

勤益技術學院電力監控及電能管理系統

Power SCADA and Electric Energy Management System for Chin-Yi Institute of Technology Distribution Systems

陳鴻誠 王孟輝 戴源良 李世偉
Hong-Cheng Chen Mang-Hui Wang Yuan-Liang Dai Shi-Wei Li

國立勤益技術學院電機工程科
Department of Electrical Engineering, National Chin-Yi Institute of Technology

摘要

本論文提出利用校園網路發展資料擷取與監控技術之具體架構，並應用於建立電能管理系統。此電能管理系統應用功能包含電力資料量測與蒐集、設備運轉狀態監視、警報與事件處理、即時/歷史趨勢圖顯示、報表列印、需量監視控制及電費計算等主要功能，以有效抑制尖峰負載、減少電力需量、節省電能及電費，並提高配電系統之供電品質與可靠度。本系統中所有電力參數資料及監控訊號之傳輸，直接應用已經設置完備之校園網路，除可免於開挖大量管路配置訊號及控制線路之困擾，大幅減輕施工困難度並降低架設成本外，又可提高通信及監控可靠度。本電能管理系統已裝置於勤益技術學院並已完成試車階段。

Abstract

A practical structure of supervisory control and data acquisition system (SCADA) developed on a networked architecture is proposed in this paper. The structure is used to establish an electric energy management system in an academic distribution system for reducing daytime peak load, saving electric energy consumption, and improving power quality and reliability. All power parameters and control signals are transmitted upon the network which has been completely constructed in campus. It will considerably decrease the installation cost for developing the electric energy management system. The proposed system has been successfully installed and operated on the academic distribution system.

一、前言

依據政府最近公佈預測未來國內經濟成長仍將維持 5~6% 左右，而電力需求隨經濟成長增加，則未來電力成長仍將達 6% 以上，以目前電源開發極為緩慢不易的情況下，未來電力供需仍將處於不平衡狀態。經濟成長國民所得增加，生活水準的提高更加拉大電力系統尖、離峰負載差距，使設備利用率降低，運轉不經濟，則電力成本自然增加。處於高成本電能的使用時代，電能管理將是未來工業配電極為重要之課題。

工業配電系統之電能管理範圍相當廣泛，包括供電可靠度之要求，電力品質的提昇及提高用電效率[1]。由於各行業用電特性不一，對電能管理要求各不相同，以校園用電而言，一般首重在提高用電效率以降低電費支出。實際應用上具體之措施包括適當契約容量之訂定、最大需量控制、提高負載因數、改善功率因數及移轉尖峰用電至離峰時段等[2]。過去數年中，網際網路通訊協定 IP(Internet Protocol)已漸漸成為數位電腦應用之通訊標準，網際網路及企業內網路(Intranet)的快速成長，使得網際網路通訊協定已成為全球網路的核心技術[3]。

為了實現提高本校用電效率之各項措施，並順應工業界發展趨勢，本論文乃提出利用校園網路發展資料擷取及監控技術之具體架構，建立以電能管理應用功能為主的電力監控系統。在此系統中，類比資料擷取及數位 I/O 信號收發功能，都是利用 PC-Based 可程式控制器及 TCP/IP 網路通訊完成，直接應用已經設置完備之校園網路來建構電力監控系統，除可免於開挖管路配置大量訊號及控制線路之困擾，大幅減輕施工困難度並降低成本外，又可提高通信及監控可靠度。

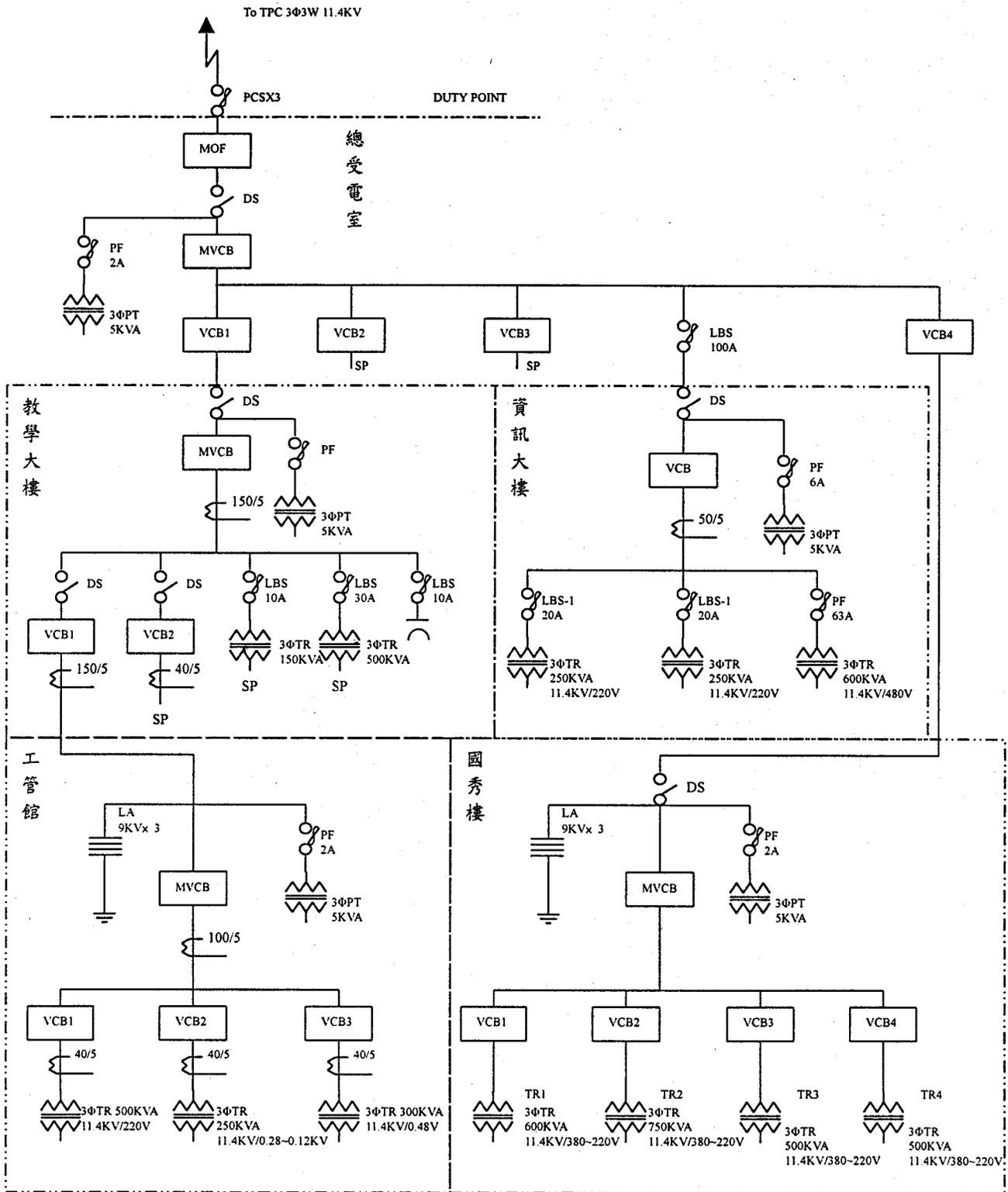
二、校區現況分析

國立勤益技術學院之校區為 11.4KV 供電，全校共有十四棟建築物，分別由四個變電站供應電力，目前之契約容量為 850KW，全校配電系統單線圖如圖一所示。各變電盤裝有傳統式盤面表，可供人工讀表與操作，盤面表無信號輸出，無法掌握用電狀況及負載分佈情形。本校區近幾年來在設備逐漸擴充以及學校重大建設陸續完成後，用電超約情形相當嚴重。每年用電度數從 83 年的 1,817,100 度成長至 87 年度之 3,383,000 度，電費支出則相對由 83 年度的 476 萬元增加至 87 年度的 761 萬元，平均每度電費約在 2.249~2.617 元之間，此數值屬於偏高，顯示尖峰和離峰用電度差異極大，負載型態不良，急需引近電力監控與電能管理的手段進行改善。本校區內目前擁有為數眾多且分散各處的窗型冷氣，管理不易，另大型中央空調和箱型冷氣之總數亦多，構成龐大的夏季尖峰電力負載，相對的，可以進行電力需量控制的卸載也相當大。因此，若能建立電力監控系統，針對用電特性進行評估與分析，進而擬定一套有效的電能管系統，將可達到提昇用電效率及節能的目的。

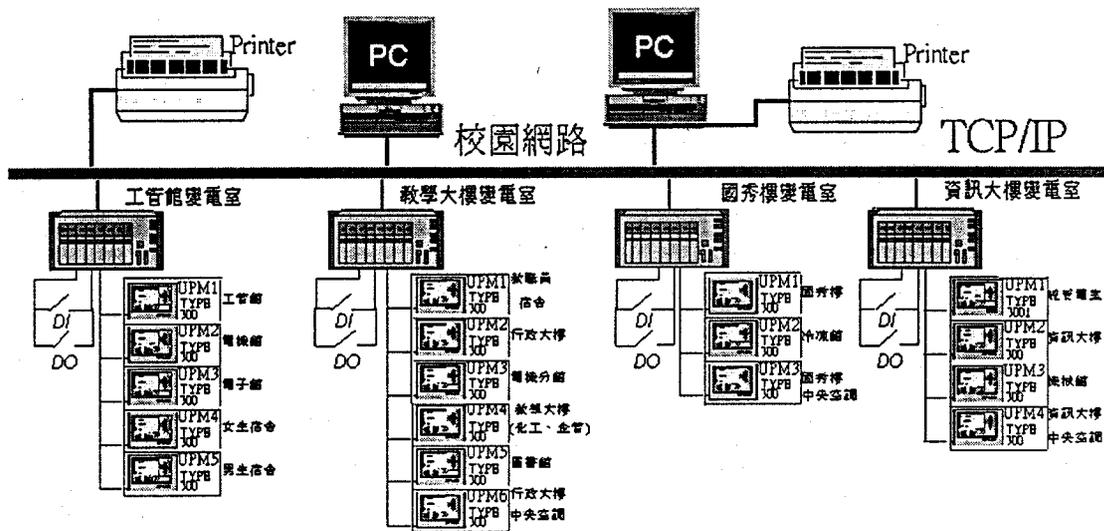
三、系統架構

(一) 硬體架構

電力監控系統硬體架構圖如圖二所示，主要是由監控主電腦、PC-Based 可程式控制器、多功能電表及校園網路所構成。多功能電表直接裝置於各變電站，量測總變電站、全校十四棟建築物及三部中央空調之用電資料。電表實際裝設位置及 CT、PT 比值設定詳列於表一中。多功能電表為義大利製 UPM300 及 UPM3001 型數位電表，可提供四十多種以上的電力參數，電力參數經由 RS-485 通訊埠輸出，直接上載至可程式控制器 HLL 模組，HLL 為可程式控制器的高階語言模組，可直接規劃通訊協定程式讀取各種電表的量測參數。有關 UPM300/UPM3001 型電表的接線方式、操作與參數設定可參考使用手冊[4,5]。每一變電站設置一部 PC-Based 可程式控制器，負責電力參數類比



圖一 全校配電系統單線圖



圖二 電力監控系統硬體架構圖

資料的蒐集傳送及設備運轉狀態監控數位 I/O 信號收發。本系統採用的可程式控制器是盟立自動化股份有限公司開發的 Fama OMC-1/E 型主機，每部主機至多可接 32 台多功能電表及 1280 點的數位 I/O 信號[6]。PC-Based 可程式控制之技術發展明顯有別於傳統可程式控制器之處，在於朝向標準、開放及具有可充分利用 PC 資源進行資訊整合的能力。Fama OMC-1/E 型主機的 CPU 模組內建 TCP/IP 網路通訊功能，可被視為網路中的某一網站，透過既成的 PC 資訊網即可與 PC-Based 可程式控制器溝通。因此，可程式控制器蒐集到的電力參數及設備運轉狀態，便可很容易地經由校園網路傳送至位於電機工程科電能技術電腦輔助設計實驗室中的監控主電腦。

(二) 軟體架構

本系統軟體採用 Windows NT 工作站 4.0 版作業系統，人機界面利用 Intellution FIX32 圖控軟體開發[7]，可程式控制器之應用軟體是以 Fama Paradym-31 套裝軟體撰寫[8]。圖三所示為本系統軟體的架構圖，包含資料庫、前景程式、背景程式與應用程式。圖控軟體 FIX32 提供資料蒐集、資料庫建立、控制畫面繪製、警報及事件偵測控制、運轉狀態監視、需量控制監視、趨勢圖、報表及電費計算等功能的編輯。本系統電能管理應用程式全部由可程式控制器的 Fama Paradym-31 套裝軟體撰寫完成，此軟體採用 IEC 1131-3 可程式控制國際標準語言，它可彈性的混合使用順序流程圖(SFC)，階梯語言(LD)及資料流程方塊圖(FBD)來定義控制動作，結構化的軟體工具，可大幅提昇開發效率，及降低維護成本。有別於傳統控制器的封閉特性，PC-Based 控制器備有符合國際標準的可程式控制語言以應傳統可程式控制的應用需求，並兼具有 PC 的開放性資源，實現兼顧傳統控制和資訊整合所需的現代化雙重要求。可程式控制器內部資料可與 Windows DDE 直接溝通，利用 DDE 的標準共同資料交換界面，使用者可輕易的自我擴充功能，發展人機界面及連接整合網路資訊。

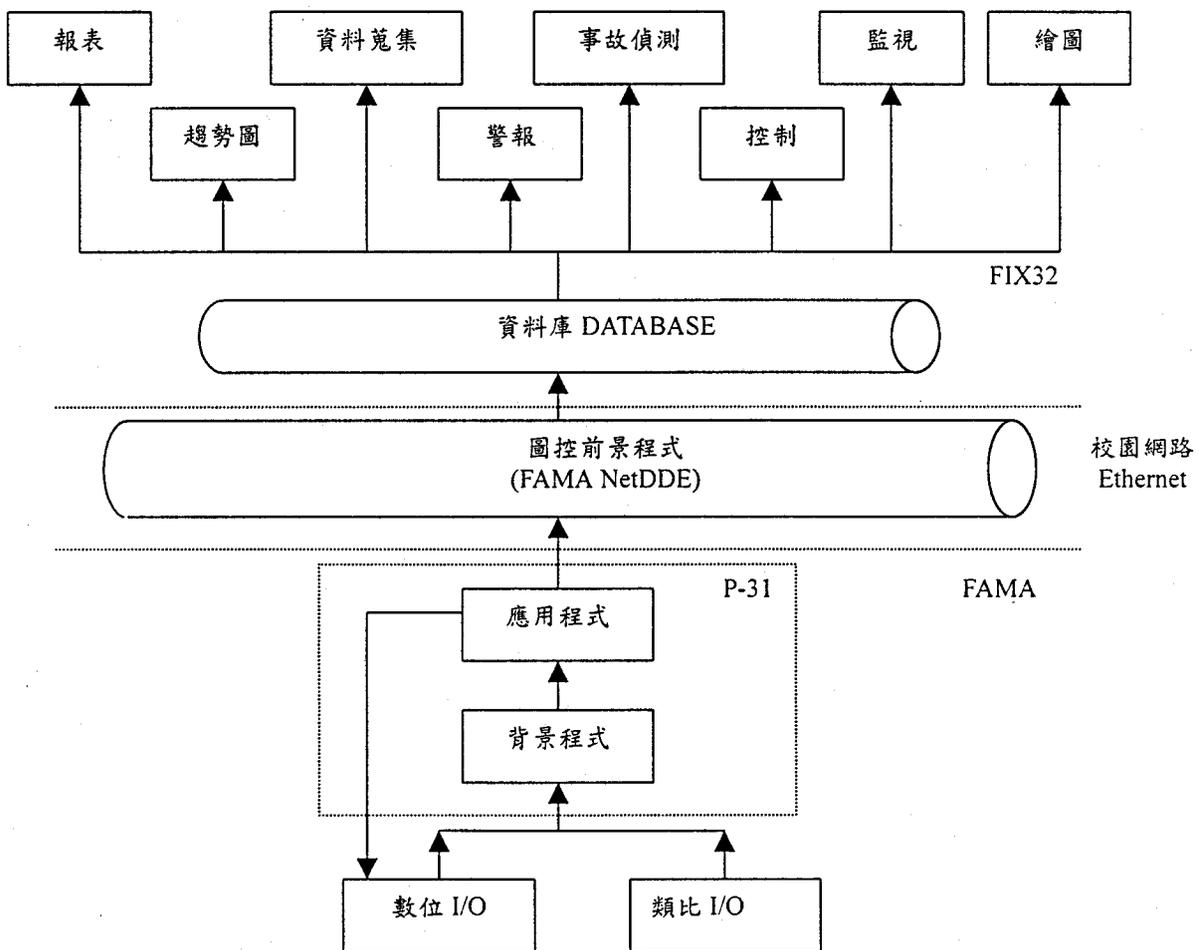
PC-Based 控制之基礎平台在於利用 PC 的共通作業軟體，利用相同作業平台所發展的軟體，其間的資訊將可輕易的進行溝通並予整合。PC-Based 可程式控制利用視窗技術所提供的環境，可一方面進行控制並可同時進行資訊整合。在 PC-Based 可程式控

表一 電表裝設位置及 CT、PT 設定值

項次	監控點	電表位置	信號類別	原始電壓 (PT 一次側)	監控電壓 (PT 二次側)	原始電流 (CT 一次側)	監控電流 (CT 二次側)	電表站址
1	全校總用電量	總受電室	UPM-3001	11.4KV	110V	200A	5A	1
2	資訊大樓	資訊大樓變電室	UPM-300	11.4KV	110V	50A	5A	2
3	機械館	資訊大樓變電室	UPM-300	480V	480V	600A	5A	3
4	國秀樓	國秀樓變電室	UPM-300	11.4KV	110V	200A	5A	1
5	冷凍館	國秀樓變電室	UPM-300	380V	380V	800A	5A	2
6	教職員宿舍	教學大樓變電室	UPM-300	480V	480V	100A	5A	1
7	行政大樓	教學大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	2
8	電機分館	教學大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	3
9	教學大樓	教學大樓變電室	UPM-300	11.4KV	110V	150A	5A	4
10	圖書館	教學大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	5
11	工管館+電機館(動力)	工管大樓變電室	UPM-300	11.4KV	110V	40A	5A	1
12	工管館+電機館(燈力)	工管大樓變電室	UPM-300	11.4KV	110V	40A	5A	2
13	電子館	工管大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	3
14	女生宿舍	工管大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	4
15	男生宿舍	工管大樓變電室	UPM-300	480V	480V	200A	5A	5
16	資訊大樓中央空調	資訊大樓變電室	UPM-300	220V	220V	600A	5A	4
17	國秀樓中央空調	國秀樓變電室	UPM-300	380V	380V	500A	5A	3
18	行政大樓中央空調	教學大樓變電室	UPM-300	380V	380V	300A	5A	6

制器上所開發的軟體，其所有變數均可直接進入 Windows 所提供的 DDE 動態資料交換界面，利用 DDE，使用者可輕易的取得現場資訊或設備上的運轉資訊，並予以利用，如此使用者可免除電腦與控制器間通信整合的困擾及其中的成本投入，使用 PC-Based 控制器資訊整合將變成十分容易。使用者可在 Windows 平台的電腦上自撰軟體與其整合，亦可利用市面各式適合其應用需求的套裝軟體透過其標準的設定即可進行整合。

TCP/IP 網路通訊為目前被普遍使用的資訊網路，PC-Based 控制器亦可被視為 PC 網路的一元，使用者可視 PC-Based 控制器為網路中的某一網站，使用者透過既成的 PC 資訊網即可與 PC-Based 控制器溝通。利用發達的電腦網路系統，資訊溝通可以無遠弗屆，使用者所在低成本下進行資料溝通、遠端監視、遠端維修，甚至修改程式，利用 PC 標準網路系統進行全廠化或企業化資訊整合，將不再像昔日的工程浩大和面臨技術困難。



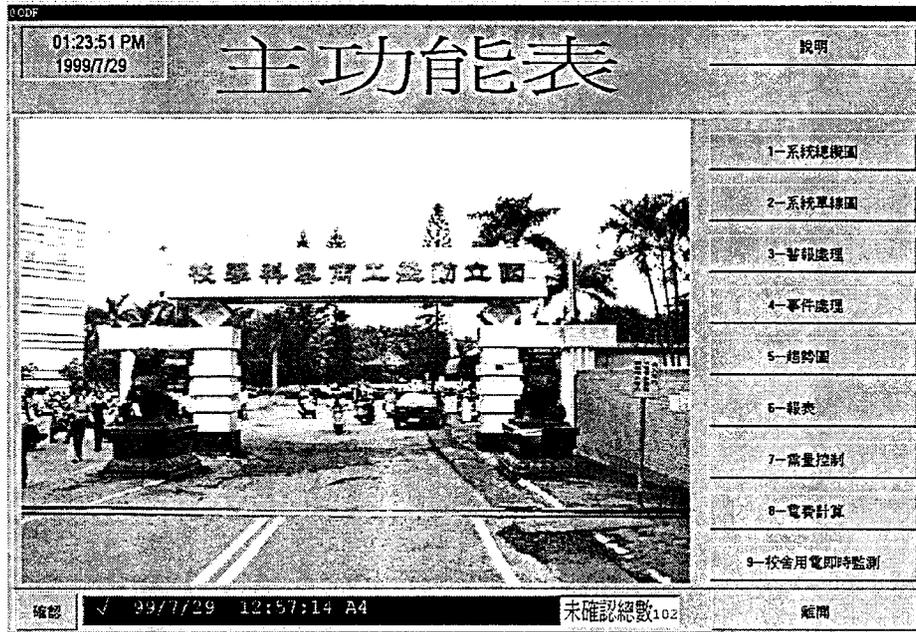
圖三 監控系統軟體架構圖

四、系統操作及功能說明

基於篇幅限制，僅就電能管理系統中幾個主要的監控畫面，簡述其操作與功能：

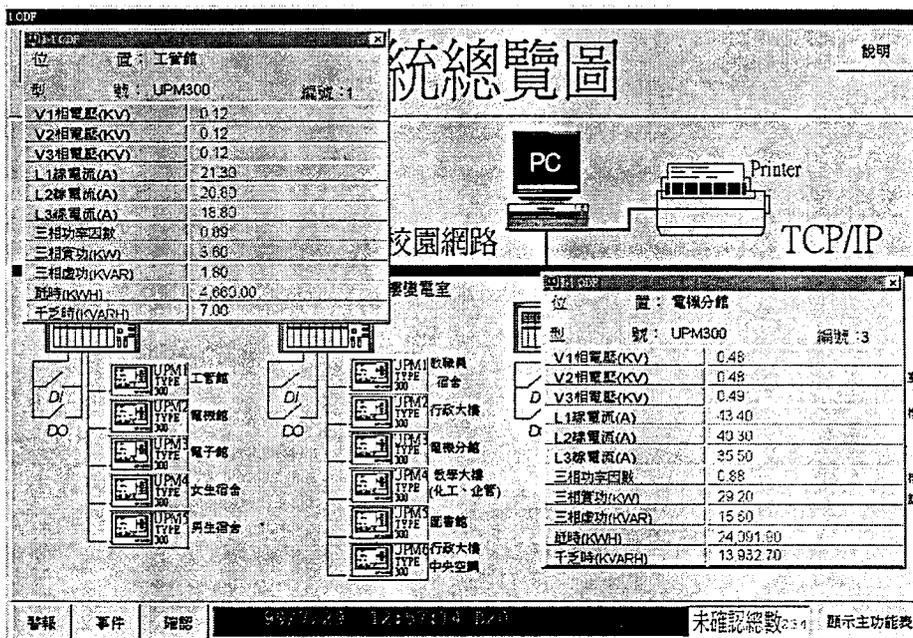
1. 執行電能管理系統後，會顯示圖四所示之主功能表畫面，畫面右側共有九個子選項

功能，可直接利用滑鼠左鍵點選進入每個子選項畫面。在主功能表畫面及每個子選項畫面內，左上角處都會顯示系統目前的時間，以及下方處可即時顯示警報資料狀態，無論在那一個畫面內皆可掌握警報訊息。



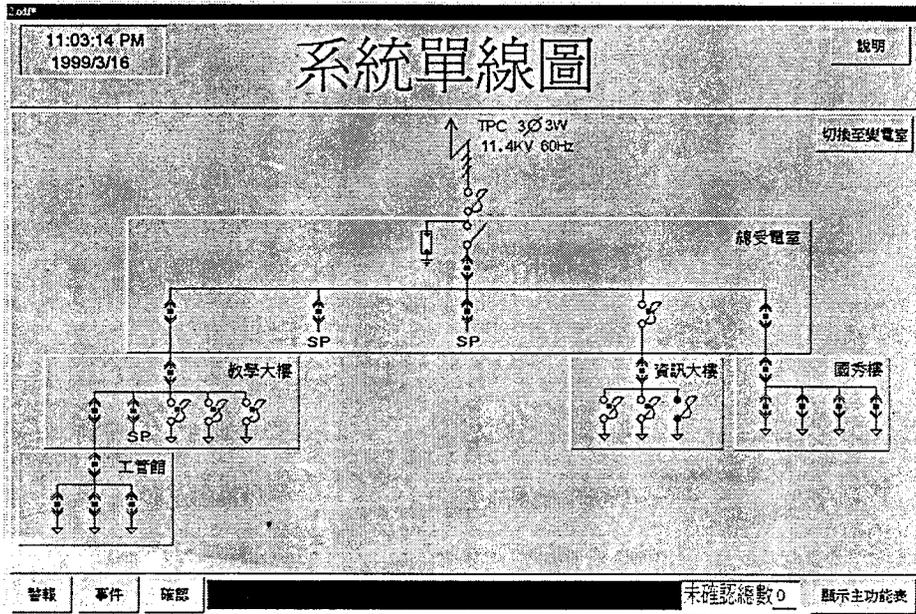
圖四 主功能表畫面

- 點選主功能表畫面的“系統總覽圖”選鈕，即可進入圖五所示之子畫面，顯示出系統硬體架構總覽圖。畫面上的十八站電表皆可利用滑鼠左鍵點選，來查看電表即時量測的電力參數值，包括三相電壓、電流、實功、虛功、瓦時及仟乏時等。



圖五 系統總覽圖子畫面

- 點選主功能表畫面的“系統單線圖”選鈕，即可進入圖六所示之子畫面，顯示系統單線圖及所有開關狀態，開關 ON 以紅色表示，OFF 以綠色表示。若欲了解每個變電站更詳細的資料，利用”切換至變電室”選鈕，或直接點選變電站選鈕，即進入圖七所示之次子選項畫面，可查看該變電站開關及保護電驛狀態，以及所有保護電驛的設定值。



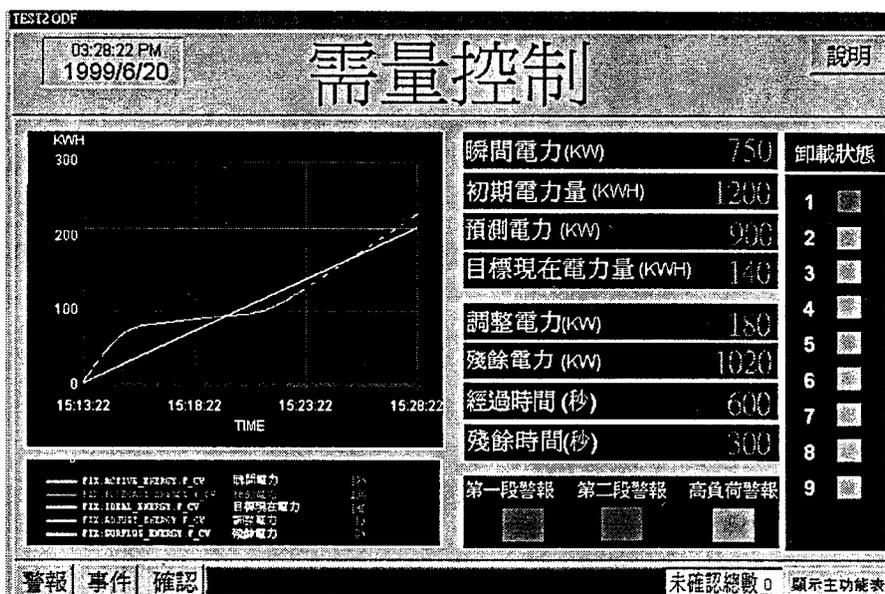
圖六 系統單線圖子畫面



圖七 變電站開關狀態及保護電驛設定子畫面

- 點選主功能表畫面上“需量控制”選鈕，即可進入圖八所示之子畫面，顯示需量控制

之相關訊息，左方即時趨勢圖表示 15 分鐘電力需量控制相關資料的即時變化，包括瞬間用電量、預測電力量、目標現在電力量、調整電力量及殘餘電力量等，而即時之數值同步顯示在右方，尚有瞬間電力、初期電力量、預測電力、調整電力、殘餘電力、經過時間及殘餘時間。右方為卸載狀態，目前預留有九點，可控制九組可卸載之設備。當預測電力超過目標電力，第一段警報會被觸發；若同時調整電力大於可卸載電力，第二段警報會觸發，表示要執行卸載控制動作，此時則依據設定參數執行卸載動作。被觸發的警報點及卸載狀態會以紅色表示，正常則為綠色。



圖八 需量控制子畫面

- 點選主功能表畫面上“電費計算”選鈕即可進入圖九所示之子畫面，顯示計算電費所需的相關資料，包括契約容量，尖離峰最高需量、尖離峰用電度數，並計算出基本電費、流動電費、功率調整費及超約附加費。畫面左方顯示的是每一瓦契約容量的基本電費及尖離峰每度電之流動電費，此外，亦可計算歷史電費及電費單列印。



圖九 電費計算子畫面

6. 點選主功能表畫面上“校舍用電即時監測”選鈕即可進入圖十所示之子畫面，顯示全校十四棟建築物即時用電情形，和全校總用電量。由監測圖可清楚觀看校內各單位用電多寡，若欲進一步瞭解各建築物更詳細的電力參數，可點選右上角“詳細清單表”來查詢。



圖十 校舍用電即時監測子畫面

五、 結論與未來展望

此電能管理系統已完成試車階段，目前正式運轉中。此電能管理系統應用功能包含電力資料量測與蒐集、設備運轉狀態監視、警報與事件處理、即時/歷史趨勢圖顯示、報表列印、需量監視控制及電費計算等主要功能，以有效抑制尖峰負載、減少電力需量、節省電能及電費，並提高本校配電系統之供電品質與可靠度。所有電力參數及監控訊號之傳輸，直接應用校園網路，大幅減輕施工因難度並降低架設成本，又可提昇通信及監控可靠度。

在未來擴充方面，本系統設計時即以校區資訊整合及整體監控為考量，軟硬體皆採用標準化之工業級產品，昇級、擴充及技術轉移至一般工廠皆相當容易並有彈性；此外，亦可與網際網路整合，把電能管理系統之圖形及即時資料放至網際網路上，使用者只要透過一般瀏覽器即可監視系統之運作。開放式的系統標準架構，提供使用者最大的系統彈性，可供系統持續成長所需的功能擴充。

校區內大樓分散，為數眾多的窗型及箱型冷氣分佈全校，涵蓋區域廣闊管理相當不易。未來執行需量控制為了能包括這些日益成長的空調負載，目前正進行應用調頻副載波之數位化副載波 (Radio Data System) 技術於空調負載控制[9,10]之研究。運用此數位化副載波系統進行電力負載管理有其優越的特性，其一為涵蓋範圍廣闊且與居住環境相符，其二為運用現有商用頻率，無需再申請專用頻率，亦無需另購置無線通訊設備，且接收電路製作簡單，其效果將是可預期的。

誌謝

本計畫承蒙國立勤益技術學院校務發展委員會提供專題計畫研究經費，使計畫得以順利執行，謹此誌謝。

參考文獻

- [1] 楊正光,蔡芳燦,“工業配電系統之電能管理”,電機月刊,第9卷,第2期,P.205~215,民國八十八年二月。
- [2] M. Y. Cho, H. W. Kau and J. C. Hwang, “Application of PC Based Electric Energy Management System to Load Management of High Voltage Load Customer,” The 19th Symposium on Electrical Power Engineering, pp.338-342, 1998.
- [3] 林建廷,“開放式控制網路在電力事業之應用趨勢”,電工通訊,第1期,P.10~17,民國八十八年三月。
- [4] Algodue, “UPM300 Universal Power Meter User’s Manual”, Algodue Electronic, 1996.
- [5] Algodue, “UPM3000/UPM3001 Universal Power Meter User’s Manual”, Algodue Electronic, 1996.
- [6] MIRLE, “Fama OMC-1/E Programmable Logic Controller Operation Manual”, MIRLE Automation Corporation, 1998.
- [7] Intellution, “Intellution FIX32 Automation Software User’s Guide and Reference Manual”, 1998.
- [8] Wizdom Controls, “Fama Paradym-31 User’s Guide and Reference Manual”, 1998.
- [9] 曾振東,陳鴻誠,劉忠祺,“應用於電力負載管理之數位化副載波系統”,第二十屆電力研討會投稿中。
- [10] 劉忠祺,“調頻副載波試播狀況及發展趨勢”,1997 無線電技術研討會,P.29~47,民國八十六年十一月。