

TỐI ƯU HÓA HOẠT ĐỘNG CỦA TRẠM SẠC XE ĐIỆN CÓ TÍCH HỢP NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI ÁP MÁI

OPTIMIZATION OF CHARGING STATION WITH INTEGRATED ROOFTOP PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Nguyễn Hồng Nhung^{1,*}, Lê Huy Hoàng¹,
Nguyễn Minh Khuê¹, Trần Đức Tường¹, Trịnh Hữu Tuấn Vũ¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.040>

TÓM TẮT

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng xe điện ngày càng gia tăng thúc đẩy việc xây dựng những trạm sạc lớn đặt tại các cơ quan công sở, các tòa nhà văn phòng hay các khu chung cư. Điều này sẽ gây áp lực lớn lên lưới điện phân phối ở khu vực đó. Vì vậy, việc tích hợp trạm sạc xe điện (EV) với hệ thống điện mặt trời áp mái (PV) có thể coi là một giải pháp hữu hiệu cho vấn đề này. Tuy nhiên, đặc điểm của điện mặt trời là phụ thuộc vào thời tiết và chỉ phát vào ban ngày với công suất phát thay đổi khá nhiều, rất lớn vào buổi trưa nhưng lại không đáng kể vào sáng sớm và cuối giờ chiều. Do đó cần thiết xây dựng một kế hoạch sạc thông minh cho các xe điện để có thể tận dụng tối đa công suất phát của hệ thống PV và giảm ảnh hưởng của trạm sạc lên lưới phân phối. Bài báo này đã tập trung vào việc tính toán kế hoạch sạc tối ưu cho các xe điện bằng mô hình tối ưu hóa bậc hai nguyên thực hỗn hợp (MIQP) và được thực hiện trên phần mềm GAMS và CPLEX. Mô hình này có xét đến nhu cầu, thói quen sử dụng xe điện của khách hàng. Các kết quả được phân tích, đánh giá và cho thấy nghiên cứu có ý nghĩa thực tiễn cao.

Từ khóa: Vận hành tối ưu, trạm sạc xe điện, năng lượng tái tạo.

ABSTRACT

In recent years, the increasing demand for electric vehicles has prompted the construction of large charging stations in offices, office buildings, or apartment buildings, which will put significant pressure on the distribution grid in that area. Therefore, integrating electric vehicle (EV) charging stations with rooftop solar power (PV) systems can solve this problem effectively. However, the characteristic of solar energy is that it depends on the weather and is only generated during the day, with the generation capacity changing quite a lot, very large in the afternoon but insignificant in the early morning and late afternoon. Therefore, it is necessary to develop an intelligent charging plan for electric vehicles to make the most of the PV system's available power output and reduce the impact of the charging station on the distribution grid. This paper focuses on determining the optimal electric vehicle charging plan using a Mixed Integer Quadratic Programming model (MIQP), which is performed on GAMS and CPLEX software. This model considers the needs and habits of customers using electric vehicles. The results were analyzed and evaluated to show that the study has high practical significance.

Keywords: Optimal operation, EV charging station, renewable energy.

¹Trường Điện - Điện tử, Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: nhung.nguyenhong1@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 21/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 02/02/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2023

1. GIỚI THIỆU

Năng lượng tái tạo được xem là giải pháp và xu hướng tất yếu của ngành năng lượng hiện nay không chỉ riêng Việt Nam mà trên toàn thế giới. Việc khai thác và sử dụng của con người trong nhiều thế kỉ đã làm cạn kiệt các nguồn nhiên liệu hóa thạch như than đá, dầu mỏ, đồng thời gây ô nhiễm nghiêm trọng cho trái đất. Phát triển nguồn năng lượng tái tạo đang đem đến những lợi ích to lớn trong việc tận dụng tối đa nguồn thiên nhiên vô tận (năng lượng mặt trời, năng lượng gió...); cũng như góp phần giảm sự gia tăng phát thải khí nhà kính do hoạt động của con người [1].

Sản xuất điện quang điện mặt trời (PV) đã phát triển nhanh chóng trong những năm gần đây. Điện mặt trời đã trở nên có giá cả phải chăng hơn trên toàn cầu, với giá mô-đun giảm hơn 80% trong bảy năm, được thúc đẩy bởi 44% tăng trưởng triển khai kép trung bình hàng năm. Từ năm 2010 đến 2016, tổng chi phí lắp đặt trung bình có trọng số toàn cầu, bao gồm tất cả các thành phần phần cứng và cân bằng hệ thống, đã giảm 65%. Đồng thời, chi phí điện được san bằng (LCOE) cho các dự án điện mặt trời quy mô tiện ích đã giảm 67% [2].

Cùng với việc giảm tải ô nhiễm trên toàn thế giới là sự phát triển của xe điện. Phương tiện chạy điện đang dần trở thành xu hướng giao thông trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng [3]. Để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng, các cổng sạc xe điện đang được xây dựng một cách nhanh chóng và được phân bố rộng khắp. Trên toàn thế giới, các cổng sạc công cộng đã đạt 1,8 triệu cổng vào năm 2021, trong đó một phần ba là cổng sạc nhanh. Số lượng cổng sạc xe điện đã tăng lên 40% trong năm 2021 [4]. Riêng ở Việt Nam, trạm sạc điện VinFast đang nhanh chóng phủ xanh mọi miền tổ quốc ở 63 tỉnh thành với 150.000 cổng sạc [5].

Hiện nay, xu hướng xây dựng các trạm sạc EV có tích hợp PV đặt ở trong lưới phân phối ngày càng phổ biến. Sự thâm nhập của hai đối tượng này đã đem tới những ảnh hưởng lớn tới lưới phân phối như các vấn đề về dao động điện áp, chất lượng điện năng, ổn định hệ thống, tác động đến hệ thống bảo vệ, độ biến thiên tải cao, tải đỉnh cao, tổn thất điện năng và quá tải thành phần [6-9]. Vì vậy, đã có một lượng lớn các nghiên cứu liên quan đến việc vận hành các trạm sạc xe điện tích hợp nguồn năng lượng mặt trời.

Trong đó, một hướng nghiên cứu điển hình là tối ưu hóa vận hành các trạm [10]. Các nghiên cứu này tập trung vào các mục tiêu khác nhau [11]. Hầu hết các nghiên cứu đều chỉ tập trung vào việc tối đa hóa lợi nhuận cho trạm [12] mà không bỏ qua vấn đề trạm EV có thể gây quá tải cho lưới phân phối.

Nghiên cứu này đã tập trung vào các trạm sạc đặt tại các cơ quan công sở, tòa nhà văn phòng và có tích hợp PV. Thời gian sạc EV chủ yếu vào ban ngày, sử dụng điện từ PV và từ lưới phân phối. Mục tiêu bài toán là tận dụng được tối đa công suất phát khả dụng của PV từ đó giảm được lượng công suất tiêu thụ từ lưới. Không những thế, phần công suất lấy từ lưới cũng được giữ tương đối ổn định bằng cách giữ cho đường công suất sạc EV bám theo đường công suất PV. Để làm được điều đó, nghiên cứu đã xây dựng một mô hình tối ưu hóa bậc hai nguyên thực hỗn hợp, trong đó có xét đến lịch trình đến và rời đi cũng như đánh giá mức độ ưu tiên của các xe. Nghiên cứu này được chia thành 4 phần, phần 1 giới thiệu tổng quan về vấn đề nghiên cứu, phần 2 trình bày mô hình toán, phần 3 ứng dụng mô hình toán để tính toán thử nghiệm, phần 4 là kết luận.

2. MÔ HÌNH TOÁN

A: Các chỉ số

- i Xe
- t Bước thời gian

B: Các hằng số

- P_t^{PV} Số liệu dự báo công suất PV tại giờ t.
- E_i^m Dung lượng pin tối đa của xe.
- P_i^{chmax} Dung lượng sạc tối đa của xe.
- P_i^{chmin} Dung lượng sạc tối thiểu của xe.
- t_i^{arr} Bước thời gian lúc xe đến.
- t_i^{dep} Bước thời gian lúc xe rời đi.
- E_i^{arr} Dung lượng pin của xe lúc đến trạm sạc.
- E_i^{mindep} Dung lượng pin tối thiểu khi rời trạm sạc.
- $E_{i,t}^{ing}$ Dung lượng pin của xe tại thời điểm t.
- $U_{i,t}^{ch}$ Biến nhị phân biểu diễn trạng thái sạc của xe i trong giờ t.
- η Hiệu suất sạc.

C: Các biến

- $P_{i,t}^{ch}$ Công suất sạc cho xe tại thời điểm t.
- E_i^{dep} Dung lượng pin khi xe rời khỏi trạm sạc.

2.1. Mô tả bài toán

Trong phần này, nhóm nghiên cứu tập trung xây dựng một kế hoạch sạc thông minh cho các xe điện để có thể tận dụng tối đa công suất mà hệ thống PV sản xuất được (self-consumption), qua đó giảm thiểu ảnh hưởng của trạm sạc lên lưới điện phân phối. Nhằm giúp phương án tối ưu hoá được hoàn thiện hơn, nhóm nghiên cứu còn quan tâm tới

việc khảo sát, đánh giá về lịch trình sử dụng, thời gian sạc xe tại trạm sạc của khách hàng, từ đó tạo ra các mức ưu tiên khác nhau. Lưu ý rằng, việc phân phối ưu tiên nhằm giúp trạm sạc gây ít áp lực lên lưới điện nhất có thể. Ngược lại, nếu công suất nguồn và đường dây không bị giới hạn thì việc phân phối ưu tiên này là không cần thiết. Đồng thời, cách tiếp cận như vậy cũng góp phần tạo cảm giác thoải mái cho khách hàng khi sử dụng dịch vụ sạc xe.

2.2. Hàm mục tiêu

Trong bài nghiên cứu này, thực hiện bài toán tối ưu hóa để tổng công suất cần sử dụng để sạc điện các xe bám sát với công suất PV sản xuất được tại bất kì thời điểm nào. Hàm mục tiêu của bài toán là tối thiểu hóa sự chênh lệch giữa đường công suất nạp của trạm sạc và đường công suất phát của PV:

$$\text{Min} \sum_t \left(\sum_i P_{i,t}^{ch} - P_t^{PV} \right)^2 \tag{1}$$

2.3. Các ràng buộc

2.3.1. Giới hạn công suất sạc của xe

Công suất sạc của xe luôn phải nằm trong giới hạn cho phép:

$$U_{i,t}^{ch} P_i^{chmin} \leq P_{i,t}^{ch} \leq U_{i,t}^{ch} P_i^{chmax} \tag{2}$$

Các biến nhị phân $U_{i,t}^{ch}$ được sử dụng để biểu thị trạng thái sạc cho xe i ở giờ t. Khi xe không sạc, đầu ra của biến bằng 0; ngược lại, khi xe đang được sạc thì biến nhị phân này có giá trị bằng 1.

2.3.2. Giới hạn về khả năng pin lưu trữ của xe

a) Ràng buộc về dung lượng pin khi rời đi

Khi xe kết thúc việc nạp thì dung lượng pin xe bắt buộc phải lớn hơn hoặc bằng ngưỡng dung lượng tối thiểu E_i^{mindep} để có thể đảm bảo được hoạt động của xe sau khi rời trạm. Về cơ bản, phần dung lượng này phải đủ để cho xe có thể đi từ trạm sạc về nhà với khoảng cách trung bình được lấy là đường kính của thành phố mà trạm sạc này hoạt động.

$$E_i^{mindep} \leq E_i^{dep} \leq E_i^m \tag{3}$$

b) Ràng buộc liên quan đến quá trình sạc

Sự thay đổi mức sạc sau mỗi giờ có thể tính như sau: Dung lượng pin của xe i sau giờ t bằng tổng dung lượng pin của xe i trước giờ t và công suất sạc trong bước thời gian đó với hiệu suất của quá trình sạc η .

$$E_{i,t}^{ing} = E_{i,t-1}^{ing} + P_{i,t}^{ch} \eta \tag{4}$$

c) Ràng buộc về mức pin tại bước thời gian t:

Dung lượng pin tại bước thời gian t luôn lớn hơn hoặc bằng dung lượng pin lúc xe đến trạm sạc.

$$E_i^{arr} \leq E_{i,t}^{ing} \leq E_i^m \tag{5}$$

2.3.3. Ràng buộc ưu tiên

Nhóm nghiên cứu phân phối ưu tiên sạc cho xe tới trạm dựa trên hai yếu tố quan trọng cần được quan tâm, đó là dung lượng pin của xe khi đến và thời gian xe đỗ tại trạm sạc. Từ việc phân tích và đánh giá hai yếu tố này, các mức độ ưu tiên dành cho xe đến trạm sạc được phân chia từ cao xuống thấp như trong bảng 1.

Xe sau khi đến trạm sạc sẽ được xếp vào một trong các nhóm ưu tiên với các ràng buộc toán học tương ứng như sau:

- Mức ưu tiên 1: Những xe thuộc mức ưu tiên này được nạp điện năng ngay trong vòng y giờ đầu tiên sau khi đến trạm sạc và luôn được sạc với công suất lớn hơn bằng β% công suất sạc cực đại của cổng sạc để đảm bảo tốc độ sạc nhanh.

$$\begin{cases} u_{i,t^{arr}}^{ch} + u_{i,t^{arr}+y-1}^{ch} \geq 1 \\ p_i^{ch} \geq \frac{\beta P_i^{chmax}}{100} \end{cases} \quad (6)$$

- Mức ưu tiên 2: Do mức độ ưu tiên của các xe thuộc hai nhóm này không cao nên việc có thêm ràng buộc là không thực sự cần thiết. Việc sạc cho hai nhóm còn lại sẽ được tự do hơn, chỉ cần đảm bảo ràng buộc đã được trình bày trong phần 2.3.2a nêu trên.

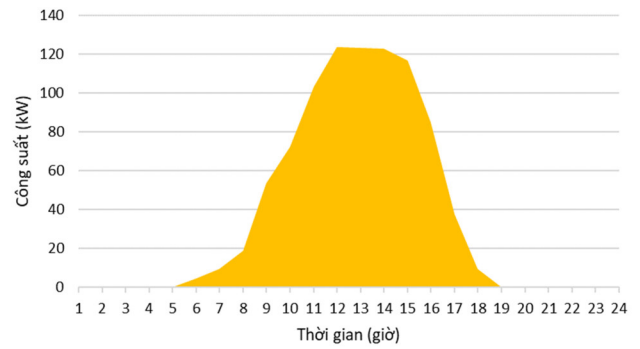
Bảng 1. Các mức ưu tiên sạc

Mức độ ưu tiên	Đặc điểm	Biểu diễn
1	Dung lượng pin nhỏ hơn bằng ngưỡng α% và có thời gian đỗ nhỏ hơn hoặc bằng x giờ	$\begin{cases} E_i^{arr} \leq \alpha [\%] \\ t_i^{dep} - t_i^{arr} \leq x [h] \end{cases}$
2	Dung lượng pin lớn hơn ngưỡng α% nhưng có thời gian đỗ nhỏ hơn hoặc bằng x giờ	$\begin{cases} E_i^{arr} > \alpha [\%] \\ t_i^{dep} - t_i^{arr} \leq x [h] \end{cases}$
	Dung lượng pin nhỏ hơn bằng ngưỡng α% nhưng có thời gian đỗ lớn hơn x giờ	$\begin{cases} E_i^{arr} \leq \alpha [\%] \\ t_i^{dep} - t_i^{arr} > x [h] \end{cases}$
	Dung lượng pin lớn hơn ngưỡng α% và có thời gian đỗ lớn hơn x giờ	$\begin{cases} E_i^{arr} > \alpha [\%] \\ t_i^{dep} - t_i^{arr} > x [h] \end{cases}$

3. TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM

3.1. Số liệu đầu vào

Tại Việt Nam, cho đến thời điểm hiện nay, hầu hết các trạm sạc xe điện xây dựng tại các cơ quan văn phòng, siêu thị, khu chung cư đều được lắp đặt đấu nối vào với điện lưới; trong khi đó, chưa ghi nhận thấy có hệ thống sạc EV nào được tích hợp PV và chủ yếu sử dụng nguồn điện năng từ PV tạo ra. Vì vậy trong bài báo này, nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu trên các số liệu giả lập, trong đó giả thiết một trạm sạc xe điện đã được lắp đặt tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội và được tích hợp hệ thống điện áp mái PV có công suất lắp đặt là 180kWh. Công suất dự báo trong một ngày của hệ thống PV được mô tả bằng đồ thị trong hình 1.



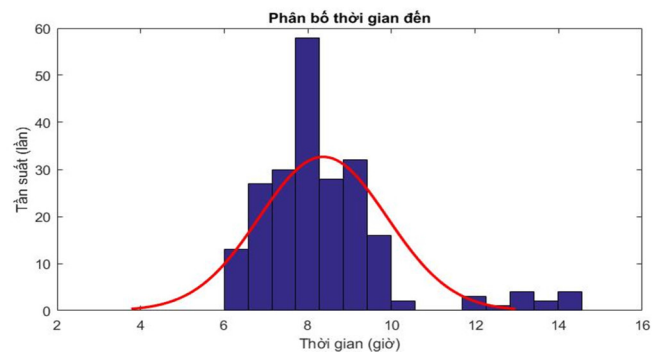
Hình 1. Công suất khả phát dự báo của PV trong một ngày

Trạm sạc EV dự kiến có khả năng cung cấp đủ cổng sạc cho 20 xe điện gồm một số loại xe thông dụng tại cơ quan, nơi làm việc như xe máy điện và ô tô điện cỡ nhỏ như sau (Bảng 2).

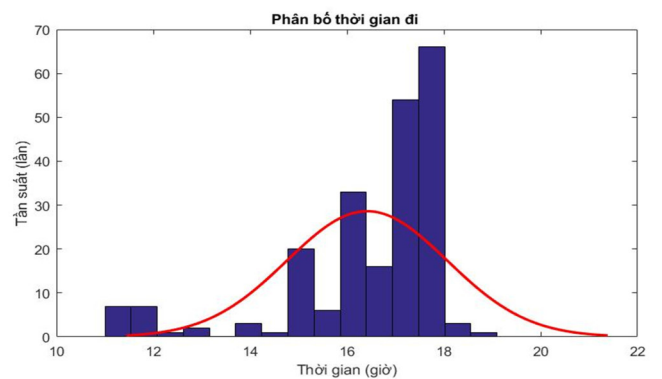
Bảng 2. Một số loại xe lựa chọn giả lập

Dòng xe	Loại xe	Dung lượng pin
Vinfast Klara S	Xe máy điện	3,5kWh
Vinfast e34	Ô tô điện 5 chỗ	42kWh
Vinfast VF9	Ô tô điện 7 chỗ	92kWh

Đồng thời, thử nghiệm tạm bỏ qua yếu tố về loại cổng sạc DC hay AC ảnh hưởng đến tốc độ sạc xe. Bên cạnh đó, hai loại cổng sạc có công suất phù hợp cho các xe được lựa chọn, trong đó một loại dành cho ô tô điện và một loại dành cho xe máy điện có công suất lần lượt là 5 ÷ 30kW và 0,2 ÷ 1,2kW. Quá trình sạc điện được thực hiện với hiệu suất là 85%.



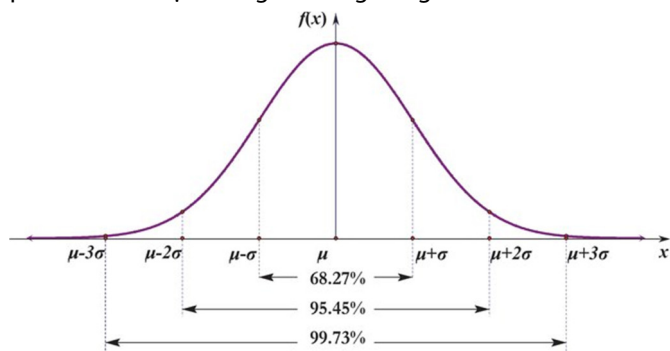
Hình 2a. Phân bố thời gian đến



Hình 2b. Phân bố thời gian đi

Để có thể xây dựng kế hoạch sạc thông minh thì số liệu về nhu cầu cũng như hành vi thói quen của khách hàng là cần thiết. Để có được số liệu này, nhóm tác giả đã thực hiện một khảo sát để có được những thông tin như loại phương tiện, mong muốn chuyển sang xe điện, khoảng cách từ nhà tới nơi làm việc, thời gian đến và rời nơi làm việc của mọi người tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Từ khảo sát, nhóm tác giả đã có được các số liệu thời gian theo phân bố như trong hình 2.

Xấp xỉ số liệu thu được bằng hàm phân phối phổ biến nhất là phân phối Gaussian, nhóm tác giả thu được giá trị trung bình μ cùng độ lệch chuẩn σ của thời gian đến lần lượt là 8,37 và 1,53 giờ. Tương tự như vậy, giá trị trung bình μ và độ lệch chuẩn σ của thời gian xe rời trạm sạc lần lượt là 16,42 và 1,66 giờ. Với những số liệu tính toán được, đồng thời dựa vào phân bố khoảng tin cậy (confidence interval) của hàm phân phối Gaussian (hình 3), nhóm tác giả đã tạo 20 số liệu giả lập cho thời gian đến-rời đi của 20 xe điện với phân bố trong các khoảng tin cậy tương tự như hàm Gaussian. Nhờ đó, tập số liệu giả lập có đặc tính phân phối xấp xỉ với số liệu khảo sát, điều này giúp cho kết quả nghiên cứu gần với thực tế hơn. Bên cạnh đó, dung lượng pin khi đến trạm sạc được lấy hoàn toàn ngẫu nhiên. Số liệu về thời gian đến-đi nơi làm việc cùng với mức dung lượng pin khi đến được thống kê trong bảng 3.



Hình 3. Khoảng tin cậy (confidence interval) của hàm phân phối Gaussian [13]

Bảng 3. Số liệu về thời gian đến-đi, mức dung lượng pin ban đầu

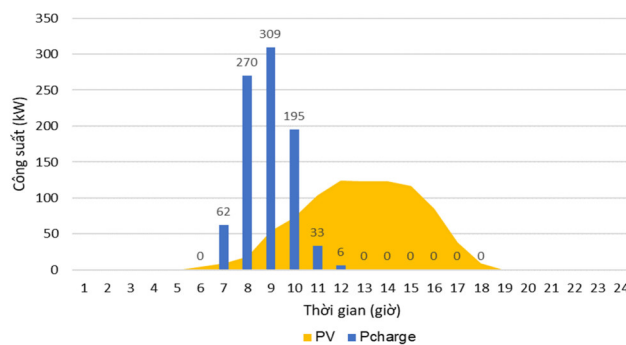
Xe	Dòng xe	Dung lượng pin khi đến (kWh)	Thời gian xe đến (giờ)	Thời gian xe đi (giờ)
1	Vinfast e34	15 (36%)	8,5	17,5
2	Vinfast VF9	30 (33%)	8	17,5
3	Vinfast VF9	50 (54%)	8	16
4	Vinfast e34	35 (83%)	8,5	17
5	Vinfast VF9	20 (22%)	8	18
6	Vinfast VF9	45 (49%)	8,25	17,5
7	Vinfast VF9	63 (68%)	8	17
8	Vinfast VF9	45 (49%)	8	17
9	Vinfast VF9	63 (68%)	8,5	17,5
10	Vinfast Klara S	1,6 (46%)	7	16,5
11	Vinfast Klara S	0,9 (26%)	8,5	17,5
12	Vinfast Klara S	2,5 (71%)	7,5	17

13	Vinfast VF9	20 (22%)	9,5	15,5
14	Vinfast VF9	40 (43%)	9	15
15	Vinfast Klara S	0,6 (17%)	9	14,5
16	Vinfast VF9	10 (11%)	9,5	15
17	Vinfast VF9	25 (27%)	9,5	11,75
18	Vinfast VF9	40 (43%)	9	7
19	Vinfast VF9	10 (11%)	9	11,75
20	Vinfast e34	7 (17%)	8	11,5

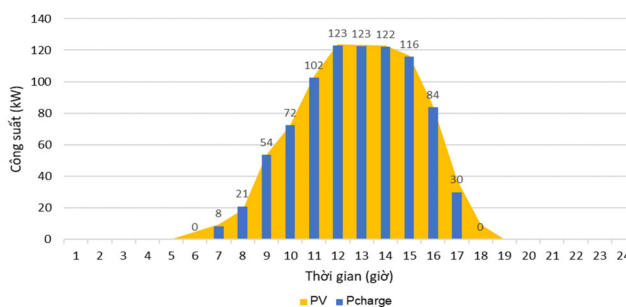
Mức ưu tiên 1 là các xe đến trạm với ngưỡng dung lượng pin nhỏ hơn 20% và có thời gian đỗ nhỏ hơn hoặc bằng 3 giờ. Những xe này sẽ được sạc ngay khi đến trạm sạc với công suất sạc lớn hơn 70% công suất sạc tối đa. Mức dung lượng tối thiểu khi rời đi của các xe thuộc mức ưu tiên 1 là ngưỡng 50% và các mức ưu tiên còn lại là 80% dung lượng pin của xe.

3.2. Kết quả

Với các số liệu đầu vào từ mục 3.1, nếu sử dụng mô hình sạc không kiểm soát, tức là việc sạc lúc nào cũng bắt đầu ngay khi xe đến nơi làm việc với công suất sạc tối đa đến khi pin được sạc đầy sẽ cho kết quả như hình 4. Nhìn vào đồ thị trong Hình 4 có thể thấy rằng, tổng công suất sạc trong khoảng từ 8h đến 10h rất cao, đặc biệt lúc 9h tổng công suất sạc đạt tới 300kW trong khi công suất PV ở thời điểm đó chỉ có 54kW, có nghĩa là phần công suất thiếu hụt sẽ phải mua từ lưới phân phối. Điều này gây áp lực lớn lên lưới phân phối và tăng chi phí vận hành trạm sạc. Ngược lại, trong khoảng thời gian từ 13h đến 15h, công suất PV đạt hơn 100kW thì lại không có bất kỳ xe nào được sạc.



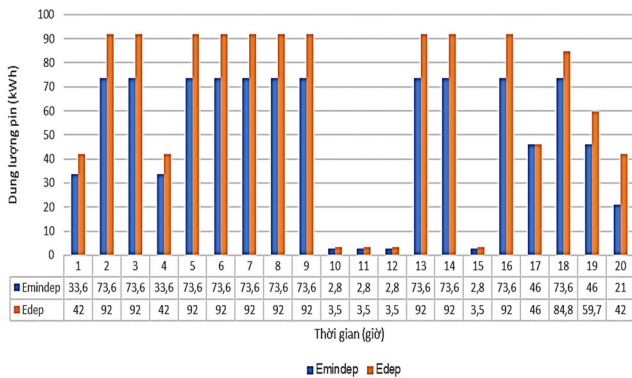
Hình 4. Tổng công suất sạc cho các xe so với công suất PV mỗi giờ khi không được tối ưu lịch sạc



Hình 5. Tổng công suất sạc cho các xe so với công suất của PV mỗi giờ khi có kế hoạch sạc tối ưu

Nhóm tác giả ứng dụng mô hình toán tối ưu hóa bậc hai nguyên thực hỗn hợp (MIQP) để xây dựng lịch trình sạc tối ưu cho các xe nhằm thoả mãn hàm mục tiêu được trình bày ở phần 2. Bài toán tối ưu hoá được giải quyết bằng cách sử dụng Cplex 11.0 được hỗ trợ qua phần mềm Gams 38.3.0. Kết quả tối ưu được thể hiện ở hình 5.

Từ kết quả thu được trong hình 5, có thể thấy rằng: Trong mô hình sạc được tối ưu hoá, việc sạc không phải lúc nào cũng bắt đầu ngay khi các xe đến nơi làm việc, cũng như không phải lúc nào cũng sử dụng tối đa công suất sạc. Quá trình sạc xe sẽ được thực hiện rải rác trong ngày, phụ thuộc thời gian xe đỗ tại cơ quan và sản lượng điện mặt trời ở từng giai đoạn trong ngày. Nhờ đó, tổng công suất sạc EV trong mỗi giờ đều xấp xỉ công suất PV. Điều này sẽ giúp tận dụng tối đa nguồn năng lượng mà PV sản xuất được, giảm thiểu việc phải mua điện từ lưới, giảm đỉnh tải ở giờ cao điểm, qua đó tối thiểu hoá ảnh hưởng của trạm sạc lên lưới điện phân phối. Bên cạnh đó, đồ thị trong Hình 6 cho thấy dung lượng pin của các xe khi rời đi đều lớn hơn mức dung lượng pin tối thiểu cho mỗi xe tùy thuộc theo mức độ ưu tiên (hình 6).



Hình 6. Dung lượng pin của các xe khi rời đi

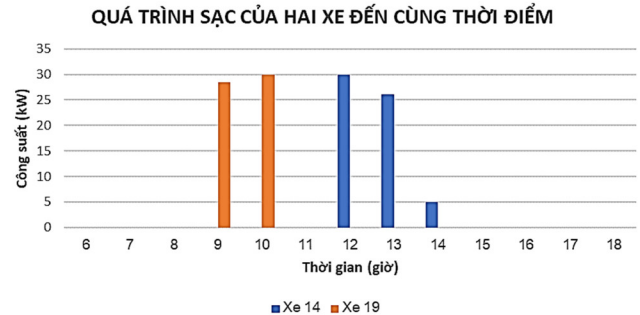
Bên cạnh đó, việc đưa các ràng buộc phân loại ưu tiên sẽ thu được kết quả là cùng loại xe, và đến cùng thời điểm nhưng lại được sạc vào hai thời điểm khác nhau. Điều đó được thể hiện khi ra so sánh quá trình sạc giữa hai xe Vinfast VF9 số 14 và 19. Trong đó, xe 19 thuộc mức ưu tiên 1 do có dung lượng khi đến chỉ có 11%, thời gian ở trạm sạc là 2,75h. Ngược lại, xe số 14 có dung lượng khi đến khá cao (43%) và thời gian ở trạm sạc lên tới 6h (bảng 4).

Bảng 4. Số liệu của xe 14 và xe 19

Xe	Dung lượng pin lúc đến (kWh)	Dung lượng pin max (kWh)	Bước thời gian đến (giờ)	Bước thời gian rời đi (giờ)
14	40	92	9	15
19	10	92	9	11,75

Trên hình 7 cho thấy xe 19 được sạc ngay khi vừa tới nơi, trong khi thời gian sạc của xe 14 được lùi lại đến 12 giờ mới bắt đầu sạc. Tuy nhiên khi rời đi, cả hai xe đều đảm bảo mức dung lượng pin cần thiết tối thiểu (hình 6). Bên cạnh đó, công suất sạc của xe 19 được giữ gần xấp xỉ công suất

sạc tối đa của trụ sạc. Ngược lại, công suất sạc của xe 14 được điều chỉnh linh hoạt hơn, thậm chí ở giờ cuối cùng công suất này được điều chỉnh về mức sạc tối thiểu của trụ sạc. Điều này chỉ ra rằng việc phân phối mức ưu tiên vừa thoả mãn nhu cầu sử dụng của khách hàng, vừa không gây áp lực lên nguồn.



Hình 7. Quá trình sạc tối ưu của hai xe 14 và xe 19

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đưa ra để tối ưu hóa công suất sạc xe nhằm tận dụng đối đa nguồn năng lượng tái tạo cụ thể là điện mặt trời áp mái, hiệu quả, kinh tế. Hệ thống được đưa ra và được giải quyết một cách hiệu quả, bằng cách sử dụng phần mềm CPLEX.

Nghiên cứu này đã xây dựng được mô hình sạc thông minh cho trạm xe điện, trong đó các xe được sạc lần lượt có xét đến các mức độ ưu tiên của xe. Mục đích mô hình là tận dụng tối đa công suất phát khả dụng của PV, giữ ổn định công suất điện mua từ lưới phân phối. Các kết quả thu được cho thấy hiệu quả của mô hình tính toán và cho thấy mô hình có ý nghĩa ứng dụng trong thực tế.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) qua đề tài mã số T2022-PC-010

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Environmental Protection Agency (EPA), 2022. *Local Renewable Energy Benefits and Resources* | US EPA.
- [2]. IRENA, 2017. *IRENA Cost and Competitive Indicators: Rooftop solar PV*.
- [3]. *Global electric car sales have continued their strong growth in 2022 after breaking records last year* - News - IEA.
- [4]. *Trends in charging infrastructure - Global EV Outlook 2022 - Analysis* - IEA.
- [5]. https://vinfastauto.com/vn_vi/tong-quan-tram-sac-vinfast (accessed Oct. 25, 2022).
- [6]. J. García-Villalobos, I. Zamora, J. I. San Martín, F. J. Asensio, V. Aperribay, 2014. *Plug-in electric vehicles in electric distribution networks: A review of smart charging approaches*. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 38, pp. 717–731, doi: 10.1016/J.RSER.2014.07.040.

[7]. R. Luthander, M. Shepero, J. Munkhammar, J. Widén, 2019. *Photovoltaics and opportunistic electric vehicle charging in the power system - a case study on a Swedish distribution grid*. IET Renew. Power Gener., vol. 13, no. 5, pp. 710–716, doi: 10.1049/IET-RPG.2018.5082.

[8]. B. Uzum, A. Onen, H. M. Hasanien, S. M. Mueeen, 2020. *Rooftop Solar PV Penetration Impacts on Distribution Network and Further Growth Factors - A Comprehensive Review*. Electron., Vol. 10, no. 1, p. 55, doi: 10.3390/ELECTRONICS10010055.

[9]. D. Van Der Meer, G. R. C. Mouli, G. M. E. Mouli, L. R. Elizondo, P. Bauer, 2018. *Energy Management System with PV Power Forecast to Optimally Charge EVs at the Workplace*. IEEE Trans. Ind. Informatics, vol. 14, no. 1, pp. 311–320, doi: 10.1109/TII.2016.2634624.

[10]. L. Jian, G. Xu, C. C. Chan, 2014. *Optimal charging strategies of plug-in electric vehicles for minimizing load variance within smart grids*. Plug In Electric Vehicles in Smart Grids vol. 88. 2014. doi: 10.1007/978-981-287-317-0_6.

[11]. J. A. Dominguez, et al., 2020. *Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles based on Principal Component Analysis and Convex Optimization*. IEEE Int. Symp. Ind. Electron., vol. 2020-June, pp. 935–940, doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152292.

[12]. R. Fachrizal, M. Shepero, M. Åberg, J. Munkhammar, 2022. *Optimal PV-EV sizing at solar powered workplace charging stations with smart charging schemes considering self-consumption and self-sufficiency balance*. Appl. Energy, vol. 307, p. 118139, doi: 10.1016/J.APENERGY.2021.118139.

[13]. B. Wang, B. Wang, W. Shi, Z. Miao, 2015. *Confidence Analysis of Standard Deviation Ellipse and Its Extension into Confidence Analysis of Standard Deviation Ellipse and Its Extension into Higher Dimensional Euclidean Space*. PLoS ONE 10(3): e0118537. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118537>.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Hong Nhung, Le Huy Hoang, Nguyen Minh Khue,
Tran Duc Tuong, Trinh Huu Tuan Vu**

School of Electrical and Electronic Engineering, Hanoi University of Science and Technology