	x	5002	613,614	7					3007	1007									AI007
8	SOE 事件的分秒	PLC			x	x	x	x	5003	615,616	8					3008	1008									AI008
9	SOE 事件的年月	PLC			x	x	x	x	5004	617,618	9					3009	1009									AI009
10	SOE 事件的狀態指示(1)	PLC			x	x	x	x	5005	619,620	10					3010	1010									AI010
11	SOE 事件的狀態指示(2)	PLC			x	x	x	x	5006	621,622	11					3011	1011									AI011
12	SOE 事件的狀態指示(3)	PLC			x	x	x	x	5007	623,624	12					3012	1012									AI012
13	SOE 事件的狀態指示(4)	PLC			x	x	x	x	5008	625,626	13					3013	1013									AI013
14	SOE 事件的狀態指示(5)	PLC			x	x	x	x	5009	627,628	14					3014	1014									AI014
15		PLC			x	x	x	x		629,630	15					3015	1015									AI015
16		PLC			x	x	x	x		631,632	16					3016	1016									AI016
17	發電機 RS 總電壓	電表	PT:11KV/110V		0			x	x	1001	633,634	17				3017	1017			0	1017			0	AI017	
18	發電機 ST 總電壓	電表	CT:3500/5A		0			x	x	1002	635,636	18				3018	1018			0	1018			0	AI018	
19	發電機 TR 總電壓	電表			0			x	x	1003	637,638	19				3019	1019			0	1019			0	AI019	
20	發電機 R 相電流	電表			0			x	x	1004	639,640	20				3020	1020			0	1020			0	AI020	
21	發電機 S 相電流	電表			0			x	x	1005	641,642	21				3021	1021			0	1021			0	AI021	
22	發電機 T 相電流	電表			0			x	x	1006	643,644	22				3022	1022			0	1022			0	AI022	

圖 6.4 PLC 點表 [13]

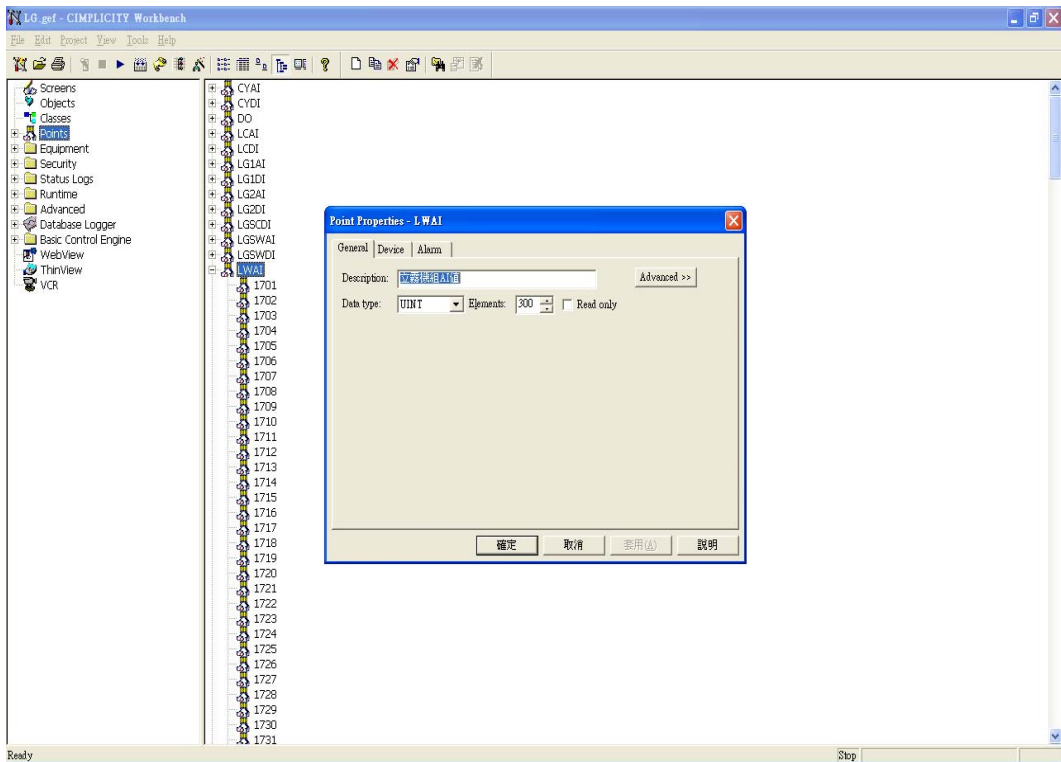


圖 6.5 AI、DI與DO點之建立

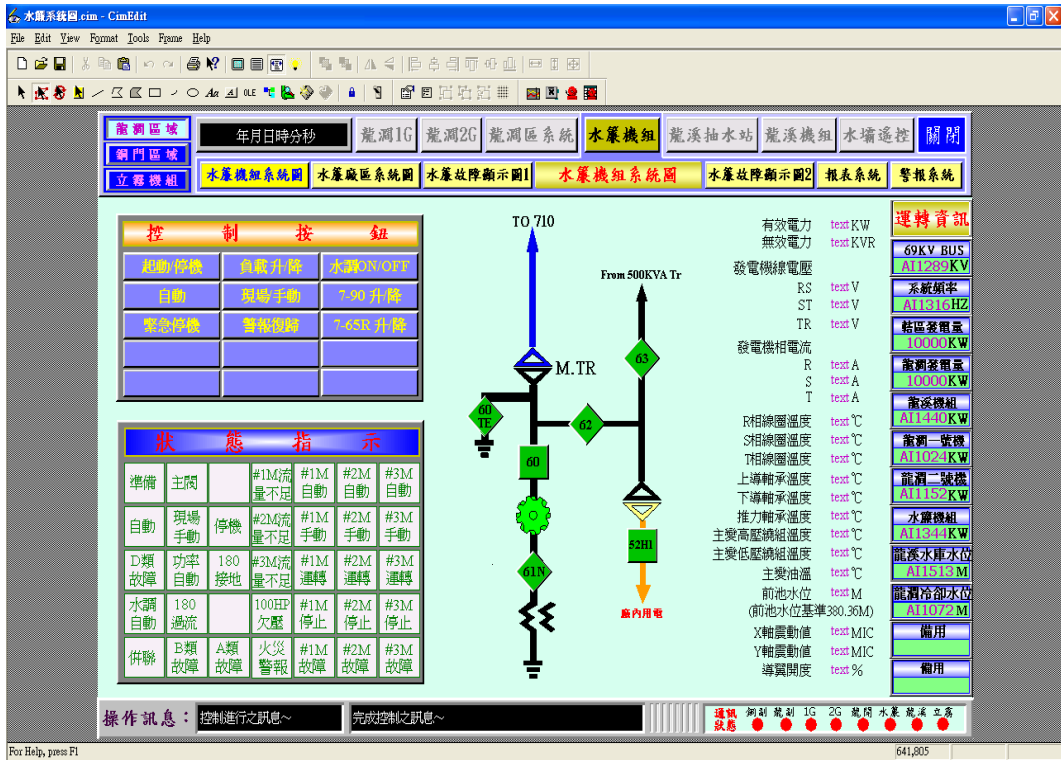


圖 6.6 新建立之圖面

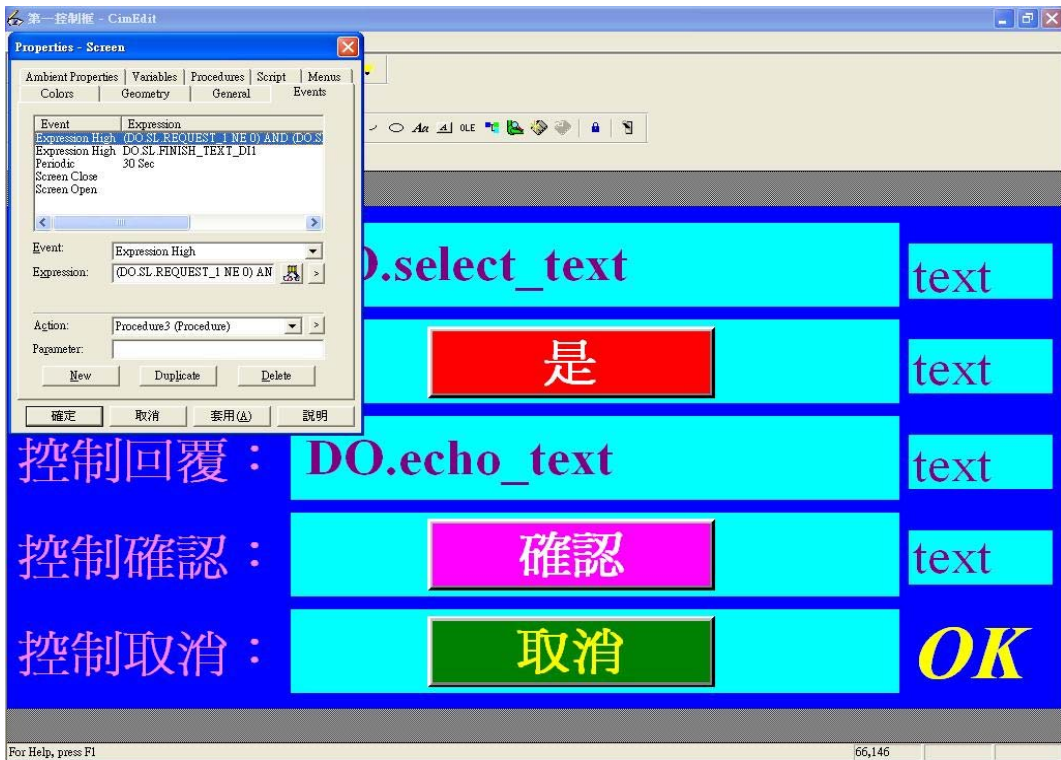


圖 6.7 控制框圖面

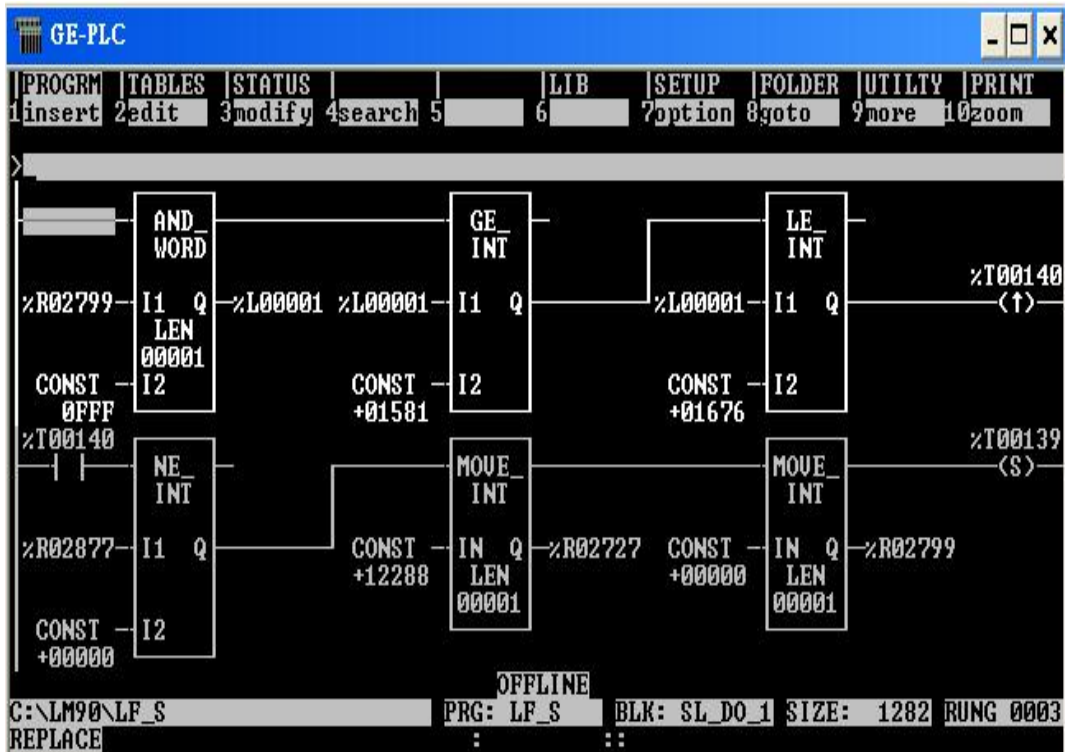


圖 6.8 PLC 程式

```

Sub P1()
pointset "do.sl.panel", 0
v1=pointget ("do.sl.inquire_1")
v2=pointget ("do.sl.inquire_2")
v3=pointget ("do.sl.inquire_3")
v4=pointget ("do.sl.inquire_text")
v5=pointget ("do.sl.inquire_b1")
v6=pointget ("do.sl.inquire_b2")
pointset "do.sl.select_1", v1
pointset "do.sl.select_2", v2
pointset "do.sl.select_3", v3
pointset "do.sl.select_text", v4
pointset "do.sl.button_1", v5
pointset "do.sl.button_2", v6
pointset "do.sl.close_time", 0
pointset "do.sl.echo_text", ""
pointset "do.sl.inquire_1", 0
pointset "do.sl.inquire_2", 0
pointset "do.sl.inquire_3", 0
pointset "do.sl.inquire_text", ""
pointset "do.sl.inquire_b1", ""
pointset "do.sl.inquire_b2", ""
pointset "do.sl.finish_text_d11", 0
End Sub

```

The screenshot shows the 'Edit Script' window with a menu bar (File, Edit, View, Tools, Help) and a toolbar. The main text area contains the sub-program code. The status bar at the bottom shows 'Ln 1 Col 0 Idle Compiled'.

圖 6.9 控制框程式

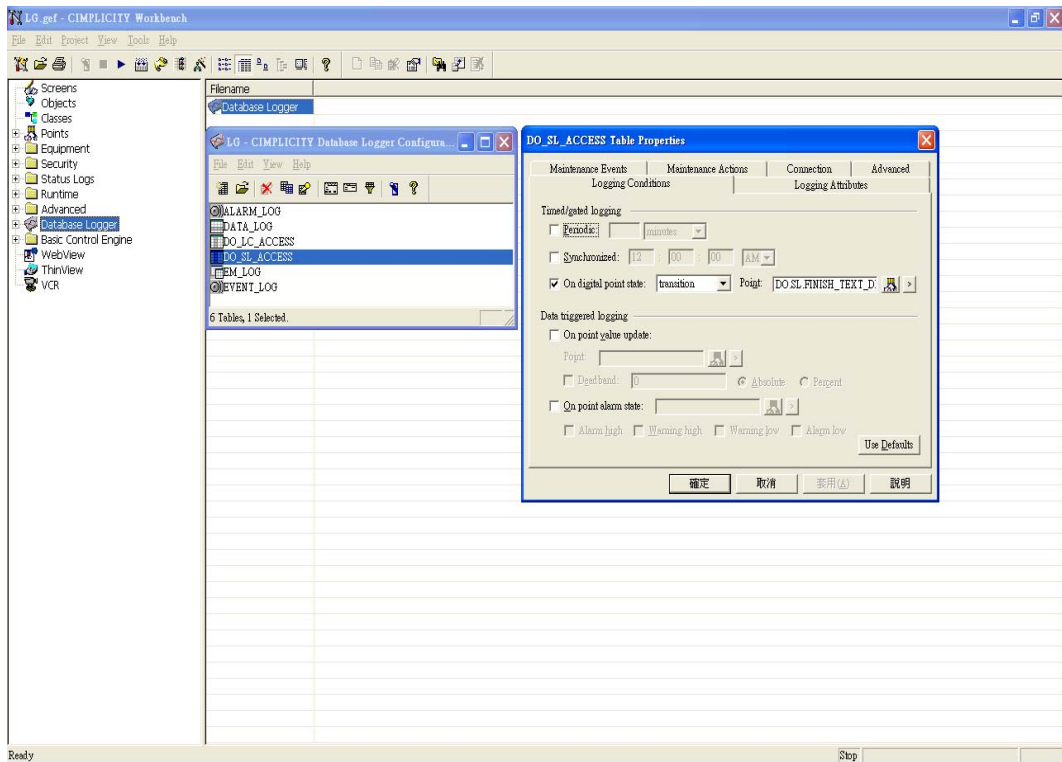


圖 6.10 操控資料庫設定畫面

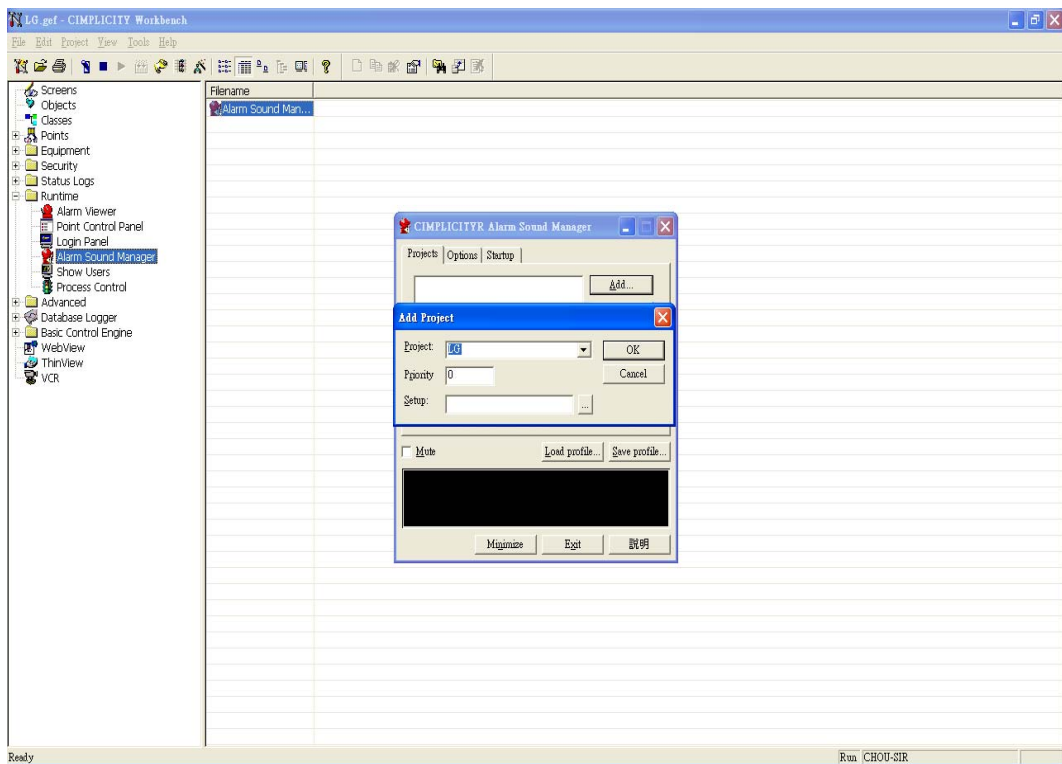


圖 6.11 Alarm Sound Manager 畫面



圖 6.12 警報看板設計畫面

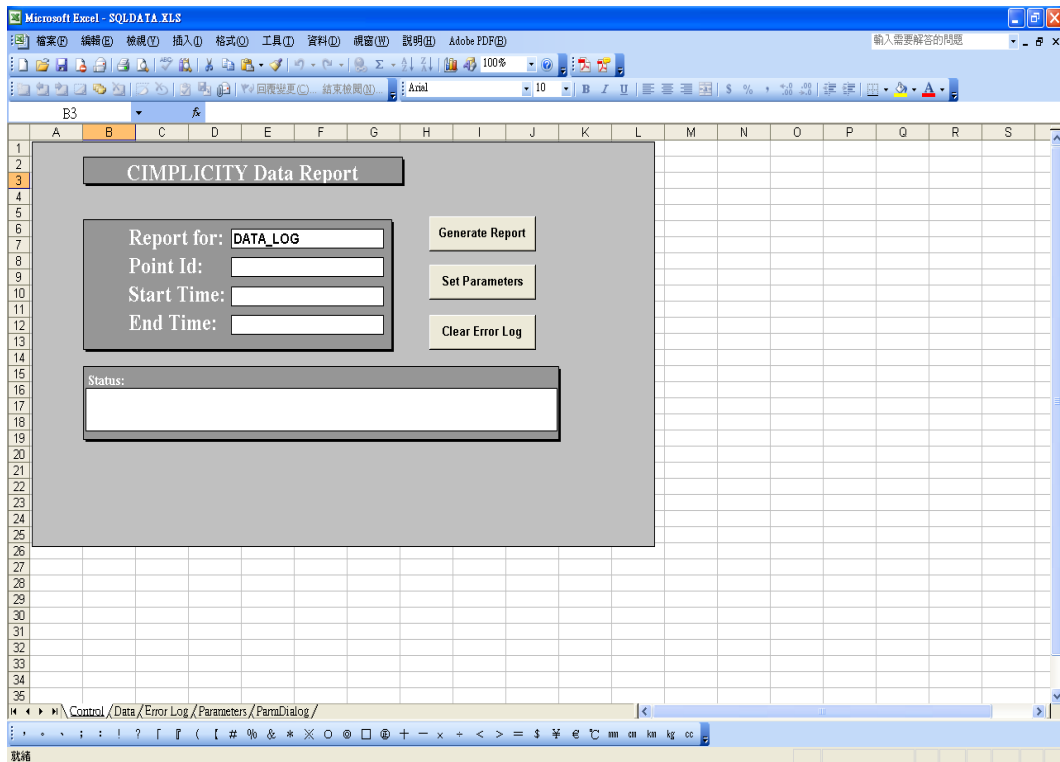


圖 6.13 CIMPLICITY HMI 提供之 EXCEL 範例檔

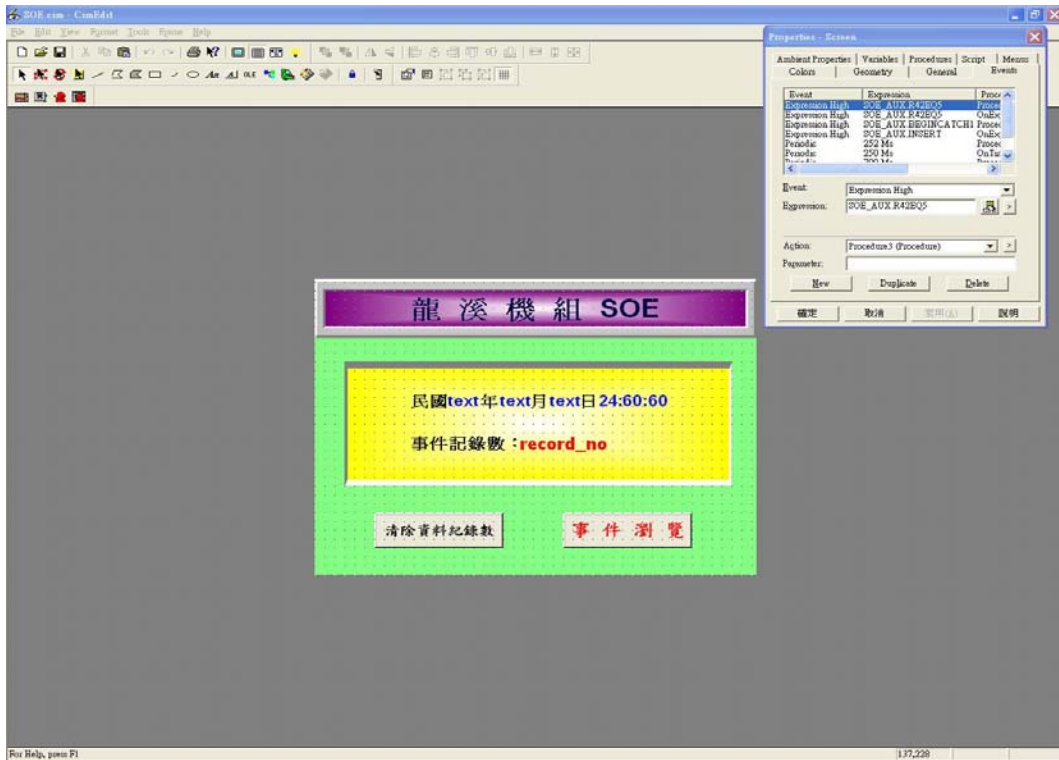


圖 6.14 SOE 事件記錄擷取設計畫面

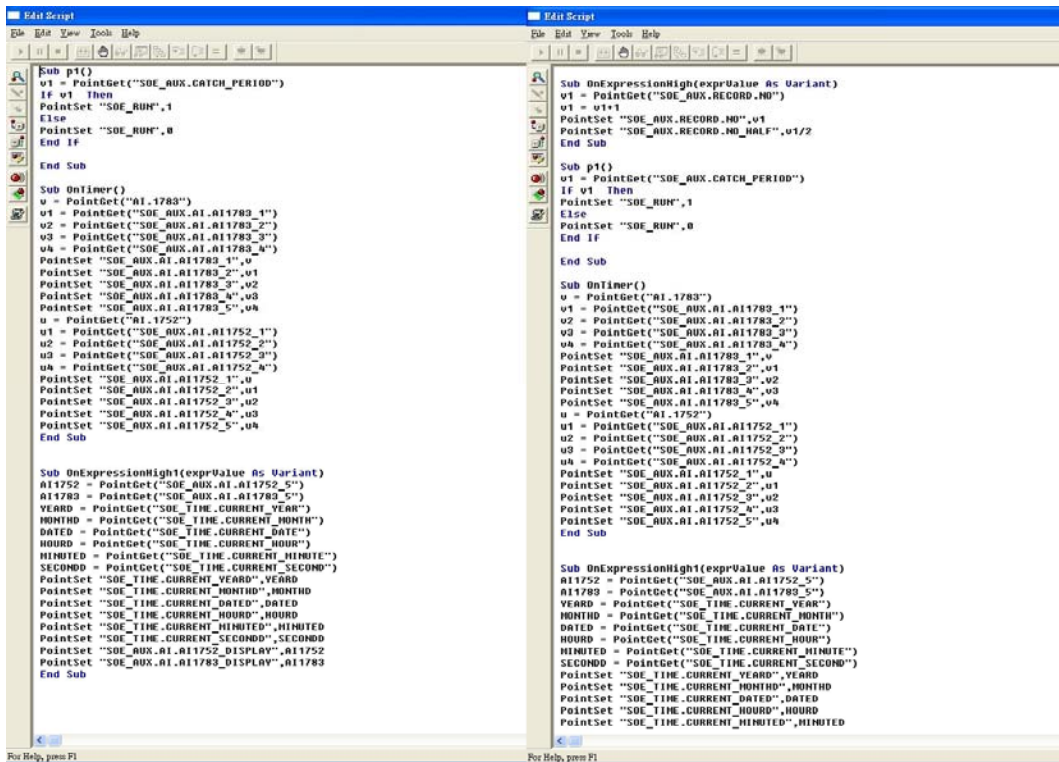


圖 6.15 SOE 事件記錄擷取與事件動作點之文字名稱之程式

6.5 新 SCADA 系統之實做測試與結果

本論文所提出的「新SCADA系統」，經規劃設計完成初步的人機介面系統。由於東部發電廠幾乎全年無休運轉發電，對於控制部份只能等待大修停機時方有機會實做測試。故將實做測試分成資料收集與控制等二部份進行。

首先對資料收集部份進行實做測試，利用一台筆記型電腦，執行「新SCADA系統」專案，將相關圖面(如圖6.16-6.18)及報表(如圖6.19-6.20)逐一開啟與測試，與「舊SCADA系統」比對，發現各項資料與數值正確相符，且資料數值更新快速，效能更佳。尤其每個故障點都有其相對的警報語音，再輔以警報看板之文字訊息，能夠快速掌握故障訊息的效果。

控制部份實做測試，為利用2007年水簾廠與龍溪廠二次機組大修機會，在「龍澗副控」利用筆記型電腦透過乙太網路與PLC連接後，執行「新SCADA系統圖控程式」，如圖6.17所示，各項設備操控均符合設計之功能及特性，圓滿達成設計要求，如圖6.21-6.22所示。

本次實做測試的結果證明「新SCADA系統」，不僅保留「舊SCADA系統」之良好功能與特性，並加以創新，也驗證「新SCADA系統」的實用性與價值。「新SCADA系統」目前已正式進入測試階段，未來將取代「舊SCADA系統」。

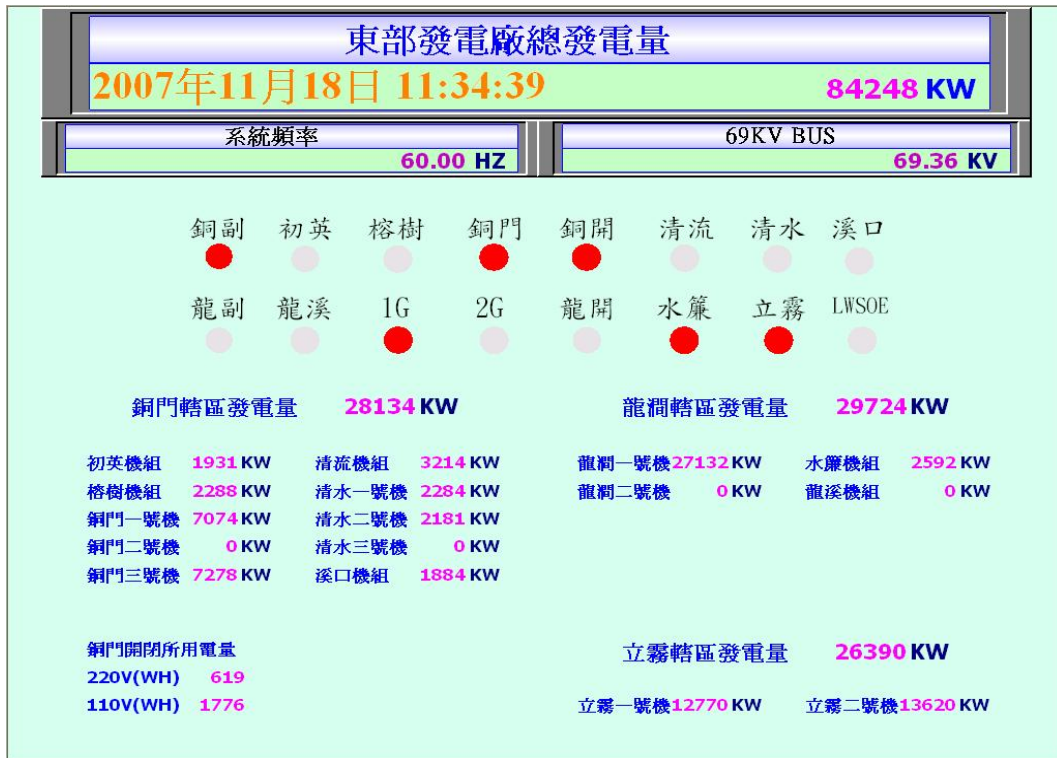


圖6.16 東部發電廠發電量資料與通訊整合顯示圖

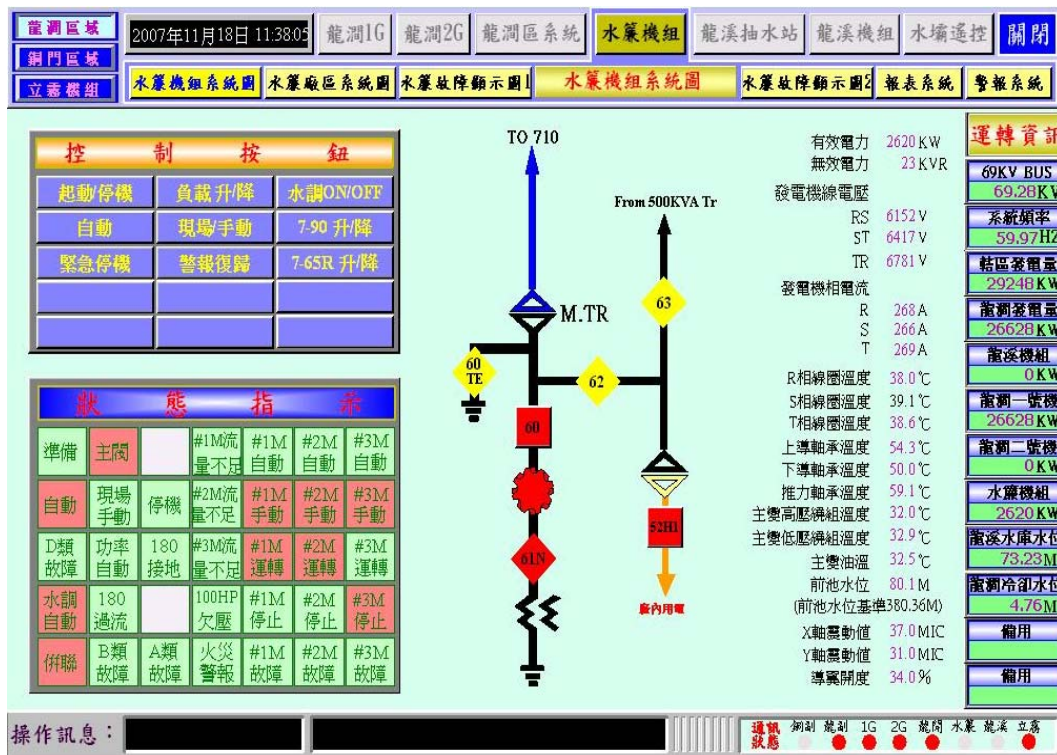


圖6.17 發電機組系統圖顯示畫面



圖6.18 警報看板運作畫面

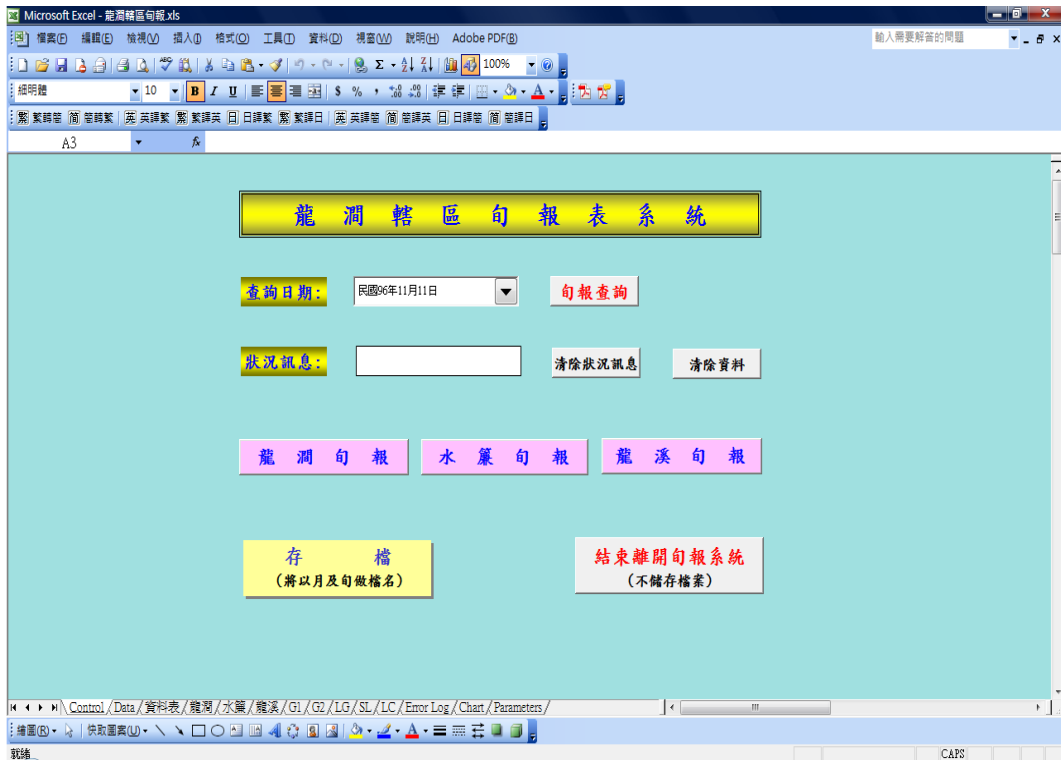


圖6.19 旬報表系統畫面

Microsoft Excel - 龍澗2007年11月中旬.xls

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF

輸入需要解答的問題

Arial 10 B I U 100%

繁體中文(台灣) 簡體中文 英文(美國) 繁體中文(香港) 日語 繁體中文(澳門) 日語 繁體中文(澳門) 日語 繁體中文(澳門) 日語

A1 否

(IPP及台電電廠900101-MWH版)											龍澗		機組有效電力發電實績	
											每小時淨發電量 (= 毛發電量 - 廠內用電)			
年	月	日	機組代號	機組別	1	2	3	4	5	6	7			
1-5	6-8	9-11	12-17	18-19	20-27	28-35	36-43	44-51	52-59	60-67	68-75			
96	11	11	107	1	14.3	40.4	40.3	39.1	39.1	39.1	39.3			
96	11	11	107	2	49.1	46.6	47.6	47.8	45.2	41.7	42.3			
96	11	12	107	1	14.2	40.8	40.7	40.5	40.8	40.8	41.4			
96	11	12	107	2	40.8	41.0	40.8	40.8	40.8	40.6	41.1			
96	11	13	107	1	14.7	41.0	41.0	41.4	41.8	41.2	41.3			
96	11	13	107	2	41.2	41.4	41.4	41.3	38.4	19.6	19.9			
96	11	14	107	1	12.8	38.8	38.6	38.7	39.2	39.0	39.2			
96	11	14	107	2	20.5	21.1	20.6	20.5	27.3	36.9	37.8			
96	11	15	107	1	11.6	37.7	37.8	37.5	37.7	37.6	37.9			
96	11	15	107	2	29.5	35.2	35.3	35.6	36.1	35.9	45.9			
96	11	16	107	1	8.2	34.5	34.4	30.7	19.6	31.6	37.6			
96	11	16	107	2	45.1	45.5	45.5	36.4	36.9	37.0	41.2			

圖6.20 發電實績旬報畫面

第一控制框 .cim

File View Help

控制選擇：水簾機組-自動 1650

控制要求：是 0

控制回覆：0

控制確認：0

控制取消：取消

圖6.21 控制框第一段確定畫面



圖6.22 控制框回應第二段控確認畫面

第七章 結論與未來的研究方向

隨著經濟成長、國內各項公共建設推動及人民生活水準提升，國內電力需求仍將繼續增加。為因應快速的電力需求成長，必須加強我國整體電源開發，確保電力穩定供應。一套完整監控系統(SCADA System)，將有助於電力系統品質、供電安全可靠度及用戶滿意度等的提升，更能有效地運用電力系統各項設備資源，達成發電、供電經濟調度及減少線路損失降低營運成本。

SCADA 隨著科技快速的發展，功能從早期單純的做為「控制與擷取資料」之用，演化至今結合網路系統、監視系統、多媒體系統、保全系統、SOE 系統與 GPS 系統等，成為「全方位多功能」系統。本論文不僅對東部水力發電廠之 SCADA 系統有深入的解析，並探討東部電力系統的穩定性，以祈本論文日後對於東部電力系統的改進有所助益，更加確保東部電力系統的安全與穩定。

未來研究方向，東部發電廠之 SCADA 系統尚有很大的改進空間，就目前而言在架構、通信與人機介面等三大部分可以加以探究改進。而將來還有碧海水力廠的加入，如何整合原有系統與新系統的加入，亦是一個重要的研究課題。對於目前與將來的兩大課題都是值得深入分析與研究的方向。

壹、參考文獻

- [1] 蔡進隆，超高壓變電所電力監控系統規劃設計與成果檢討，台電工程月刊，vol. 682，2005年六月。
- [2] 孫政治，應用人工智慧於變電所自動化故障診斷，國立中山大學電機工程學系碩士學位論文，2002年六月。
- [3] 陳旭煌;陳億成，電力負載預測與節能控制結合網路監控系統之應用研究，中華技術學院學報，vol. 35，pp. 1-10，2006年十二月。
- [4] 艾揚科技，全面即時化的SCADA：以*iPush Embedded*為核心，艾揚即時訊息技術電子週報，vol. 68，2004年四月。
- [5] 沈永松，分散式控制系統之介面設計、維護與改善技術，出國報告，pp. 28，2006年九月。
- [6] 台灣電力公司，<http://www.taipower.com.tw>。
- [7] 台灣電力公司，東部發電廠簡報，2007。
- [8] 張天瑞，水力發電系統介紹，物理雙月刊(二九卷三期)，pp. 689-695，2007年六月。
- [9] 中國大百科智慧藏，<http://library.mit.edu.tw>。
- [10] 台灣電力公司，清水#1~#3水輪發電機「靜態勵磁系統設備(DEX-100P)」說明書，2001。
- [11] 楊哲彰，認識變壓器，元智大學最佳化設計實驗室，2004。
- [12] 廖政立，東發處遙控中心銅門中繼站人機介面系統之建立完成報告，台灣電力公司綜合研究所，民國2000年十二月。
- [13] 李兆惠，東發廠遙控中心銅門中繼站及遠站PLC系統之建立完成報

- 告，台灣電力公司綜合研究所，2000年十二月。
- [14] 王金墩，東發廠遙控中心銅門中繼站資料庫及報表系統之建立，台灣電力公司綜合研究所，2001年七月。
- [15] 全面自動化調度控制第一期工程竣工報告，臺電公司電控會，1993年十二月。
- [16] 全面自動化調度控制第二期計劃可行性研究報告，臺電公司電控會，1989年四月。
- [17] D. J. Gaushell and H. T. Darlington, "Supervisory control and data acquisition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 75, no. 12, pp. 1645-1658, 1987.
- [18] C. Pimpa and S. Premrudeepreechacharn, "Voltage control in power system using expert system based on SCADA system," *Proceedings of Power Engineering Society Winter Meeting*, vol. 2, pp. 1282-1286, 2002.
- [19] G. L. Kusic and D. L. Garrison, "Measurement of transmission line parameters from SCADA data," *Proceedings of Power Systems Conference and Exposition*, vol. 1, pp. 440-445, 2004.
- [20] J. I. Escudero, J. A. Rodriguez, M. C. Romero, and J. Luque, "IDOLO: multimedia data deployment on SCADA systems," *Proceedings of Power Systems Conference and Exposition*, vol. 1, pp. 252-257, 2004.
- [21] J. D. McDonald, "Developing and defining basic SCADA system concepts," *Proceedings of Rural Electric Power Conference*, pp. B3/1-B3/5, 1993.

- [22] Definition, specification, and analysis of systems used for supervisory control, data acquisition, and automatic control, *ANSI/IEEE Standard C37. 1-1994*. (Revised, 1987.)
- [23] A. G. Bruce, "Reliability analysis of electric utility SCADA systems," *Proceedings of the International Conference on Power Industry Computer Applications*, pp. 200-205, 1997.
- [24] B. Qiu, H. B. Gooi, Y. Liu, and E. K. Chan, "Internet-based SCADA display system," *IEEE Computer Applications in Power*, vol. 15, no. 1, pp. 14-19, 2002.
- [25] S. Medida, N. Sreekumar, and K. V. Prasad, "SCADA-EMS on the Internet," *Proceedings of the International Conference on Energy Management and Power Delivery*, vol. 2, pp. 656-660, 1998.
- [26] B. Qiu and H. B. Gooi, "Web-based SCADA display systems (WSDS) for access via Internet," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 15, no. 2, pp. 681-686, 2000.
- [27] D. Li, Y. Serizawa, and M. Kiuchi, "Concept design for a web-based supervisory control and data-acquisition (SCADA) system," *Proceedings of Transmission and Distribution Conference and Exhibition*, vol. 1, pp. 32- 36, 2002.
- [28] Y. Ebata, H. Hayashi, Y. Hasegawa, S. Komatsu, and K. Suzuki, "Development of the intranet-based SCADA (supervisory control and data acquisition system) for power system," *Proceedings of Power Engineering Society Winter Meeting*, vol. 3, pp. 1656-1661, 2000.

- [29] D. Gacek, O. Geynisman, D. Proudfoot, and K. Minnick, "Migrating from SCADA to automation," *Proceedings of Transmission and Distribution Conference and Exhibition*, vol. 1, pp. 343-348, 2001.
- [30] 李文添, 69KV東西連絡線之興衰史, 台電月刊, vol. 513, pp. 28-29, 2004年九月。
- [31] 江中裕, 345KV大觀、明潭-鳳林輸電線維護紀實, 台電月刊, vol. 534, pp. 29-32, 2007年六月。
- [32] 台灣電力公司, 電力調度規則彙編, 2006。
- [33] 邱智偉, 諧波對固態式測距電驛之影響探討與模擬, 私立中原大學電機工程學系碩士學位論文, 2001年六月。
- [34] Y. H. Novosel, D. Saha, M. M. Leitloff, "Improving Parallel Line Distance Protection with Adaptive Techniques," *IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, Vol. 3, pp. 1973-1978, 2000.
- [35] G. D. Rockefeller, C. L. Wngner, J. R. Linders, K. L. Hicks and D. T. Rizy, "Adaptive Transmission Relaying Concepts for Improved Performance," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 3, no. 4, pp. 1446-1456, 1988.
- [36] GE Fanuc Automation, *Proficy HMI/SCADA CIMPPLICITY[®] - CIMPPLICITY HIM Basic System*, User Manual, 2005.
- [37] 吳仁和;林信惠, 系統分析與設計-理論與實務應用, 台北智勝文化, 2004。