

BÀI TOÁN ĐÁNH GIÁ, SO SÁNH KINH TẾ - KỸ THUẬT CÁC PHƯƠNG ÁN TRẠM SẠC XE ĐẠP ĐIỆN SỬ DỤNG ĐIỆN MẶT TRỜI TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐIỆN LỰC

TECHNICAL AND ECONOMICAL ASSESSMENT OF PV BASED CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC BICYCLES AT ELECTRIC POWER UNIVERSITY

Nguyễn Ngọc Văn, Nguyễn Hữu Đức

Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 30/06/2020, Ngày chấp nhận đăng: 16/03/2020, Phản biện: TS. Vũ Hoàng Giang

Tóm tắt:

Sự phổ biến của các phương tiện hai bánh ở Việt Nam xuất phát từ sự thiếu hụt phương tiện công cộng, cơ sở hạ tầng và điều kiện kinh tế. Mặc dù có độ linh hoạt cao và giá thành thấp, các phương tiện chạy xăng được xem là nguyên nhân gây nên chất lượng không khí kém. Xe điện hai bánh, loại phương tiện ít ô nhiễm hơn, có thể là một giải pháp thay thế hiệu quả. Tuy nhiên, sự chuyển dịch này chỉ có lợi cho môi trường nếu điện năng sử dụng để sạc xe điện được lấy từ các nguồn năng lượng tái tạo thay vì nhiên liệu hóa thạch. Bài báo này nhằm mục tiêu nghiên cứu đánh giá tính khả thi của trạm sạc xe điện tích hợp điện mặt trời áp dụng tại Trường Đại học Điện lực.

Từ khóa:

Xe đạp điện, xe máy điện, trạm sạc, điện mặt trời.

Abstract:

The popular availability of two-wheeled vehicles in Vietnam derives from the lack of public transport, poor traffic infrastructure and economic condition. Despite high flexibility and low cost, these gasoline-powered vehicles are likely mentioned as a culprit of making poor air quality. Electric two-wheelers, which are less polluting, should be considered as an alternative. However, this transition is only beneficial to environment if the electricity used to charge e-bikes comes from renewable sources instead of fossil fuel-based power plants. This paper aims to research on the feasibility of PV integrated charging stations in Vietnam as well as conduct an economic and technical assessment of a PV integrated charging station.

Keywords:

E-bikes, electric motorbikes, charging stations, solar energy.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các nguồn năng lượng tái tạo có nhiều ưu điểm nổi bật nếu so sánh với năng lượng hóa thạch như (1) có thể được tái cung

cấp (refill) một cách bền vững và (2) ít hoặc không phát thải CO₂. Năng lượng tái tạo là giải pháp lý tưởng và hiệu quả nhằm giải quyết các vấn đề về môi trường và phát triển bền vững.

Ưu điểm chính của EV (xe điện - Electric Vehicle) là chi phí vận hành thấp, thân thiện với môi trường và gần như không phải bảo trì. Với các chính sách khuyến khích phát triển năng lượng tái tạo, điện mặt trời, đặc biệt là điện mặt trời hòa lưới được thương mại hóa mạnh mẽ ở nhiều quốc gia, do có tiềm năng kinh tế trung và dài hạn [1].

Trong lĩnh vực giao thông, xe điện được xem là phương tiện giao thông của tương lai. Tuyên bố Paris về phương tiện chạy điện, biến đổi khí hậu và kêu gọi hành động, kêu gọi triển khai toàn cầu 100 triệu xe điện cho tới năm 2030. Phương tiện chạy điện có hiệu quả năng lượng cao hơn nhiều so với phương tiện chạy xăng/ dầu, đồng thời không phát sinh khí thải. Chúng cũng có hệ truyền động đơn giản hơn, ít ồn và ít phải bảo trì.

Tuy nhiên việc phát triển các phương tiện chạy điện chỉ có thể xem là bền vững nếu như điện năng sử dụng để sạc các phương tiện này xuất phát từ các nguồn năng lượng tái tạo chứ không phải từ các nhà máy điện nhiên liệu hóa thạch.

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 [2]-[4]. Nếu EVs 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 EV 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 (PV - photovoltaics) là một lựa chọn hấp dẫn bởi một số yếu tố:

(1) Chi phí của môđun PV liên tục giảm và hiện nay (Q1 2019) là nhỏ hơn 0.3 \$/Wp [5].

(2) Khả năng tiếp cận của chủ xe điện với điện mặt trời rất dễ dàng do các môđun 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 môđun 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 sạc cao.

(4) Các hệ thống điện mặt trời thông thường sử dụng acquy 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, acquy của xe điện cũng có thể đóng vai trò thiết bị tích

trữ năng lượng [6]-[9].

(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 [10], [11].

(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 những ưu điểm kể trên, vấn đề sạc xe điện từ các môđun PV và các trạm sạc tích hợp điện mặt trời dành cho EV là giải pháp phát triển bền vững. 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 acquy của phương tiện nhỏ; (2) số lượng phương tiện sạc cùng thời điểm tại một trạm sạc có thể lên tới vài trăm xe.

Tại các thành phố lớn ở Việt Nam, do các yếu tố đặc thù về cơ sở hạ tầng, mật độ dân cư, điều kiện kinh tế và mức độ đáp ứng của các phương tiện giao thông công cộng..., xe máy chạy xăng được sử dụng rộng rãi với các ưu điểm về chi phí, độ

tiện lợi, và tính linh hoạt khi di chuyển [1]. Tuy nhiên, với xu hướng phát triển bền vững, hạn chế ô nhiễm, các chính sách hạn chế đăng ký xe máy xăng 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 đề xuất. Bắt nhịp với xu hướng này, các nhà sản xuất như Vinfast, tập đoàn MBI Hàn Quốc, Piaggio cũng đã đầu tư nghiên cứu sản xuất xe máy điện/xe đạp điện, như là một giải pháp xanh nhằm thay thế xe máy chạy xăng cho thị trường Việt Nam.

Mục tiêu của bài báo này là nghiên cứu kinh tế kỹ thuật và tính khả thi của trạm sạc có tích hợp điện mặt trời dành cho phương tiện chạy điện hai bánh tại Việt Nam. Cấu trúc của bài báo gồm các phần: Mô hình hóa xe đạp điện/xe máy điện; mô hình điện mặt trời và thiết kế kinh tế kỹ thuật cho trạm sạc xe điện.

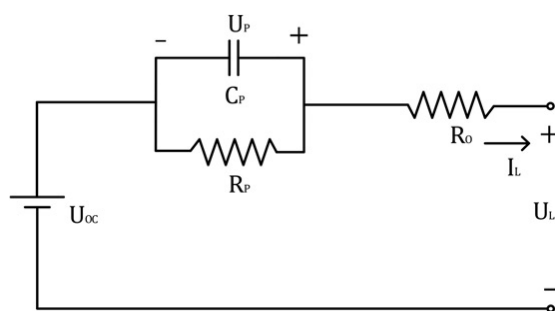
2. MÔ HÌNH XE ĐIỆN

Mô hình hóa acquy đóng vai trò đặc biệt quan trọng đối với xe điện. Các mô hình acquy được nhà thiết kế xe điện sử dụng nhằm tối ưu hóa kích cỡ của hệ tích trữ năng lượng đồng thời dự đoán được phản ứng của hệ tích trữ. Ngoài ra, các mô hình acquy là công cụ mạnh cho phép BMS ước lượng theo thời gian thực SOC và hiệu năng của acquy. Do các xe điện hiện nay đa phần sử dụng acquy Li-ion với mật độ năng lượng cao, các mô hình mô tả chính xác loại acquy này cần được xem xét.

Nhìn chung, mô hình acquy được chia thành mô hình điện hóa (electrochemical model); mô hình mạng neuron nhân tạo và mô hình mạch điện tương đương [12]. Mô hình điện hóa (như mô hình Shepherd và Unnewehr) mô tả phản ứng hóa học ở mức phân tử bên trong acquy. Tác động động của acquy được mô tả bởi các phương trình vi phân cơ bản cho mỗi phản ứng hóa học. Để đạt được độ chính xác phù hợp, nhiều tham số được sử dụng để mô phỏng sự phân cực acquy. Bởi vì quá trình điện hóa ở acquy liên quan đến các điều kiện môi trường nên sẽ rất phức tạp để đạt được một mô hình điện hóa chính xác. Thậm chí, nếu một mô hình điện hóa chính xác có thể được thiết lập dưới các điều kiện nhất định thì ứng dụng của mô hình đó trong điều kiện làm việc thực cũng hạn chế [12]. Mô hình mạng neuron nhân tạo (như mạng neuron BP hoặc mạng neuron RBF) sử dụng các tính chất phi tuyến và tự học của mạng neuron kết hợp với các dữ liệu thực nghiệm nhằm thiết lập mối quan hệ giữa các thông số khác nhau của hệ acquy. Nhược điểm là mạng neuron cần lượng lớn các dữ liệu thực nghiệm nhằm dự báo hoạt động của acquy. Mô hình mạch điện thay thế tương đương sử dụng điện trở, điện dung, nguồn áp và các phần tử mạch khác để mô phỏng động acquy. Các mô hình mạch điện thay thế tương đương thường được sử dụng gồm mô hình R_{int} , RC, PNGV (Partnership for a New Generation of Vehicles) và mô hình Thevenin. Mô hình RC chỉ mô tả sự phân cực của acquy sử dụng điện dung mà không phản ánh điện trở. Mô hình

PNGV là mô hình tiêu chuẩn nhằm mô phỏng các mối quan hệ phức tạp bên trong acquy trong quá trình nạp/xả, nhưng mức độ phức tạp của giải thuật làm việc mô phỏng rất khó khăn. Mô hình Thevenin phản ánh điện dung và điện trở của acquy và giải thuật của nó tương đối đơn giản và dễ thực hiện [12].

Mô hình mạch điện tương đương chứa tương đối ít tham số và rất dễ thu được các phương trình không gian trạng thái [13]. Do đó nó được sử dụng rất rộng rãi trong mô phỏng hệ thống và các hệ thống điều khiển thời gian thực. Rất nhiều thực nghiệm cho thấy rằng với acquy LiFePo và LiMnCo, mô hình mạch điện tương đương RC bậc 1 là phù hợp [14]. Mô hình này vừa đơn giản vừa chính xác cao [15]. Do đó mạch điện thay thế tương đương bậc 1 được sử dụng để xác định các tham số mô hình cũng như ước lượng SOC.



Hình 1. Mô hình mạch điện thay thế tương đương của acquy

Mạch điện thay thế tương đương của acquy được thể hiện như hình 1. Trong đó:

U_{OC} - điện áp hở mạch;

R_O - nội trở thuần của acquy (ohmic internal resistance);

R_P - điện trở phân cực nội của acquy
(internal polarization resistance);

C_P - tụ điện phân cực của acquy;

I_L - dòng điện tổng;

U_L - điện áp tải.

Mạch vòng $R_P C_P$ được sử dụng để mô tả hiệu ứng phân cực của acquy. Do mô hình có xét tới cả hiệu ứng phân cực, nó có thể mô phỏng một cách chính xác các đặc tính nạp/xả của acquy.

Theo mô hình mạch điện tương đương RC bậc 1, hệ phương trình trạng thái (1) của mô hình có thể được thiết lập qua các luật Kirchhoff.

$$\begin{cases} U_L(t) = U_{OC}(t) - U_P(t) - U_0(t) \\ \frac{dU_P}{dt} = -\frac{U_P}{R_P C_P} + \frac{I_L}{C_P} \\ U_{OC} = f(SOC(t)) \\ SOC(t) = SOC(0) - \frac{\int_0^t i_L dt}{C_n} \\ U_0 = R_0 I_L \end{cases} \quad (1)$$

Rời rạc hóa hệ phương trình (1) ta được hệ phương trình rời rạc (2)

$$\begin{cases} \begin{bmatrix} U_{P,K+1} \\ SOC_{K+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{T_S}{R_P C_P} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{P,K} \\ SOC_K \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{T_S}{C_P} \\ -\frac{T_S}{C_n} \end{bmatrix} I_{L,K} \\ U_{L,K} = [1 \quad 1] \begin{bmatrix} U_{OC,K} \\ -U_{P,K} \end{bmatrix} - R_0 I_{L,K} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó biến trạng thái hệ thống là $x_k = [U_{OC,K} \quad -U_{P,K}]^T$;

$U_{P,K}$ là điện áp trên tụ điện C_P ở thời điểm k ;

SOC_k là SOC của acquy ở thời điểm k ;

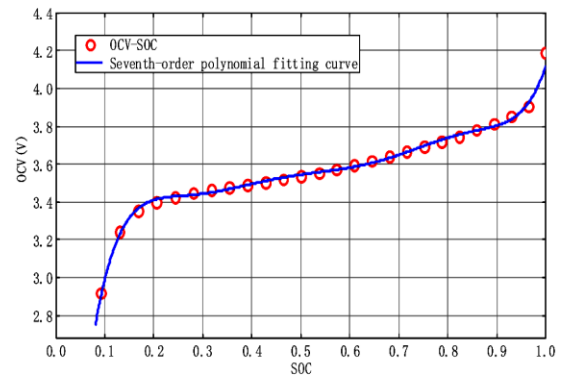
T_S - chu kỳ trích mẫu;

$I_{L,K}$ - dòng điện ở thời điểm k ;

Điện áp đầu cực $U_{L,K}$ là đầu ra của hệ thống ở thời điểm k ;

Điện áp hở mạch $U_{OC,K}$ là hàm của SOC.

Dữ liệu sử dụng trong mô hình lấy từ dữ liệu của acquy B6 và B25 trong cơ sở dữ liệu acquy của NASA Research Center. Quan hệ giữa điện áp hở mạch và SOC của acquy B6 được thể hiện như hình 2.



Hình 2. Đặc tính OCV-SOC

Đặc tính OCV-SOC được xấp xỉ hóa bởi hàm (3)

$$V_{OC} = 496.46 \times SOC^7 - 1934.7 \times SOC^6 + 3103.4 \times SOC^5 - 2644.2 \times SOC^4 + 1286.9 \times SOC^3 - 356.2 \times SOC^2 + 52 \times SOC + 0.29 \quad (3)$$

Các giá trị điện dung và điện trở với acquy B6 giả thiết là không đổi và được cho trong bảng 1.

Bảng 1. Các tham số của mô hình acquy

Tham số	Giá trị
Điện trở R_0	0.204 Ω
Điện trở phân cực R_P	2.109 Ω
Điện dung phân cực C_P	6583 F

3. MÔ HÌNH PIN MẶT TRỜI

Để mô tả các môđun điện mặt trời có thể sử dụng mô hình một điôt hoặc mô hình hai điôt [16]. Mô hình một điôt được xây dựng dựa trên các phương trình sau:

Dòng quang điện:

$$I_{ph} = [I_{sc} + k_i(T - 298)] \cdot \frac{G}{1000} \quad (4)$$

Dòng bão hòa:

$$I_0 = I_{rs} \cdot \left(\frac{T}{T_n}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{q \cdot E_{g0} \cdot \left(\frac{1}{T_n} - \frac{1}{T}\right)}{n \cdot K}\right] \quad (5)$$

Dòng bão hòa ngược:

$$I_{rs} = \frac{I_{sc}}{e^{\left(\frac{q \cdot V_{oc}}{n \cdot N_s \cdot K \cdot T}\right)} - 1} \quad (6)$$

Dòng qua điện trở shunt:

$$I_{sh} = \left(\frac{V + I \cdot R_s}{R_{sh}}\right) \quad (7)$$

Dòng điện ra của môđun:

$$I = I_{ph} - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q \cdot (V + I \cdot R_s)}{n \cdot K \cdot N_s \cdot T}\right) - 1\right] - I_{sh} \quad (8)$$

Trong đó:

I_{sc} - dòng ngắn mạch (A) (short circuit current);

k_i - dòng ngắn mạch của cell ở 25⁰⁰C 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;

$(C) = 1,6 \times 10^{-19}$;

V_{oc} - điện áp hở mạch (V);

n - hệ số lý tưởng của điôt ;

K - hằng số Boltzmann

$(J/K) = 1,38 \times 10^{-23}$;

E_{g0} - độ rộng vùng cấm của chất bán dẫn (eV) = 1,1;

N_s - số cell nối tiếp với nhau;

N_p - số môđun PV song song với nhau;

R_s - điện trở nối tiếp (Ω);

R_{sh} - điện trở song song (Ω);

V_t - thế nhiệt của điôt (V).

Hệ thống điện mặt trời được mô phỏng với panel có các thông số cơ bản như bảng 2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của panel PV

	CS3W-15P
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 điôt I_0 (A)	3.7482e-11
Hệ số lý tưởng của điôt	0.91286
Điện trở song song R_{sh} (Ω)	116.3362
Điện trở nối tiếp R_s (Ω)	0.51567

4. CÁC PHƯƠNG ÁN KỸ THUẬT TRẠM SẠC

4.1. Thông số kỹ thuật cơ bản

Thông số kỹ thuật cơ bản của acquy một số loại xe đạp/xe máy điện tại Việt Nam như trong bảng 3. Có thể thấy, đa số các xe đạp/xe máy điện hiện nay ở Việt Nam sử dụng loại acquy LiFePo4 với công suất khoảng 1-1.5 kW và có thời gian sạc khoảng 3-5 giờ.

Bảng 3. Thông số acquy của một số xe đạp/xe máy điện tại Việt Nam

Loại xe	Loại acquy	Tuổi thọ	Thời gian sạc	Công suất
Vinfast Klara/Klara S (2020)	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1.2 kW
Vinfast Impes	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1.7 kW
Vinfast Ludo	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	5 giờ	1.1 kW
Honda EV-neo	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	3.5 giờ	2.8 kW
Honda PCX Electric	LiFePo4 (LFP)	2000 cycles	3 giờ	4.2 kW
PEGA Zinger Extra	FLiP	900 cycles	4-6 giờ	N/A
X-men Plus 2016	N/A	N/A	6 giờ	1.2 kW
Honda EV Cub	LiFePo4 (LFP)	1000 cycles	1 giờ	3 kW

Qua khảo sát, thông số kỹ thuật cơ bản của bộ sạc được thể hiện trong bảng 4 [1].

Bảng 4. Thông số kỹ thuật cơ bản của bộ sạc xe đạp/xe máy điện

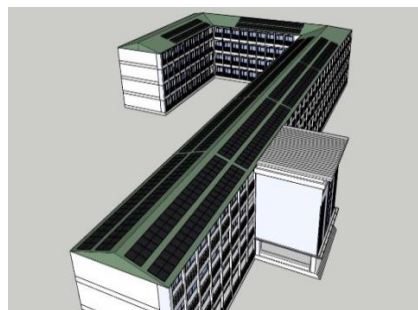
Điện áp sơ cấp	Điện áp thứ cấp	Điện áp đầu ra của bộ sạc	Điện áp acquy
230 VAC	15 VAC	13.8 VDC	12 VDC

4.2. 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 Trường Đại học Điện lực với các giả thiết ban đầu như sau:

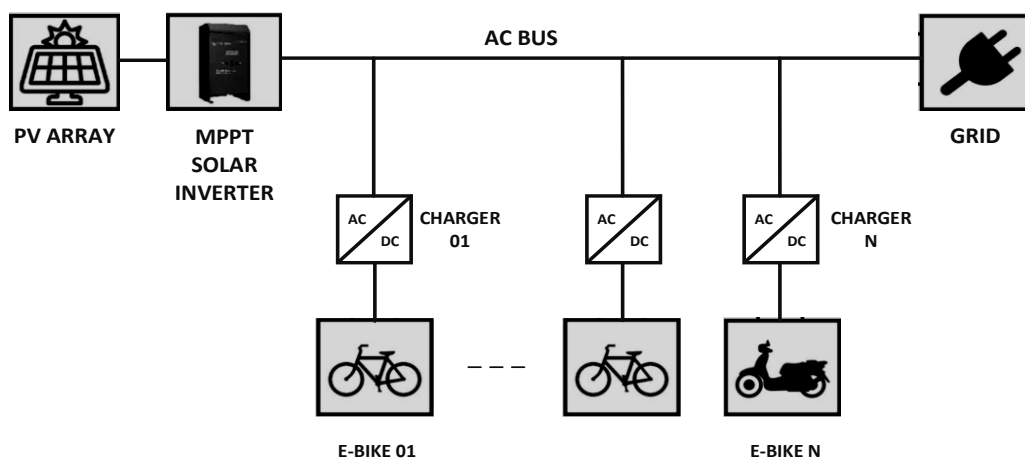
- Quy mô: phục vụ 100 xe đạp điện của sinh viên và cán bộ công nhân viên.
- Địa điểm lắp đặt: Trường Đại học Điện lực. Các thông số cơ bản về số giờ nắng, mật độ bức xạ... của Hà Nội được sử dụng để nghiên cứu.
- Trung bình một xe đạp điện sạc tại trường khoảng 1-1.3 kWh.
- Ổ cắm sạc cho xe điện sử dụng điện xoay chiều một pha 220V.

Căn cứ vào kiến trúc hiện hữu, các mô đun PV được bố trí áp mái, chủ yếu tại nhà A và một số mô đun được bố trí tại nhà M và nhà G như trên hình 3.



Hình 3. Bố trí các mô đun PV tại Trường Đại học Điện lực

Căn cứ vào quy mô trạm sạc và công suất công suất thiết kế là 150 kW. Sơ đồ khối trung bình của xe điện, tác giả lựa chọn của trạm sạc thể hiện như trên hình 4.



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

4.3. Kết quả tính toán

Tính toán kinh tế kỹ thuật theo phần mềm

PVsyst. Để so sánh, 3 phương án chọn thiết bị khác nhau được đề xuất như trong bảng 5.

Bảng 5. Các phương án chọn thiết bị cho trạm sạc

	PV môđun	Inverter
Phương án 1	Canadian Solar P: 415W Poly V_{mp} : 39.3 V I_{mp} : 10.56 A V_{oc} : 47.8 V I_{sc} : 11.14 A η : 18.79 % Temp.: -40 – 85°C Dim.: 2108×1048×40 mm	Sungrow SG60KU-M V_{inmax} : 1000 V $V_{MPPrange}$: 300 – 950 V Max. input current/string: 28 A No. of strings: 16 S_{out} : 66 kVA40 °C $V_{out AC}$: 422-528 V freq.: 50/60 Hz I_{outmax} : 83.6 A THD: $\leq 3\%$ η : 98.9% Temp.: -30-60°C
Phương án 2	Tamesol P: 360 W Mono V_{mp} : 38.9 V I_{mp} : 9.26 A V_{oc} : 47.2 V I_{sc} : 9.79 A	SMA Solid-Q Pro 60 V_{inmax} : 1000 V $V_{MPPrange}$: 200 – 950 V Max. input current / string: 12A No. of strings: 12 S_{out} : 66 kVA

	PV môđun	Inverter
	η : 18.5 % Temp.: –40-85°C Dim.: 1956×992×40 mm	V_{out} AC: 277-572 V freq.: 50/45-55 Hz I_{outmax} : 80 A THD: $\leq 3\%$ η : 98% Temp.: –25-60°C
Phương án 3	AE Solar P: 330 W Poly V_{mp} : 36.97V I_{mp} : 8.93 A V_{oc} : 45.89 V I_{sc} : 9.37 A η : 17.01 % Temp.: –40-85°C Dim.: 1956-992-40 mm	Sofar Solar 60000TL V_{inmax} : 1000 V $V_{MPPrange}$: 250-950 V Max. input current/string: 12 A No. of strings: 10 S_{out} : 60 kVA V_{out} AC: 230/400 V freq.: 50/60 Hz I_{outmax} : 90 A THD: $\leq 3\%$ η : 98.5% Temp.: –25-60°C

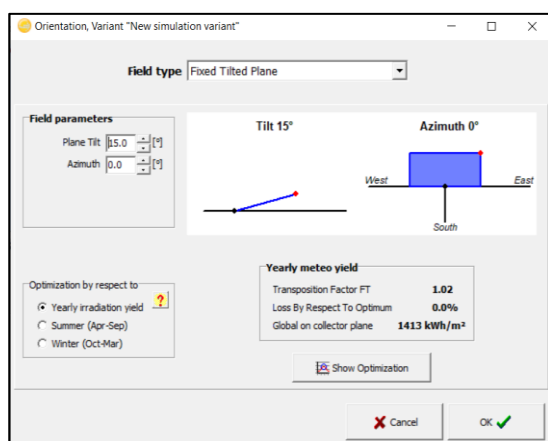
Bảng 6. Sản lượng điện mặt trời của phương án 1 theo từng tháng trong năm

	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	66.6	50.81	15.44	71.8	69.9	9.80	9.59	0.895
February	68.7	49.36	17.35	72.8	71.0	9.83	9.63	0.885
March	86.5	64.83	20.62	88.1	85.8	11.68	11.45	0.870
April	104.9	70.06	24.43	104.7	101.9	13.56	13.31	0.851
May	142.7	88.05	27.82	137.7	134.1	17.59	17.31	0.842
June	153.0	92.50	29.37	145.5	141.8	18.49	18.21	0.838
July	158.9	81.60	29.39	151.3	147.6	19.08	18.79	0.831
August	154.8	85.02	28.45	152.9	149.5	19.37	19.08	0.835
September	131.1	79.38	26.84	134.5	131.3	17.24	16.98	0.845
October	129.5	76.22	25.02	139.5	136.4	18.06	17.79	0.854
November	92.4	62.34	20.72	101.9	99.4	13.53	13.31	0.874
December	80.0	50.84	17.23	90.7	88.6	12.24	12.02	0.887
Year	1369.3	851.01	23.59	1391.4	1357.4	180.46	177.48	0.854

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

Đối với phương án 1, đặt góc nghiêng môđun như trên hình 5 và kết quả tính toán sản lượng điện trong một năm được thể hiện trong bảng 6.

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 7.



Hình 5. Chọn góc nghiêng module cho phương án 1

Bảng 7. So sánh phương án kỹ thuật cho trạm sạc

	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Diện tích lắp đặt	795.3 m ²	838.2 m ²	853.8 m ²
Số Inverter	2	2	2
Số module PV	360	432	440

Bảng 8. 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	360	1,157,716,885
2	Inverter	Bộ	23,145,000	2	46,290,000
3	Phụ kiện	Bộ	450,000,000	1	450,000,000
4	Công lắp đặt		210,000,000		210,000,000
5	Chi phí bảo dưỡng	Năm	7,500,000	1	7,500,000
Tổng chi phí					1,871,506,885

Bảng 9. 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	432	1,615,248,000
2	Inverter	Bộ	189,417,500	2	378,835,000
3	Phụ kiện	Bộ	450,000,000	1	450,000,000
4	Công lắp đặt		210,000,000		210,000,000
5	Chi phí bảo dưỡng	Năm	7,500,000	1	7,500,000
Tổng chi phí					2,661,583,000

	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Số module PV trong một string	18	18	20
Số string	20	24	22
Công suất hệ thống	149400 W	155520 W	145200 W

Kết quả thiết kế tính toán cho thấy cả 3 phương án đều đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật, trong đó số lượng module PV ở phương án 1 là thấp nhất đồng thời diện tích lắp đặt là nhỏ nhất.

5. ĐÁNH GIÁ KINH TẾ CÁC PHƯƠNG ÁN

Các số liệu cụ thể tính toán được của 3 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 8, 9, 10.

Bảng 10. 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	3,300,000	440	1,452,000,000
2	Inverter	Bộ	62,340,000	2	124,680,000
3	Phụ kiện	Bộ	450,000,000	1	450,000,000
4	Công lắp đặt		210,000,000		210,000,000
5	Chi phí bảo dưỡng	Năm	7,500,000	1	7,500,000
Tổng chi phí					2,244,180,000

So sánh chi phí đầu tư của 3 phương án nhận thấy phương án 1 có chi phí đầu tư thấp nhất. Do đó, xét cả về mặt kinh tế kỹ thuật, việc triển khai phương án 1 là hợp lý.

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

- Giá bán lẻ điện cho đơn vị hành chính sự nghiệp với cấp điện áp dưới 6 kV là 1902 VNĐ (theo thông tư 16/2014/TT-BCT và quyết định số 648/QĐ-BCT ngày 20/03/2019 của Bộ Công Thương).
- Hệ số giờ nắng là 3.24h tại địa điểm lắp đặt.
- Giả thiết điện mặt trời tạo ra là tự dùng 100%.
- Suất đầu tư 12476 VNĐ/Wp.
- Tỷ lệ tăng giá điện hàng năm giả thiết là 3% (theo QĐ 24/2017/QĐ-TTg).
- Theo 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 11 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 7 năm. Với thời gian vận hành khoảng 20 năm, phương án 1 có khả năng đem lại hiệu quả kinh tế cao.

6. KẾT LUẬN

Bài báo thực hiện nghiên cứu tính khả thi của trạm sạc xe đạp/xe máy điện tại Việt Nam và lên phương án thiết kế tính toán kinh tế kỹ thuật cho trạm sạc xe điện tại trường học có tích hợp điện mặt trời.

Việc tích hợp điện mặt trời vào hệ thống 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 môđun PV trên mái nhà/văn phòng gần với vị trí để xe hoặc lắp đặt/sử dụng làm mái che phương tiện.

Bảng 11. 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	177,390	1,902	337,395,780	-	187,140,000	-	-	(1,534,004,220)
2	172,068	1,959	337,092,124	-	187,140,000	-	-	(1,196,912,096)
3	158,303	2,018	319,428,497	-	187,140,000	-	-	(877,483,600)
4	145,639	2,078	302,690,443	-	187,140,000	-	-	(574,793,156)
5	133,988	2,141	286,829,464	-	187,140,000	10%	9,968,946	(297,932,639)
6	123,269	2,205	271,799,600	1,358,998	187,140,000	10%	8,330,060	(34,463,099)
7	113,407	2,271	257,557,301	1,287,787	187,140,000	10%	6,912,951	216,181,251
8	104,334	2,339	244,061,299	1,220,306	187,140,000	10%	5,570,099	454,672,450
9	95,988	2,409	231,272,486	1,156,362	187,140,000	10%	4,297,612	681,647,324
10	88,309	2,482	219,153,808	1,095,769	187,140,000	10%	3,091,804	897,709,329
11	81,244	2,556	207,670,149	1,038,351	-	10%	20,663,180	1,084,716,297
12	74,744	2,633	196,788,233	983,941	-	10%	19,580,429	1,261,924,101
13	68,765	2,712	186,476,529	932,383	-	10%	18,554,415	1,429,846,216
14	63,264	2,793	176,705,159	883,526	-	10%	17,582,163	1,588,969,212
15	58,203	2,877	167,445,809	837,229	-	10%	16,660,858	1,739,754,163
16	53,546	2,963	158,671,649	793,358	-	20%	31,575,658	1,866,850,153
17	49,263	3,052	150,357,254	751,786	-	20%	29,921,094	1,987,286,314
18	45,322	3,144	142,478,534	712,393	-	20%	28,353,228	2,101,411,620
19	41,696	3,238	135,012,659	675,063	-	20%	26,867,519	2,209,556,759
20	38,360	3,335	127,937,996	639,690	-	20%	25,459,661	2,312,035,094

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 giải pháp kỹ

thuật cho trạm sạc xe điện tại trường học phục vụ nhu cầu sạc xe điện của cán bộ công nhân viên và sinh viên với thời gian làm việc / học tập phù hợp với thời gian sạc. 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. 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, "Nghiên cứu, thiết kế, mô phỏng trạm nạp sử dụng pin mặt trời cho xe đạp điện tại các trường học", *Đề tài EPU*, 2016.
- [2] M. Messagie, F. S. Boureima, T. Coosemans, C. Macharis, and J. Van Mierlo, "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, 2014.
- [3] A. Nordelöf, M. Messagie, A.M. Tillman, M. Ljunggren Söderman, and J. Van Mierlo, "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, 2014.
- [4] S. Rangaraju, L. De Vroey, M. Messagie, J. Mertens, and J. Van Mierlo, "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, 2015.
- [5] David Feldman, Robert Margolis, "Q1/Q2 2019 Solar Industry Update", *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, 2019.
- [6] G.R. Chandra Mouli, P. Bauer, and M. Zeman, "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)*, 2015, pp. 1908–1915.
- [7] G.R. Chandra Mouli, P. Bauer, and M. Zeman, "System design for a solar powered electric vehicle charging station for workplaces," *Appl. Energy*, vol. 168, pp. 434–443, Apr. 2016.
- [8] G. Carli and S. S. Williamson, "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, Dec. 2013.
- [9] P. Goli and W. Shireen, "PV powered smart charging station for PHEVs," *Renew. Energy*, vol. 66, pp. 280–287, Jun. 2014.
- [10] G.R.C. Mouli, M. Leendertse, V. Prasanth, P. Bauer, S. Silvester, S. van de Geer, and M. Zeman, "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)*, 2016, pp. 1–7.
- [11] P.J. Tulpule, V. Marano, S. Yurkovich, and G. Rizzoni, "Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station," *Appl. Energy*, vol. 108, pp. 323–332, Aug. 2013.
- [12] Dongchen Qin, Jianjie Li, Tingting Wang, Dongming Zhang, "Modeling and Simulating a Battery for an Electric Vehicle Based on Modelica", *Automotive Innovation*, 2019.
- [13] Xiong Wei, Mo Yimin & Zhang Feng, "Lithium-ion Battery Modeling and State of Charge Estimation", *Integrated Ferroelectrics*, 2019.

- [14] X. Hu, S. Li, and H. Peng, "A comparative study of equivalent circuit models for Li-ion batteries", *J. Power Sources*. 198, 359 (2012).
- [15] S. Yuan et al., "Online estimation of electrochemical impedance spectra for lithium-ion batteries via discrete fractional order model", *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*. 1–6 (2013).
- [16] Nahla Mohamed Abd Alrahim Shannan, Nor Zaihar Yahaya, Balbir Singh, "Single-Diode Model and Two-Diode Model of PV Modules: A Comparison", *IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering*, 2013.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Ngọc Văn tốt nghiệp đại học ngành thiết bị điện – điện tử năm 2008, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện năm 2010 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: các nguồn năng lượng phân tán, công nghệ sạc và tích trữ năng lượng, năng lượng tái tạo, tự động hóa hệ thống điện.



Tác giả Nguyễn Hữu Đức tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội vào các năm 2006 và 2008. Từ năm 2009 đến 2014, tác giả làm nghiên cứu sinh tại Đại học Bách khoa Berlin. Hiện tác giả đang công tác tại Bộ môn Môi trường và Năng lượng tái tạo, Khoa Công nghệ Năng lượng, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu chính: mô phỏng, tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo, máy hệ thống điều khiển tiên tiến, lưới điện và hệ thống năng lượng thể hệ mới, xe điện và chính sách phát triển bền vững.

