



逢甲大學學生報告 ePaper

低碳電力與數位雙軸轉型監控系統優化

Optimization of a Low-Carbon Power and Digital Dual-Axis Transformation Monitoring System

作者：張湘浚、盧俊丞、蔡有朋、陳宗暉

系級：電機工程學系、通訊工程學系

學號：M1206780、D0956262、D0956924、D0956173

開課老師：林峰正、謝男凱、黃俊璋、陳家豪

課程名稱：感測與定位整合平台

開課系所：資電學院

開課學年：112 學年度 第 2 學期



中文摘要

本專題的製作動機旨在解決當前電力工業面臨的挑戰，特別是在能源管理效率與電力消耗監控的缺陷。我們設計了智慧電力監控系統，目的是提升能源管理的效能，降低碳排放，提高能源使用效率。透過本專題，我們希望為環境保護和電力行業的可持續發展提供創新解決方案。

本專題的價值在於整合智慧電力監控系統、物聯網技術及儲能系統，並將這些技術應用於智慧電網，打造一套數位孿生監控系統。透過整合可視化界面、即時趨勢圖表及資料庫技術，我們可以有效地記錄、分析及評估監控數據，並實施預防性維護策略。此系統使操作人員能夠直觀地獲得系統運行的即時狀態，快速識別及解決潛在問題，並透過對歷史數據的查詢和分析，做更深入地評估。

本專題的創新之處在於其整體應用性。我們將智慧電力監控系統與物聯網技術以及儲能系統結合起來，不僅能實時監控電力系統的運行狀態，還能基於數據分析預測未來運行趨勢，提前實施預防性維護措施，從而避免潛在故障的發生。這種設計在能源管理領域具有創新性和獨特性，為電力行業提供了有效提升效率和可持續性的新策略。

關鍵字：智慧電力監控系統、物聯網技術、儲能系統、數位孿生、能源管理

Abstract

The motivation behind this project is to address the current challenges faced by the electric power industry, particularly in the areas of energy management efficiency and power consumption monitoring. We have designed an intelligent power monitoring system with the aim of enhancing energy management efficiency, reducing carbon emissions, and improving energy usage efficiency. Through this project, we hope to provide innovative solutions for environmental protection and sustainable development in the power industry.

The value of this project lies in the integration of intelligent power monitoring systems, IoT technology, and energy storage systems, applying these technologies to smart grids to create a digital twin monitoring system. By integrating visual interfaces, real-time trend charts, and database technology, we can effectively record, analyze, and evaluate monitoring data, and implement preventive maintenance strategies. This system allows operators to intuitively obtain real-time status of system operations, quickly identify and resolve potential issues, and conduct more in-depth assessments through the query and analysis of historical data.

The innovation of this project lies in its overall applicability. By combining the intelligent power monitoring system with IoT technology and energy storage systems, it can not only monitor the operational status of the power system in real time but also predict future operational trends based on data analysis, implementing preventive maintenance measures in advance to avoid potential failures. This design is innovative and unique in the field of energy management, providing new strategies for the power industry to effectively improve efficiency and sustainability.

Keyword : Intelligent Power Monitoring System, IoT Technology, Energy Storage Systems, Digital Twin Monitoring System, Energy Management

目 次

第一章 緒論.....	4
1.1 研究背景與設計理念.....	4
1.2 研究動機與目的.....	5
第二章智慧電錶使用.....	6
2.1 PM-3133 智能電錶介紹.....	6
2.2 系統架構圖.....	7
2.3 時程甘特圖.....	8
第三章 SCADA 介面設計.....	10
3.1 AVEVA Edge.....	10
3.2 用電地圖.....	10
3.3 智慧電力監控系統介面.....	11
3.4 儲能設備.....	11
3.5 歷史用電查詢.....	12
3.6 預防性維護.....	12
第四章 AVEVA EDGE 優化.....	14
4.1 即時警報.....	14
4.2 即時警報切換功能.....	14
第五章 Python 程式碼優化.....	16
5.1 發現問題&解決方法.....	16
5.2 使用 PyQt5 解決.....	16
5.3 使用 HTML 解決.....	17
第六章 總結.....	18
6.1 結論.....	18
6.2 未來展望.....	18

第一章 緒論

1.1 研究背景與設計理念

電力是現代生活中不可或缺的要素，沒有電力會使許多人的日常活動將無法正常進行，然而電力生產過程中通常伴隨著嚴重的汙染與碳排放。實時且精確用電監控對於減少碳排放和提升能源效率至關重要。

根據 2022 年的統計數據，如圖 1 所示，台灣的發電來源中，燃煤和燃氣占比超過 80%。這類過度依賴電導致大量的化石燃料燃燒，進而產生大量溫室氣體，對環境造成嚴重影響。以燃煤發電為例，其效率僅為 39.73%，而大部分能量(60.27%)以廢熱散失 [1]，需要利用大量海水冷卻，導致海水溫度升高。燃煤過程中產生的 PM2.5，不僅加劇了全球氣候變遷，也對自然環境造成了不可逆的傷害。



圖 1 台灣 2022 年發電結構

專業人士需要即時且精確的電力數據，以確保電力設備的穩定運行。若提供的數據不準確或非即時，將無法精準地掌握生產運作時之電力需求，導致供需兩端內的電力人員執行錯誤的決策，影響電力供應穩定性，造成能源浪費產生供電缺口，進而對環境帶來負面影響或不必要的經濟損失。2023 年越南因供電不足，導致工業區在用電高峰期經常性計畫性停電，進而導致約 14 億美元的重大經濟損失，相當於越南 GDP 的 0.3% [2]，由此可見，電力供應不穩定對整體電力系統造成重大影響，令工業用戶墜罩在停電的陰影中，蒙受龐大的經濟損失。

1.2 研究動機與目的

本專題的目的在於解決當前電力工業面臨的挑戰，包括能源管理效率和碳排放控制等問題。我們設計並應用智慧電力監控系統來分析用電高峰期，並進行有效的用電分配，這將有助於我們達到更有效的能源管理，降低碳排放，提高能源利用效率。

本專題的價值在於整合智慧電力監控系統、物聯網技術和儲能系統，並將其這些技術應用於智慧電網中，打造出一套數位孿生監控系統。透過整合可視化界面、即時趨勢圖表和資料庫技術，我們能夠有效地記錄、分析和評估監控數據，並提供實施預防性維護策略。此種系統使操作人員能夠直觀地獲得了解系統運行的即時狀態，快速識別辨識和解決潛在問題，並透過對歷史數據的查詢和分析，進行更深入的評估。



第二章智慧電錶使用

2.1 PM-3133智慧電錶介紹

本專題之智慧電錶裝置整合了智慧感測技術，以實現即時的電力數據監控和分析。以下是 PM3133 智慧電錶的主要特點和使用方法：

1. 硬體規格：PM3133 智慧電錶是一種高精度的電力測量設備，能夠即時監控電壓、電流、功率、頻率和功率因數等參數，詳如圖 1。此電錶適用於各種工業和商業場景，如充電樁、工廠、學校等。



圖 2 智慧電錶 datasheet

2. 數據傳輸：智慧電錶通過 IP 分享器將監測數據傳輸到 PC 後將數據上傳至 MySQL 雲端資料庫，以便於後續的數據分析和歷史記錄查詢。
3. 應用場景：在本專題中，PM3133 智慧電錶安裝於逢甲大學資電館的 AI Foundry 內，用於實時監控電力使用情況，並將數據傳輸至實驗室電腦進行處理和分析。
4. 數據處理：我們利用 AVEVA Edge 和 Python 開發了一套 SCADA 系統，實現對電力數據的即時監控和異常警報。此外監控數據會被上傳至雲端資料庫，方便其他使用者透過監控網站進行數據查看和深入分析。

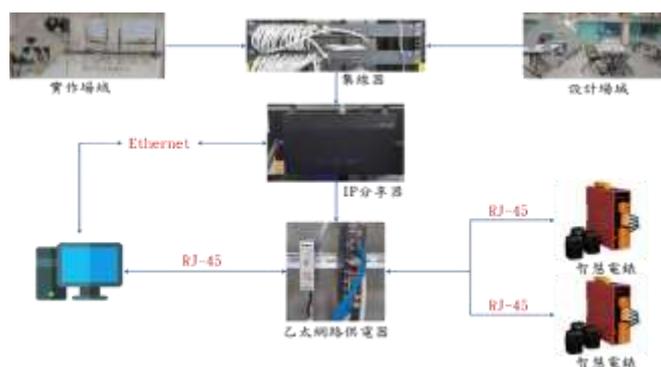


圖 3 智慧電錶網路架構圖

2.2 系統架構圖

本專題的應用架構主要分為三個層次：設備層、邊緣層和雲端應用層。在裝置層，我們在逢甲大學資電館的 AI Foundry 等場所安裝了智慧電錶，這些電錶負責收集電力數據並通過無線網絡傳送到邊緣層。在邊緣層，我們利用這些數據來構建一個基於 AVEVA Edge 和 Python 開發的 SCADA 監控系統，進一步實現對儲能系統充放電的精確控制，以確保電容的整體穩定性。在雲端應用層，收集到的電力數據被上傳至 MySQL 雲端資料庫中儲存，同時利用 AVEVA Edge 和 Python 結合 MQTT 通訊協議實現雲端數據傳輸和處理，使其他使用者可以使用自己的電腦或移動裝置來查看監控系統的數據，詳如圖4。

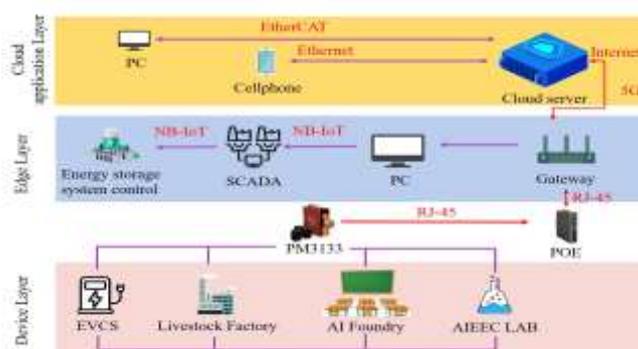


圖 4 系統架構圖

2.3 時程甘特圖

我們花了四個月時間對“低碳電力工業物聯網與數位孿生監控系統”這個專題進行功能調整和優化。以下是每月的主要活動與成果：

三月：由於初次接觸這個專題，我們對專題的整體概念及相關專業術語尚未完全理解，例如儲能系統、數位孿生、通訊協定和智慧電錶等。為了順利推進後續的專題進度，我們詢問學長的意見，並開始蒐集相關資料，加深對專題概念的瞭解，希望在專題製作上更加得心應手。

四月：專題的第一步是“獲取數據”。學長指導我們使用 AVEVA Edge 和 Python，通過 Modbus TCP/IP 通訊協定從 AI-Foundry 的場域中讀取電錶數值。隨後，我們將這些電力數據通過 Python 輸入到 MySQL 資料庫中並進行儲存，同時定期監控用電情況。雖然 AVEVA Edge 也可以繪製電力折線圖，但其可調整性和數值變化的觀測性較差，因此我們最終選擇使用 Python 的 Matplotlib 模組作為繪製工具。

五月：在現有的監控系統上，我們利用 AVEVA Edge 新增了警報和報表功能。同時，通過自定義 MQTT 通訊命令，將 AVEVA Edge 與 Python 連接，從而使監控系統功能更加豐富和強大。此外，我們還利用 PyQt5 模組和 HTML 技術建立了一個電力折線圖的展示畫面。

六月：我們開始整合專題概念，並著手規劃專題報告書、簡報、影片和海報的製作。此外，我們也開始練習專題成果的展示簡報，以準備最終的成果展示。詳如圖 5。



圖 5 專題時程甘特圖

第三章 SCADA 介面設計

3.1 AVEVA Edge

本專題利用 AVEVA Edge 開發了 SCADA 介面，方便使用者進行操作與監控。在此畫面中，我們設計了五個主要的頁籤讓使用者可以根據需要進行選擇。其中，”系統架構_電力和網路”頁籤提供了查看整體電力架構和網路架構的功能；”用電地圖”頁籤則顯示了特定大樓的用電情況，並且使用者可以切換查看烏日場域的監控數據。此外，該介面還整合了實時空氣品質監控功能，增強了環境監控的實時性和準確性，詳如圖 6。



圖 6 AVEVA Edge 使用者介面

3.2 用電地圖

在本系統中，我們規劃了校園內各類建築的用電區域並製作了一個校園用電地圖，在這次的專題中，我們以資訊電機館用電情況為分析對象。



圖 7 校園用電地圖介面

3.3 智慧電力監控系統介面

我們通過獲取資訊電機學院實作場域及設計場域的兩個智慧電錶的 IP 地址 (Address)及端口(Port)來與來與它們建立連接，從而獲取即時的用電資訊。這些資訊包含電壓、電流、總功率、頻率、功率因數等數據，詳如圖 8，並持續監控這些數值的當前狀態或變化，以便及時發現任何異常情況。



圖 8 智慧電力監控系統介面

3.4 儲能設備

當市電供電不穩定時，使用者可透過按鈕開關啟動儲能系統，以彌補電網內不足的電壓和功率，改善當前電網供電狀態。畫面將顯示儲能系統當前的救援狀態以及相關電力參數，詳如圖 9。



圖 9 儲能系統介面

3.5 歷史用電查詢

透過下拉選單選擇欲查詢年、月、日，來調取出該日整體的用電情況，包括當日總耗電量、最高用電量及最高用電時段，並計算出當日電費和總碳排放量，讓使用者了解自身的每日用電情形，詳如圖 10。



圖 10 歷史用電介面

3.6 預防性維護

監控系統可對場域內的設備，例如照明、空調等，進行預防性維護，及時汰舊換新，以此降低用電量。根據經濟部的資料顯示，老舊電器的耗電量是節能家電的 2.5 倍，尤其在夏季，耗電量會更為明顯 [3]。系統可藉由耗電量推算出碳排放量，並針對碳排放量進行衝擊分析，透過固定碳素量評估因耗電量造成的碳排放對環境造成的影響。若超過吸收標準，則進行後續的改善分析。以下將預防性維護分為範圍限定、取得數據、衝擊分析和改善分析四個步驟：

- 1. 範圍限定：** 選取單一或兩個場域進行資料分析。由於 AVEVA Edge 內的下拉式選單元件輸入文字會變為亂碼，因此以英文字母做代號，其中 A 代表實作場域，B 代表設計場域，C 則表示不選取任何場域。當選定場域後，按下確認鍵。
- 2. 取得數據：** 選擇時間日期後，點擊「選取」按鈕並輸入日期，系統將從資料庫中擷取當日的用電數據。若出現錯誤或異常數據(例如亂碼或顯示不完整)，數據將透過 ID 標記直接在系統上進行處理。在系統建置中，已新增忽略跟刪除兩個按鈕，使用者可依情況進行操作。數據抓取完成後，點擊「下一步」按鈕，詳如圖 11。

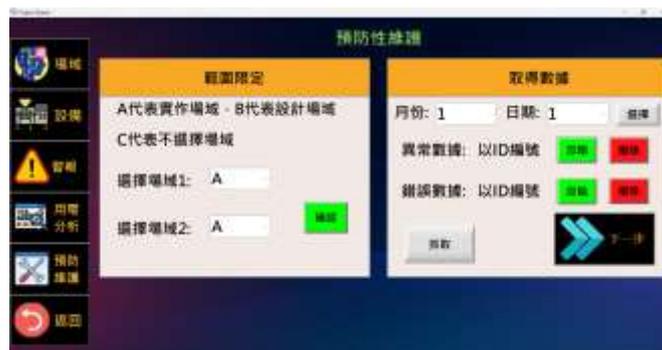


圖 11 預防性維護介面

- 3. 衝擊分析:** 抓取數據後，對數據進行處理，利用總耗電量乘上一度電的碳排放量 0.495 公斤，可得出總碳排放量；乘上售電電價 3.52(2023)元，可得出場域電費金額。最後，將場域的總碳排放量與台灣扁柏的全株固定碳素量 203 kg/m³ 進行比較，詳如圖 12。若場域的總碳排放量小於台灣肖楠的固定碳素量，代表樹木可完全吸收總碳排放量。反之則需進行進一步的改善分析，適時啟動儲能系統以降低排碳量，或透過植樹、購買綠碳憑證等方式來抑制未來可能徵收的碳稅，所需支付的額外成本。
- 4. 改善分析:** 根據所選取日期數據進行分析，以預估本月的耗電量和碳排放量，作為儲能系統充放電的參考數據，如果需要儲能系統提供電力，系統將顯示儲能系統應放電的功率，詳如圖 12。



圖 12 預防性維護

第四章 AVEVA EDGE 優化

4.1 即時警報

目前，我們在接收電錶資訊時主要是被動的，當電錶數據發生異常時，系統並不能立即發現，為了改進這點我們新增了即時警報功能，當電壓、實功率或頻率等數值超過預設的臨界值時，系統會在畫面上顯示警報訊息，如圖 13 所示，讓使用者能夠及時察覺任何異常情況。



圖 13 即時警報主畫面

4.2 即時警報切換功能

在即時警報功能的基礎上我們增加了過濾功能，讓使用者可以單獨選擇僅顯示電壓、實功率或頻率中的任何一項，如圖 14 所示，能夠更清楚地獲取特定參數的異常訊息，從而更快地對潛在問題做出響應。



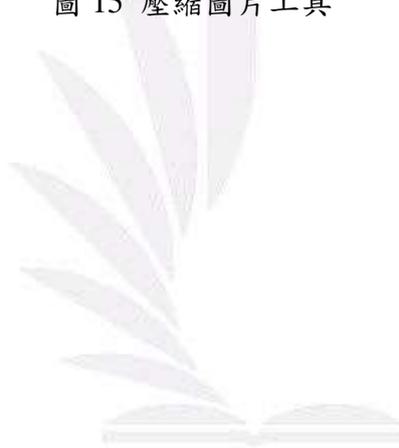
圖 14 即時警報次畫面

4.3 背景壓縮

我們發現，圖片檔案的大小會嚴重影響 AVEVA Edge 的使用效率，進而影響整個系統的運作，為了解決這個問題，我們選擇將背景圖像進行壓縮。實際操作後，我們發現壓縮圖像後系統的整體運行效率顯著的提升。



圖 15 壓縮圖片工具



第五章 Python 程式碼優化

5.1 發現問題&解決方法

在我們的專題中，我們遇到了一些挑戰，尤其是關於 AVEVA Edge 內建折線圖功能的局限性、美觀度上的不足，詳如圖 16。且相較於 Python 繪製的折線圖，無法顯示出較細微的數據變化。此外，AVEVA Edge 的折線圖功能在自定義和修改方面也有諸多限制，這使我們在數據呈現和深入分析受到了限制。

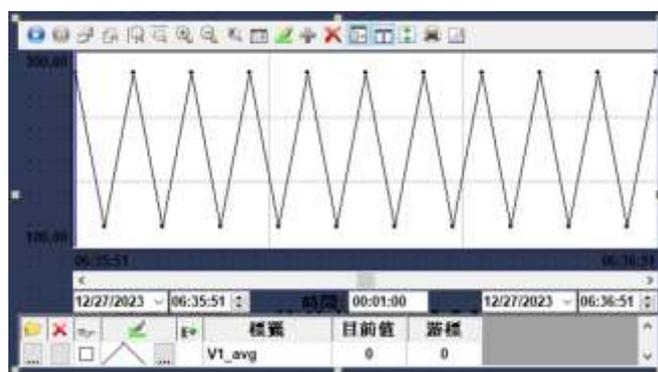


圖 16 AVEVA Edge 折線圖

5.2 使用 PyQt5 解決

為了解決這個問題，我們選擇使用 Python 進行圖形的繪製。Python 不僅可以提供更高質量的圖形顯示，還擁有強大的自定義功能，這使我們能夠根據實際需求，進行各種調整和設定，以最佳方式展示數據，詳如圖 17、18。



圖 17 PyQt5 電力折線圖首頁

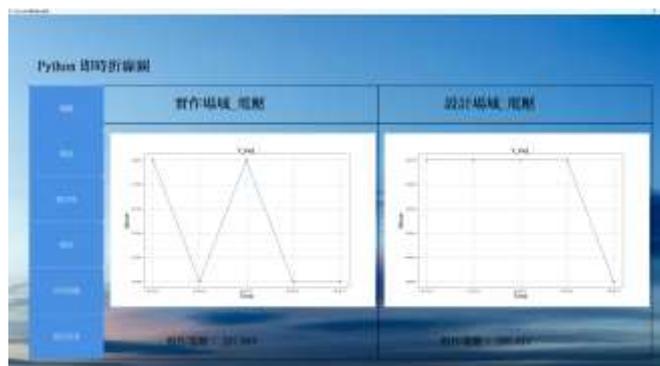


圖 18 PyQt5 電力折線圖

5.3 使用 HTML 解決

最初我們使用 PyQt5 來開發一個應用程式，但這只能生成可執行的(.exe)文件。為了提升系統的運行速度和使用便利性，我們決定改用網頁來呈現數據。由於 PyQt5 不支持直接轉換至網頁格式，因此，我們將應用程式改寫成 HTML 格式，並成功地將折線圖嵌入到網頁中，達到更好地數據展示效果，詳如圖 19、20。



圖 19 HTML 電力折線圖首頁



圖 20 HTML 電力折線圖

第六章 總結

6.1 結論

在實作場域和設計場域安裝的兩個智慧電錶(PM3133)可以通過路由器(AP)將電力數據傳輸至實驗室內的電腦，我們利用 AVEVA Edge 以及 Python 開發了一套專屬的 SCADA 監控系統，此系統具備生成可視化界面和趨勢圖表的功能，能夠精準地和分析用電數據，通過這個系統，電腦不僅可以查看即時用電數據和接收異常警報，還能將數據上傳到雲端，以利進行後續的大數據分析。

6.2 未來展望

- (1) **新增歷史警報功能**：目前 AVEVA Edge 中的警報系統僅具有即時警報功能，一旦數據恢復正常相關警報就會消失，這限制了對於歷史異常事件的追蹤能力。為此，我們計劃增加一個歷史警報功能，專門紀錄和整理所有發生過的異常數值，從而提升後續的問題診斷和系統維護效率。
- (2) **將警報數據記錄為 Excel 表格**：我們的警報功能目前依賴 AVEVA Edge 的內建功能，警報只在平台內顯示，為了提高數據的可移動性和分析便利性我打算將警報數據以 Excel 表格形式紀錄並匯出，後續便於對異常數據進行進一步的動態分析和存檔。
- (3) **增加儲能系統的遠端控制功能**：隨著電力數據被上傳到雲端資料並進行大數據分析，我們可以更準確地預測供電穩定性問題。因此，我們計劃新增一個儲能系統的遠端控制功能，使我們能夠更精確地進行充放電操作。

參考文獻

- [1] 施怡君, 王涵, 黃偉任, & 許書容. (2024, April 1). 2023 台灣能源情勢回顧. 風險社會與政策研究中心.
<https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/en-trans/open-energy/1857-2024-openenergy.html>
- [2] 賴宇萍. (2024, March 25). 世界工廠 2.0? 越南缺電經濟損失 450 億 外商難忍 日本想走了. Yahoo!股市.
<https://tw.stock.yahoo.com/news/%E4%B8%96%E7%95%8C%E5%B7%A5%E5%BB%A02-0-%E8%B6%8A%E5%8D%97%E7%BC%BA%E9%9B%BB%E7%B6%93%E6%BF%9F%E6%90%8D%E5%A4%B1450%E5%84%84-%E5%A4%96%E5%95%86%E9%9B%A3%E5%BF%8D%E6%97%A5%E6%9C%AC%E6%83%B3%E8%B5%B0%E4%BA%86-035244866.html>
- [3] 十年前和十年後的家電耗電差異大嗎?. (2024, June 17). RELON International.
<https://www.relonintl.com.tw/pages/about-energylabel-ranking-nearly-ten-years>

