

崑山科技大學校園網控電能管理 及節能措施實務

王瑋民* 陳瑞慶** 洪文港***

- *： 崑山科技大學電機工程系 副教授
**： 崑山科技大學電機工程系 研究生
***： 崑山科技大學總務處 總務長

摘 要

為落實節能減碳政策，崑山科技大學積極採行相關節能管理措施，本文即針對此主題，分析校園節能措施，包括校園網控電能管理系統，整合課表與需量監控技術，進行節電管理。電能管理系統以校內區域網路為主平台，透過網控技術，結合課表系統進行電能控管，藉由高度自動化的運作，減少維護巡視人力成本及節省電費支出，目前約監控250個班級，約4500堂課，教室數量約140間。同時也對尖峰用電做更精確控程安排。

其他節能措施方面，學生宿舍熱水系統於2008年月由傳統電熱式改為熱泵系統(壓縮機熱交換器)，同時將熱泵系統熱交換伴隨產生之「廢冷」利用風管回送至電器室及電梯管道間，可降低監控室設備及建築物之溫度，節省冷氣所需電能。紀錄數據顯示，使用熱泵約可節省3~4倍之用電量。另校內計有三套儲冰式空調，總容量約1685kW，於夜間非尖峰時段運轉主機製冰，轉移日間尖峰用電，以保守4小時運轉計算，每日可將約6740度移至離峰時段，利用夜間電價節省流動電費，同時降低日間尖峰契約容量，節省基本電費。此外，其他措施有裝設空調循環扇、裝設電源每小時重置開關，均可有效達到節能。實施初步約有2%之減少用電成果，同時無超約用電情形，兼顧節能及降低電費之支出。

關鍵詞：節能、區域網路、電能管理系統、熱泵系統

壹、前言

近年政府積極推行節能減碳措施[1-4]，崑山科技大學亦配合持續實施相關節約用電措施；電能管理系統之研發應用已發展多年[5-13]，近年由於數位電表及可程式邏輯控制器(PLC)等相關硬體及介面技術提升，網控式電能管理系統已逐漸成熟應用於學校校園節能[14-16]，本校為更有效率管理電能使用，於2007年申請通過教育部校園電力管理資訊化輔導團計畫[16]，著手建置電能管理系統，採主動式電能管理，以校園既有區域網路架構，結合教務課表資料庫，配合RS-485等傳輸介面，經由多功能數位電表與用電監控電腦系統相聯結，直接依課表有效管理教室用電，避免人為疏忽之電能浪

費，也減少巡視人力及時間耗費。目前監控約 250 個班級，約 4500 堂課，教室數量約 140 間。

崑山科技大學位於台南縣永康市，成立於 1965 年，早期為「崑山工專」，以單一工科為主，電能負載以實習設備為主。由於環境變遷，目前改制科技大學，轉型為綜合性大學，包含工科、商業及管理 5 所學院、21 個系所；隨著新設系科成立，使得不同功能、型態專業教室與原傳統教室混合於各樓層，造成電能管理規劃及管理困難。一般傳統教室原始設計為開放式，採自然通風，學生可自由使用；近年多已改為密閉式中央空調，使得冷氣用電為節能主要重點，耗費相當多人力於巡視管理；新建教室則設計感應卡式門鎖，學生需事先申請方能使用，教室空調採獨立分離式冷氣設計，同時配電盤預留網路傳輸線路，易於電能監控管理。

學校電能管理系統至今運轉約 2 年，可雙向進行用電紀錄及電能監控，經由資訊蒐集，可有效擬定電能管理政策。本文將運轉記錄與相關功能進行歸納整理，供相關單位電能管理參考。圖 1 為學校近 7 年用電度數曲線，圖中顯示 2007 年後已有抑制成長用電效果。

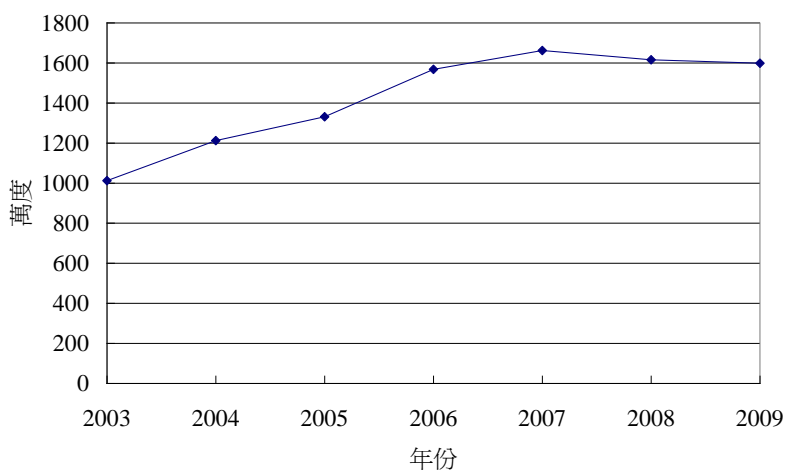


圖 1 學校近 7 年用電度數

此外，學生宿舍熱水系統於 2008 年月由傳統電熱式改為熱泵系統（壓縮機熱交換器），同時將熱泵系統熱交換伴隨產生之「廢冷」利用風管回送至電器室及電梯管道間，可降低監控室設備及建築物之溫度，節省冷氣所需電能。

熱泵利用空氣中大量的低溫熱能，透過壓縮機的壓縮變為高溫熱能，傳輸至水箱進而傳熱至水，耗能較低、效率高。熱泵熱水器是透過大量獲取空氣中免費熱能，消耗的電能僅僅是壓縮機用來搬運空氣能源所用的能量。熱泵熱水器吸收空氣熱源製取熱水，節能效率理論上是電熱水器的 2 ~4 倍[3]。

目前校園電能管理主要項目為：

- 一、 監控尖峰用電需量、配合學校契約容量（目前契約容量 6000 kW）在夏季時期，對空調電力需求做控程安排，可節省基本電費。
- 二、 校內系所教室樓層分散，改善用電管理耗費之人力及時間；集中管理教室，避

免少數人分散使用多間教室自習情形。

貳、學校用電現況及電力負載介紹

崑山科大佔地 20 餘公頃，校內建築計有 25 棟辦公及教學大樓，樓地板面積約 15 萬 2000 平方米，另有學生宿舍 2 棟，樓地板面積 1 萬 7500 平方米，學生日、夜間總人數約 13500 人。學校用電分為教學行政及宿舍用電兩電表戶，其中教學行政電力總設備容量為 9,800 kW，目前契約容量 4000kW；宿舍電力總設備容量為 3120kW，契約容量 2000 kW。

學校建築物的耗能因子區分為空調、照明、動力及其他設備用電，而空調設備 45 %為最大耗能項目，也是造成學校夏季電量尖峰及超約的主因。其次為照明設備，可分為辦公室照明、教室照明、圖書館照明、走道照明及室外照明等五大部分約占 30%，圖書館照明使用時間為 12-14 小時為最長外，其他照明都是特定時間使用。動力及其他耗能設備包括電梯、抽水機、電熱水器、實習工廠機械設備、實驗室儀器及各類事務機器設備占 20%，除事務機器設備於上班時間密集使用外，其他設備皆非長時間使用。表 1 為電力設備種類及電能用量。

表 1 電力設備種類及電能用量

電力使用分佈	百分比 (%)	說明
空調設備	45	冰水主機、空調箱、冷卻水泵、冰水泵、區域水泵、冷卻水塔馬達、箱型、分離冷氣機
照明設備	30	螢光燈、白熾燈泡、高壓水銀燈、複金屬燈、高壓鈉氣燈
插座用電	10	電腦、影印傳真機、飲水機
電梯設備	6	電梯
其他設備	6	餐廳廚房設備、實習工廠機械設備、實驗室儀器
給排水設備	2	揚水泵、電熱水器、消防用、泡沫、採水、灑水等馬達
送排風設備	1	送排風機、抽風機櫃

參、網控電能管理系統應用

本校網控電能管理系統基本架構如圖 2，配合個人電腦、數位化多功能電表及 PLC，透過校園網路通訊(TCP/IP)及 RS485 通訊介面進行監測。監控系統具備雙向監視、自動控制、報表管理等功能，目前電能管理系統管控校內 25 棟大樓用電，主要監控中央空調壓縮機運轉及照明負載。其中教室又搭配學校課表系統進行管控，新建教室改採分離式冷氣設計，因此可直接管控各教室之空調及照明用電。

一、電能管理系統架構描述

電能管理系統架構於個人電腦，採串列通訊 RS485 方式傳輸，主要改進 RS232 頻寬與傳送距離的限制，在硬體上改採用平衡型的差動式信號傳輸具有多對多接線方式，其傳輸資料格式和 RS232 基本上相同。RS485 能多對多接線構成網路架構，傳送距離可達 1、2 公里，適合校園網控電力監視系統之通訊介面。

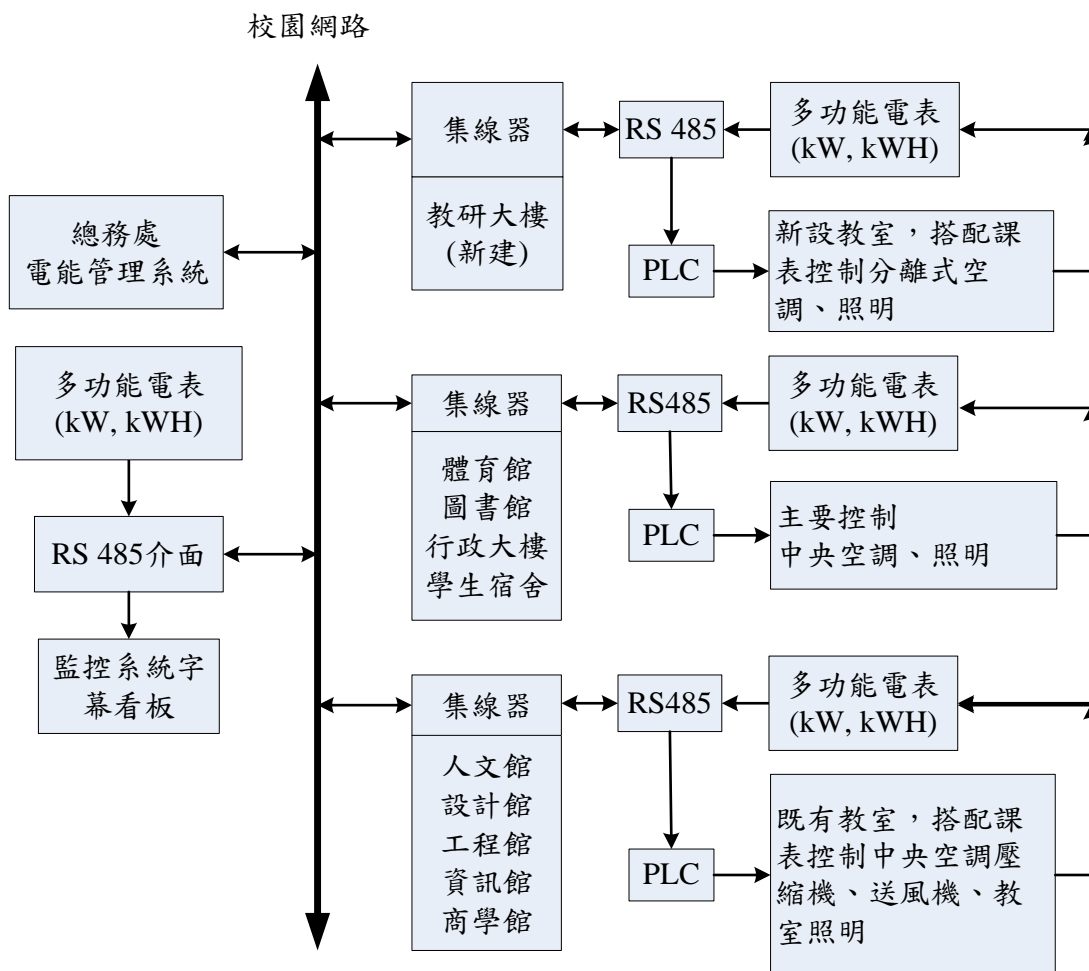


圖 2 網控電能管理系統基本架構



圖 3(a) 多功能電表外觀

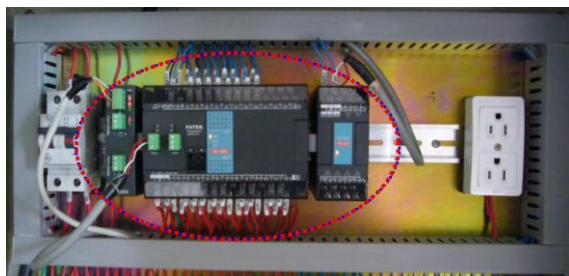


圖 3(b) PLC 外觀

多功能電表(圖 3(a))計約 30 個，裝設於總電源及各樓館配電盤，可監測電壓、電流、總功率、功率因數及總瓦時數，數據透過 RS-485 通訊介面及校內網路回傳至管理系統

主機。

PLC(圖 3(b))計裝設約 50 組，裝設於各樓館配電盤，採用 Fatek FBs(國內永宏公司)型號，具「乙太網路/串列通訊介面」橋接模組，可與網路連結通訊。每組 PLC 控制 22 個負載接點(搭配電驛)，以每間教室之空調及照明兩組負載而言，一組 PLC 最多可控制 11 間教室。

監控程式採用「Lab-LINK」圖控軟體，具備有程式控制器整合應用、人機介面、警報系統、報表系統設計及資料庫系統設計等功能[19]。此圖控系統架構在微軟(Microsoft Windows)作業系統平台中。該軟體具可獨立執行的模組與工具程式，包括圖控專案管理系統、中文圖控系統提供的整合規畫環境、面板編輯程式及面板編輯器，可提供五十餘種監控物件(如燈號、錶頭及按鈕等)，構成電腦監控程式面板。每一種監控物件的外觀與操作特性都有多種選擇，可設定輸入或選擇必要的參數，定義出所需的物件。另利用微軟作業系統內建之動態資料交換 (Dynamic Data Exchange, DDE)方法，透過網路介面可進行即時資料傳輸。

二、課表節電管理系統介紹

管理系統圖控介面如圖 4(a)~4(b)，配合學校教務處課表資料庫，目前計總監控班級數約 250 班，總節數約 4500 堂課，可直接由電腦端監控停、送電。此外，新教室建築空調為獨立分離式設計，有完整預留監控線路可直接監控。舊教室建築空調為中央空調設計，監控線路為追加增設方式，由於施工不易等因素，空調僅可控制教室之送風機電源，因此控制方式約略有差異：



(a) 圖控介面：總班級課表



(b) 圖控介面：單一班級課表

圖 4 課表節電管理系統圖控介面

(一) 新建大樓教室

教室為感應卡開鎖管制，每間教室均有網路及控制線路設計，空調為分離式冷氣，可獨立監控單一教室用電，上課前 10 分鐘送電，下課前 10 分鐘冷氣主機先斷電，下課後 10 分鐘照明斷電。以教學研究大樓為例，每間裝置 T8 20W*4 燈具 24 盞，氣冷分離式空調(10kW) 2 台，合計約為 22kW。教室共有 108 間，全部裝配容量 2376kW。

效益估算：以單間教室計算，日、夜間合計 12 節，午休時間 1.5 小時，單日電燈

節省 3.5 小時，空調停機 5.5 小時，最大效益估算如表 2：

表 2 課表節電管理最大效益

器具	功率	管制時數	每日節約（度）
空調	20kW	5.5	110
電燈	2kW	3.5	7

（二）既有舊教室建築

舊教室空調採用冰水式中央空調，監控系統主要控制中央空調壓縮機及電燈電源。同時教室內空調送風機則加裝每小時重置開關(如圖 5 照片)，由定時器及電驛組成，配合每節上課時間，每開一小時後需重新壓按開關以啟動送風機電源，在未建置課表節電管理系統前，可避免學生離開教室而未關閉冷氣造成之浪費，有不錯之節能效果。



圖 5 送風機重置開關裝置

三、需量監控應用

電能管理系統即時監測學校總電力負載功率，當系統預判負載可能超過契約容量時，即由監控系統發出信號，依照排定之卸載優先順序，經由區域網路藉 PLC 執行遠端卸載，主要控制空調負載，卸載策略如後敘述。

台電公司以 15 分鐘平均需量為最高尖峰需量，每 30 秒量測一次，共得 30 次量測值，本校電能管理系統採每 3 秒量測一次，連續累積 10 次平均值如超過設定需量控制群組別，就會依照群組作多段式需量卸載，因此能夠削減尖峰需量，控制最高用電量在十五分鐘內之平均需量值在設定點以下，圖 6 為需量監控圖控介面。



圖 6 需量監控圖控介面

需量卸載策略

目前主要以中央空調主機為可卸負載，計有 25 組中央空調冰水主機，可卸需量 1216kW，污水處理廠抽水馬達及過濾幫浦可即時停機約 100kW，如表 3。目前卸載共規劃成 4 段，每段設定為 100kW。控制模式和優先順序由監控管理人員設定，依現場使用狀況在不影響人員舒適度，不耗損空調機械及符合污水處理標準程度下實施電力卸載，經實際調整測試，空調冰水主機，過濾幫浦卸載需依容量大小及運轉時間訂定卸載順序如下，以不影響教學品質為原則。

表 3 可控制空調負載

卸載順序	區域	壓縮機,馬達型式	可控制電力負載
1	工程 1,2,3 館	離心式,往復式	75kW*1 組, 100kW*1 組, 150kW *1 組
2	設計 1,2,3 館	螺旋式,往復式	240kW*2 組
3	資 1,2,3,4,5 館	螺旋式,往復式	120kW*2 組
4	教研大樓	螺旋式	60kW*2 組
5	體育館	箱型	10kW*15 組
6	行政中心	螺旋式	80kW*2 組
7	汙水廠	沉水式	100HP*1 套

卸載優先順序考量為：

- (1) 第一段卸載：規劃 400kW，由各棟大樓空調主機較小容量機組先切離，保留高容量的冰水主機運轉。
- (2) 第二段卸載：規劃 800kW，切離高容量的冰水主機，保留小容量機組運轉。
- (3) 第三段卸載：規劃 1200kW，全數切離

實際卸載紀錄分析

當電力負載到達需量設定警示點（目前為 3900kW）時，監控電腦對冰水主機網控電力 PLC 自動卸復載點發出指令，卸復載過程皆於 2 分至 3 分鐘內完成，圖 7 為 2009 年 5 月卸載紀錄圖例，圖中顯示卸、復載幾乎都在下午時段。

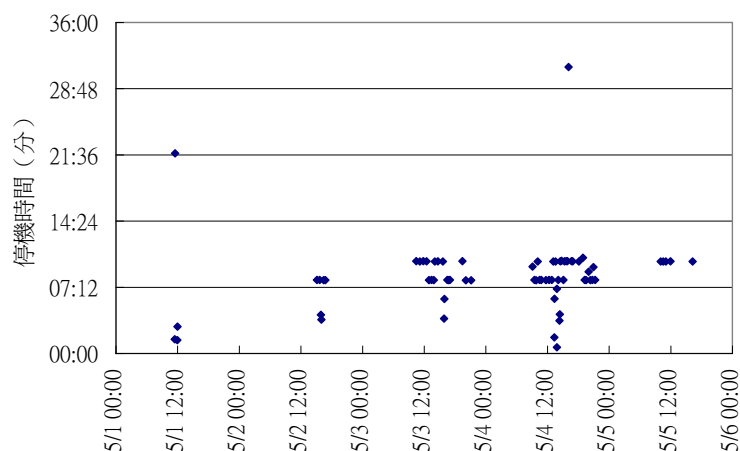


圖 7 2009 年 6 月卸載紀錄例

肆、其他節能措施

一、宿舍改採熱泵系統

學生宿舍於 2008 年 8 月起以熱泵系統替代電熱器，裝設於頂樓(10 樓)平台，圖 8(a)~8(b)為熱泵系統熱實體。熱泵主機共有 4 組，其中 15kW 3 組、20kW 1 組；循環及其他馬達功率 7kW，每日可提供 6 萬公升 55°C 熱水。

宿舍人數約 900 人，原熱水系統為電熱爐直接加熱，每層樓有裝置額定功率 15kW (200 加侖)電熱爐 2 個，9 個樓層計裝置 18 個，總功率為 270kW。



(a) 系統外觀



(b) 壓縮機及控制電路

圖 8 熱泵系統熱實體照片

效益比較

以室外溫度攝氏 25 度區分，表 4 為耗電量及學生平均使用熱水量。

表 4 耗電量比較

	原電熱爐	熱泵	備註
總設備功率	270kW	72 kW	1.電熱爐每日 4~5 小時全載加熱 2.熱泵每日 15 小時全載運轉加熱
25°C 以下 每日耗電度數	2500~3500	600~900	每人約使用熱水 85 公升
25°C 以上 每日耗電度數	1500~2500	400~600	每人約使用熱水 65 公升

熱泵之副產品是廢冷氣，排放溫度約為 18°C，利用風管導入 10 坪的電氣室和 2 座電梯管道間。可藉以降電氣室設備溫度來提升器具壽命及降低電梯機房溫度及濕度，此外藉由電梯車廂上下及開門的動作將冷氣送至各樓層(約 20 坪)公共空間，可節省空調耗電。熱泵系統約耗費 250 萬，預估 25~30 個月可回收。

圖 9 為 2008 年 11 月份平均每日電熱爐及熱泵加熱運轉時間及耗電功率曲線，電熱

爐加熱運轉時間主要在 19:00~24:00 共有 4~5 小時全載加熱；熱泵加熱運轉時間則在 8:00~15:00 及 20:30~24:00 兩時段，約有 15 小時均在全載運轉加熱。圖 10 為 2008 至 2009 統計不同月份平均日用電量，其中 8 月因暑假固未統計。依紀錄數據顯示電熱爐用電量約為熱泵 3~4 倍。

由此可看出由於在考慮空間及系統成本(建置經費相對比電熱爐高約 3 倍)下，熱泵運轉需較長加熱時間。

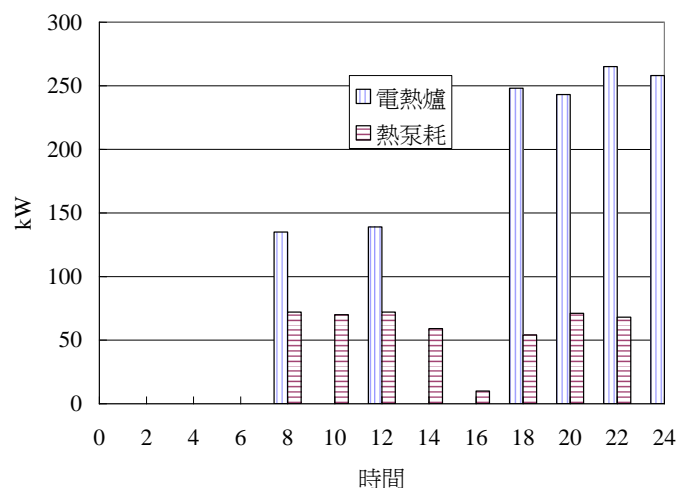


圖 9 每日加熱運轉時間及耗電功率曲線

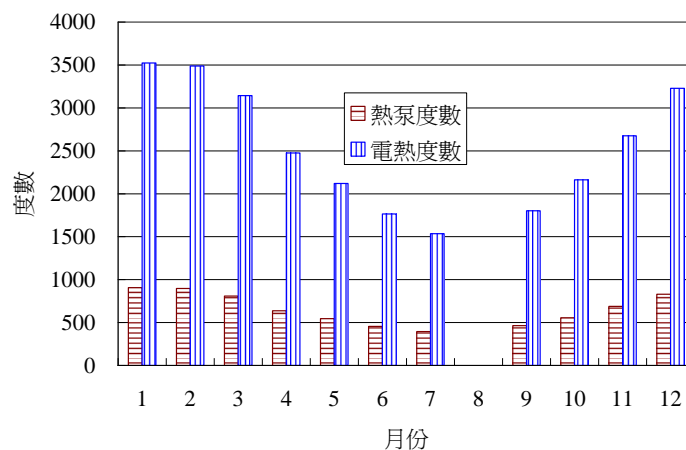


圖 10 不同月份平均日耗電量比較

二、電腦教室輕鋼架屋頂裝設空調循環扇

由於電腦教室及電算中心伺服器室有較多熱源，空調於熱源聚集之局部區域冷卻效果不佳，因空間較小且輕鋼架設計屋頂不易裝設一般風扇，日前採用輕鋼架專用空調循環扇(圖 11)，以教室空間面積 100 平方米教室，加裝 4 組空調循環扇(46W)輔助使用，發現擾動氣流使冷熱空氣快速循環混合，可有效達到降溫效果。



圖 11 輕鋼架專用空調循環扇

三、裝置變頻器

- (一)冰水輸送循環大馬力幫浦擷取冰水主機信號增減運轉速度。現場冷卻水塔容量共計 150RT，將其 2 台冷卻水塔風車加以變頻控制。
- (二)水塔散熱風車馬達以變頻控制並依據冷卻水塔趨近溫度，冷卻水塔出水溫度與外氣濕球溫度之溫差，適當調控風扇轉速，共同分擔冷卻風量，如此便可降低整體冷卻水塔風車馬達耗電。且以變頻控制，馬達啟動平緩也可以延長馬達皮帶之壽命，減少維修保養費用。

四、儲冰空調離峰用電製冰

校內計有三套儲冰式空調，分別裝設於

- (一) 圖書資訊館：300kW*2台，屬滷水系統(乙二醇)，裝設於地下室，使用已約3年，儲冰容量約10萬公升。
- (二) 商學館：130kW*2台、75kW*3台，用屬滷水系統，裝設於頂樓，已使用約10年，儲冰容量約8萬8千公升。
- (三) 創媒學院300kW*2台，主機運轉製儲10°C冰水（地下室水槽），已使用約15年，冰水容量約15萬公升。

三套儲冰式空調總容量約1685kW，於夜間非尖峰時段運轉主機製冰，轉移日間尖峰用電，以保守4小時運轉計算，耗電量約6740度，利用離峰時段電價節省流動電費，同時減低日間尖峰契約容量，節省基本電費。

就運轉經驗，滷水系統乙二醇較易洩漏，維護成本較高。

伍、結論

本文介紹崑山科技大學之電力系統之校園網控電力監視管理模式，探討實際應用於校園之成效。課表節電管理系統可有效管理教室用電，大量降低巡視維護人力，提高節能效果；需量控制能適時合理調整尖峰需量，避免超約用電；自動讀表可即時監控電力負載，達到網路式電能管理目標。因此運用監控系統來嚴密控制指揮電力負載設備，進而達到節能需求，已是應用趨勢，且各項監控技術也日趨成熟，在未來節約能源的規劃上，已足夠發揮一定的角色與功能。表 5 為電能管理成效整理。

表 5：電能管理成效整理

編號	項目	作法	效益
1	課表節電管理系統	監控約 250 個班級，約 4500 堂課，教室數量約 140 間	1. 每間教室每日最多約可省 117 度電。 2. 節省原需 6 名工讀生每日約 2 小時之巡檢。
2	宿舍熱泵系統	供應 800 人用水，設備耗電功率為 72kW	降低耗電度數，由原每日 1500~3500 度降為 400~800 度。
3	儲冰式空調	總容量約 1685kW，夜間非尖峰時段運轉主機製冰	離峰時段電價節省電費，減低日間尖峰契約容量。
4	裝設空調循環扇	100 平方米電腦教室裝設 4 台 46W 循環扇	有效改善電腦熱源散熱。
5	裝設電源每小時重置開關	既有舊教室中央空調監控線路增建不易，利用電驛及定時器於空調送風機裝設每小時重置開關。	改善學生離開教室未關空調之浪費。

陸、參考文獻

- [1] 台灣電力公司，<http://www.taipower.com.tw/>。
- [2] 經濟部能源局，<http://www.moeaec.gov.tw/>
- [3] 綠基會節能服務網，<http://www.ecct.org.tw/school/index.htm>
- [4] 財團法人綠色基金會，“政府機關學校節能措施”，2007 年。
- [5] 劉勝良，國立臺灣大學 90 年碩士論文，“智慧型電能管理系統研製”。
- [6] 吳建欣，國立臺灣大學 92 年碩士論文，“校園電能管理系統研製”。
- [7] R. Podmore, “Criteria For Evaluating Energy Management Systems,” IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 466-471, May 1993.
- [8] F.J. Trefny, L.E. Honnoll and P.A. Mosi, “User Interface for Network Operations in Energy Control Center”, IEEE Transaction on Power System, Vol.10, No.3, pp. 1166-1172, 1995.
- [9] F. Maghsoodlou, Ralph Masiello, Terry Ray, “Energy Management Systems,” IEEE Power and Energy Magazine, Vol. 2, No. 5, pp. 49-57, October 2004.
- [10] Lindeberg, C.T., Block, W.R, “Project Planning for EMS and SCADA Systems,” Industry Computer Application Conference, pp. 40-45, 1993.
- [11] Dieterle, W., Kochs, H.-D. Dittmar, E., ” LAN Based Data Communication in Modern

- Energy Management Systems (EMS) Power,” Industry Computer Application Conference, pp.443-448, 1995.
- [12] Ming Yuan Cho, Cha Win Huang, ”Development of PC based Energy Management System for Electrical Energy Saving of High Voltage Customer,” Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp. 7-12, 2001.
- [13] Ta-Kan Ma, Tru-Ming Liu, Lo-Fu Wu, “New Energy Management System Architectural Design and Intranet/Internet Applications to Power Systems,” International Conference on Energy Management and Power Delivery, pp. 207-212, 1998.
- [14] Yingxian Luo, Yunwei Dong, Bo Zhang; Zhao, Hongbing, “Electric Energy Management System Based on PLC, ” International Conference on Electric Information and Control Engineering (ICEICE), pp. 4982-4986, 2011.
- [15] Kamiyoshi, Y., Nakabe, T., Mine, G., Nishi, H., “Construction of Energy Measuring System in a University for Cluster Energy Management System , ”IECON 2010 Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, pp. 2423-2429, 2010.
- [16] 教育部校園電力管理資訊化輔導團計畫，<http://cise.ftis.org.tw/>.

Practice of Web-Based Energy Management System and Energy Saving Strategies for Kun Shan University

Wei-Min Wang* Jui-Ching Chen** Wen-Kang Hong***

*Graduate School of Electrical Engineering of Kun Shan University, Associate Professor

**Graduate School of Electrical Engineering of Kun Shan University, Postgraduate

***General Office of Kun Shan University, Director

Abstract

To achieve the aim of energy conservation, relevant methods are employed by Kun Shan University (KSU). This paper focuses on analyzing the energy-conserving strategy adopted. A web-based Energy Management System (EMS) using Local Area Network (LAN) platform is constructed for energy management purpose. The school time table and electricity demand control technique are integrated into the EMS. By highly automatic control technology through the LAN platform, the electricity waste and the maintenance manpower can be reduced. At present, about 250 classes, 4500 lessons, 140 classrooms are controlled by the EMS.

For dormitory hot water heating system, the heater was changed from traditional electric heaters to the heat pump system. The waste cold air produced by heat pump is drawn to elevator tunnel and electric apparatus room for cooling purpose. By lowering the temperature of building, electric energy for air conditioning can be improved. From the recorded data, it is shown that the power consumption of traditional electric heaters is about 3~4 times as large as that of the heat pump system.

For air-conditioning systems, three Ice-Storage type systems, totally 1685kW, are installed at KSU. The ice for cooling are produced by chiller at night off-peak electricity consuming period. For electricity used for air-conditioning systems, about 6740 kWh electricity energy consumed in the daytime of on-peak period can be shifted to off-peak period. Both the energy charge and demand charge can be lowered. Other employed methods for air-conditioning include installing the ceiling cycling fans and the per-hour reset-switch, both methods can effectively save the electric energy consumed. Up to now, about 2% consuming energy is saved and have not exceeded the power contract demand over past three years. A profit of both energy saving and electricity charge reduction is gained.

Keywords: Energy Conservation, Local Area Network, Energy Management System, Heat Pump System.