

NGHIÊN CỨU XU HƯỚNG ĐIỆN KHÍ HÓA GIAO THÔNG Ở VIỆT NAM VÀ ĐÁNH GIÁ KINH TẾ KỸ THUẬT TRẠM SẠC XE ĐIỆN HAI BÁNH TÍCH HỢP ĐIỆN MẶT TRỜI TẠI TÒA NHÀ E.TOWN 2 - TP. HỒ CHÍ MINH

A RESEARCH ON THE TREND OF TRANSPORT ELECTRIFICATION IN VIETNAM AND TECHNO-ECONOMIC ASSESSMENTS OF PV-INTEGRATED CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC TWO-WHEELERS IN E.TOWN 2 BUILDING - HO CHI MINH CITY

Nguyễn Ngọc Văn, Nguyễn Hữu Đức*

TÓM TẮT

Hiện nay, điện khí hóa giao thông có thể được xem như là một giải pháp bền vững nhằm giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch và bảo vệ môi trường. Tại Việt Nam, các điều kiện về kinh tế xã hội, cơ sở hạ tầng và thói quen của người sử dụng là các nguyên nhân chính dẫn đến sự phổ biến của xe gắn máy, đặc biệt là tại các thành phố lớn. Số lượng lớn và mật độ cao các phương tiện giao thông cá nhân sử dụng nhiên liệu hóa thạch tạo áp lực lên cơ sở hạ tầng và là nguyên nhân chủ yếu gây ra ô nhiễm không khí tại các đô thị. Với giá thành phù hợp và chi phí vận hành thấp, xe điện hai bánh (xe đạp điện, xe máy điện) có thể được xem như là một giải pháp hứa hẹn nhằm thay thế cho xe máy chạy xăng. Để thúc đẩy sự chuyển dịch này, cơ sở hạ tầng đi kèm như các thiết bị sạc cũng cần được nghiên cứu, khảo sát và triển khai. Tuy nhiên, điện khí hóa giao thông chỉ có lợi cho môi trường nếu như điện năng sử dụng để sạc phương tiện được lấy từ các nguồn năng lượng tái tạo thay vì từ nhiên liệu hóa thạch. Với tiềm năng điện mặt trời lớn, vấn đề tích hợp điện mặt trời cho trạm sạc xe điện ở Việt Nam có tính khả thi cao. Bài báo này nhằm mục đích nghiên cứu xu hướng điện khí hóa giao thông và tính khả thi của trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời cho xe điện hai bánh tại Việt Nam đồng thời đề xuất các phương án trạm sạc xe điện sử dụng điện mặt trời tại tòa nhà văn phòng (E.Town 2 - Tp. Hồ Chí Minh) và tiến hành đánh giá các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cho các phương án.

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

ABSTRACT

Currently, electrification of mobility could be considered as a sustainable solution for reducing oil dependency and encouraging environmental protection. In Vietnam, socioeconomic condition, current traffic infrastructure and users' habit are main causes of the prevalence of motorcycles, especially in large urbans. A huge number and high density of personal gasoline-powered vehicles has pressured traffic infrastructure and this is claimed to be the major contributor to air pollution. With reasonable purchase price and low operation cost, electric two-wheelers (e-bikes, electric mopeds, electric motorcycles) could be seen as a promising solution for replacing gasoline-powered motorcycles. In order to promote this transition, supporting infrastructure such as charging facilities should be studied, investigated and deployed. Nevertheless, electrification of mobility is only beneficial to environment if the electricity used to charge EVs comes from renewable sources and not from fossil fuel generation. With high potential of solar energy, PV integration for charging stations in Vietnam may has high feasibility. This paper aims to research the trend of transport electrification and the feasibility of PV-integrated charging stations for electric two-wheelers in Vietnam, propose PV-based charging station solutions in an office building (E.Town 2 - Ho Chi Minh city) and conduct techno-economic assessments for each solution.

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

Trường Đại học Điện lực

*Email: ducnh@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/9/2020

Ngày chấp nhận đăng: 21/10/2020

1. XU HƯỚNG ĐIỆN KHÍ HÓA GIAO THÔNG, TIỀM NĂNG XE ĐIỆN HAI BÁNH VÀ CƠ SỞ HẠ TẦNG PHỤC VỤ XE ĐIỆN TẠI VIỆT NAM

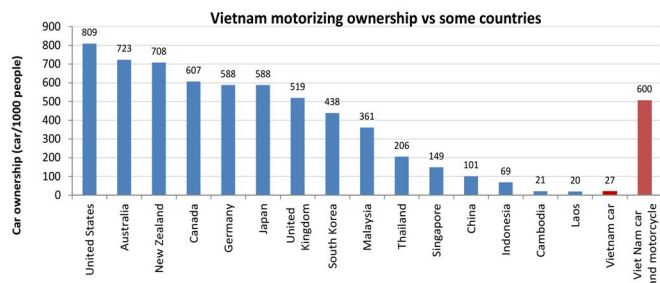
1.1. Xu hướng điện khí hóa giao thông và tiềm năng xe điện hai bánh ở Việt Nam

Điện khí hóa giao thông có thể xem như là một chiến lược công nghệ then chốt để giảm ô nhiễm không khí ở các khu vực với mật độ dân cư lớn và là một lựa chọn tiềm năng góp phần đa dạng hóa lĩnh vực năng lượng ở các quốc gia cũng như mục tiêu giảm khí thải nhà kính. Lợi ích của xe điện bao gồm không phát sinh khói thải, hiệu suất cao hơn phương tiện sử dụng động cơ đốt trong, có tiềm năng lớn trong việc giảm khí thải nhà kính nếu kết hợp với hệ thống điện ít phát thải carbon, giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch, giảm ồn và có khả năng cung cấp các dịch vụ hỗ trợ cho hệ thống năng lượng [1, 2].

Năm 2019, lượng xe ô tô điện trên toàn cầu đạt 7,2 triệu chiếc, cao hơn 40% so với năm 2018. Trong đó, lượng xe điện chạy hoàn toàn bằng ắc quy (BEV) chiếm tới 67% [2].

Các tiến bộ trong công nghệ, sự phát triển của thị trường, cùng với mục tiêu của các nhà chính sách, sự tham gia của các hãng công nghiệp và nhận thức của xã hội đã làm tăng tốc độ triển khai phương tiện chạy điện trong năm 2020 và tác động đáng kể đến lĩnh vực giao thông đường bộ.

Tại Việt Nam, trong khi giao thông công cộng chưa đáp ứng được nhu cầu đi lại của người dân [1, 3, 4], phương tiện cá nhân trở thành lựa chọn chính. Theo báo cáo của Liên hiệp quốc, Việt Nam dẫn đầu Đông nam Á về độ phụ thuộc vào phương tiện cá nhân (hình 1), trong đó xe gắn máy chiếm khoảng 80% nhu cầu giao thông tại các thành phố với các ưu điểm nổi trội về tính linh hoạt, phù hợp di chuyển trong không gian đô thị cũng như giá thành vừa phải và chi phí hoạt động thấp.



Hình 1. Tỷ lệ sở hữu phương tiện cá nhân ở Việt Nam và một số quốc gia [36]

TP. Hồ Chí Minh có khoảng 6,2 triệu xe gắn máy, hơn 600.000 xe ô tô và khoảng 1 triệu phương tiện ra vào thành phố mỗi ngày. Hà Nội có khoảng 5 triệu xe gắn máy, 535.000 ô tô. Với tốc độ đô thị hóa và lượng lớn phương tiện chạy xăng, vấn đề tắc nghẽn giao thông và ô nhiễm không khí trở thành các thách thức cần giải quyết [5].

Với các nước đang phát triển nói chung và Việt Nam nói riêng, sự chuyển dịch từ phương tiện chạy xăng/dầu sang phương tiện chạy điện trong những năm gần đây bắt đầu được chú ý nhưng cũng có những đặc thù riêng mà cụ thể

là ưu thế của phương tiện chạy điện hai bánh so với xe ô tô điện. Ngoại trừ Trung Quốc, xe ô tô điện, với giá thành cao và đòi hỏi cơ sở hạ tầng đắt tiền, hiện vẫn chưa phổ biến ở các quốc gia đang phát triển [6]. Thị phần xe ô tô điện tại Ấn Độ hiện dưới 1% [7]. Trong năm 2018, Trung Quốc tiêu thụ phần lớn lượng xe điện hai bánh với 30 triệu chiếc được bán và tổng số xe điện 2 bánh đang lưu hành tại Trung Quốc là 250 triệu chiếc [8, 9]. Tại các quốc gia châu Á khác như Ấn Độ, Việt Nam và Đài Loan, thị phần xe đạp điện/xe máy điện cũng ngày càng được mở rộng.

Nhiều nghiên cứu [6, 10-16] cũng cho thấy tại các nước đang phát triển với tỷ lệ xe máy cao, xe điện hai bánh với chi phí thấp và đáp ứng quãng đường di chuyển vừa phải là phù hợp để di chuyển trong đô thị và là phương tiện thay thế tiềm năng cho xe máy xăng.

So với xe máy thông thường, tác động môi trường của xe điện hai bánh đã chuyển dịch từ tác động môi trường do động cơ đốt trong sang tác động môi trường do quá trình sản xuất điện phục vụ sạc. Nói cách khác, tác động môi trường từ động cơ xăng của những phương tiện giao thông với đặc điểm phân bố phân tán và khó kiểm soát được chuyển dịch sang tác động môi trường của quá trình sản xuất điện với số lượng ít nhà máy điện, tập trung và dễ kiểm soát, đồng thời chủ yếu được đặt ở ngoại thành [17].

Tại Việt Nam, thị trường xe đạp điện ở giai đoạn đầu với người dùng đa phần là học sinh sinh viên do xe đạp điện có tính tiện dụng hơn xe đạp truyền thống đồng thời không cần bằng lái, đăng ký xe, đáp ứng đủ nhu cầu di chuyển với quãng đường phù hợp và có giá thành vừa phải. Bên cạnh đó, để hạn chế ô nhiễm không khí [18, 19] và tình trạng tắc nghẽn giao thông, các chính sách hạn chế đăng ký xe máy tại các quận nội thành Hà Nội và lộ trình giảm dần, tiến tới dừng hoạt động của xe máy tại các quận vào năm 2030 cũng đã được nghiên cứu đề xuất. Theo xu hướng này, các nhà sản xuất như Vinfast, tập đoàn MBI (Hà Nội), Piaggio, Pega (Việt Nam), Yadea (Trung Quốc), cũng đã đầu tư nghiên cứu sản xuất xe đạp điện/xe máy điện hướng đến nhiều phân khúc khách hàng khác nhau cho thị trường Việt Nam.

Trong năm 2017, số xe được bán chính thức khoảng 400.000 xe đạp điện và 55.000 xe máy điện. Đây là con số không hề nhỏ nếu tính theo thị trường sơ khai mang tính tự phát. So với các nước trong khu vực như Trung Quốc, Đài Loan hay Nhật Bản, xe điện ở Việt Nam xuất hiện muộn hơn. Giai đoạn 2010, đa số xe điện (xe đạp điện, xe máy điện) xuất hiện ở Việt Nam đều đến từ Trung Quốc với mẫu mã đa dạng nhưng thương hiệu không nổi bật, chất lượng không được kiểm soát. Bắt đầu từ năm 2012, xe điện mang thương hiệu Việt Nam xuất hiện trên thị trường, điển hình là HKBike (PEGA) phần nào gây được chú ý. Gần đây, Vinfast đã cho ra mắt các mẫu xe máy điện Klara, Ludo, Impes và khánh thành nhà máy diện tích 6,4 ha với công suất 250.000 xe/năm (có thể lên tới 1 triệu xe) cùng kế hoạch xây dựng vài chục nghìn trạm sạc, cho thuê pin nhằm hoàn thiện hệ sinh thái xe điện. Điều này khẳng định xu thế sử dụng xe điện hai bánh thay thế cho xe lắp động cơ đốt trong tại Việt Nam [20].

1.2. Cơ sở hạ tầng phục vụ xe điện

Cơ sở hạ tầng giao thông hiện hữu, mức đáp ứng thấp của hệ thống giao thông công cộng, mức thu nhập bình quân còn thấp, các chính sách hạn chế tiêu thụ ô tô cá nhân bằng thuế, phí khiến phương tiện hai bánh ở Việt Nam vẫn là phương tiện dễ tiếp cận, linh hoạt hơn cả. Các đặc trưng đó kèm theo các kế hoạch hạn chế phương tiện nhằm giải quyết vấn đề ô nhiễm không khí đô thị và phát triển bền vững, cũng như sự tham gia của các nhà sản xuất và nhận thức của người dân đã và đang là động lực thúc đẩy sự phát triển của thị trường xe điện hai bánh tại Việt Nam với đối tượng khách hàng ngày càng mở rộng.

Thị trường xe đạp điện/xe máy điện tại Việt Nam, tuy có tiềm năng lớn và có nhiều dấu hiệu khởi sắc nhưng để phát triển bền vững thì cũng cần tiến hành nghiên cứu, đề xuất các chính sách khuyến khích hỗ trợ, các tiêu chuẩn kỹ thuật, hệ thống xử lý ắc quy khi hết tuổi thọ cũng như đầu tư cơ sở hạ tầng có liên quan, đặc biệt là các trạm sạc/đổi ắc quy (hình 2) [6].



Hình 2. Trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời của công ty SANYO - Nhật Bản

Các nghiên cứu chỉ ra rằng, bất kỳ dạng xe điện nào như HEV, PHEV, PEV đều có lượng phát thải well-to-wheel thấp hơn so với các phương tiện chạy xăng tương đương. Ngoài ra, lượng phát thải của xe điện phụ thuộc vào tỷ lệ các dạng năng lượng sạch cấp cho xe [21-23]. Nếu xe điện được sạc từ lưới và nếu điện lưới chủ yếu được tạo ra bởi nhiên liệu hóa thạch như than đá hoặc khí tự nhiên thì lượng phát thải là lớn đáng kể chứ không phải là không phát thải. Lượng phát thải chỉ gần như bằng không nếu xe điện được sạc từ lưới và nếu điện lưới chủ yếu được tạo ra từ các nguồn năng lượng tái tạo.

Điện gió, điện mặt trời, thủy điện, biogas hoặc năng lượng thủy triều đều có thể xem là các nguồn năng lượng bền vững để cấp cho các phương tiện chạy điện. Trong các nguồn đó, điện mặt trời là một lựa chọn hấp dẫn bởi một số yếu tố:

- (1) Chi phí của module PV liên tục giảm và hiện nay (Q1/2019) là nhỏ hơn 0,3 \$/Wp [24].
- (2) Khả năng tiếp cận của chủ xe điện với điện mặt trời rất dễ dàng do các module PV có thể được đặt trên mái nhà gần với vị trí sạc xe điện hoặc đặt trên/sử dụng làm mái che của bãi gửi xe. Tiềm năng điện mặt trời áp mái rất lớn do hiện nay vẫn chưa được khai thác rộng rãi.

(3) Việc sử dụng điện mặt trời làm giảm nhu cầu năng lượng và công suất tiêu thụ từ lưới. Năng lượng điện sạch được sản xuất tại chỗ qua các module PV để sạc cho phương tiện. Điều này góp phần làm giảm nhu cầu phát triển hoặc gia cố lưới điện đặc biệt là khi lượng phương tiện chạy điện lớn và nhu cầu năng lượng sạch cao.

(4) Các hệ thống điện mặt trời thông thường sử dụng ắc quy tích trữ điện năng nhằm giải quyết vấn đề biến động nguồn phát theo ngày và theo mùa cũng như tăng mức độ thâm nhập của năng lượng tái tạo. Trường hợp sạc cho xe điện, ắc quy của xe điện cũng có thể đóng vai trò thiết bị tích trữ năng lượng [25-28].

(5) Chi phí sạc xe điện từ điện mặt trời là rẻ hơn so với sạc từ điện lưới. Việc tự sản xuất và tự dùng điện mặt trời thay vì bán lên lưới có thể xem là một giải pháp đón đầu xu hướng giảm dần giá bán điện mặt trời FIT [29, 30].

(6) Việc vận hành các hệ thống điện mặt trời ít sinh ra tiếng ồn, không có bộ phận quay và chi phí vận hành, bảo trì thấp.

Với vị trí địa lý gần xích đạo, Việt Nam có tiềm năng điện mặt trời rất lớn. Tiềm năng điện mặt trời trung bình trên lãnh thổ Việt Nam nằm trong khoảng từ 4 - 5kWh/m²/ngày và số giờ nắng trung bình từ 1.600 - 2.600 giờ/năm [31]. Trong đó, so với điện mặt trời mặt đất và điện mặt trời nổi, điện mặt trời áp mái với tiềm năng lớn, rất được khuyến khích phát triển [32, 33]. Tuy nhiên, nhiều nghiên cứu cũng chỉ ra rằng khi tỷ lệ thâm nhập của điện mặt trời vào lưới lớn cũng gây ra nhiều tác động tiêu cực đến lưới [34]. Do đó trạm sạc tích hợp điện mặt trời, với việc sản xuất và phục vụ tại chỗ cho phương tiện vừa có thể xem như là giải pháp xanh, bền vững và đồng thời góp phần giảm các tác động không mong muốn của điện mặt trời lên lưới. Tuy nhiên, trạm sạc cũng cần được nối với lưới điện nhằm mục tiêu (1) cung cấp điện lên lưới nếu lượng điện mặt trời tạo ra lớn hơn nhu cầu sạc và (2) mua điện từ lưới nếu điện mặt trời tạo ra nhỏ hơn nhu cầu sạc.

Các nghiên cứu về trạm sạc xe điện hiện nay chủ yếu đề cập đến trạm sạc dành cho xe ô tô điện với nguồn cấp cho trạm sạc là từ nguồn điện lưới. Hiện chưa có nhiều nghiên cứu về trạm sạc dành cho xe đạp điện/xe máy điện với các đặc thù khác với trạm sạc ô tô điện như: (1) Công suất, dung lượng ắc quy của phương tiện nhỏ; (2) Số lượng phương tiện sạc cùng thời điểm tại một trạm sạc có thể lên tới vài trăm xe; (3) phù hợp với điều kiện tại các nước đang phát triển.

Trong bài báo này, ngoài việc nghiên cứu tiềm năng xe điện hai bánh và tính khả thi của trạm sạc có tích hợp điện mặt trời dành cho phương tiện chạy điện hai bánh tại Việt Nam, các tác giả còn tiến hành đề xuất và đánh giá tính kinh tế kỹ thuật các phương án trạm sạc xe đạp/xe máy điện tích hợp điện mặt trời tại một tòa nhà văn phòng điển hình.

2. MÔ HÌNH PIN MẶT TRỜI TRONG NGHIÊN CỨU

Để mô tả các module điện mặt trời có thể sử dụng mô hình một diode hoặc mô hình hai diode [35]. Trong đó mô

hình một diode là mô hình được sử dụng trong phần mềm PVsyst trong nghiên cứu này nhằm tính toán kinh tế kỹ thuật các hệ thống điện mặt trời cho trạm sạc. Mô hình một diode được xây dựng dựa trên các phương trình sau:

Dòng quang điện:

$$I_{ph} = [I_{sc} + k_i(T - 298)] \cdot \frac{G}{1000} \tag{1}$$

Dòng bão hòa:

$$I_0 = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{q \cdot E_{g0} \cdot \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T}\right)}{n \cdot K}\right] \tag{2}$$

Dòng bão hòa ngược:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{e^{\left(\frac{q \cdot V_{oc}}{n \cdot N_s \cdot K \cdot T}\right)} - 1} \tag{3}$$

Dòng qua điện trở shunt:

$$I_{sh} = \left(\frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}}\right) \tag{4}$$

Dòng điện ra của module:

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{n \cdot K \cdot N_s \cdot T}\right) - 1\right] - I_{sh} \tag{5}$$

Trong đó:

- I_{sc} : Dòng ngắn mạch (A) (short circuit current)
- k_i : Dòng ngắn mạch của cell ở 25°C và 1000 W/m²
- T: Nhiệt độ làm việc (K)
- T_n : Nhiệt độ danh định (K) (nominal temperature) = 298
- G: Mật độ bức xạ (W/m²)
- q: Điện tích của 1 electron (C) = 1,6.10⁻¹⁹
- V_{oc} : Điện áp hở mạch (V)
- n: Hệ số lý tưởng của diode
- K: Hằng số Boltzmann (J/K) = 1,38.10⁻²³
- E_{g0} : Độ rộng vùng cấm của chất bán dẫn (eV) = 1,1
- N_s : Số cell nối tiếp với nhau
- N_p : Số module PV song song với nhau
- R_s : Điện trở nối tiếp (Ω)
- R_{sh} : Điện trở song song (Ω)
- V_i : Thế nhiệt của diode (V)

Hệ thống điện mặt trời cho trạm sạc được mô phỏng trong nghiên cứu này với các phương án sử dụng panel của Canadian Solar, Tamesol và Jinko Solar. Bảng 1 mô tả các thông số kỹ thuật điển hình của panel Canadian Solar. Các thông số kỹ thuật của panel Canadian Solar, Tamesol và Jinko Solar lần lượt được đưa vào tham số của mô hình một diode trong phần mềm PVsyst nhằm tính toán mô phỏng.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của panel PV

Model (Canadian Solar)	CS3W-415P
Số cell	144
Công suất đỉnh P_{max} (W)	415
Điện áp hở mạch V_{oc} (V)	47,8
Điện áp tại điểm công suất cực đại V_{mp} (V)	39,3
Độ suy giảm V_{oc} theo nhiệt độ (%/deg.C)	-0,29

Dòng ngắn mạch I_{sc} (A)	8,99
Dòng điện tại điểm công suất cực đại I_{mp} (A)	8,45
Độ tăng I_{sc} theo nhiệt độ (%/deg.C)	0,05
Dòng bão hòa diode I_0 (A)	3,7482e-11
Hệ số lý tưởng của diode	0,91286
Điện trở song song R_{sh} (Ω)	116,3362
Điện trở nối tiếp R_s (Ω)	0,51567

3. CÁC PHƯƠNG ÁN KỸ THUẬT TRẠM SẠC

3.1. Thông số kỹ thuật cơ bản

Thông số kỹ thuật cơ bản của ắc quy một số loại xe đạp/xe máy điện tại Việt Nam như trong bảng 2. Có thể thấy, đa số các xe đạp điện/xe máy điện hiện nay ở Việt Nam sử dụng loại ắc quy LiFePo4 với công suất khoảng 1 -1,5kW và thời gian sạc khoảng 3 - 5 giờ.

Bảng 2. Thông số ắc quy của một số xe đạp/xe máy điện tại Việt Nam

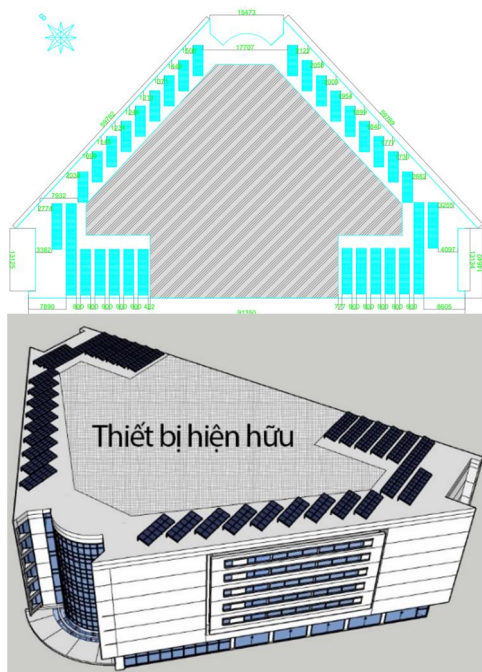
Loại xe	Loại ắc quy	Tuổi thọ	Thời gian sạc	Công suất
Vinfast Klara/Klara S (2020)	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1,2kW
Vinfast Impes	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1,7kW
Vinfast Ludo	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1,1kW
Honda EV-neo	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	3.5 giờ	2,8kW
Honda PCX Electric	LiFePo4 (LFP)	2000 cycles	3 giờ	4,2kW
PEGA Zinger Extra	FLiP	900 cycles	4-6 giờ	N/A
X-men Plus 2016	N/A	N/A	6 giờ	1,2kW
Honda EV Cub	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	1 giờ	3kW

3.2. Các giả thiết đầu vào

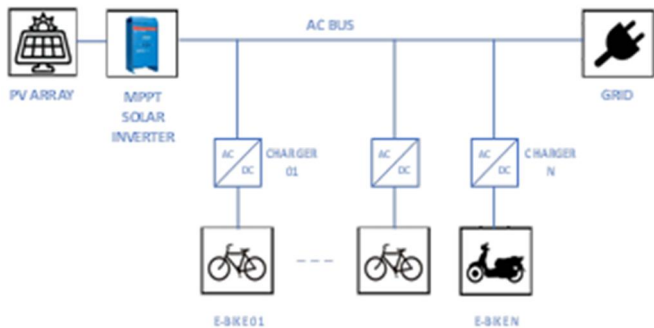
Trong khuôn khổ của bài báo, nhóm tác giả thực hiện tính toán kinh tế kỹ thuật cho trạm sạc xe điện tại tòa nhà văn phòng E.Town 2 - TP. Hồ Chí Minh với các giả thiết ban đầu như sau:

- Công suất: Qua khảo sát diện tích lắp đặt, có thể cho phép xây dựng hệ thống PV với công suất khoảng 100kW.
- Địa điểm lắp đặt: tòa nhà văn phòng E.Town 2 - TP. Hồ Chí Minh. Các thông số cơ bản về số giờ nắng, mật độ bức xạ... tại địa điểm lắp đặt được sử dụng để nghiên cứu.
- Quy mô: Theo bảng 2, đa số các xe đạp/xe máy điện hiện nay có công suất khoảng 1 - 1,5kW. Với công suất hệ thống PV 100kW thì có thể đáp ứng nhu cầu sạc đồng thời khoảng 65 - 100 phương tiện.
- Ổ cắm sạc cho xe điện sử dụng điện xoay chiều một pha 220V

Căn cứ vào kiến trúc hiện hữu, các module PV được bố trí áp mái tại phần diện tích có thể tận dụng, như trên hình 3.



Hình 3. Bố trí các module PV tại tòa nhà E.Town2
Sơ đồ khối của trạm sạc thể hiện như trên hình 4.



Hình 4. Sơ đồ khối trạm sạc xe đạp/xe máy điện

3.3. Kết quả tính toán

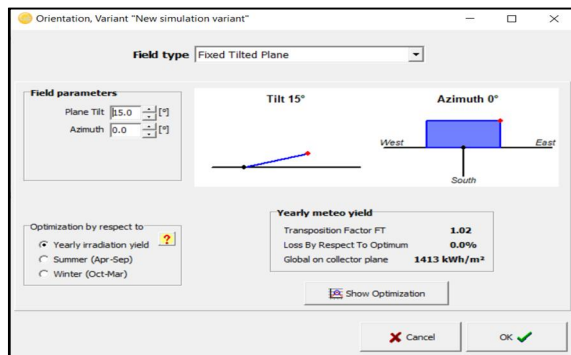
Tính toán kinh tế kỹ thuật dựa trên phần mềm PVsyst. Để so sánh, ba phương án chọn thiết bị khác nhau được đề xuất như trong bảng 3.

Bảng 3. Các phương án chọn thiết bị cho trạm sạc

	PV module	Inverter
Phương án 1	Canadian Solar P: 415W Poly V_{mp} : 39,3V I_{mp} : 10,56A V_{oc} : 47,8V I_{sc} : 11,14 A η : 18,79 % Temp.: -40 - 85°C Dim.: 2108x1048x40 mm	Sungrow SG50KTL V_{inmax} : 1000V $V_{MPPrange}$: 300 - 950V Max. input current / string: 12A No. of strings: 12 S_{out} : 55kVA $V_{out AC}$: 310 - 480V freq.: 50/60Hz I_{outmax} : 80A THD: \leq 3% η : 98,9% Temp.: -25 - 60°C

Phương án 2	Tamesol P: 360 W Mono V_{mp} : 38,9V I_{mp} : 9,26A V_{oc} : 47,2V I_{sc} : 9,79A η : 18,5% Temp.: -40 - 85°C Dim.: 1956x992x40 mm	ABB Trio - TM-50 V_{inmax} : 1000V $V_{MPPrange}$: 570 - 800V Max. input current / string: 36A No. of strings: 15 S_{out} : 50kVA $V_{out AC}$: 320 - 480V freq.: 50/60Hz I_{outmax} : 77A THD: \leq 1% η : 98% Temp.: -25 - 60°C
Phương án 3	Jinko Solar P: 340 W Poly V_{mp} : 35,9V I_{mp} : 7,05A V_{oc} : 44V I_{sc} : 7,98A η : 17,52 % Temp.: -40 - 85°C Dim.: 1956x992x40 mm	Canadian Solar CSI-50KTL-GS-FL V_{inmax} : 1000V $V_{MPPrange}$: 568 - 850V Max. input current / string: 34,3A No. of strings: 12 S_{out} : 50kVA $V_{out AC}$: 422,4 - 528V freq.: 50/60Hz THD: \leq 3% η : 98,8% Temp.: -25 - 60°C

Đối với phương án 1, đặt góc nghiêng module như trên hình 5 và kết quả tính toán sản lượng điện trong một năm được thể hiện trong bảng 4.



Hình 5. Chọn góc nghiêng module cho phương án 1

Bảng 4. Sản lượng điện mặt trời của phương án 1 theo từng tháng trong năm

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	149.0	65.91	26.33	167.1	164.0	14.88	14.68	0.840
February	146.3	67.17	27.11	157.8	154.8	13.94	13.75	0.833
March	164.4	82.01	28.40	168.1	164.4	14.78	14.58	0.829
April	149.1	78.15	29.03	145.3	141.8	12.79	12.61	0.829
May	160.9	90.72	28.50	150.1	146.1	13.35	13.17	0.839
June	161.6	76.42	27.50	147.3	143.4	13.15	12.97	0.842
July	161.7	88.19	27.34	149.3	145.3	13.38	13.20	0.846
August	161.8	81.94	27.29	154.7	150.9	13.77	13.58	0.839
September	136.2	79.85	26.67	136.4	133.2	12.24	12.07	0.846
October	142.3	76.42	26.75	149.6	146.4	13.35	13.16	0.842
November	135.0	71.45	26.35	147.9	144.9	13.24	13.06	0.844
December	137.8	67.15	26.20	154.7	151.8	13.81	13.62	0.842
Year	1806.3	925.38	27.29	1828.3	1786.9	162.68	160.45	0.839

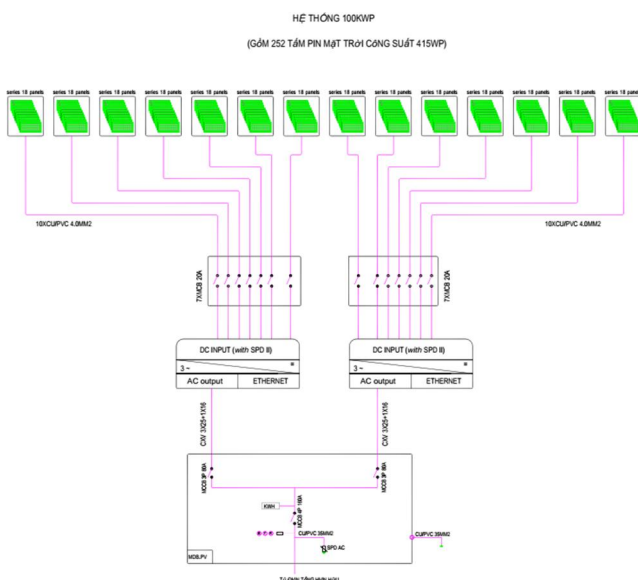
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
DiffHor Horizontal diffuse irradiation
T_Amb Ambient Temperature
GlobInc Global incident in coll. plane
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
EArray Effective energy at the output of the array
E_Grid Energy injected into grid
PR Performance Ratio

Với 3 phương án lựa chọn thiết bị trên, việc so sánh các phương án kỹ thuật cho trạm sạc được thể hiện như bảng 5.

Bảng 5. So sánh phương án kỹ thuật cho trạm sạc

	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Số Inverter	2	2	2
Số module PV	252	252	252
Số module PV trong một string	18	18	18
Số string	14	14	14
Công suất hệ thống	105.000 W	90.000 W	86.000 W

Kết quả thiết kế tính toán cho thấy cả ba phương án đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật trong đó với cùng số lượng module PV, phương án 1 cho công suất ra lớn nhất. Sơ đồ một sợi của hệ thống điện mặt trời ứng với phương án 1 được thể hiện như trên hình 6.



Hình 6. Sơ đồ một sợi hệ thống điện mặt trời

4. ĐÁNH GIÁ KINH TẾ CÁC PHƯƠNG ÁN

Các số liệu cụ thể tính toán được của ba phương án kỹ thuật cho phép xác định chi phí lắp đặt cho trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời như trong bảng 6, 7, 8 với đơn giá được tham khảo từ thị trường và báo giá của Công ty cổ phần xây lắp III Petrolimex chi nhánh Hà Nội cho hệ thống điện mặt trời áp mái.

Bảng 6. Tổng chi phí lắp đặt trạm sạc theo phương án 1

STT	Thiết bị	Đơn vị	Đơn giá (VNĐ)	Số lượng	Thành tiền (VNĐ)
1	PV panel	Tấm	3.215.880	252	810.401.819
2	Inverter	Bộ	56.047.021	2	112.094.041
3	Phụ kiện (ray, kẹp, cáp DC 4mm ² , giắc MC4), tủ điện, MCCB	Bộ	301.000.000	1	301.000.000
4	Kiểm định thiết bị, hệ thống	Gói	14.000.000	1	14.000.000
5	Công lắp đặt, hiệu chỉnh, chạy thử	Gói	146.615.854	1	146.615.854

6	Chi phí bảo dưỡng	Năm	5.250.000	1	5.250.000
Tổng chi phí					1.389.361.714

Bảng 7. Tổng chi phí lắp đặt trạm sạc theo phương án 2

STT	Thiết bị	Đơn vị	Đơn giá (VNĐ)	Số lượng	Thành tiền (VNĐ)
1	PV panel	Tấm	3.739.000	252	942.228.000
2	Inverter	Bộ	126.972.770	2	253.945.540
3	Phụ kiện (ray, kẹp, cáp DC 4mm ² , giắc MC4), tủ điện, MCCB	Bộ	256.000.000	1	256.000.000
4	Kiểm định thiết bị, hệ thống	Gói	14.000.000	1	14.000.000
5	Công lắp đặt, hiệu chỉnh, chạy thử	Gói	126.000.000	1	126.000.000
6	Chi phí bảo dưỡng	Năm	4.500.000	1	4.500.000
Tổng chi phí					1.596.673.540

Bảng 8. Tổng chi phí lắp đặt trạm sạc theo phương án 3

STT	Thiết bị	Đơn vị	Đơn giá (VNĐ)	Số lượng	Thành tiền (VNĐ)
1	PV panel	Tấm	2.274.909	252	573.277.068
2	Inverter	Bộ	151.966.238	2	303.932.476
3	Phụ kiện (ray, kẹp, cáp DC 4mm ² , giắc MC4), tủ điện, MCCB	Bộ	244.000.000	1	244.000.000
4	Kiểm định thiết bị, hệ thống	Gói	14.000.000	1	14.000.000
5	Công lắp đặt, hiệu chỉnh, chạy thử	Gói	120.400.000	1	120.400.000
6	Chi phí bảo dưỡng	Năm	4.300.000	1	4.300.000
Tổng chi phí					1.259.909.544

So sánh chi phí đầu tư của 3 phương án nhận thấy phương án 1 có chi phí đầu tư trung bình nhưng công suất thu được lớn nhất. Công suất ra của phương án 1 gấp 1,17 lần phương án 2 nhưng chi phí nhỏ hơn. So sánh giữa phương án 1 và phương án 3, công suất ra phương án 1 gấp 1,22 lần phương án 3 trong khi chi phí đầu tư gấp 1,1 lần. Như vậy, trong 3 phương án thiết kế, việc lựa chọn phương án 1 là hợp lý về mặt kinh tế kỹ thuật.

Tính toán thời gian thu hồi vốn của phương án 1 dựa trên các dữ liệu:

- Giá bán lẻ điện cho kinh doanh giờ bình thường là 2,442VNĐ/kWh, giờ thấp điểm là 1,346VNĐ/kWh và giờ cao điểm là 4,251VNĐ/kWh (theo Thông tư số 16/2014/TT-BCT và Quyết định số 648/QĐ-BCT ngày 20/03/2019 của Bộ Công Thương).

- Số giờ nắng là 3,98h tại địa điểm lắp đặt. Đây là số liệu có được từ phần mềm PVsyst tham chiếu trên dữ liệu của NASA.

- Giả thiết điện mặt trời tạo ra là tự dùng 100%
- Tỷ lệ tăng giá điện hàng năm giả thiết là 3% (theo Quyết định số 24/2017/QĐ-TTg)

- Tại khoản 1, khoản 2 Điều 15 Nghị định số 218/2013/NĐ-CP ngày 26/12/2013 của Chính phủ quy định

chi tiết và hướng dẫn thi hành Luật thuế thu nhập doanh nghiệp quy định “1. Thuế suất ưu đãi 10% trong thời hạn 15 năm áp dụng đối với lĩnh vực sản xuất năng lượng tái tạo.

- Tại khoản 1, khoản 2 Điều 16 Nghị định số 218/2013/NĐ-CP quy định: “1. Miễn thuế 4 năm, giảm 50% số thuế phải nộp trong 9 năm tiếp theo đối với lĩnh vực sản xuất năng lượng tái tạo.

Bảng 9 thể hiện các chỉ tiêu tài chính ứng với phương án 1 khi vận hành trạm sạc trong 20 năm. Thời gian thu hồi vốn là 4 năm. Với thời gian vận hành khoảng 20 năm, phương án 1 có khả năng đem lại hiệu quả kinh tế cao

5. KẾT LUẬN

Bài báo thực hiện nghiên cứu xu hướng điện khí hóa giao thông và tính khả thi của trạm sạc tích hợp điện mặt trời dành cho xe đạp điện/xe máy điện tại Việt Nam, đồng thời lên phương án thiết kế tính toán kinh tế kỹ thuật cho trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời tại tòa nhà văn phòng E.Town 2 - TP. Hồ Chí Minh.

Có thể thấy, tại các nước đang phát triển nói chung và Việt Nam nói riêng, sự chuyển dịch từ phương tiện chạy xăng/dầu sang phương tiện chạy điện cũng không nằm ngoài xu hướng điện khí hóa giao thông trên thế giới. Tuy nhiên, các đặc thù về kinh tế xã hội, mức thu nhập, quỹ đất giao thông đô thị... cùng với xu hướng phát triển bền vững và hạn chế ô nhiễm không khí, dẫn đến phương tiện chạy điện hai bánh là một lựa chọn tiềm năng cho giao thông đô thị.

Đối với cơ sở hạ tầng hỗ trợ xe điện, việc tích hợp điện mặt trời vào trạm sạc cho thấy giải pháp hiệu quả trong việc giảm nhu cầu năng lượng và công suất từ lưới, khai thác tiềm năng điện mặt trời áp mái. Năng lượng sạch được sản xuất và phục vụ mục đích chính là tiêu thụ tại chỗ, đón đầu xu hướng giảm giá FIT. Khả năng tiếp cận điện mặt trời đối với trạm sạc cũng tương đối thuận tiện do có thể lắp các module PV trên mái nhà/văn phòng gắn với vị trí để xe hoặc lắp đặt/sử dụng làm mái che phương tiện.

Với xu hướng phát triển các phương tiện chạy điện, đồng thời chi phí lắp đặt các hệ thống điện mặt trời ngày càng giảm, vấn đề tích hợp điện mặt trời vào trạm sạc có thể xem là giải pháp xanh và bền vững, giải quyết các vấn đề ô nhiễm khí thải, đặc biệt là tại các thành phố lớn.

Nghiên cứu cũng đề xuất các phương án kỹ thuật cho trạm sạc xe điện tại tòa nhà văn phòng phục vụ nhu cầu sạc xe điện của cán bộ công nhân viên với thời gian làm việc hành chính phù hợp với thời gian sạc và profile bức xạ mặt trời. Việc tính toán định lượng các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của từng phương án cũng được thực hiện nhằm chỉ ra phương án hiệu quả.

Việc tích hợp điện mặt trời cho trạm sạc xe điện cũng tồn tại các vấn đề cần giải quyết, đặc biệt là các vấn đề giải pháp điều khiển, giám sát dòng năng lượng giữa hệ thống PV - xe điện và lưới. Các vấn đề điều khiển, quản lý, giám sát dòng năng lượng tối ưu, đặc biệt là khi số lượng và nhu cầu sạc, thời điểm sạc của các xe điện khác nhau

Bảng 9. Tính toán các chỉ tiêu tài chính theo phương án 1

Năm	Sản lượng điện tự dùng	Giá tiền điện hàng năm	Giá trị tiết kiệm	Chi phí bảo trì	Khấu hao 10 năm	Thuế thu nhập doanh nghiệp	Thuế TNDN phải đóng	Giá trị tài chính
1	152.534	2.894	441.470.082	-	138.936.171	-	-	(947.891.632)
2	147.957	2.981	441.072.759	-	138.936.171	-	-	(506.818.873)
3	136.121	3.071	417.960.547	-	138.936.171	-	-	(88.858.326)
4	125.231	3.163	396.059.414	-	138.936.171	-	-	307.201.088
5	115.213	3.258	375.305.901	-	138.936.171	10%	23.636.973	658.870.016
6	105.996	3.355	355.639.872	1.778.199	138.936.171	10%	21.492.550	993.017.338
7	97.516	3.456	337.004.342	1.685.022	138.936.171	10%	19.638.315	1.310.383.365
8	89.715	3.560	319.345.315	1.596.727	138.936.171	10%	17.881.242	1.611.847.438
9	82.538	3.666	302.611.620	1.513.058	138.936.171	10%	16.216.239	1.898.242.819
10	75.935	3.776	286.754.771	1.433.774	138.936.171	10%	14.638.483	2.170.359.108
11	69.860	3.890	271.728.821	1.358.644	-	10%	27.037.018	2.415.050.912
12	64.271	4.006	257.490.231	1.287.451	-	10%	25.620.278	2.646.920.865
13	59.129	4.127	243.997.743	1.219.989	-	10%	24.277.775	2.866.640.832
14	54.399	4.250	231.212.261	1.156.061	-	10%	23.005.620	3.074.847.474
15	50.047	4.378	219.096.739	1.095.484	-	10%	21.800.126	3.272.144.087
16	46.043	4.509	207.616.070	1.038.080	-	20%	41.315.598	3.438.444.559
17	42.360	4.644	196.736.988	983.685	-	20%	39.150.661	3.596.030.886
18	38.971	4.784	186.427.969	932.140	-	20%	37.099.166	3.745.359.689
19	35.853	4.927	176.659.144	883.296	-	20%	35.155.170	3.886.863.663
20	32.985	5.075	167.402.205	837.011	-	20%	33.313.039	4.020.952.829

cũng cần thiết phải xây dựng các mô hình toán cho các phần tử như xe điện, PV panel, inverter... và giải thuật điều khiển. Những khía cạnh đó cần được làm rõ trong những nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. N.H.Duc, T.V.Tuan, M.D.Thuan, 2016. *Nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng trạm nạp sử dụng pin mặt trời cho xe đạp điện tại các trường học*. Đề tài nghiên cứu khoa học Trường Đại học Điện Lực.
- [2]. International Energy Agency, 2020. *Global EV Outlook 2020*.
- [3]. Ngọc T.B., 2015. *Challenges and solutions for sustainable urban transport in cities of Vietnam*. Department of transport - Vietnam Ministry of Transport.
- [4]. Centre for LiveableCities - Singapore, Urban Land Institute - Asia Pacific, 2017. *Urban mobility: 10 cities leading the way in Asia-Pacific*.
- [5]. United Nations, 2018. *Road Safety Performance Review - Vietnam*.
- [6]. Sarmad Zaman Rajper, Johan Albrecht, 2020. *Prospects of Electric Vehicles in the Developing Countries: A Literature Review*. Sustainability.
- [7]. Doucette, R.T., McCulloch, M.D., 2011. *Modeling the CO₂ Emissions from Battery Electric Vehicles given the Power Generation Mixes of Different Countries*. Energy Policy 39, 803–811.
- [8]. International Energy Agency, 2018. *Global EV Outlook 2018. Towards Cross-modal Electrification*. Paris: OECD Publishing.
- [9]. Bakker, S., 2019. *Electric Two-Wheelers, Sustainable Mobility and the City. In Sustainable Cities-Authenticity, Ambition and Dream*. IntechOpen: London, UK.
- [10]. Lin, X., Wells, P., Sovacool, B.K., 2017. *Benign Mobility? Electric Bicycles, Sustainable Transport Consumption Behaviour and Socio-Technical Transitions in Nanjing, China*. Transp. Res. Part A Policy Pract., 103, 223–234.
- [11]. Shukla, P., Dhar, S., Pathak, M., Bhaskar, K., 2014. *Electric Vehicles Scenarios and a Roadmap for India*. Magnum Custom Publishing: New Delhi, India.
- [12]. Wahab, L., Jiang, H., 2018. *Factors influencing the adoption of electric vehicle: the case of electric motorcycle in northern Ghana*. International Journal for Traffic and Transport Engineering, Vol. 9.
- [13]. Jones, L.R., Cherry, C.R., Vu, T.A., Nguyen, Q.N., 2013. *The Effect of Incentives and Technology on the Adoption of Electric Motorcycles: A Stated Choice Experiment in Vietnam*. Transp. Res. Part A Policy Pract., 57, 1–11.
- [14]. Tuayharn, K., Kaewtatip, P., Ruangjirakit, K., Limthongkul, P., ICE, 2015. *Motorcycle and Electric Motorcycle: Environmental and Economic Analysis*. In SAE Technical Papers; SAE International: New York, NY, USA.
- [15]. Eccarius, T., Lu, C.C., 2020. *Powered Two-Wheelers for Sustainable Mobility: A Review of Consumer Adoption of Electric Motorcycles*. Int. J. Sustain. Transp., 215–231.
- [16]. Guerra, E., 2019. *Electric Vehicles, Air Pollution, and the Motorcycle City: A Stated Preference Survey of Consumers' Willingness to Adopt Electric Motorcycles in Solo, Indonesia*. Transp. Res. Part D Transp. Environ., 68, 52–64.
- [17]. C. R. Cherry, 2007. *Electric Two-Wheelers in China: Analysis of Environmental, Safety, and Mobility Impacts*. University of California, Berkeley.
- [18]. Đặng Mạnh Đoàn, Trần Thị Diệu Hằng, Phan Ban Mai, 2010. *Thực trạng ô nhiễm môi trường không khí Hà Nội và kiến nghị nhằm giảm thiểu ô nhiễm*. Tuyển tập báo cáo hội thảo khoa học lần thứ 10, Viện Khoa học khí tượng thủy văn môi trường.
- [19]. Dương Ngọc Bách, Phạm Ngọc Hồ, Nguyễn Việt Hoài, Phan Văn Hùng, Phạm Thị Thu Hà, 2016. *Mô phỏng ô nhiễm bụi PM10 từ hoạt động giao thông trên tuyến đường Trường Chinh - Hà Nội bằng phần mềm Calroads view*. VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences, [S.l.], v. 32, n. 1S, ISSN 2588-1094.
- [20]. Vũ Ngọc Khiêm, 2019. *Xu hướng di chuyển bằng xe điện thân thiện môi trường*. Tạp chí môi trường (ISSN: 2615:9597), Số 7, 2019.
- [21]. M. Messagie, F. S. Boureima, T. Coosemans, C. Macharis, J. Van Mierlo, 2014. *A range-based vehicle life cycle assessment incorporating variability in the environmental assessment of different vehicle technologies and fuels*. Energies, vol. 7, no. 3, pp. 1467–1482.
- [22]. A. Nordelöf, M. Messagie, A. M. Tillman, M. Ljunggren Söderman, J. Van Mierlo, 2014. *Environmental impacts of hybrid, plug-in hybrid, and battery electric vehicles - what can we learn from life cycle assessment?*. International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 19, no. 11. pp. 1866–1890.
- [23]. S. Rangaraju, L. De Vroey, M. Messagie, J. Mertens, J. Van Mierlo, 2015. *Impacts of electricity mix, charging profile, and driving behavior on the emissions performance of battery electric vehicles: A Belgian case study*. Appl. Energy, vol. 148, pp. 496–505.
- [24]. David Feldman, Robert Margolis, 2019. *Q1/Q2 2019 Solar Industry Update*. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- [25]. G. R. Chandra Mouli, P. Bauer, M. Zeman, 2015. *Comparison of system architecture and converter topology for a solar powered electric vehicle charging station*. 9th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE-ECCE Asia), pp. 1908–1915.
- [26]. G. R. Chandra Mouli, P. Bauer, M. Zeman, 2016. *System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces*. Appl. Energy, vol. 168, pp. 434–443.
- [27]. G. Carli, S. S. Williamson, 2013. *Technical Considerations on Power Conversion for Electric and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Battery Charging in Photovoltaic Installations*. IEEE Trans. Power Electron., vol. 28, no. 12, pp. 5784–5792.
- [28]. P. Goli, W. Shireen, 2014. *PV powered smart charging station for PHEVs*. Renew. Energy, vol. 66, pp. 280–287.
- [29]. G. R. C. Mouli, M. Leendertse, V. Prasanth, P. Bauer, S. Silvester, S. van de Geer, M. Zeman, 2016. *Economic and CO₂ Emission Benefits of a Solar Powered Electric Vehicle Charging Station for Workplaces in the Netherlands*. IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC), pp. 1–7.
- [30]. P. J. Tulpule, V. Marano, S. Yurkovich, G. Rizzoni, 2013. *Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station*. Appl. Energy, vol. 108, pp. 323–332.
- [31]. Eleonora Riva Sanseverino, Hang Le Thi Thuy, Manh-Hai Pham, Maria Luisa Di Silvestre, Ninh Nguyen Quang, Salvatore Favuzza, 2020. *Review of Potential and Actual Penetration of Solar Power in Vietnam*. Energies.
- [32]. Thủ tướng Chính phủ, 2019. *Quyết định số 02/2019/QĐ-TTg về sửa đổi, bổ sung một số điều của quyết định số 11/2017/QĐ-TTg về cơ chế khuyến khích phát triển các dự án điện mặt trời ở Việt Nam*.
- [33]. Bộ Công Thương, 2019. *Thông tư số 05/2019/TT-BCT sửa đổi, bổ sung một số điều của thông tư 16/2017/TT-BCT của bộ trưởng Bộ Công Thương quy định về phát triển dự án và hợp đồng mua bán điện mẫu áp dụng cho các dự án điện mặt trời*.
- [34]. Kamel A. Alboaouh, Salman Mohagheghi, 2020. *Impact of Rooftop Photovoltaics on the Distribution System*. Journal of Renewable Energy.
- [35]. Nahla Mohamed Abd Alrahim Shannan, Nor Zaihar Yahaya, Balbir Singh, 2013. *Single-Diode Model and Two-Diode Model of PV Modules: A Comparison*. IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering.
- [36]. NTSC, Vietnam register 2016, Vietnam National Statistics Office, Other country data for 2010-2014 period 2016.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Ngoc Van, Nguyen Huu Duc
Electric Power University