

GIẢI PHÁP SẠC LẤP VÙNG TẢI ĐÁY CHO TRẠM SẠC XE ĐIỆN HAI BÁNH TÍNH TỚI CÁC YẾU TỐ BẤT ĐỊNH

A VALLEY FILLING SOLUTION FOR ELECTRIC TWO-WHEELER CHARGING STATIONS CONSIDERING UNCERTAINTIES

Nguyễn Ngọc Văn, Nguyễn Hữu Đức*

Trường Đại học Điện lực, Hà Nội, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: ducnh@epu.edu.vn

(Nhận bài / Received: 09/11/2024; Sửa bài / Revised: 19/5/2025; Chấp nhận đăng / Accepted: 20/5/2025)

DOI: 10.31130/ud-jst.2025.475

Tóm tắt - Các nghiên cứu cho thấy, việc tính toán kế hoạch sạc cho trạm sạc xe điện nói chung và trạm sạc xe điện hai bánh nói riêng thường là các bài toán tối ưu có ràng buộc nhằm đạt được mục tiêu tối ưu về mặt kỹ thuật hoặc kinh tế. Khi xét đến bài toán này, sự đa dạng về nhu cầu sạc của từng phương tiện và tính bất định về hành vi sạc như thời điểm đến, thời điểm đi, mức năng lượng ban đầu của ắc quy ... là những vấn đề thực tiễn đòi hỏi kế hoạch sạc cần được tính toán để đáp ứng động theo sự kiện hoặc theo thời gian thực. Nghiên cứu này đề xuất và mô phỏng kiểm chứng giải pháp tính toán kế hoạch sạc cho trạm sạc xe điện hai bánh có xét tới các yếu tố bất định về hành vi sạc, nhu cầu sạc, mức năng lượng ban đầu Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc giải bài toán quy hoạch kết hợp với RHC framework có khả năng đáp ứng được kế hoạch sạc tối ưu đồng thời giải quyết được tính bất định về hành vi sạc.

Từ khóa - Xe điện hai bánh; trạm sạc xe điện; điện mặt trời; giải thuật lấp đầy

1. Đặt vấn đề

Sự chuyển dịch trong lĩnh vực năng lượng và giao thông theo xu hướng phát triển bền vững đã và đang được quan tâm nghiên cứu trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Trong lĩnh vực năng lượng, sự phát triển của năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện mặt trời và điện gió với tỷ trọng thâm nhập ngày một lớn, một mặt đóng góp tích cực vào nhu cầu điện năng và an ninh năng lượng, giảm phát thải, mặt khác cũng đặt ra nhiều thách thức trong công tác quản lý, vận hành và điều độ.

Để tăng tỷ lệ sử dụng năng lượng tái tạo trong khi giảm tác động tới lưới điện truyền thống, một trong các giải pháp được đề cập đến trong các nghiên cứu là tăng cường tự sản tự tiêu, trong đó điện năng được sản xuất và tiêu thụ tại chỗ thay vì thâm nhập lên lưới.

Trong lĩnh vực giao thông, việc phát triển các phương tiện chạy điện thay thế cho các phương tiện chạy nhiên liệu hóa thạch đã và đang là xu hướng được quan tâm. Trong đó, với đặc thù là nước đang phát triển và cơ sở hạ tầng giao thông còn hạn chế, tiềm năng của xe điện hai bánh tại Việt Nam là tương đối rõ ràng, đặc biệt là tại khu vực đô thị [1], [2]. Các nghiên cứu cũng cho thấy, phương tiện chạy điện chỉ góp phần đáng kể vào giảm phát thải nếu điện năng sạc cho các phương tiện này là từ nguồn điện tái tạo. Kết hợp với định hướng khuyến khích tự sản tự tiêu như

Abstract - Studies show that calculating charging plans for electric vehicle charging stations as well as two-wheeled electric vehicle charging stations, often involves constrained problems aiming at optimal technical or economic goals. When considering this problem, the diversity in charging demands of individual vehicle and the uncertainty in charging behavior such as arrival times, departure times, and initial state-of-charges, are practical issues that require charging plans to be estimated to respond real-time events dynamically. This study proposes and simulates a solution for estimating charging plans for two-wheeled electric vehicle charging stations, taking into account uncertainties relating to charging behavior, charging demand, and initial energy levels. The research results show that, solving the optimization problem in the RHC framework can effectively achieve optimal charging plans while addressing the uncertainty in charging behavior.

Key words - Electric two-wheelers; charging stations; solar energy; valley filling

trong quy hoạch điện VIII, việc sạc phương tiện chạy điện từ nguồn năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện mặt trời mái nhà có thể xem là giải pháp đa mục tiêu, đồng thời đáp ứng nhu cầu sạc, giảm tác động của nguồn tái tạo lên lưới điện hiện hữu, và giảm nhu cầu cần phải nâng cấp lưới điện.

Để đáp ứng nhu cầu sạc có tích hợp nguồn tái tạo, cơ sở hạ tầng sạc là một trong những đối tượng cần đặc biệt quan tâm nghiên cứu. Hạ tầng sạc không những cần đáp ứng nhu cầu sạc mà còn thỏa mãn các ràng buộc kỹ thuật cũng như các mục tiêu tối ưu về kinh tế kỹ thuật.

Khi xét đến bài toán lập kế hoạch sạc, một trong những vấn đề cần quan tâm là tính bất định về hành vi sạc như thời điểm đến/ thời điểm đi khác nhau của các phương tiện, nhu cầu năng lượng khác nhau giữa các phương tiện ... Như vậy, ngoài việc đáp ứng mục tiêu tối ưu, bài toán quy hoạch sạc cần giải quyết được những vấn đề về tính bất định trong hành vi sạc và/hoặc phải đáp ứng được sự thay đổi theo thời gian thực.

Với xu hướng chuyển dịch sang phương tiện chạy điện và xét tới kịch bản tái sạc thâm nhập đủ lớn, việc sạc không kiểm soát có thể làm tăng phụ tải đỉnh, sụt áp, tăng tổn thất và ảnh hưởng đến tính ổn định của hệ thống [3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu cũng cho thấy, tái sạc có thể được xem là tải linh hoạt do có thể sạc linh động vào các khoảng thời gian khác nhau mà vẫn đảm bảo nhu cầu năng lượng của xe điện.

¹ Electric Power University, Hanoi, Vietnam (Van Nguyen Ngoc, Duc Nguyen Huu)

Ở khía cạnh kinh tế, việc điều phối, lập kế hoạch sạc cho phép chủ thể vận hành trạm sạc đạt được các mục tiêu tối ưu về doanh thu, lợi nhuận và/ hoặc cung cấp biểu giá dịch vụ sạc cạnh tranh. Về mặt kỹ thuật, trạm sạc với khả năng điều độ linh hoạt có khả năng cung cấp các dịch vụ phụ trợ, hỗ trợ lưới, tận dụng hiệu quả các nguồn tái tạo phân tán đồng thời giảm thiểu tác động tới lưới.

Đối với bài toán lập kế hoạch sạc nhằm điều chỉnh dịch tải và lấp vùng tải đáy, có nhiều kỹ thuật được sử dụng như nguyên lý cân bằng Nash [4], trò chơi Stackelberg [5], quy hoạch toàn phương [6] ... nhằm đưa ra biểu giá dịch vụ, gián tiếp điều chỉnh hành vi sạc qua đó lấp vùng tải đáy vào giờ thấp điểm. Ngoài cách tiếp cận gián tiếp, một số nghiên cứu trực tiếp lập kế hoạch sạc lấp vùng tải đáy dựa trên các thông tin cần thiết từ EV, bộ sạc, nhu cầu sạc sau đó giải bài toán tối ưu có ràng buộc để cho ra công suất sạc của từng phương tiện tại các bước thời gian.

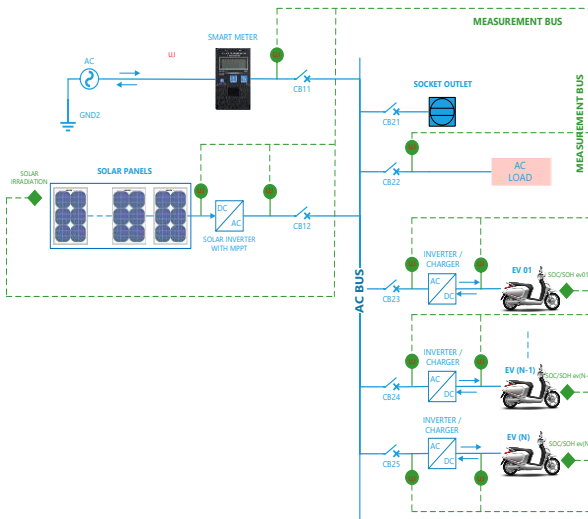
Nhìn chung, trong các nghiên cứu đó, đối tượng chủ yếu là trạm sạc ô tô điện. Đối với trạm sạc xe điện hai bánh, nhóm tác giả cũng đã thực hiện nghiên cứu và đề xuất về kiến trúc trạm sạc cũng như phát triển giải thuật sạc tối ưu với mục tiêu cải thiện đồ thị tải [7] - [9]. Phát triển cách tiếp cận từ các nghiên cứu trước, trong nghiên cứu này, các tác giả thực hiện tích hợp giải thuật vào RHC framework nhằm thích nghi với tính bất định trong hành vi sạc của chủ phương tiện. Nghiên cứu này đóng góp ở các điểm chính:

1. Đề xuất giải thuật sạc lấp vùng tải đáy cho trạm sạc xe điện và kiểm chứng thông qua mô phỏng.
2. Tích hợp giải thuật với RHC framework nhằm thích nghi với tính bất định về hành vi sạc của các phương tiện.
3. Đề xuất giải pháp phù hợp với định hướng tự sản tự tiêu và mục tiêu phát triển bền vững trong giao thông và năng lượng tại Việt Nam.

2. Kế hoạch sạc lấp vùng tải đáy dựa trên RHC framework

2.1. Sơ đồ khối của trạm sạc

Sơ đồ khối của trạm sạc xe điện có tích hợp điện mặt trời được thể hiện như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ khối của trạm sạc tích hợp điện mặt trời

Trạm sạc có thể được cấp điện từ nguồn điện mặt trời mái nhà và nguồn điện lưới đồng thời trạm sạc cũng được kết nối với các tải truyền thống. Nếu trạm sạc có tính năng V2G (Vehicle-to-Grid), các xe điện có thể hấp thụ điện năng vào giờ thấp điểm hoặc khi sản lượng điện mặt trời cao và xả năng lượng vào giờ phụ tải đỉnh.

2.2. Hàm mục tiêu

Việc tính toán kế hoạch sạc nhằm đạt được mục tiêu tối ưu thường được thực hiện trong khung thời gian một ngày hoặc một ca làm việc. Theo đó, khung thời gian của bài toán quy hoạch thường được chia thành các bước thời gian đủ nhỏ. Bước thời gian càng nhỏ thì việc tính toán kế hoạch sạc càng chính xác [10], nhưng lại làm tăng tần suất tính toán cũng như độ phức tạp của bài toán quy hoạch [11]. Do đó, trong hầu hết các nghiên cứu về quản lý nhu cầu điện (DSM) và lập kế hoạch sạc, bước thời gian thường được chọn là 15 phút hoặc 30 phút.

Với mục tiêu lấp đáy và cải thiện đồ thị tải, hàm mục tiêu là giảm độ biến động của phụ tải tổng thông qua tối thiểu hóa phương sai [12] - [14]. Do đó, hàm mục tiêu có dạng.

$$\min F_{obj} = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M (D_t^S + \sum_{i=1}^N P_t^i - \mu_{ave}^S)^2 \quad (1)$$

Ràng buộc về tổng công suất sạc:

$$\sum_{i=1}^N P_t^i \leq \min\{\sum_{i=1}^N P_{ci}, \sum_{i=1}^N P_{bi}\} \quad (2)$$

Ràng buộc về khả năng cấp nguồn của lưới:

$$\sum_{i=1}^N P_t^i \leq P_{g,m} - D_t^S \quad (3)$$

Ràng buộc về nhu cầu năng lượng:

$$\sum_{i=1}^N A_i (FSOC_{EV_i} - ISOC_{EV_i}) = \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^M \eta_i P_j^i) \quad (4)$$

Trong đó, M là tổng số bước thời gian trong khung thời gian quy hoạch; D_t^S là tải thuần ở bước thời gian t , thể hiện tổng tải sau khi khấu trừ phần công suất phát của hệ thống điện mặt trời; N là tổng số xe điện được phục vụ trong khung thời gian quy hoạch; P_t^i là công suất sạc của xe điện thứ i ở bước thời gian t ; μ_{ave}^S là công suất trung bình của tổng tải trong khung thời gian quy hoạch; η_i là hiệu suất sạc của xe điện thứ i ; P_{ci}, P_{bi} tương ứng là công suất sạc cho phép lớn nhất của bộ sạc thứ i và xe điện thứ i ; $P_{g,m}$ là công suất lớn nhất có thể nhận từ lưới; A_i là dung lượng ắc quy danh định của xe điện thứ i ; $ISOC_{EV_i}, FSOC_{EV_i}$ tương ứng là mức SOC ở thời điểm đến và rời khỏi trạm sạc của xe điện thứ i .

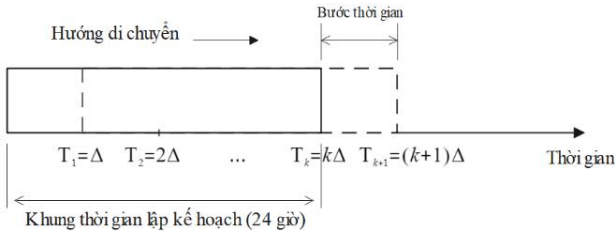
Việc giải bài toán quy hoạch toàn phương (1) sẽ cho kế hoạch sạc cho các xe điện trong thời gian quy hoạch, thường là một ngày làm việc.

2.3. RHC framework

Để giải quyết vấn đề về tính bất định trong nhu cầu sạc và hành vi sạc, hàm mục tiêu cần được tích hợp vào RHC (Receding Horizon Control) framework trong đó việc cập nhật thông tin luôn được thực hiện tại bước thời gian hiện hành. Các thông tin được cập nhật gồm trạng thái các phương tiện đang được kết nối với trạm sạc cũng như xe điện mới kết nối hoặc ngắt kết nối khỏi trạm sạc.

RHC framework cung cấp phương thức nhằm mở rộng bài toán quy hoạch tĩnh thành bài toán quy hoạch theo thời

gian thực sao cho các thay đổi động có thể được xét đến. Trong khung thời gian quy hoạch, tại mỗi bước thời gian, RHC lập lại quá trình giải bài toán tối ưu, thực thi và thích nghi (Hình 2).



Hình 2. Khung thời gian RHC

Trong nghiên cứu này, giả thiết khi một xe điện được kết nối, thông qua giao tiếp với hệ thống quản lý ắc quy (BMS) và giao diện người dùng (UI), trạm sạc có khả năng nhận biết dung lượng ắc quy, mức SOC ở thời điểm kết nối, công suất sạc/xả tối đa cho phép, nhu cầu sạc (mức SOC mục tiêu) và thời điểm dự kiến rời khỏi trạm sạc.

Tại bước thời gian hiện hành, với mỗi xe điện kết nối với trạm sạc, các tham số của nó gồm mã ID, thời điểm đến, thời điểm dự kiến rời đi, nhu cầu sạc, mức SOC hiện tại được thu thập và đưa vào bảng dữ liệu. Đối với những xe điện rời khỏi trạm sạc, các tham số của chúng được xóa khỏi bảng dữ liệu. Sau quá trình cập nhật, bảng dữ liệu tham số xe điện là dữ liệu đầu vào của bài toán quy hoạch.

3. Trường hợp nghiên cứu

Để tính toán kế hoạch sạc cho các xe điện trong trạm sạc trong trường hợp nghiên cứu cụ thể, bộ dữ liệu đầu vào cần được cung cấp. Các dữ liệu này bao gồm: mẫu thời điểm đến và thời điểm đi của các xe điện; mức SOC ban đầu và mức SOC yêu cầu; dữ liệu dự báo công suất điện mặt trời và dự báo công suất tải truyền thống. Giả thiết các dữ liệu này là có sẵn và đủ chính xác.

Với mức SOC, nghiên cứu [15] cho thấy, phần lớn (hơn 90%) các xe điện được sạc đầy bất kể mức SOC ban đầu do chủ phương tiện thường mong muốn sạc đầy nhanh nhất có thể nhằm đảm bảo quãng đường hoạt động của xe điện sau khi sạc [16]. Cụ thể, nghiên cứu [17] cho thấy, khoảng 87,5% xe điện được sạc đầy ở thời điểm kết thúc sạc trong khi chỉ có ít hơn 2,4% xe điện ngừng sạc trước khi đạt mức năng lượng 50%. Khoảng 10,1% xe điện có mức SOC trong khoảng từ 50% đến 90% ở thời điểm ngắt kết nối. Việc ngừng sạc đột ngột thường xảy ra khi chủ xe điện có nhu cầu lấy xe trước thời gian dự kiến. Do đó, trong trường hợp nghiên cứu, ắc quy của các xe điện giả thiết được sạc đầy ở cuối ngày làm việc.

Trạm sạc xe điện hai bánh trong trường hợp nghiên cứu giả thiết được đặt ở Việt Nam và có khả năng phục vụ lên tới 250 phương tiện. Trạm sạc phục vụ cho văn phòng với giờ làm việc từ 8:00 đến 17:00. Công suất sạc tối đa cho phép của các xe điện là 400 W.

3.1. Thời điểm đến, thời điểm đi

Có nhiều nghiên cứu cả về lý thuyết và thống kê về hành vi sạc. Nhìn chung các sự kiện sạc xe điện khác nhau ở thời điểm đến (thời điểm kết nối), thời điểm đi (thời điểm ngắt kết nối), thời gian sạc, giá trị SOC ban đầu và giá trị SOC yêu cầu ...

Các nghiên cứu thống kê cho thấy, thời điểm đến và thời điểm đi có thể được mô tả bởi các phân bố xác suất, thường là phân bố chuẩn [18], [19] với các tham số về độ lệch chuẩn và giá trị trung bình có thể được xác định từ các dữ liệu lịch sử ở khu vực nghiên cứu [12]. Do đó, trong case study, dữ liệu đến và đi của các xe điện tuân theo phân bố chuẩn. Trong đó, giá trị trung bình và phương sai ($\mu; \sigma$) của thời điểm đến và thời điểm đi tương ứng là (7,5; 0,35) và (17,25; 0,35).

3.2. Mức SOC ban đầu

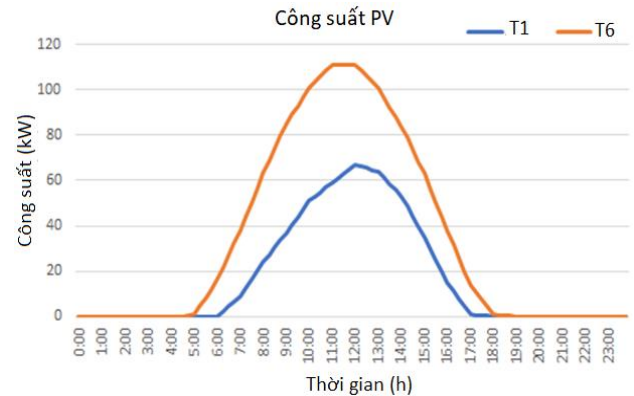
Dữ liệu về mức SOC ban đầu của các xe điện dựa trên các kết quả nghiên cứu trong [17]. Theo đó SOC ban đầu của các xe điện trong trạm sạc như trong Bảng 1.

Bảng 1. SOC ban đầu của các xe điện

SOC ban đầu	Số lượng xe	SOC ban đầu	Số lượng xe
90-100 %	29	40-50 %	28
80-90 %	37	30-40 %	21
70-80 %	37	20-30 %	15
60-70 %	37	10-20 %	8
50-60 %	35	0-10 %	3

3.3. Dữ liệu công suất ra của hệ thống điện mặt trời

Dữ liệu dự báo điện mặt trời được giả thiết là có sẵn và đủ chính xác. Do đó, để tạo bộ dữ liệu đầu vào, nghiên cứu này thực hiện mô phỏng hệ thống điện mặt trời mái nhà với công suất 250 kWp và với điều kiện thời tiết ở Hà Nội. Công suất ra của hệ thống điện mặt trời trong ngày điển hình của tháng 1 và tháng 6 được thể hiện như Hình 3.

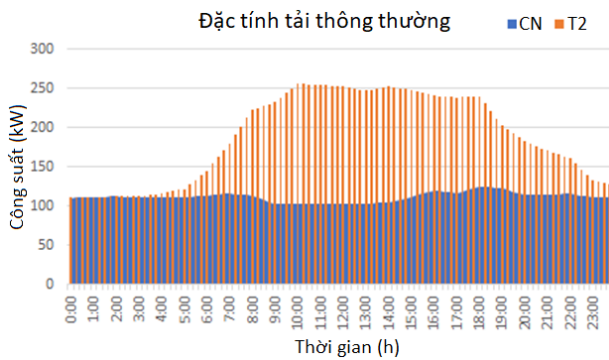


Hình 3. Profile công suất hệ thống điện mặt trời trong tháng 1 (T1) và tháng 6 (T6)

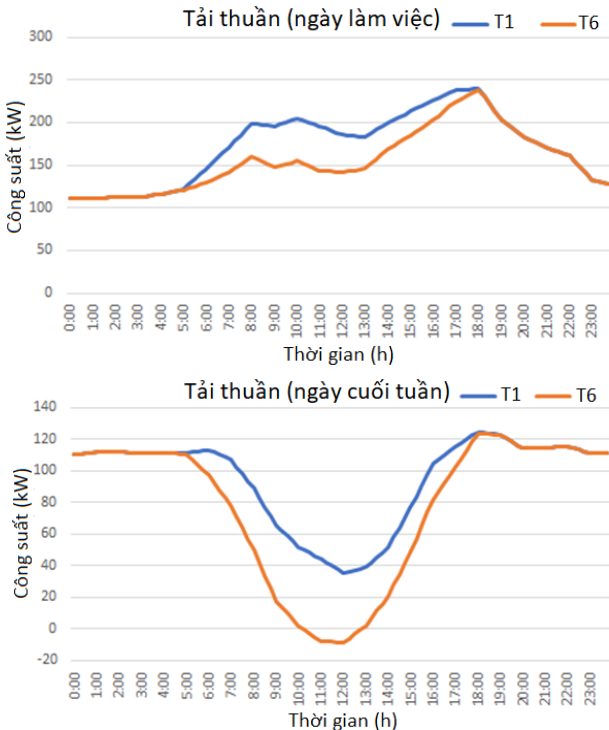
3.4. Dữ liệu tải truyền thống

Bộ dữ liệu dự báo tải truyền thống cho thuật toán lập kế hoạch sạc được tham khảo từ bộ dữ liệu Mendeley [20]. Theo đó, profile của tải truyền thống được thể hiện như Hình 4.

Có thể thấy, đối với tải văn phòng, trong ngày làm việc phụ tải tăng nhanh từ thời điểm bắt đầu giờ làm việc và đạt đỉnh ở 256 kW vào khoảng 10 giờ sáng. Đồ thị phụ tải khá ổn định trong thời gian làm việc và giảm nhanh ở thời điểm kết thúc giờ làm việc. Tại các khung giờ ngoài khung giờ làm việc, tổng công suất tải khá thấp với công suất tải nhỏ nhất khoảng 110 kW vào sáng sớm. Đồ thị phụ tải trong ngày nghỉ khá bằng phẳng với công suất tải trong khoảng 103 – 124 kW.



Hình 4. Profile tải truyền thống ngày làm việc (T2) và cuối tuần (CN)



Hình 5. Profile tải thuần của ngày làm việc và ngày cuối tuần trong tháng 1 (T1) và tháng 6 (T6)

Khi hệ thống điện mặt trời mái nhà cung cấp một phần điện năng cho tải, đặc tính tổng tải trở nên biến động hơn (Hình 5). Trong ngày làm việc, đồ thị tải đạt đỉnh vào đầu và cuối giờ làm việc (khoảng 8:00 và 17:00) khi công suất điện mặt trời chưa đủ lớn. Trong ngày cuối tuần, phụ tải xuất hiện vào khung giờ buổi trưa ứng với công suất ra của hệ thống điện mặt trời lớn. Trong tháng 6, phụ tải thuần (netload) thậm chí nhận giá trị âm vào khung giờ buổi trưa nghĩa là điện mặt trời không những đủ cung cấp cho nhu cầu phụ tải mà còn được đưa lên lưới.

4. Kết quả mô phỏng và phân tích

Do chi phí lắp đặt quy thường chiếm tỷ trọng khá lớn, nghiên cứu này chưa xét đến trạm sạc có tính năng V2G. Ngoài ra, do số lượng xe điện đến văn phòng trong ngày nghỉ cuối tuần không đáng kể nên nghiên cứu này chỉ xét đến sự tham gia của tải sạc trong ngày làm việc. Trong nghiên cứu này, một số kịch bản vận hành được mô phỏng và phân tích nhằm đánh giá tính hiệu quả của các giải pháp đề xuất. Các kịch bản được mô phỏng gồm:

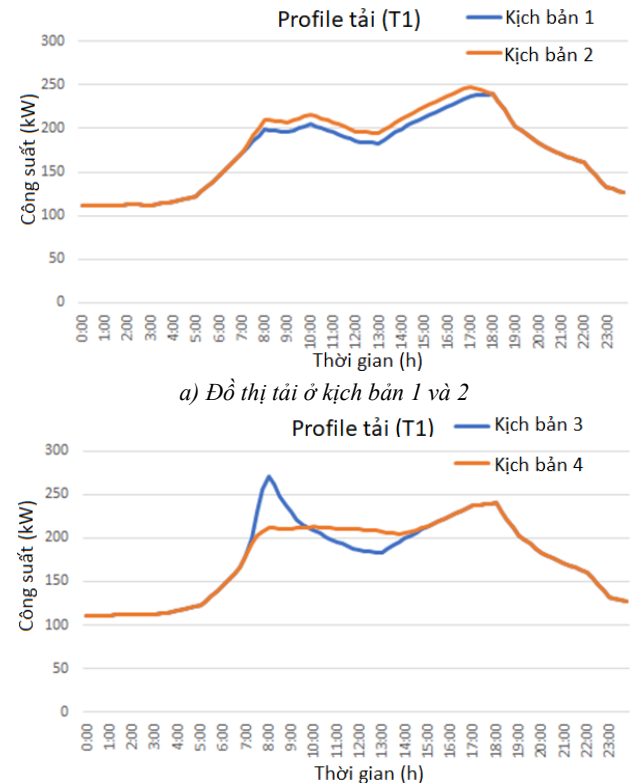
- Kịch bản 1: tải sạc chưa tham gia vào hệ thống. Kịch bản này được đề xuất nhằm đánh giá sự biến động của tải thuần khi chưa có tải sạc.

- Kịch bản 2 - Sạc đều: các xe điện được phân bổ đều công suất sạc theo các bước thời gian trong toàn bộ thời gian ở trạm sạc.

- Kịch bản 3 - Sạc không kiểm soát: ngay khi kết nối với trạm sạc, các xe điện được sạc ở tốc độ lớn nhất cho phép cho tới khi đạt mức năng lượng yêu cầu.

- Kịch bản 4 - Sạc thông minh: các xe điện được sạc theo giải thuật đề xuất.

Hình 6 thể hiện đồ thị phụ tải trong cả 4 kịch bản, xét cho ngày làm việc điển hình ở tháng 1.



a) Đồ thị tải ở kịch bản 1 và 2

b) Đồ thị tải ở kịch bản 3 và 4

Hình 6. Đồ thị tải của một ngày làm việc điển hình trong tháng 1 ở các kịch bản khác nhau

Nhận thấy, khi sạc đều trong thời gian làm việc, do công suất sạc được phân bổ đều trong thời gian các xe điện ở trạm sạc, đặc tính tải trong kịch bản 2 có dạng tương đồng với đặc tính tải thuần ở kịch bản 1 nhưng công suất lớn hơn khoảng 11,5 kW (Hình 6a). Xét trong thời gian làm việc từ 8:00 đến 17:00, kịch bản sạc không kiểm soát tạo ra tải đỉnh 270 kW vào 8:00, gấp 1,47 lần tải đáy 183,3 kW tại 13:00 (Hình 6b). Do các xe điện nhanh chóng được sạc đầy trong những giờ đầu tiên khi được kết nối với trạm sạc, phụ tải trong kịch bản sạc không kiểm soát tạo đỉnh ở đầu giờ sáng và nhanh chóng giảm công suất về công suất tương đương với tải thuần. So với các kịch bản khác, kịch bản sạc thông minh cho đồ thị tải khá bằng phẳng (Hình 6b). Các xe điện được sạc vào giờ thấp và tránh sạc vào giờ tải đỉnh.

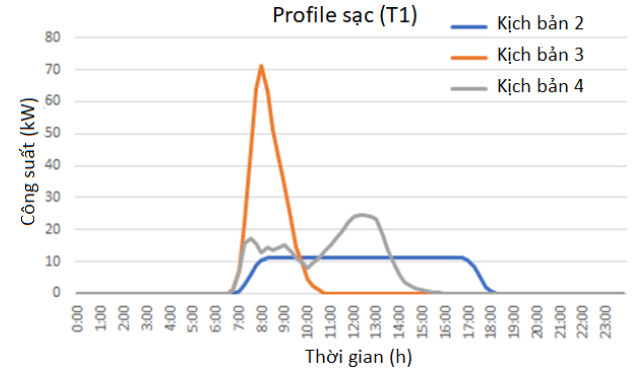
Công suất sạc của trạm sạc theo các kịch bản khác nhau được thể hiện như Hình 7 Kịch bản sạc đều cho tổng

công suất sạc tăng dần vào thời điểm đầu ngày làm việc và giảm dần vào cuối ngày do số lượng xe điện tăng dần và giảm dần vào đầu và cuối ngày làm việc (phù hợp với phân bố về thời điểm đến và thời điểm đi của các xe điện). Khi lượng xe điện trong trạm sạc ổn định, kịch bản này có tổng công suất sạc xấp xỉ 11,4 kW. Kịch bản sạc không kiểm soát có đỉnh công suất sạc đạt 71,2 kW vào 8:00 khi số lượng lớn xe điện được kết nối và sạc ở công suất cao nhất cho phép. Sau đó, tổng công suất sạc giảm nhanh do các xe điện đã đạt được mức năng lượng yêu cầu. Với kịch bản sạc thông minh, các xe điện được phối hợp sạc sao cho chỉ sạc ở công suất cao khi tải thuận thấp (xét trong giờ làm việc từ 8:00 đến 17:00) và thường trùng với khung giờ buổi trưa khi công suất ra của hệ thống điện mặt trời lớn. Như vậy, giải pháp đề xuất không những giúp lấp đầy vùng tải đáy mà còn tận dụng hiệu quả điện mặt trời cho mục đích sạc.

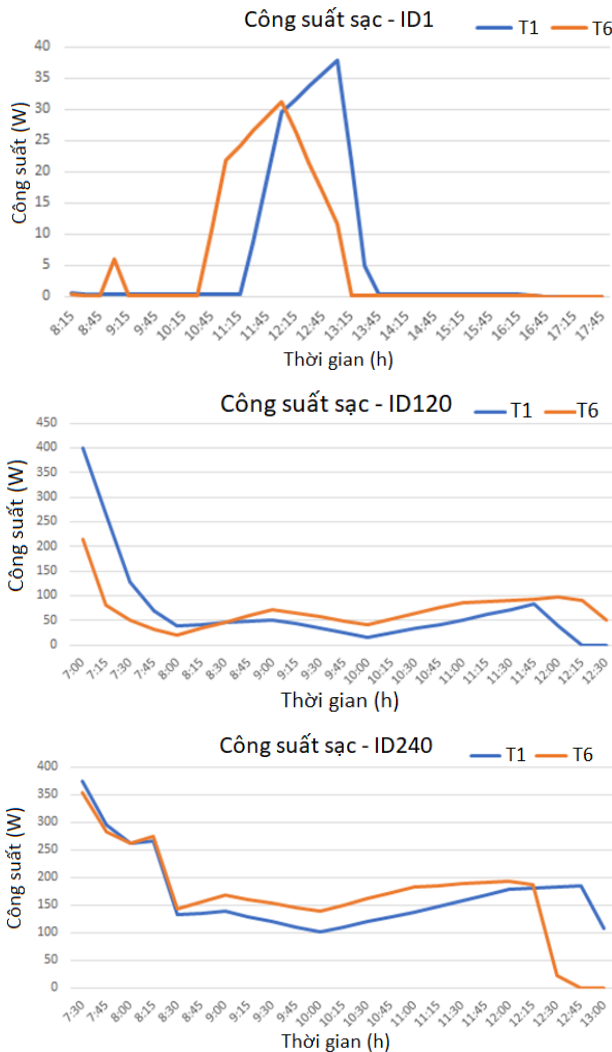
Profile công suất sạc của 3 xe điện điển hình trong trạm sạc với mức SOC ban đầu cao (ID1), trung bình (ID120) và thấp (ID240) được thể hiện như trên Hình 8.

Kết quả mô phỏng cho thấy, các xe điện đa số kết thúc việc sạc trước thời điểm cuối ngày. Các xe điện có mức

SOC ban đầu lớn (ID1) có công suất sạc thấp hơn đáng kể so với các xe điện có mức SOC ban đầu nhỏ hơn (ID120, ID240). Ngoài ra, so sánh giữa tháng 1 và tháng 6, nhận thấy các xe điện kết thúc quá trình sạc sớm hơn trong tháng 6. Kết quả này là do sản lượng điện mặt trời trong tháng 6 cao hơn tháng 1, dẫn đến đáy phụ tải thuận thấp hơn. Do đó, giải thuật lấp đầy cho phép các xe điện được sạc ở công suất lớn hơn.



Hình 7. Công suất sạc của trạm sạc tại một ngày làm việc điển hình trong tháng 1 ở các kịch bản khác nhau



Hình 8. Profile công suất sạc và dung lượng ắc quy của một số xe điện điển hình trong trạm sạc

5. Kết luận

Tại Việt Nam, xe điện hai bánh có thể xem là phương tiện thay thế hiệu quả cho xe gắn máy truyền thống. Đặc biệt là tại khu vực đô thị. Nếu sạc không kiểm soát, số lượng lớn xe điện hai bánh được sạc cùng thời điểm tại bãi đỗ xe văn phòng, nhà xưởng, khu dân cư đòi hỏi các giải pháp lập kế hoạch sạc hiệu quả. Kế hoạch sạc cũng cần phải thích ứng với các sự kiện đến và đi của các phương tiện cũng như nhu cầu năng lượng khác nhau của các phương tiện.

Bài báo thực hiện đề xuất và kiểm chứng giải thuật lập kế hoạch sạc lấp đầy cho trạm sạc xe điện hai bánh ở Việt Nam. Kết quả mô phỏng cho thấy, đây là một giải pháp hiệu quả nhằm cải thiện đặc tính phụ tải tổng đồng thời có khả năng thích ứng với các yếu tố bất định do bài toán quy hoạch được thực hiện với dữ liệu cập nhật tại các bước thời gian.

Giải pháp đề xuất có thể được áp dụng với các tải tiêu thụ điện có nhu cầu năng lượng nhất định trong một khoảng thời gian đủ dài nhưng thời điểm tiêu thụ công suất và mức công suất tiêu thụ có thể được quyết định linh hoạt trong khoảng thời gian đó (Ví dụ như ắc quy tích trữ năng lượng, tải bơm nước sinh hoạt, thiết bị đun nóng nước ...). Ngoài ra, do RHC framework có khả năng cập nhật thông tin, bảng dữ liệu xe điện tại trạm sạc luôn được cập nhật mỗi khi có xe điện kết nối hoặc ngắt kết nối tại bước thời gian hiện hành. Sau khi được cập nhật, bảng dữ liệu xe điện được sử dụng để tính toán kế hoạch sạc tối ưu tại bước thời gian hiện hành. Vì vậy, ngoài xe điện hai bánh, giải pháp đề xuất có thể áp dụng cho các trạm sạc với các xe điện đến và đi có tính chất ngẫu nhiên phức tạp hơn như xe buýt điện, taxi điện ...

Nghiên cứu này chưa xét đến khả năng xả năng lượng từ ắc quy của các xe điện lên lưới. Nếu được trang bị tính năng V2G, trạm sạc có khả năng xả năng lượng vào giờ tải đỉnh, cho phép cải thiện hơn nữa đặc tính tải. Ngoài ra, nghiên cứu này cũng chưa xét đến giải pháp lấp vùng tải đầy vào ngày nghỉ cuối tuần. Các vấn đề này cần được làm rõ trong các nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D. N. Huu and V. N. Ngoc, "Analysis Study of Current Transportation Status in Vietnam's Urban Traffic and the Transition to Electric Two-Wheelers Mobility", *Sustainability*, vol. 13, no. 10, p. 5577, May 2021, doi: 10.3390/su13105577.
- [2] D. N. Huu and V. N. Ngoc, "A Research on the Trend of Transport Electrification in Vietnam and the Feasibility of PV-Integrated Charging Station for Electric Two-wheelers at Electric Power University", in *2021 11th International Conference on Power, Energy and Electrical Engineering (CPEEE)*, Shiga, Japan: IEEE, Feb. 2021, pp. 255–260. doi: 10.1109/CPEEE51686.2021.9383333.
- [3] V. K. B. Ponnann and K. Swarnasri, "Multi-Objective Optimal Allocation of Electric Vehicle Charging Stations and Distributed Generators in Radial Distribution Systems using Metaheuristic Optimization Algorithms", *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 10, no. 3, pp. 5837–5844, Jun. 2020, doi: 10.48084/etasr.3517.
- [4] Z. Ma, D. Callaway, and I. Hiskens, "Decentralized charging control for large populations of plug-in electric vehicles: Application of the Nash certainty equivalence principle", in *2010 IEEE International Conference on Control Applications, Yokohama, Japan: IEEE*, Sep. 2010, pp. 191–195. doi: 10.1109/CCA.2010.5611184.
- [5] A. Kapoor, V. S. Patel, A. Sharma, and A. Mohapatra, "Centralized and Decentralized Pricing Strategies for Optimal Scheduling of Electric Vehicles", *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 13, no. 3, pp. 2234–2244, May 2022, doi: 10.1109/TSG.2022.3141261.
- [6] L. Zhang, F. Jabbari, T. Brown, and S. Samuelson, "Coordinating plug-in electric vehicle charging with electric grid: Valley filling and target load following", *Journal of Power Sources*, vol. 267, pp. 584–597, Dec. 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2014.04.078.
- [7] D. N. Huu and V. N. Ngoc, "A Three-Stage of Charging Power Allocation for Electric Two-Wheeler Charging Stations", *IEEE Access*, vol. 10, pp. 61080–61093, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3181731.
- [8] D. N. Huu and V. N. Ngoc, "A Two-Level Desired Load Profile Tracking Algorithm for Electric Two-Wheeler Charging Stations", *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 11, no. 6, pp. 7814–7823, Dec. 2021, doi: 10.48084/etasr.4552.
- [9] V. N. Ngoc and D. N. Huu, "Optimal Valley-Filling Algorithm for Electric Two-wheeler Charging Stations", *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 13072–13077, Feb. 2024, doi: 10.48084/etasr.6569.
- [10] J. Soares, M. A. Fotouhi Ghazvini, Z. Vale, and P. B. De Moura Oliveira, "A multi-objective model for the day-ahead energy resource scheduling of a smart grid with high penetration of sensitive loads", *Applied Energy*, vol. 162, pp. 1074–1088, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2015.10.181.
- [11] M. F. Shaaban, A. A. Ejail, and E. F. El-Saadany, "Coordinated charging of plug-in hybrid electric vehicles in smart hybrid AC/DC distribution systems", *Renewable Energy*, vol. 82, pp. 92–99, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.renene.2014.08.012.
- [12] A. H. Einaddin and A. S. Yazdankhah, "A novel approach for multi-objective optimal scheduling of large-scale EV fleets in a smart distribution grid considering realistic and stochastic modeling framework", *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 117, p. 105617, May 2020, doi: 10.1016/j.ijepes.2019.105617.
- [13] S. Hussain, M. A. Ahmed, K.-B. Lee, and Y.-C. Kim, "Fuzzy Logic Weight Based Charging Scheme for Optimal Distribution of Charging Power among Electric Vehicles in a Parking Lot", *Energies*, vol. 13, no. 12, p. 3119, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13123119.
- [14] L. Jian, X. Zhu, Z. Shao, S. Niu, and C. C. Chan, "A scenario of vehicle-to-grid implementation and its double-layer optimal charging strategy for minimizing load variance within regional smart grids", *Energy Conversion and Management*, vol. 78, pp. 508–517, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2013.11.007.
- [15] U. B. Irshad and S. Rafique, "Stochastic Modelling of Electric Vehicle's Charging Behaviour in Parking Lots", in *2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC)*, Chicago, IL, USA: IEEE, Jun. 2020, pp. 748–752. doi: 10.1109/ITEC48692.2020.9161566.
- [16] Z. Wang and S. Wang, "Grid Power Peak Shaving and Valley Filling Using Vehicle-to-Grid Systems", *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 28, no. 3, pp. 1822–1829, Jul. 2013, doi: 10.1109/TPWRD.2013.2264497.
- [17] P. Fieltsch, H. Flämig, and K. Rosenberger, "Analysis of charging behavior when using battery electric vehicles in commercial transport", *Transportation Research Procedia*, vol. 46, pp. 181–188, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.179.
- [18] C. Guo, K. Zhu, C. Chen, and X. Xiao, "Characteristics and effect laws of the large-scale electric Vehicle's charging load", *eTransportation*, vol. 3, p. 100049, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.etrans.2020.100049.
- [19] X. Guo, Z. Bao, and W. Yan, "Stochastic Model Predictive Control Based Scheduling Optimization of Multi-Energy System Considering Hybrid CHPs and EVs", *Applied Sciences*, vol. 9, no. 2, p. 356, Jan. 2019, doi: 10.3390/app9020356.
- [20] F. Angizeh, "Dataset on Hourly Load Profiles for a Set of 24 Facilities from Industrial, Commercial, and Residential End-use Sectors", Mendeley, Aug. 21, 2020. doi: 10.17632/RFPN2D3KJP.1.