

# KIỂM CHỨNG ĐÁP ỨNG SẠC THỜI GIAN THỰC THEO THUẬT TOÁN SẠC DÀI HẠN CỦA TRẠM SẠC XE ĐIỆN TÍCH HỢP ĐIỆN MẶT TRỜI

A VALIDATION OF REAL-TIME RESPONSES FOLLOWING TO LONGTERM CHARGING SCHEDULE OF PV-INTEGRATED ELECTRIC TWO-WHEELER CHARGING STATIONS

Nguyễn Ngọc Văn<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Đức<sup>1,\*</sup>

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.31>

## TÓM TẮT

Các nghiên cứu cho thấy việc phối hợp sạc giữa các phương tiện trong trạm sạc xe điện mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và kỹ thuật. Các giải thuật lập kế hoạch sạc thường chia ca làm việc thành các khoảng thời gian (15 - 30 phút) và giải các bài toán tối ưu có ràng buộc nhằm đạt được mục tiêu tối ưu toàn cục về kỹ thuật hoặc kinh tế. Tuy nhiên, để hiện thực hóa những kế hoạch sạc đó, các nghiên cứu về đáp ứng thời gian thực theo lệnh điều khiển có được từ kế hoạch sạc dài hạn cần được xét đến. Tại Việt Nam, các nghiên cứu gần đây cũng cho thấy sự chuyển dịch trong giao thông đô thị trong đó xe điện hai bánh và hạ tầng sạc đi kèm được đánh giá là giải pháp thay thế các xe máy truyền thống và thúc đẩy giao thông đô thị bền vững. Với xu hướng đó, trong nghiên cứu này, các tác giả thực hiện mô hình hóa và đánh giá các đáp ứng điều khiển thời gian thực của trạm sạc xe điện hai bánh với kế hoạch sạc dài hạn có được từ giải thuật phân bổ công suất trong ca làm việc. Nghiên cứu này nhằm bổ sung và củng cố tính khả thi của giải thuật lập kế hoạch sạc dài hạn cho trạm sạc xe điện.

**Từ khóa:** Xe điện hai bánh; xe đạp điện; xe máy điện; trạm sạc; điện mặt trời.

## ABSTRACT

Studies show that the charging coordination in electric vehicle charging stations can offer many economic and technical benefits. Scheduling algorithms often consider a working day as a series of time-steps (15 - 30 minutes) and solve constrained optimization problems in order to achieve technical and/or economic objectives. However, in order to realize those long-term charging schedules, studies on the real-time responses following to commands derived from long-term scheduling should be considered. In Vietnam, recent studies also show a transition in urban transport in which two-wheeled electric vehicles and charging infrastructure are emerging as an alternative to conventional gasoline-powered motorcycles. Following the transition, in this study, the authors conduct model and investigate the real-time responses of two-wheeled electric vehicle charging stations which should consistent with the long-term charging schedule. This study aims to further supplement the feasibility of the long-term charging schedule algorithm for electric vehicle charging stations.

**Keywords:** Electric two-wheelers; e-bikes; electric mopeds; electric motorcycles; charging stations; solar energy.

<sup>1</sup>Trường Đại học Điện lực

\*Email: [ducnh@epu.edu.vn](mailto:ducnh@epu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 10/8/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/9/2022

Ngày chấp nhận đăng: 27/10/2022

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với chiến lược điện khí hóa giao thông, phát triển phương tiện chạy điện, một trong những đối tượng cần đặc biệt quan tâm là cơ sở hạ tầng sạc. Hạ tầng sạc không những cần đáp ứng nhu cầu sạc của các phương tiện mà còn chịu ràng buộc bởi các mục tiêu kỹ thuật và/ hoặc kinh tế. Xét trên khía cạnh kỹ thuật, khi các tải sạc thâm nhập với tổng dung lượng đủ lớn, việc sạc không kiểm soát có thể làm tăng phụ tải đỉnh, ảnh hưởng đến tính tính cậy và ổn định của hệ thống điện [1]. Ngoài ra, tải sạc tham gia vào hệ thống năng lượng cho phép cung cấp các dịch vụ kỹ thuật góp phần thúc đẩy hình thành các lưới điện thông minh. Ở khía cạnh kinh tế, việc điều phối sạc cho phép chủ thể vận hành trạm sạc tối ưu được doanh thu và/ hoặc cung cấp biểu giá dịch vụ cạnh tranh cho chủ phương tiện đồng thời, ở mức độ nào đó, có tiềm năng cung cấp dịch vụ phụ trợ cho phía điện lực. Cùng với xu hướng phát triển thị trường điện, sự phổ biến của nguồn tái tạo phân tán cũng là những yếu tố thúc đẩy các nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn của việc lập kế hoạch và điều phối phụ tải nói chung và tải xe điện nói riêng.

Các chương trình điều chỉnh phụ tải điện (DR) thường được thiết kế nhằm cung cấp khả năng dịch tải và cắt giảm phụ tải. So với các tải tiêu thụ điện khác, tải sạc đáp ứng tốt với các chương trình điều chỉnh tải bởi các yếu tố: 1) Tổng công suất của số lượng lớn các EV trong trạm sạc là khá đáng kể và 2) Tải sạc có thể cho phép sạc vào các khung giờ khác nhau trong thời gian đỗ xe (thường đủ dài) do đó nó có thể cho phép linh hoạt quyết định thời điểm sạc hoặc tạm dừng sạc vào giờ cao điểm mà đồng thời thỏa mãn cả nhu cầu sạc của phương tiện và yêu cầu điều khiển của chương trình điều chỉnh phụ tải.

Sự tham gia của xe điện, thiết bị tích trữ năng lượng và nguồn tái tạo phân tán vào hệ thống năng lượng tạo tiềm năng và nhu cầu hình thành các lưới điện thông minh. Trong các lưới điện thông minh gồm nhiều nguồn và tải, việc điều khiển giám sát theo thời gian thực đóng vai trò rất quan trọng [2]. Các thông tin đo lường theo thời gian thực cho biết trạng thái hiện tại của nguồn tái tạo (RES), thiết bị

tích trữ điện năng, công suất xả các tải EV, từ đó cho phép thực hiện các bước điều chỉnh tức thời và cần thiết nhằm duy trì hoạt động ổn định của lưới [3, 4, 5]. Ngoài ra, các bản ghi về thông tin đo lường điều khiển theo thời gian thực được lưu trữ lại dưới dạng các dữ liệu lịch sử có thể kết hợp với trí tuệ nhân tạo nhằm tối ưu hiệu quả hoạt động và vận hành ổn định.

Các nghiên cứu lập kế hoạch sạc thông minh, tối ưu cho trạm sạc xe điện rất đa dạng. Xét về mặt kỹ thuật, việc sạc không kiểm soát có thể làm tăng phụ tải đỉnh, quá tải, sụt áp và tăng tổn thất trong lưới phân phối [6]. Tuy nhiên, việc lập kế hoạch tốt cho tải sạc có thể giúp tăng mức thâm nhập của cả nguồn tái tạo và xe điện với hạ tầng điện hiện hữu đồng thời có thể cung cấp thêm các dịch vụ phụ trợ. Đối với vấn đề 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 [7], trò chơi Stackelberg [8], quy hoạch toàn phương [9, 10]... nhằm xây dựng biểu giá dịch vụ trong đó khuyến khích sạc vào giờ thấp điểm nhằm lấp vùng phụ tải đáy hoặc cũng có thể sử dụng một bộ điều khiển tập trung nhằm thu thập các thông tin cần thiết từ EV, bộ sạc, nhu cầu chủ phương tiện và các thông tin từ phía lưới điện sau đó giải các bài toán tối ưu có ràng buộc nhằm thu được kế hoạch sạc theo các khoảng thời gian đủ dài (15 - 30 phút).

Một số nghiên cứu đề xuất giải thuật lập kế hoạch sạc ô tô điện theo thời gian thực. Trong nghiên cứu [11], các tác giả đề xuất kỹ thuật lập kế hoạch sạc EV theo thời gian thực nhằm giảm thiểu ảnh hưởng tới lưới điện và đảm bảo thỏa mãn nhu cầu sạc. Giải thuật có thể đạt được chiến lược sạc lấp đầy tối ưu xét tới việc tối thiểu hóa phương sai của tải. Tác giả Mohamed A và cộng sự [12] đã đề xuất một chiến lược sạc thông minh theo thời gian thực cho trạm sạc EV có tích hợp PV ở nơi làm việc với mục tiêu là tối thiểu chi phí sạc. Trong nghiên cứu [13], việc sạc/xả được áp dụng cho từng EV theo thời gian thực và theo giải thuật lập kế hoạch sạc/xả có xét tới nhu cầu tải cục bộ và công suất phát đầu ra của PV. Nhìn chung, trong các nghiên cứu đó, đối tượng chủ yếu là trạm sạc ô tô điện. Ngoài ra, mặc dù kế hoạch sạc được thiết lập nhưng đáp ứng sạc/xả theo thời gian thực tuân theo kế hoạch sạc cũng chưa được đề cập.

Đối với điện khí hóa giao thông ở Việt Nam, các nghiên cứu cho thấy tiềm năng của xe điện hai bánh là tương đối rõ ràng, đặc biệt là tại khu vực đô thị [14, 15]. Nhóm tác giả cũng đã thực hiện nghiên cứu và phát triển giải thuật lập kế hoạch sạc tối ưu ở chế độ dài hạn cho trạm sạc xe điện hai bánh tại Việt Nam [16, 17]. Tuy nhiên, các nghiên cứu đó tập trung vào giải thuật lập kế hoạch sạc phương tiện theo các khoảng thời gian đủ dài (15 - 30 phút) mà chưa xét tới khả năng thực hiện kế hoạch sạc đó theo thời gian thực.

Bổ sung cho khoảng trống nghiên cứu trên, nghiên cứu này được các tác giả thực hiện nhằm đánh giá đáp ứng của trạm sạc theo thời gian thực dựa trên tín hiệu điều khiển tuân thủ kế hoạch sạc dài hạn.

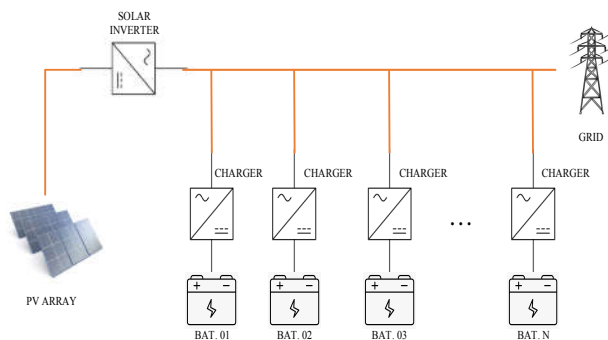
Đóng góp chính của nghiên cứu này thể hiện ở các điểm:

- 1) Mô hình hóa các thành phần của trạm sạc xe điện có tích hợp điện mặt trời: hệ thống PV, ắc quy xe điện, các bộ biến đổi điện tử công suất.
- 2) Tích hợp các thành phần nhằm phát triển mô hình trạm sạc xe điện hai bánh có tích hợp điện mặt trời phục vụ nghiên cứu đáp ứng sạc/xả theo thời gian thực.
- 3) Đánh giá khả năng đáp ứng theo thời gian thực của trạm sạc với kế hoạch sạc có được từ mô hình trạm sạc ở chế độ dài hạn.
- 4) Đánh giá tính khả thi của kế hoạch sạc dài hạn.

## 2. MÔ HÌNH TRẠM SẠC XE ĐIỆN

### 2.1. Sơ đồ khối của trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời

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

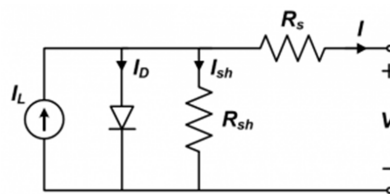
Điện năng được lấy từ hệ thống điện mặt trời hoặc từ lưới để cấp cho ắc quy xe điện và các tải thông thường khác. Nếu công suất ra của điện mặt trời lớn hơn nhu cầu tải, điện năng dư thừa được thâm nhập lên lưới. Lưới có thể cung cấp phần công suất còn thiếu cho tải nếu công suất điện mặt trời không đủ đáp ứng nhu cầu tải.

Nếu các bộ sạc là hai chiều, ắc quy có thể được điều khiển để sạc hoặc xả và đóng vai trò như là thiết bị tích trữ năng lượng.

### 2.2. Hệ thống điện mặt trời nối lưới

#### Mô hình module PV:

Các PV module được mô hình hóa dựa trên mô hình 2 tham số sử dụng nguồn dòng  $I_L$ , diode, điện trở nối tiếp  $R_s$  và điện trở song song  $R_{sh}$  nhằm thể hiện đặc tính I-V phụ thuộc vào nhiệt độ và cường độ bức xạ.



Hình 2. Mô hình một diode

Đặc tính I-V của một module PV được mô tả bởi các phương trình [18]:

$$I = I_L - I_D - I_{sh} = I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V+IR_s}{nV_T}\right) - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

Với  $V_T$  là thế nhiệt của diode:  $V_T = \frac{kT}{q}$

$k = 1,3806 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$  là hằng số Boltzmann và  $q = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Mô hình sử dụng 5 tham số:

- $I_L$ : Dòng quang điện: phụ thuộc vào nhiệt độ và cường độ bức xạ
- $I_0$ : Dòng bão hòa ngược của diode: Phụ thuộc vào nhiệt độ
- $R_s$ : Điện trở nối tiếp
- $R_{sh}$ : Điện trở song song
- $n$ : Hệ số lý tưởng của diode

Đối với module PV gồm  $N_s$  cell mắc nối tiếp, và giả thiết tất cả các cell là đồng nhất và ở nhiệt độ và cường độ bức xạ như nhau. Khi đó:

$$I_{\text{module}} = I_{\text{cell}} \text{ và } V_{\text{module}} = N_s V_{\text{cell}}$$

Phương trình thể hiện mối quan hệ giữa dòng điện và điện áp của module là [19]:

$$I_M = I_L - I_0 \left[ \exp\left(\frac{V_M+I_M N_s R_s}{n N_s V_T}\right) - 1 \right] - \frac{V_M+I_M N_s R_s}{N_s R_{sh}} \quad (2)$$

Với  $I_M$  và  $V_M$  là dòng điện và điện áp của module

**Giải thuật MPPT:**

Có thể thực hiện dò điểm công suất cực đại bằng giải thuật nhiễu loạn và quan sát (P&O) hoặc thuật toán điện dẫn gia tăng (INC). Thuật toán INC được thực hiện dựa trên các điểm:

- Độ dốc của đường cong công suất theo điện áp bằng 0 tại điểm MPP
- Độ dốc dương ở bên trái điểm MPP
- Độ dốc âm ở bên phải điểm MPP

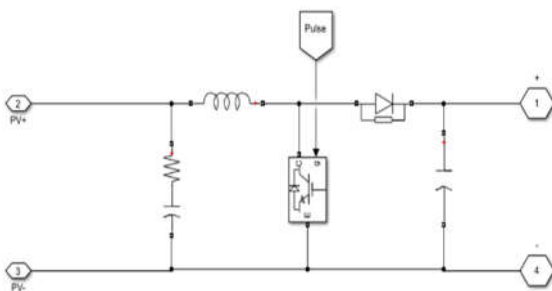
Điểm MPP đạt được khi  $dP/dV = 0$ , do đó:

$$\frac{dP}{dV} = \frac{d(V \times I)}{dV} = I + V \times \frac{dI}{dV} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} \quad (4)$$

Mô hình sử dụng khâu tích phân nhằm đưa giá trị  $dI/dV + I/V$  về 0, tương ứng với điểm công suất cực đại. Tín hiệu ra của bộ MPPT là chu kỳ làm việc (duty cycle) cung cấp cho bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC boost converter.

**Bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC boost converter:**



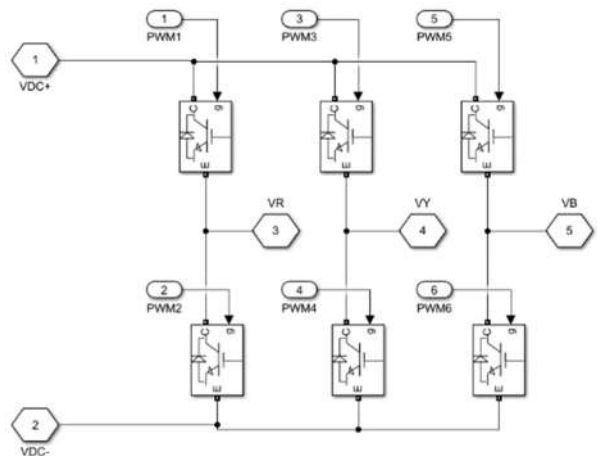
Hình 3. Bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC boost converter

Trong mô hình hình 3, bộ chuyển đổi tăng áp DC-DC làm nhiệm vụ tăng điện áp đầu ra từ mảng PV lên mức điện áp phù hợp với biến tần điện mặt trời đồng thời giữ điểm làm việc của PV tại điểm công suất cực đại. Bộ chuyển đổi hoạt động ở hai chế độ. Trong chế độ đầu tiên khi đóng khóa chuyển mạch IGBT, dòng điện qua cuộn cảm và diode D ở trạng thái khóa. Trong chế độ thứ hai khi mở khóa chuyển mạch, dòng điện chạy qua cuộn cảm, tụ điện, diode và tới biến tần.

**Biến tần điện mặt trời hòa lưới:**

Điện áp ra một chiều từ PV được đưa qua bộ chuyển đổi DC-DC boost converter nhằm nâng và giữ điện áp ổn định ở mức phù hợp với biến tần. Mạch boost converter đồng thời tích hợp giải thuật tìm điểm công suất cực đại.

Để cung cấp tín hiệu điều khiển cho các van bán dẫn IGBT, một vòng khóa pha (PLL) được thiết lập dựa trên các khối biến đổi điện áp các pha và dòng điện dây về hệ tọa độ alpha-beta và hệ tọa độ d-q. Tín hiệu được chuyển trở lại khung tham chiếu abc và được đưa đến bộ tạo PWM cung cấp xung cho PV inverter.

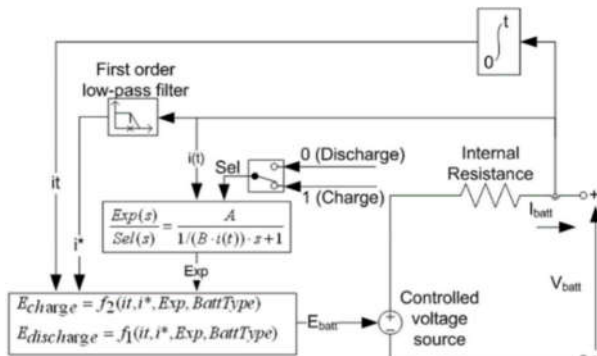


Hình 4. Biến tần điện mặt trời hòa lưới

**2.3Ắc quy và bộ sạc/xả ắc quy**

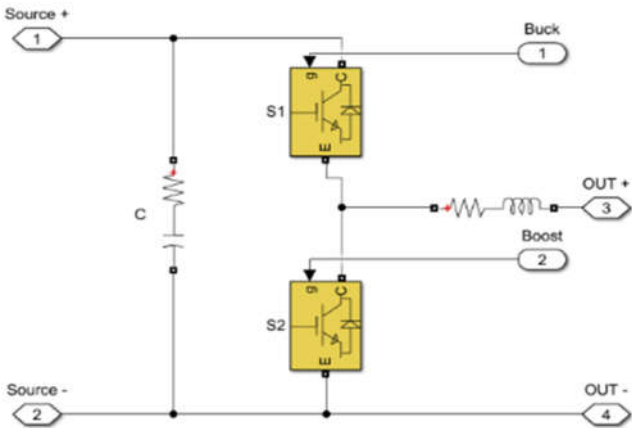
**Ắc quy xe điện:**

Với xu hướng sử dụng ắc quy Lithium-ion trong xe điện, các tác giả sử dụng mô hình ắc quy từ thư viện Simulink (hình 5). Đây là mô hình tham số động với nguồn áp thay đổi theo dòng điện, trạng thái nạp/xả và loại ắc quy.



Hình 5. Mô hình ắc quy

**Mạch nạp/xả ắc quy:**



Hình 6. Mạch nạp/xả ắc quy

Ắc quy được điều khiển nạp/xả thông qua bộ buck/boost converter (hình 6), tín hiệu điều khiển các khóa chuyển mạch S1, S2 được lấy từ bộ điều khiển mạch nạp với tín hiệu đặt là công suất nạp/xả và tín hiệu đo lường là điện áp và dòng điện ắc quy.

**3. GIẢI THUẬT LẬP KẾ HOẠCH SẠC DÀI HẠN**

Trong các nghiên cứu trước đó, nhóm tác giả đã nghiên cứu và đề xuất giải thuật phân bổ công suất cho trạm sạc xe điện hai bánh có tích hợp điện mặt trời [16, 17]. Với mục đích san phẳng đồ thị phụ tải, lấp vùng tải đáy, giải thuật gồm 3 mức nhằm phân bổ công suất sạc bám theo đặc tính tải mong muốn. Các điểm chính của giải thuật gồm:

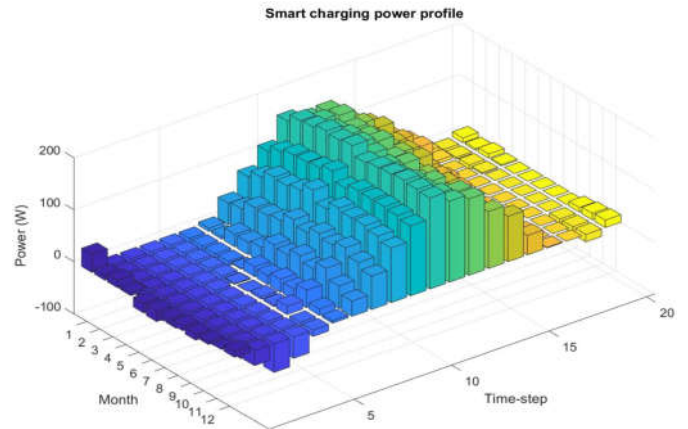
- Việc lập kế hoạch sạc được thực hiện trên cơ sở chia ngày làm việc thành các khoảng thời gian đều nhau (time-step). Dựa trên mục tiêu toàn cục của ngày làm việc, công suất sạc tại các time-step sẽ được xác định cụ thể.

- Xuất phát từ đặc tính tải mong muốn hoặc giải bài toán tối thiểu phương sai của tải, giải thuật mức 1 được thực hiện nhằm xác định profile tổng công suất sạc của các xe điện trong trạm sạc có xét tới ràng buộc tổng dung lượng ắc quy, tổng công suất sạc tối đa cho phép và tổng nhu cầu điện năng.

- Dựa trên profile tổng công suất sạc, giải thuật mức 2 thực hiện phân bổ công suất cho các nhóm xe điện có nhu cầu năng lượng gần tương đương nhau. Giải thuật này cần đảm bảo ràng buộc về nhu cầu điện năng của từng nhóm đồng thời chống chập profile sạc của các nhóm cần xấp xỉ profile sạc tổng của cả trạm sạc.

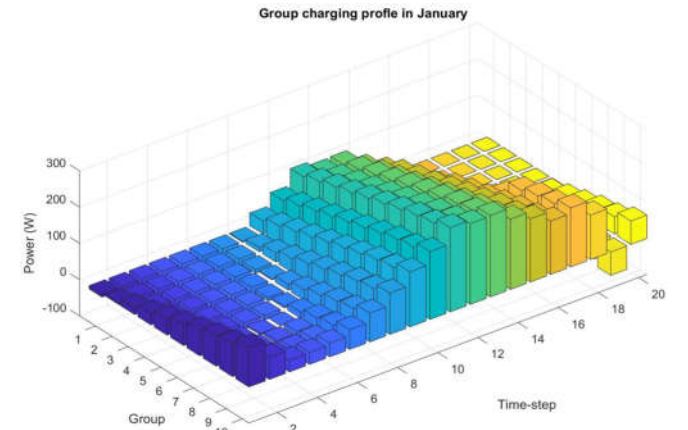
- Đối với mỗi nhóm, giải thuật mức 3 được thực thi nhằm tìm profile sạc của từng xe trong nhóm. Về cơ bản, giải thuật mức 3 là giải thuật phân bổ công suất có xét tới các ràng buộc cho từng phương tiện.

Hình 7 thể hiện profile tổng công suất sạc của trạm sạc theo các tháng trong năm. Tại các khung giờ cao điểm, các EV xả năng lượng nhằm giảm tải đỉnh. Trong giờ phụ tải thấp, đặc biệt là thời điểm công suất ra của hệ thống điện mặt trời lớn, các phương tiện được sạc ở công suất lớn nhằm hấp thụ điện mặt trời và lấp vùng tải đáy.



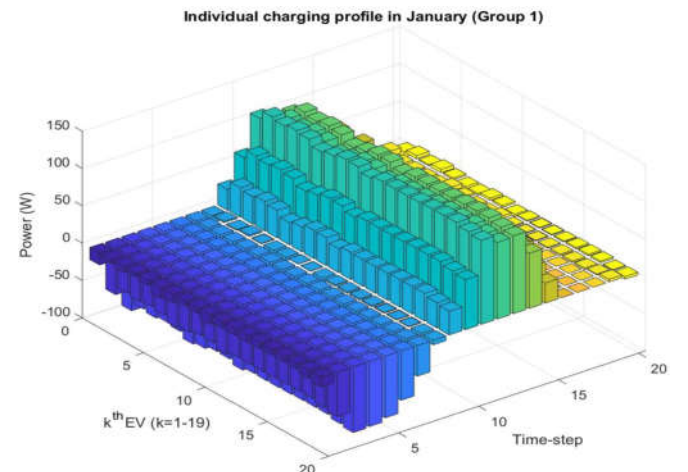
Hình 7. Tổng công suất sạc/xe trong các tháng

Hình 8 thể hiện sự phối hợp sạc của 10 nhóm xe điện. Trong giờ tải đỉnh (những time-step đầu tiên), các xe trong nhóm 1 (có SOC ban đầu lớn) thực hiện xả năng lượng trong khi các xe trong nhóm 9, 10 (có SOC ban đầu thấp) thực hiện sạc với công suất sạc nhỏ.

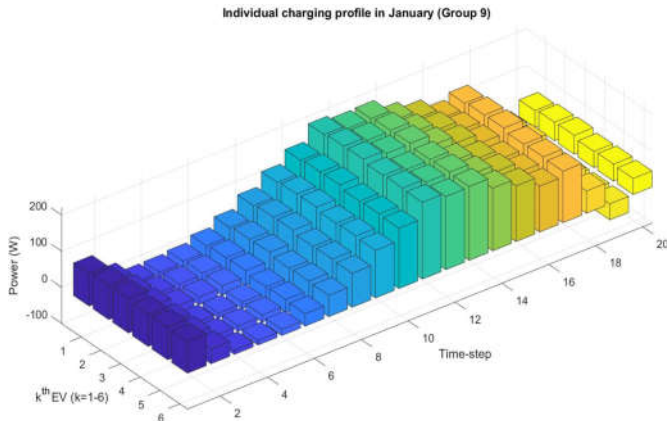


Hình 8. Công suất sạc của các nhóm/xe trong tháng một

Profile công suất sạc của từng xe trong nhóm 1 và nhóm 9 được thể hiện tương ứng như trên hình 9, 10. Để nhận thấy do các xe trong nhóm được chọn có nhu cầu năng lượng gần tương đương nhau nên profile sạc của các xe cùng nhóm khá tương đồng.



Hình 9. Công suất sạc các xe nhóm 1 trong tháng một

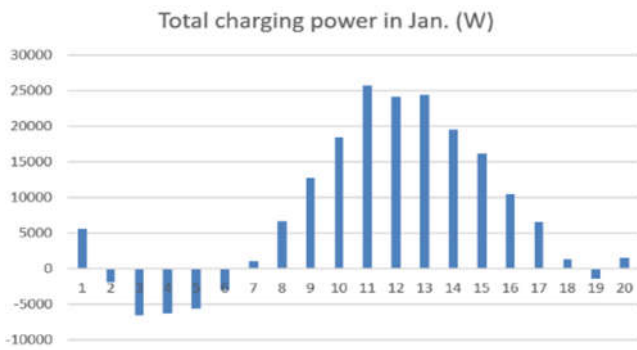


Hình 10. Công suất sạc các xe nhóm 9 trong tháng một

**4. ĐÁNH GIÁ ĐÁP ỨNG LỆNH ĐIỀU KHIỂN NẠP/XẢ THEO THỜI GIAN THỰC**

Nhận thấy việc lập kế hoạch sạc theo các time-step theo các thuật toán có thể giúp thỏa mãn đa dạng các mục tiêu tối ưu có ràng buộc. Tuy nhiên, kế hoạch sạc có được từ bài toán quy hoạch dài hạn cần được kiểm chứng khả năng thực thi theo thời gian thực.

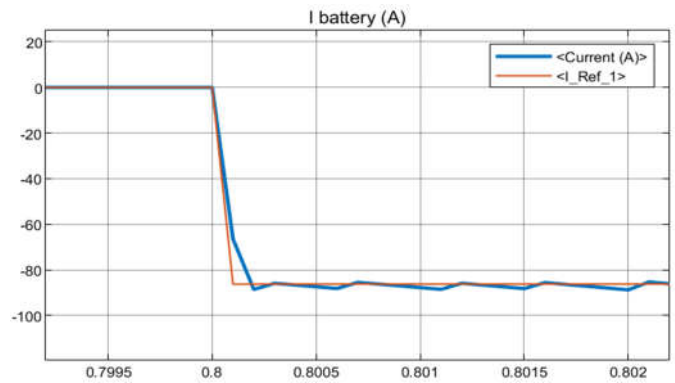
Hầu hết các kết quả thu được từ lập kế hoạch sạc dài hạn là profile công suất sạc/xả của từng phương tiện tại các time-step. Vì vậy, để kiểm chứng đáp ứng theo thời gian thực, nhóm tác giả đã xây dựng mô hình trên phần mềm Matlab/Simulink với lệnh điều khiển sạc là giá trị đặt của công suất tại các time-step. Trường hợp giá trị đặt của công suất là dương, ắc quy xe điện sẽ được sạc. Ắc quy thực hiện xả năng lượng nếu giá trị công suất đặt âm.



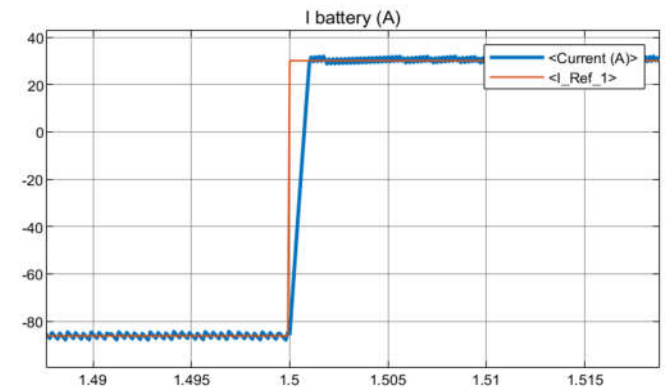
Hình 11. Profile tổng công suất sạc trong ngày điển hình của tháng một

Hình 11 thể hiện profile tổng công suất sạc của trạm sạc trong một ngày điển hình của tháng 1. Profile này cho biết công suất sạc tại các time-step nhằm đảm bảo mục tiêu tối ưu trong ngày làm việc. Nhằm đánh giá khả năng đáp ứng kế hoạch sạc theo các time-step, các tác giả xét đáp ứng điều khiển với công suất sạc tổng lần lượt là 5,6kW; -1,95kW và -6,56kW ứng với 3 time-step đầu tiên (giá trị công suất dương khi trạm sạc nhận năng lượng và giá trị âm nếu trạm sạc được điều khiển xả năng lượng).

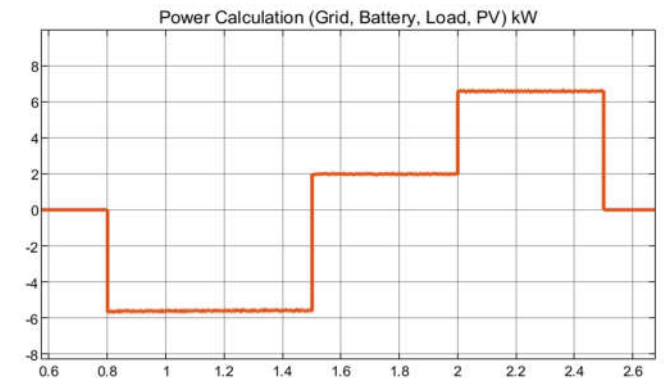
Hình 12, 13 thể hiện sự thay đổi dòng điện cấp cho toàn trạm sạc ứng với lệnh đặt công suất sạc là 5,6kW (sạc) và -1,95kW (xả). Nhận thấy đáp ứng dòng thay đổi bám theo dòng tham chiếu mong muốn.



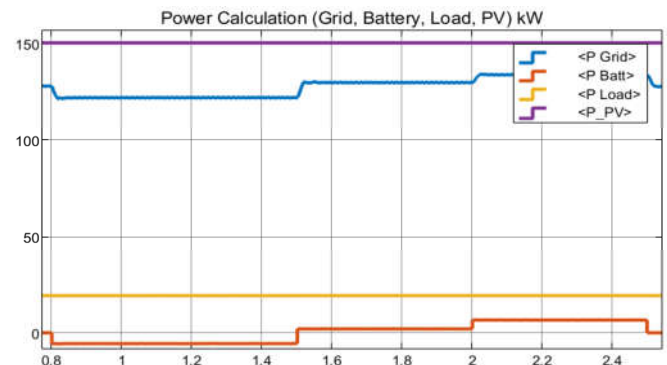
Hình 12. Dòng điện tổng cấp cho trạm sạc khi đặt lệnh sạc với công suất sạc tổng 5,6kW



Hình 13. Sự thay đổi dòng điện cấp cho trạm sạc khi công suất sạc tổng thay đổi từ 5,6kW (sạc) sang -1,95kW (xả)

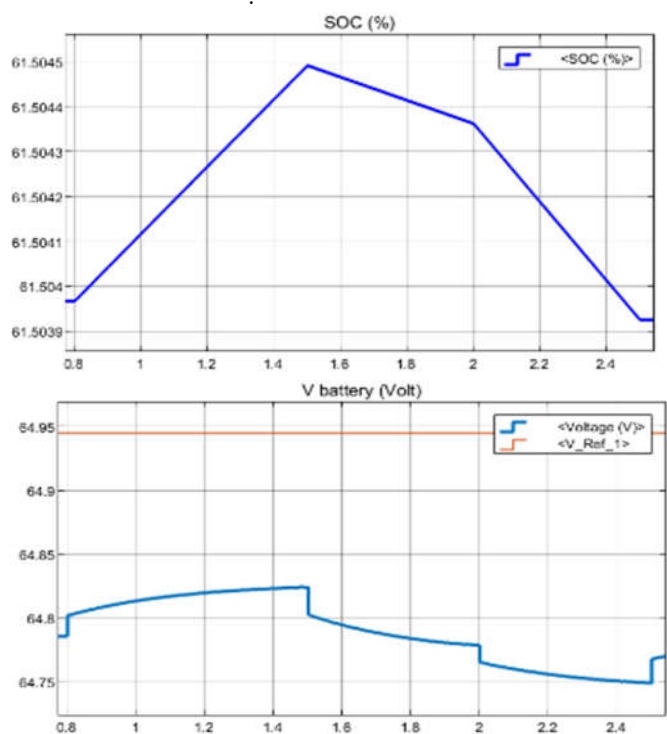


Hình 14. Đáp ứng công suất sạc của trạm sạc theo các lệnh sạc 5,6kW; -1,95kW và -6,56kW



Hình 15. Công suất hệ thống điện mặt trời, công suất lưới, tải truyền thống và tải sạc

Đáp ứng công suất sạc của trạm sạc theo các lệnh sạc ở công suất 5,6kW; -1,95kW và -6,56kW được thể hiện trên hình 14. Có thể thấy công suất sạc tổng của trạm sạc thay đổi bám theo các lệnh điều khiển sạc. Hình 15 cho thấy đặc tính công suất theo thời gian thực của hệ thống điện mặt trời (P\_PV), tải truyền thống (P\_Load), công suất trao đổi với lưới phân phối (P\_Grid) và công suất tiêu thụ của trạm sạc (P\_Batt). Nhận thấy, tại mọi thời điểm, cân bằng công suất đều thỏa mãn giữa nguồn mặt trời, tải truyền thống, trạm sạc và công suất trao đổi với lưới phân phối. Trong khung thời gian đánh giá, hệ thống điện mặt trời với công suất 150kW có đủ khả năng cung cấp cho tải truyền thống (công suất tiêu thụ 20kW) và trạm sạc. Ngoài ra, phần công suất dôi dư có thể được đưa lên lưới.



Hình 16. Sự thay đổi SOC và điện áp ắc quy của xe điện điển hình trong trạm sạc

Hình 16 thể hiện sự thay đổi SOC và điện áp ắc quy của một xe điện điển hình trong trạm sạc. Tùy theo công suất sạc/xả cao hay thấp quyết định tốc độ sạc hay độ dốc của đặc tính SOC theo thời gian. Trong quá trình sạc/xả, điện áp và dòng điện ắc quy được giám sát không vượt quá điện áp tối đa cho phép.

### 5. KẾT LUẬN

Bài báo thực hiện xây dựng mô hình trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời và nghiên cứu khả năng đáp ứng theo thời gian thực của trạm sạc đối với kế hoạch sạc dài hạn.

Có thể nhận thấy với các lệnh điều khiển công suất sạc/xả từ kế hoạch sạc dài hạn, trạm sạc hoàn toàn có khả năng đáp ứng kế hoạch sạc theo thời gian thực. Điều này củng cố tính khả thi của thuật toán lập kế hoạch sạc dài hạn khi áp dụng trong thời gian thực.

Với thời gian trễ xe dài cho phép linh hoạt nạp, xả tại các thời điểm khác nhau, việc điều khiển công suất sạc/xả cho phép trạm sạc vận hành linh hoạt, đáp ứng được các mục tiêu kinh tế kỹ thuật của cả người vận hành trạm sạc, ràng buộc từ lưới đồng thời thỏa mãn nhu cầu sạc của chủ phương tiện.

Nghiên cứu này là bước đầu tiên nhằm kiểm tra đáp ứng thời gian thực theo công suất đặt từ kế hoạch sạc dài hạn. Tuy nhiên, các đáp ứng thời gian thực này cũng cần được kiểm chứng qua thực nghiệm, đặc biệt là đáp ứng sạc/xả của từng phương tiện trong điều kiện tính đồng nhất về đặc tính kỹ thuật giữa các phương tiện cũng như thời gian tới và rời khỏi trạm sạc của các phương tiện là khác nhau. Những vấn đề này cần được làm rõ trong các nghiên cứu tiếp theo.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được nhận sự hỗ trợ từ Đề tài Bộ Công Thương với mã số 078.2020 ĐT.Bo/HĐKHCN ngày 15 tháng 01 năm 2020 và Trường Đại học Điện Lực.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K. Qian, C. Zhou, M. Allan, Y. Yuan, 2011. *Modeling of load demand due to EV battery charging in distribution systems*. IEEE Trans. Power Syst., vol. 26, no. 2, pp. 802–810.
- [2]. Hafezi H, D’Antona G, Ded`e A, Della Giustina D, Faranda R, Massa G., 2016. *Power quality conditioning in LV distribution networks: results by field demonstration*. IEEE Trans Smart Grid, 8:418–27
- [3]. Savari GF, Krishnasamy V, Sathik J, Ali ZM, Aleem SHEA, 2020. *Internet of Things based real-time electric vehicle load forecasting and charging station recommendation*. ISA Trans 97:431–47.
- [4]. Mirowski P, Chen S, Ho TK, Yu CN., 2014. *Demand forecasting in smart grids*. Bell Labs Tech J., 18:135–58
- [5]. Ardakanian O, Keshav S, Rosenberg C, 2014. *Real-time distributed control for smart electric vehicle chargers: from a static to a dynamic study*. IEEE Trans Smart Grid 5:2295–305.
- [6]. K. Clement-Nyns, E. Haesen, J. Driesen, 2010. *The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid*. IEEE Transactions on Power Systems, vol. 25, no. 1, pp. 371-380.
- [7]. Z. Ma, D. Callaway, I. Hiskens, 2010. *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, pp. 191-195
- [8]. A. Kapoor, V. Patel, A. Sharma, A. Mohapatra, 2022. *Centralized and Decentralized Pricing Strategies for Optimal Scheduling of Electric Vehicles*. IEEE Transactions on Smart Grid, early access 13(3).
- [9]. Zhang L., Jabbari F., Brown T., Samuelsen S., 2014. *Coordinating plug-in electric vehicle charging with electric grid: Valley filling and target load following*. Journal of Power Sources, vol. 267, pp. 584–597.
- [10]. Linni Jian, Xinyu Zhu, Ziyun Shao, Shuangxia Niu, C.C. Chan, 2014. *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.

[11]. Joosung Kang, Scott J. Duncan, Dimitri N. Mavis, 2013. *Real-time Scheduling Techniques for Electric Vehicle Charging in Support of Frequency Regulation*. Conference on Systems Engineering Research (CSER'13).

[12]. Mohamed A, Salehi V, Ma T, Mohammed O, 2014. *Real-time energy management algorithm for plug-in hybrid electric vehicle charging parks involving sustainable energy*. *IEEE Trans Sustain Energy* 5(2):577–86.

[13]. Hojun Jin, Sangkeum Lee, Sarvar Hussain Nengroo, Dongsoo Har, 2022. *Development of Charging/Discharging Scheduling Algorithm for Economical and Energy-Efficient Operation of Multi-EV Charging Station*. *Applied sciences*.

[14]. Huu D.N., Ngoc V.N., 2021. *Analysis Study of Current Transportation Status in Vietnam's Urban Traffic and the Transition to Electric TwoWheeler Mobility*. *Sustainability*, vol. 13, no. 10: 5577.

[15]. D. N. Huu, V. N. Ngoc, 2021. *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), pp. 255-260

[16]. D. N. Huu, V. N. Ngoc, 2021. *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.

[17]. D. N. Huu, V. N. Ngoc, 2022. *A Three-Stage of Charging Power Allocation for Electric Two-Wheeler Charging Stations*. in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 61080-61093.

[18]. Gray J.L., 2011. *The Physics of the Solar Cell*. in *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, A. Luque, Hegedus, S., Editor, John Wiley and Sons

[19]. Tian H., et al., 2012. *A cell-to-module-to-array detailed model for photovoltaic panels*. *Solar Energy*, 86(9): p. 2695-2706.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Ngoc Van, Nguyen Huu Duc**

Electric Power University