

智慧選擇式電動車充電分配系統

龔鈺崎¹ 李聰穎^{1*} 許皓程¹ 劉翰學¹ 陳俊隆² 詹榮茂¹

1:明新科技大學電機系

2:國立海洋大學輪機系

摘要

隨著電動車技術提升，電動車將很快速的成為主流交通工具，電動車充電負載必然成為電力用戶的部分負載。本研究發展一套智慧選擇型電動車充電分配模擬系統，充電系統會根據負載、電動車殘電量及優先權設定等條件，選定一台優先權較高的電動車進行充電作業。在研究中，透過案例分析，驗證所發展的軟體系統的可行性，研究成果可以作為爾後電動車充電系統發展的參考。

關鍵詞：電動車、智慧選擇、充電分配系統

Smart Selection Charging Allocation System for Electric Vehicles

Yu-Chi Kung¹ Tsung-Ying Lee^{1*} Hao-Cheng Hsu¹ Han-Hsueh LIU¹ Chun-Lung Chen² Rong-Mow Jan¹

1: Department of Electrical Engineering, Mingshin University of Science and Technology

2: Department of Marine Engineering, National Taiwan Ocean University

Abstract

With the ongoing advancement of current electric vehicle technologies, electric vehicles are sure to become the mainstream of transportation soon. Therefore, electric vehicle charging load will become an inevitable part of the electricity users' loads in the near future. In this research, we develop a simulated smart selection charging allocation system for electric vehicles. With the application of this charging system, the load condition, state of charging, and the users' priority settings of each individual electric vehicle would be considered, and the one electric vehicle with the highest priority would be charged first, automatically. The feasibility of this developing software system is demonstrated by the case studies included in this article. The results of this research could become references for the forward development of electric vehicle charging systems.

Keywords : electric vehicle, smart selection, charging allocation system

* 通通訊作者：李聰穎 地址：新竹縣新豐鄉新興路 1 號 Tel: 03-5593142# 3091

E-mail: tylee@must.edu.tw

1.簡介

為了減少化石燃料使用量，提升化石燃料使用效率，推動電動車以減少污染排放，是未來的重要發展方向。研究顯示當電動車滲透率達到20%時，將增加系統負載量35.8%[1-3]。目前有關於電動車之相關研究不論是在國內或國外都非常受到重視，國內在相關領域的研究成果豐碩。文獻[4]探討電動車充電負載對時間電價用戶負載的影響。研究中發展一套電腦軟體，用來計算時間電價用戶最佳契約容量及評估純電動車充電負載。文獻[5,6]研究將時間電價、電池充電模式、電池充放電損耗成本、電動車輛住戶用車習慣等納入考量，提出隨到隨充(V0G-1)、離峰充電(V0G-2)、智慧充電(V1G)與電網互操作(V2G)等電動車輛電池的充電模式，據以建立饋線在考量電動車輛電池充放電條件下之日負載曲線模型，並分析各種充電(或電能管理)模式下電動車對標的配電饋線之影響。文獻[7]分析電動車運輸系統、再生能源發電系統及蓄電池儲能系統在時間電價用戶中的最佳運轉策略，並以所開發之軟體分析工具來探討電動車充放電運作及電動車滲透率對時間電價用戶電能調度優化所造成的影響。文獻[8]考慮四種不同情境之充電站，包含社區停車場、公司停車場、購物中心停車場及快速充電站，建立四種充電情境之充電負載模型。並提出一多目標最佳化賽局，探討並求解充電站之多目標即時電能管理問題，並且分析電動車的電能需求對於配電電網的衝擊與影響。文獻[9]開發一套以粒子群優化法為基礎之電腦程式，用以分析大規模電動車併入複合式能源時間電價用戶之最佳操作策略。所開發之軟體分析工具可以用來優化各個能源用戶電動車聚集體儲能系統之運轉策略。文獻[10]探討配電饋線沿線充電站之最大可行裝置容量問題，以台電配電系統現有架構與特性為評量基礎，在滿足系統安全、品質要求及最大容許電壓變動率下，針對不同場所(充電站、大賣場、商辦大樓及住宅)與情境進行模擬與分析，評估饋線之最大允許充電機併接台數及在考量來客數與時段之充電站最適充電機裝置台數評估結果。

在國外方面，各先進國家對於電動車的推動及研究，已投入相當久的時間及相當多的經費，在相關領域也有很多的研究成果發表。文獻[2]提出一個可以評估配電系統中，電動車充電需量的模型，結果顯示，在最壞的狀況下，當電動車的滲透率為10%時，配電系統的需量約會增加17.7%，而當電動車的滲透率為20%時，配電系統的需量約會增加35.8%。文獻[11]探討電動車負載對配電系統運轉的影響，並將研究結果應用於評估電動車對一條實際配電系統饋線運作影響，結果可以作為設置電動車的參考。文獻[12]探討如何將電動車與再生能源系統整合，以及建置適合電動車之可充電網路的步驟，研究中提出一個電動車的商業模型，並將此模型併入一個由可充電網路操作者(Electric Recharge Grid Operator, ERGO)控制的網路，結果顯示，藉由將電動車轉換成分散式儲能系統模型，ERGO模型可以有效的解決日漸增加的電動車對電網造成的問題，並減少二氧化碳的排放量。文獻[13]從電動車駕駛模式、充電特性、充電時間及電動車滲透率等因素，探討電動車對配電系統網路的影響程度，經由不同研究人員在配電系統不同位置，使用不同分析工具及模擬方法，探討電動車對配電系統網路的影響。文獻[14]計算可用資源、可用度及經濟潛能三個與電動車有關的主要參數，以美國加州1998~2000年間的市場電力價格為例，從尖載電力、備轉容量及系統調節能力三個角度分析電動車的經濟效益，結果顯示電動車當作基載電力是不具競爭力的。文獻[15]探討電動汽車充電站的最佳選址和規模的問題，運用道路網絡結構表示充電需求的變量，用圖論進行優化模擬，目標是最小化充電站和消費者的綜合成本。研究結果顯示，該方法可以有效降低施工和

營運成本。文獻[16]提出多輸出車輛充電系統的運轉方法，開發一種可以電池充電站的多個輸出端子之間分配充電電力的方法，其中電池充電站包括多個電源級，每個電源級包括交流到直流轉換器，該方法包括監測每個充電端子的電池充電站狀況和操作條件、確定當前的電池充電站狀況、根據當前的電池充電條件並根據一組預定的配電規則分配充電站的配電及根據功率分配將功率級耦合到充電端子。文獻[17]發展一套電動計程車即時充電站推薦系統，透過大數據分析，組合每個電動計程車歷史充電事件和即時GPS軌跡，預測每個電動計程車的當前操作狀態，對於詢問最佳充電站的電動計程車，推薦排隊時間最短的充電站。

有關於電動車充電/放電系統的研究部分，目前發展中的電動車充電系統多為單向的電網對電動車充電(G2V)，且為一台充電器對應一台電動車的一對一模式，電動車的充電採用隨到隨充的方式，並沒有對電動車充電的電能妥善的管理。在此種一對一充電且採隨到隨充的模式下，當未來電動車的數量越來越多，則大量且隨機出現的電動車充電負載可能導致電力系統負載變動劇烈，影響電力系統的能源使用效率及運轉安全。此外，當大量且隨機出現的電動車充電負載出現在電力用戶的系統中時，可能導致用戶用電需量超過契約容量或在尖峰時段的用電量大增，徒然增加電費支出，降低用戶設置電動車充電系統的意願。

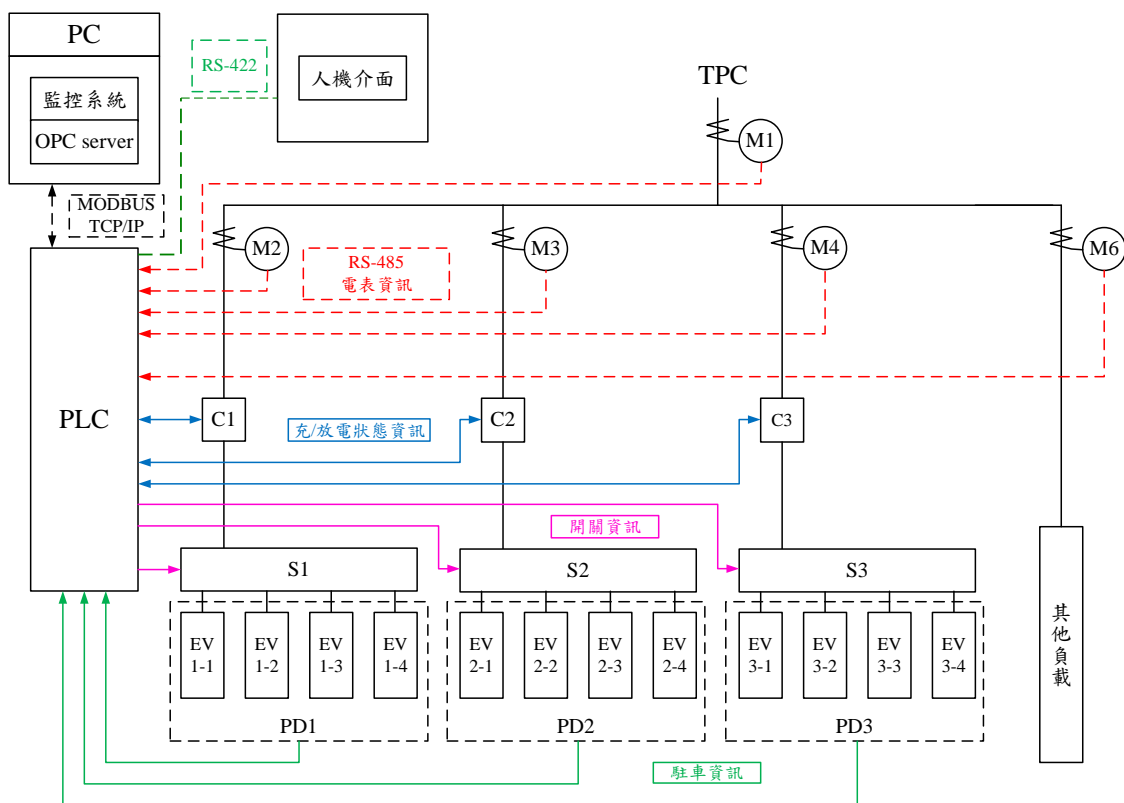
本研究提出一種智慧選擇型電動車充電控制系統，在此系統中，一台充電器可以連接複數台電動車，一次只對一台電動車充電，此種結構可以減少所需的充電器數量，降低設置成本[18]。此外，當時間電價用戶的負載超過契約容量設定的時候，本研究發展的充電分配系統會停止電動車的充電，避免時間電價用戶因為電動車充電而導致用電需量超過契約容量，藉由這樣的機制，本研究發展的充電分配系統可以減少時間電價用戶因為電動車充電導致電費支出大幅上升的風險。未來如果能夠藉由本研究的智慧選擇型電動車充電分配系統實現，發展一套可以考量電動車充電控制系統對用戶電源影響，且只需設置少量充電器就能在儘量不影響用戶負載特性條件下，提供用戶電動車充電需求，並讓電動車充電控制系統設備發揮最大效益的電動車充電控制系統，將有機會可以提升用戶設置電動車充電系統的意願，有利於國內進一步推動電動車及國家整體能源政策發展。

2. 智慧選擇型電動車充電控制系統架構

在本研究提出的智慧選擇型電動車充電控制系統中，一台充電器可以連接複數台電動車，但是一次只對一台電動車充電，此種結構不但可以減少所需的充電器數量，降低設置成本，同時，透過簡單的電能管理策略，電力用戶的負載會受到適當的管理，可以減少用戶負載在不適當的時段突然大量上升而導致電費支出大幅上升的風險。

本研究的主要目標是實現新概念電動車充電系統的想法，發展智慧選擇型電動車充電控制系統的充電分配模擬子系統。圖一是智慧選擇型電動車充電控制系統架構圖[19]。在此策略中，一個充電器將連接超過一台電動車(圖一的例子為一台充電器連接4台電動車)，限制功率流向為只能由電網對電動車充電(G2V)，每一個充電器管轄的電動車充電車位可設定充電優先順序或由電動車的殘電量來決定充電優先順序，電動車充電策略為。由於本研究發展的充電分配系統，僅能利用時間電價契約容量和用戶即時負載

間的差距功率對電動車充電，因此並無法保證電動車在離場時可以充滿電。本研究發展的系統適用在不需要快速充滿電動車電力以及需要以低成本建置電動車充電系統的場域，例如住宅大樓停車場和時間電價電力用戶的停車場等場域。



圖一. 電力用戶智慧選擇型電動車充電控制系統架構圖[19]

3.智慧選擇型電動車充電分配系統監控

在充電分配系統的操作及控制邏輯部分，由於本研究發展的電動車充電分配系統著重在時間電價用戶負載管理及減少電動車充電對電力系統的衝擊，希望可以藉由本研究發展的電動車充電分配系統，減少設置電動車充電系統的時間電價用戶的電費支出，降低用戶建置充電系統的成本支出，進而提高用戶設置電動車充電系統的意願。因此，本研究建置的充電分配系統，只會利用時間電價用戶契約容量和用戶即時負載間的差距功率，對用戶停車場的電動車充電，當時間電價用戶的負載超過契約容量設定的時候，本研究發展的充電分配系統會停止電動車的充電，避免時間電價用戶因為電動車充電而導致用電需量超過契約容量，藉由這樣的機制，本研究發展的充電分配系統可以減少時間電價用戶因為電動車充電導致電費支出大幅上升的風險。也可避免因為大量電動車同時充電導致電力系統負載瞬間爆增，而引發

電力系統運轉的風險和困難。再者，本研究發展的充電功率分配系統，並未針對充電功率的分配進行優化，因此，本研究發展的充電功率分配系統僅具備初步的負載管理能力。本節說明充電分配系統監控流程，圖二為智慧選擇型電動車充電分配系統監控流程圖，圖三為第K充電樁的監控流程圖。系統啟動時會先讀取各電動車的殘電量、負載資訊及駐車資訊等資料，接著建置在個人電腦的充電分配系統(監控系統)依管理者設定的充電指令、用戶的契約容量、用戶的負載設定及電動車的殘電量等資訊，決定各充電器應連接的電動車及充電量。以下各小節說明圖二及圖三中的重要步驟。

(一)讀取參數及資料

包括各時段契約容量、時間電價費率、負載資料、充電樁數量、每個充電樁的車位、每個車位的充電優先順序、充電樁額定功率、電動車殘電量等資訊。

(二)計算充電樁的充電需量

$$CR(k, t) = \sum_{n=1}^{N_{max}} CAP_n - SOC_n, k \in 1 \text{ to } K_{max} \quad (1)$$

$$TCR = \sum_{t=t+1}^{T_{max}} \{ \sum_{k=1}^{K_{max}} CR(k, t) \} \quad (2)$$

其中，CAP_n 表示電動車的電池電容量，SOC_n 表示電動車的殘電量，N_{max} 表示每個充電樁的駐車位，K_{max} 表示充電樁數量，CR(k,t)表示充電樁 k 在時段 t 的充電需量，TCR 表示所有充電樁到調度期間結束前的充電需量。

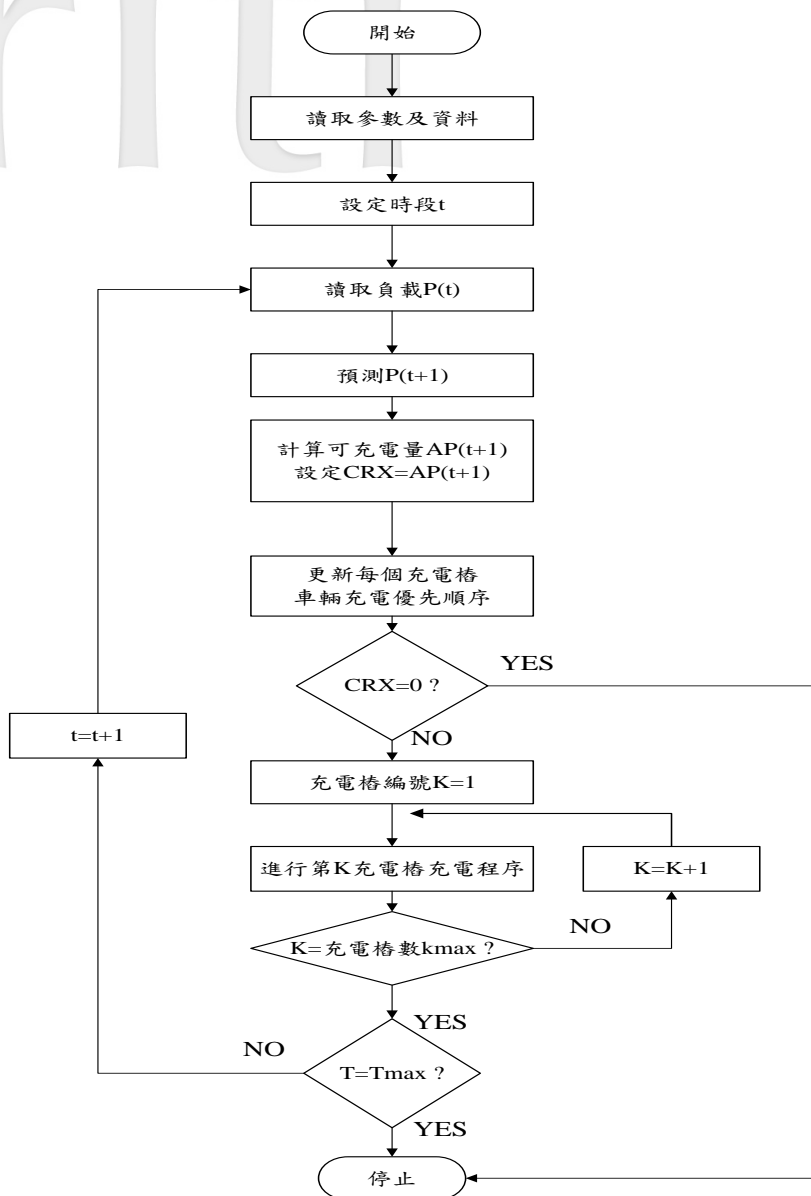
(三)計算各時段的負載

對一個即時控制系統而言，負載是隨時在改變的，在電動車充電控制中很重要的一個條件是避免用戶因電動車充電而發生用電需量超過契約容量的狀況，因此本研究擬採用較保守的負載預測來預估負載。如果 t 時段的負載 P(t) 為已知，則 t+1 時段的負載預估為：

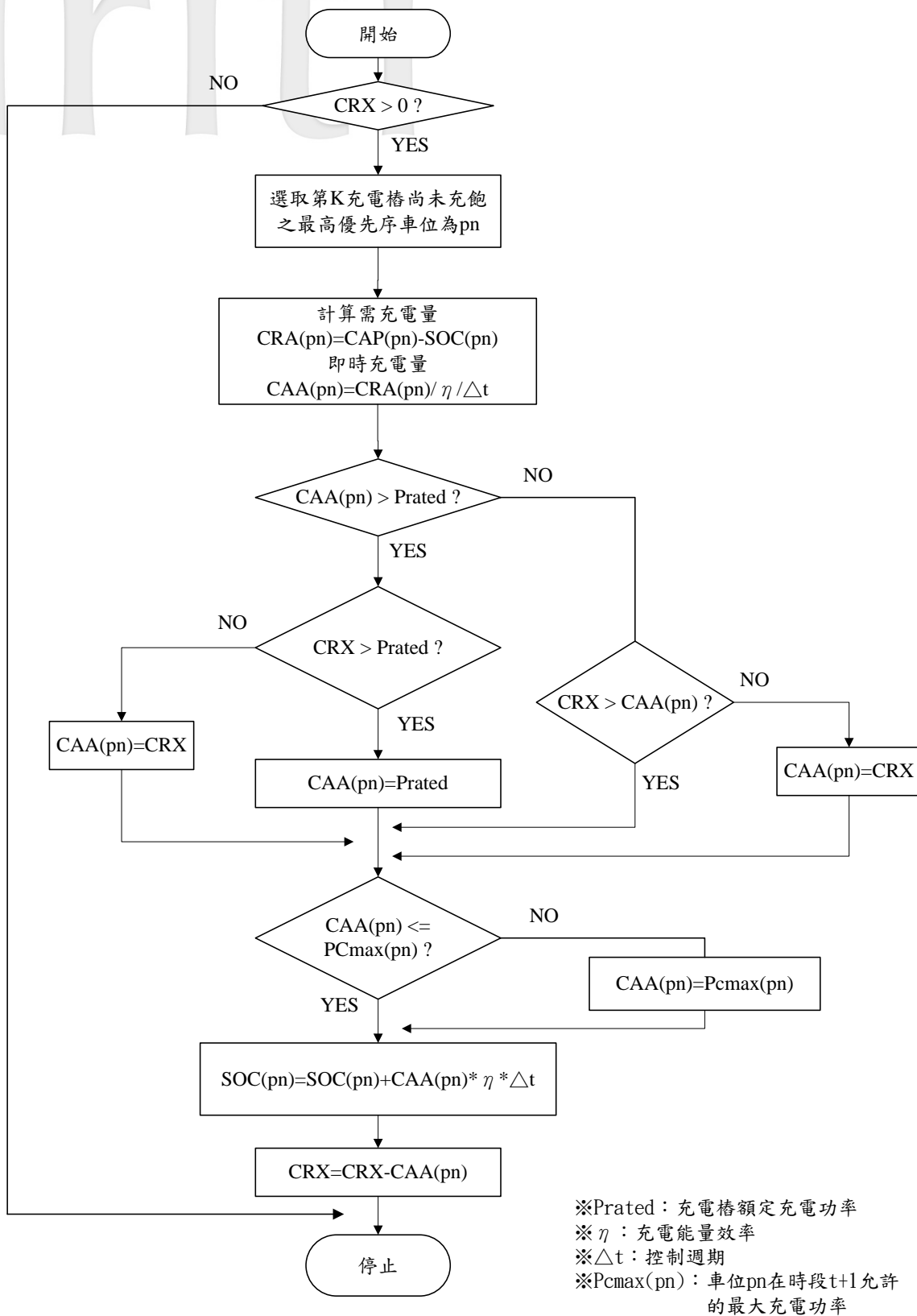
$$P(t+1) = \max \left\{ \begin{array}{l} P(t+1)_{\text{上一個相同屬性日期}} \\ P(t+1)_{\text{上週同一天}} \\ P(t) + \Delta P \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$\Delta P = [P(t) - P(t-1)] / \Delta t \quad (4)$$

其中上一個相同屬性日期指的是週間或週末， Δt 為調度的時間間隔， ΔP 為負載變動量。



圖二.智慧選擇型電動車充電分配系統監控流程圖[19]



圖三.第 K 充電樁的監控流程圖[19]

(四)計算各時段的可用電量

時間電價用戶的用電時段分別為尖峰、半尖峰、週六半尖峰及離峰，此步驟計算各時段的可用充電量。

$$Apx(1) = \sum_{t=t+1}^{Tmax} Ap(t) , t \in \text{離峰時段} \tag{5}$$

$$Apx(2) = \sum_{t=t+1}^{Tmax} Ap(t) , t \in \text{週六半尖峰時段} \tag{6}$$

$$Apx(3) = \sum_{t=t+1}^{Tmax} Ap(t) , t \in \text{半尖峰時段} \tag{7}$$

$$Apx(4) = \sum_{t=t+1}^{Tmax} Ap(t) , t \in \text{尖峰時段} \tag{8}$$

其中，Apx(1~4)分別表示尖峰、半尖峰、週六半尖峰及離峰的可用充電量，Ap(t)表示時段 t 的可用充電量。假設 CNT(t+1)表示 t+1 時段的契約容量，可充電量的計算方法如下：

- (1)當 t+1 為尖峰時，則 AP(t+1)=CNT(t+1)-P(t+1)。
- (2)當 t+1 為半尖峰時，則 AP(t+1)=CNT(t+1)-P(t+1)。
- (3)當 t+1 為週六半尖峰時，則 AP(t+1)=CNT(t+1)-P(t+1)。
- (4)當 t+1 為離峰時，則 AP(t+1)=CNT(t+1)-P(t+1)。

(五)判斷車輛是否可充飽

此步驟根據步驟(二)及(四)的結果判斷車輛是否可充飽，判斷方法如下，判斷結果用來顯示燈號，提示操作人員電動車充電系統的運作狀態。

Apx(1) ≥ TCR：表示用離峰時段的電就可充飽所有的車。

Apx(1) + Apx(2) ≥ TCR：表示用離峰及周六半尖峰時段的電就可充飽所有的車。

Apx(1) + Apx(2) + Apx(3) ≥ TCR：表示用離峰、周六半尖峰及半尖峰時段的電就可充飽所有的車。

Apx(1) + Apx(2) + Apx(3) + Apx(4) ≥ TCR：表示用所有時段的電才可充飽所有的車。

Apx(1) + Apx(2) + Apx(3) + Apx(4) ≤ TCR：表示用所有時段的電也無法充飽所有的車。

(六)停車位優先序判定規則：為了因應用戶的車輛可能有不同的用途，本研究規畫用戶的停車位可以依據車輛用途設定不同的優先順序，充電時按車位優先序排列，優先順序小的充電優先權較高。當所有待充電動車的優先權皆相同時，則依電動車的殘電量大小排列，殘電量較小的電動車的充電優先權較高。表一以一個配置 4 個停車位充電樁為例，說明停車位優先序判定規則。

表一. 停車位優先序判定例

第 K 充電樁				
車位編號	車位優先序	SOC(%)	充電狀態	t+1 時的優先序
K-1	2	20	0	2
K-2	1	50	0	1
K-3	2	60	0	3
K-4	2	100	1	4

*充電狀態 0 表示在 t 還未充飽， 1 表示在 t 已充飽。

4. 結果與討論

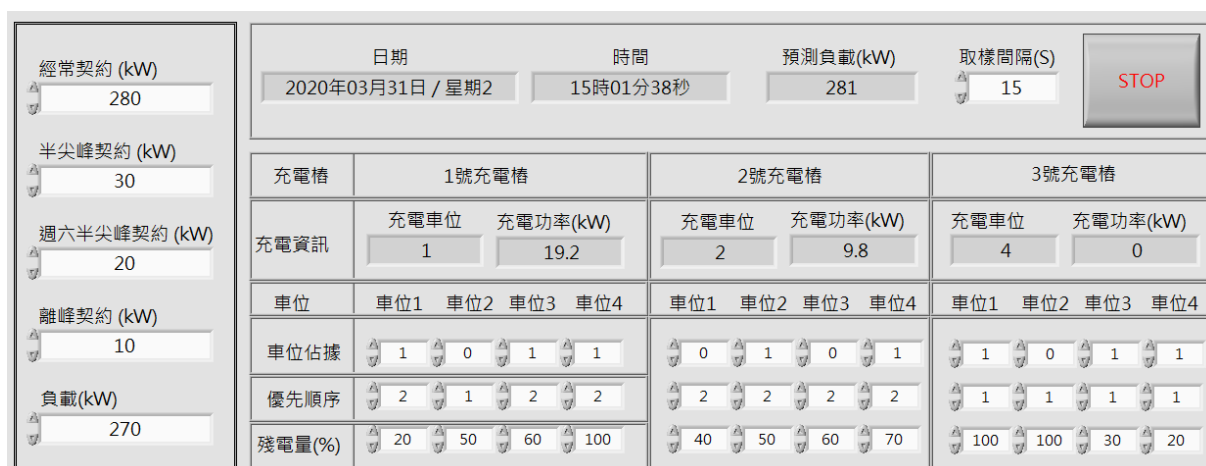
本節以模擬之時間電價用戶負載、時間電價用戶契約容量及一對多電動車充電樁為例，驗證本研究完成的智慧選擇式電動車充電分配模擬系統之正確性，並就測試結果加以說明及討論。案例分析內容包括：

- (1)操作畫面說明
- (2)殘電量對模擬充電樁車位選擇的影響
- (3)優先順序對模擬充電樁車位選擇的影響
- (4)車位佔據對模擬充電樁車位選擇的影響

4.1 操作畫面說明

圖四是智慧選擇式電動車充電分配模擬系統的監控系統畫面，這個畫面的主要的功能包括(a)時間電價用戶各個時段的契約容量設定:包括經常契約、半尖峰契約、週六半尖峰契約和離峰契約容量設定。(b)用戶負載功率設定。(c)日期及時間顯示。(d)顯示負載預測值。(e)設定取樣間隔。(f)各個模擬充電樁的充電車位及充電功率顯示。(g)各個模擬車位的車位佔據、優先順序和殘電量設定，其中，充電優先順序由充電分配系統的管理人員設定，可以根據管理的需求，調整各個車位的充電優先順序。

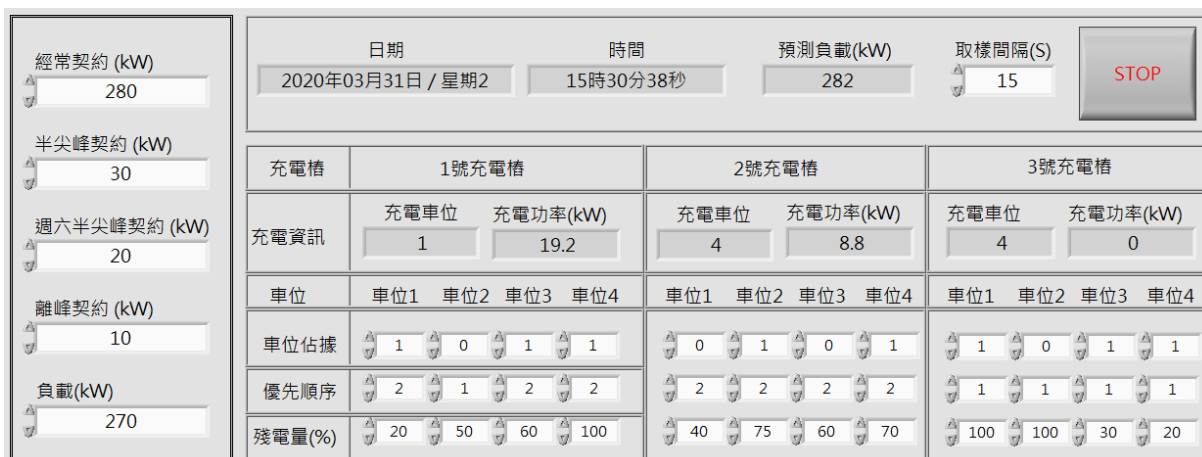
圖四顯示在 2020 年 3 月 31 日 13 時 01 分 38 秒，時間電價用戶的經常契約容量為 280kW、半尖峰契約容量為 30kW、週六半尖峰契約容量為 20kW 和離峰契約容量為 10kW、用戶負載功率為 270kW、負載預測值為 281kW。模擬充電樁 1 選擇車位 1 進行充電、充電功率為 19.2kW；模擬充電樁 2 選擇車位 2 進行充電、充電功率為 9.8kW；模擬充電樁 3 沒有在充電。



圖四.智慧選擇式電動車充電分配模擬系統的監控系統畫面[20,21,22]

4.2 殘電量對充電樁車位選擇的影響

為了驗證電動車的殘電量改變的時候，智慧選擇式電動車充電分配模擬系統是否會依據新的殘電量，重新選擇充電車位。本測試嘗試改變 2 號模擬充電樁管轄的電動車的殘電量。圖五是將 2 號模擬充電樁車位 2 的電動車殘電量由 50% 上升到 75% 時的測試結果。由圖五的結果可以發現，2 號模擬充電樁會根據殘電量的大小重新排序充電優先順序，選擇車位 4 進行充電。上述結果顯示智慧選擇式電動車充電分配模擬系統，會隨時依據電動車的即時殘電量，重新選擇要充電的電動車。



圖五.改變電動車殘電量的測試結果

4.3 優先順序對模擬充電樁車位選擇的影響

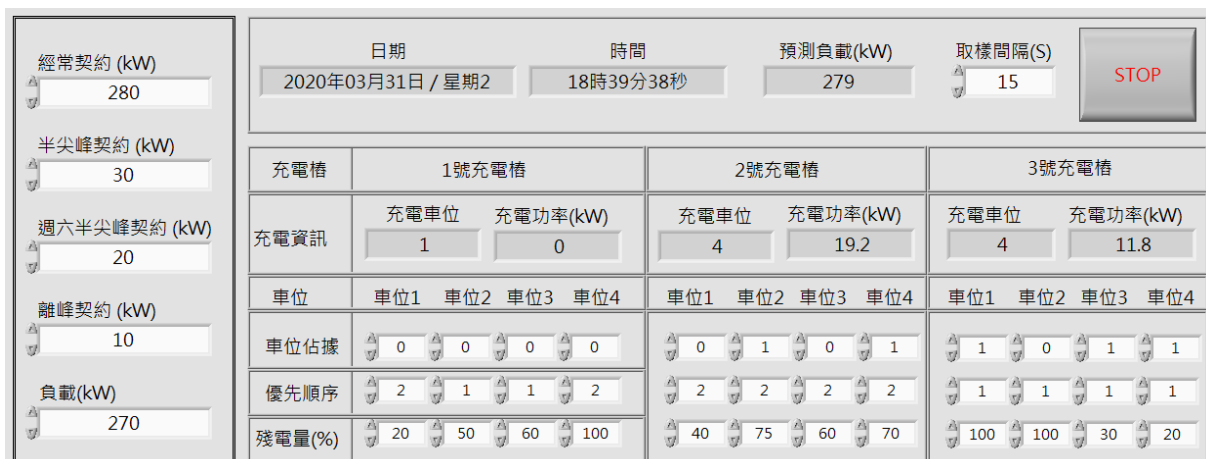
本測試探討優先順序改變對模擬充電樁車位選擇的影響，研究中嘗試改變模擬電動車的充電優先順序設定，觀察本研究發展的智慧選擇式電動車充電分配模擬系統是否會根據最新的充電優先順序設定，選擇要充電的模擬電動車。圖六是本測試的監控畫面，在圖六中，1 號模擬充電樁的車位 3 的模擬電動車的充電優先順序由 2 改為 1，結果顯示雖然車位 1 的模擬電動車殘電量比車位 3 的殘電量還要小，但是因為車位 3 的模擬電動車優先順序比較高，所以智慧選擇式電動車充電分配模擬系統會選擇車位 3 的模擬電動車當作充電的對象。



圖六.改變模擬電動車充電優先順序的測試結果

4.4 車位佔據對模擬充電樁車位選擇的影響

這個測試探討車位佔據改變對模擬充電樁車位選擇的影響，研究中嘗試改變模擬電動車的車位佔據設定，觀察本研究發展的智慧選擇式電動車充電分配模擬系統是否會根據最新的車位佔據設定，選擇要充電的模擬電動車。圖七是本測試的監控畫面。在圖七中，1 號模擬充電樁的所有車位的車位佔據皆改為 0，結果顯示 1 號模擬充電樁雖然仍會選擇一個車位進行充電，但是充電功率設定為 0，也就是實際上不會對模擬電動車進行充電，2 號模擬充電樁會選擇 4 號車位的模擬電動車進行充電，充電功率為 19.2kW，3 號模擬充電樁會選擇 4 號車位的模擬電動車進行充電，充電功率為 11.8kW。



圖七.改變車位佔據的測試結果

5. 結論

電動車可望成為下一代的新型態交通工具，為了滿足大量電動車的充電需求，必須建置大量的充電樁。對一個擁有多台電動車的用戶而言，如果每一台電動車都要建置一個充電樁，那麼充電樁的建置成本將是相當可觀的；反之，如果建置較少的充電樁，那麼在一台電動車充飽電力後，勢必要用人力重新將充電樁連接到另外一台電動車，結果可能增加使用者的困擾。本研究建置一套智慧選擇式電動車充電分配模擬系統。希望藉由一台充電樁可以同時連接多台電動車，並且一次只選擇一台電動車充電的結構，降低電動車充電樁的建置成本，並提高電動車使用者充電的便利性。研究中以模擬的時間電價用戶用電資料和模擬的電動車資料，測試本研究發展的軟體系統，結果顯示本研究發展的智慧選擇式電動車充電分配模擬系統可以根據用戶的用電資料、電動車的殘電量、設定的充電優先順序和車位佔據等資訊，為每一個模擬充電樁合理的選擇要充電的模擬電動車。

6. 誌謝

作者非常感謝明新科技大學提供研究所需的經費，校內專題研究計畫編號 MUST-109 電機-02。

7. 參考文獻

- [1] 廖建棠、簡振宇、周冠宇和楊宏澤，智慧電網下電動車之電能調度與需量反應，中華民國第三十三屆電力工程研討會論文集，第 902~908 頁，民國 101 年 12 月。
- [2] K. Qian, C. Zhou, M. Allan, and Y. Yuan, “ Modeling of load demand due to EV battery charging in distribution systems,” IEEE Transactions on Power Systems, vol.26, no.2, pp.802-810, May 2011.
- [3] 王建棕、周哲豪和盧展南，基於賽局理論之電動車充電站電能管理，中華民國第三十六屆電力工程研討會論文集，論文編號 POWER478，民國 104 年 12 月。
- [4] 鍾博凱、李聰穎、陳俊隆、詹榮茂和許廷祥，電動車充電負載對時間電價用戶負載的影響，中華民國第三十六屆電力工程研討會論文集，論文編號 POWER151，民國 104 年 12 月。
- [5] 陳在相，因應電網智慧化與智慧電動車發展之先進配電系統與技術研究-總計畫及子計畫一:因應電網智慧化與智慧電動車發展之配電網規劃設計技術研究(II)，101 年度國科會電力學門專題研究計畫成果發表會報告。
- [6] 陳在相、廖日能、陳昱翔和許育才，地區性電動車充電需量的分析，中華民國第三十三屆電力工程研討會論文集，第 2505~2510 頁，民國 101 年 12 月。
- [7] 林信穎、林坤暉、蔡承達、陳俊隆和李聰穎，複合式能源時間電價用戶能源管理系統併入電動車聚集體最佳調度之研究，2017 綠色能源研討會，2017 年 12 月。
- [8] 王建棕、周哲豪和盧展南，基於賽局理論之電動車充電站電能管理，中華民國第三十八屆電力工程研

討論會論文集，論文編號 292，民國 106 年 12 月。

- [9]林信穎、林坤暉、蔡承達、陳俊隆和李聰穎，複合式能源時間電價用戶併入大規模電動車電能調度優化之研究，中華民國第三十九屆電力工程研討會論文集，論文編號 124，民國 107 年 12 月。
- [10]陳在相、廖清榮及辜志承，電動車充電對電力品質及電力供應影響之研究，台灣電力股份有限公司研究計畫編號 TPC-546-4102-9904，2011 年。
- [11] M. J. Taylor and A. Alexander, "Evaluation of the impact of plug-in electric vehicle loading on distribution system operations," IEEE Power & Energy Society General Meeting, Calgary, Canada, pp.1-6, 2010.
- [12] H.A. Poulund A.M. John, "Integrating private transport into renewable energy policy: the strategy of creating intelligent recharging grids for electric vehicles," Energy Policy, vol.37, no.7, pp. 2481-2486, 2009.
- [13] R. C. Green II, Lingfeng Wang, Mansoor Alam, . "The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks : a review and outlook," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 15, Issue 1, January 2011, Pages 544–553.
- [14] W. Kempton and L. Tomic, "Vehicle-to-grid power: battery, hybrid, and fuel cell vehicles as resources for distributed electric power in California,UCD-ITS-RR-01-03," 2001.
- [15] L. Jia, Z. Hu, Y. Song and Z. Luo, "Optimal siting and sizing of electric vehicle charging stations," 2012 IEEE International Electric Vehicle Conference, March 2012.
- [16] Method of operating a multiport vehicle charging system, U.S. Patents, US8643330B2, 2011.
- [17] Z. Tian, T. Jung, Y. Wang, F. Zhang, L. Tu, C. Xu, C. Tian and X.Y. Li," Real-time charging station recommendation system for electric-vehicle taxis," IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 17, Issue 11, pp. 3098–3109, Nov. 2016.
- [18]李聰穎，電動車自動充放電控制系統及方法，中華民國發明專利，發明第 I559649 號，專利期間 201611~203505。
- [19]李聰穎，複合能源時間電價用戶複式電動車充/放電控制系統研製，鼓勵技專校院從事實務型研究專案計畫申請書，2017 年 12 月。
- [20]龔鈺崎，時間電價用戶電動車充電管理系統，明新科技大學碩士論文，107 年 7 月。
- [21]許皓程，電動車智慧化充電功率分配及管理系統，明新科技大學碩士論文，108 年 7 月。
- [22]劉翰學，智慧選擇式電動車充電管理系統，明新科技大學碩士論文，108 年 7 月。