




GREEN IN


**PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA
XE ĐIỆN TỚI LƯỚI ĐIỆN
&
CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ĐỂ
TÍCH HỢP XE ĐIỆN VÀO LƯỚI ĐIỆN**





**PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA XE ĐIỆN TỚI LƯỚI
ĐIỆN VÀ CÁC GIẢI PHÁP KỸ THUẬT ĐỂ TÍCH HỢP XE
ĐIỆN VÀO LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI**

Hà Nội, 10/2023



THÔNG TIN XUẤT BẢN

CÔNG TY CỔ PHẦN SÁNG TẠO XANH VIỆT NAM (GREEN IN)

Nhà C1X3, Tổ 12, Phường Cầu Diễn, Quận Nam Từ Liêm, Hà Nội

Điện thoại: 024 3227 2710

Website: <https://greeninvietnam.org/>

Fanpage/Youtube: GREEN IN Vietnam

Email: admin@greeninvietnam.org.vn

TÁC GIẢ

TS. Nguyễn Đức Tuyên, Giám đốc Chương trình đào tạo Hệ thống điện và năng lượng tái tạo - Đại học Bách khoa Hà Nội.

GÓP Ý CHUYÊN MÔN

- PGS. TS. Tạ Cao Minh, Bộ môn Điện và Tin học, Đại học Sherbrooke, Canada
- ThS. Phan Công Tiến, Chuyên gia Năng lượng và Thị trường điện

HIỆU CHỈNH

- Nguyễn Thị Hằng - Quản lý chương trình GREEN IN
- Phạm Nguyệt Nga - Cán bộ truyền thông GREEN IN

ĐỊA ĐIỂM VÀ THỜI GIAN XUẤT BẢN

Hà Nội, Việt Nam, tháng 10/2023

Bản quyền tài liệu thuộc về Công ty Cổ phần Sáng tạo Xanh Việt Nam (GREEN IN)

Số ĐKXB: 4837-2023/CXBIPH/03-165/DT ngày 26/12/2023

Quyết định xuất bản của NXB Dân Trí số: 3627/QĐXB-NXBĐT ngày 27/12/2023

Mã số ISBN: 978-604-40-1043-4

GIỚI THIỆU BÁO CÁO

Nghiên cứu này phân tích những ảnh hưởng của xe điện lên lưới điện (tập trung chủ yếu vào xe điện cá nhân, xe buýt điện), từ đó đưa ra các phương hướng giải quyết vấn đề. Nghiên cứu cũng sử dụng mô hình toán học để phân tích quá trình sạc của xe điện và tối ưu quá trình vận hành nhằm giảm tối đa chi phí cho các nhóm xe điện cũng như hỗ trợ lưới điện vận hành ổn định.

ĐƠN VỊ THỰC HIỆN

Công ty Cổ phần Sáng tạo Xanh Việt Nam (GREEN IN) thành lập năm 2018, hoạt động theo mô hình doanh nghiệp xã hội trong lĩnh vực Năng lượng bền vững, Giao thông Xanh, Giảm phát thải khí nhà kính và Việc làm Xanh.

TÁC GIẢ THỰC HIỆN NGHIÊN CỨU

TS. Nguyễn Đức Tuyên

Chuyên gia Năng lượng tái tạo, Hệ thống Lưu trữ và Lưới điện thông minh. TS. Tuyên có nhiều kinh nghiệm nghiên cứu và tư vấn về năng lượng ở cả Việt Nam và Nhật Bản. TS. Tuyên hiện công tác tại Đại học Bách khoa Hà Nội và Học viện Công nghệ Shibaura.

LỜI CẢM ƠN

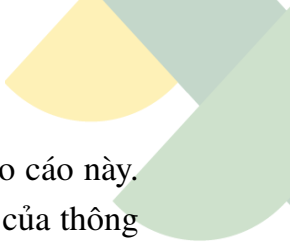
Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ chuyên môn quý báu của 02 chuyên gia tham gia góp ý, phản biện và hiệu chỉnh cho báo cáo này:

- PGS. TS. Tạ Cao Minh, Bộ môn Điện và Tin học, Đại học Sherbrooke, Canada
- ThS. Phan Công Tiến, chuyên gia năng lượng và thị trường điện

Tác giả chân thành cảm ơn các thành viên nhóm nghiên cứu 100RELAB tại Đại học Bách khoa Hà Nội đã hỗ trợ bao gồm thu thập dữ liệu, xử lý dữ liệu, lập trình, đảm bảo chất lượng cao của báo cáo về trình bày, hình ảnh và tham gia thảo luận kỹ lưỡng về nội dung.

MIỄN TRỪ TRÁCH NHIỆM

Tài liệu này chỉ dành cho mục đích thông tin. Tác giả không bảo đảm, thể hiện hay ngụ ý, và không chịu trách nhiệm pháp lý hoặc trách nhiệm về tính chính xác, đầy đủ hoặc hữu ích của bất kỳ thông tin nào được cung cấp trong tài liệu này. Các quan điểm và ý kiến được trình bày ở đây không nhất thiết phải nêu hoặc phản ánh quan điểm của các đối tác hoặc bất kỳ tổ chức và cá nhân nào đã đưa ra ý kiến khi tài liệu.



này đang được soạn thảo. Tác giả tự chịu trách nhiệm về nội dung của báo cáo này. Trước khi sử dụng bất kỳ thông tin nào, bạn nên xem xét mức độ phù hợp của thông tin đó với tình huống cụ thể của bạn. Báo cáo này được dùng như một tài liệu tham khảo và không nên được sử dụng để thay thế cho việc phân tích kỹ lưỡng các sự kiện và luật pháp. Tài liệu không nhằm mục đích cung cấp lời khuyên pháp lý hoặc kỹ thuật. Tác giả không chịu bất kỳ trách nhiệm nào về việc sử dụng thông tin trong báo cáo này cho các mục đích khác.



TÓM TẮT

Xu thế sản xuất và sử dụng xe điện (EV) đang chứng kiến sự phát triển mạnh mẽ trong giai đoạn gần đây trên thế giới và tại Việt Nam. Điện khí hóa trong lĩnh vực giao thông được coi là một trong những chìa khóa để giảm phát thải ròng về 0 vào năm 2050 như cam kết của Chính phủ Việt Nam với quốc tế. Thay vì sử dụng nhiên liệu là xăng dầu như các xe động cơ đốt trong truyền thống, phần lớn EV sẽ sạc điện từ điện lưới hoặc sạc điện từ các nguồn năng lượng phân tán như điện gió, điện mặt trời. Như vậy, số lượng EV ngày càng nhiều sẽ ảnh hưởng đến vận hành hệ thống điện ở nhiều khía cạnh điển hình như chất lượng điện năng, thay đổi đồ thị phụ tải, quá tải các đường dây truyền tải, đường dây phân phối và máy biến áp. Báo cáo này khảo sát lại các quy hoạch điện và quy hoạch ngành giao thông của Chính phủ, qua đó nhận định kế hoạch phát triển nguồn bao gồm các nguồn năng lượng tái tạo (NLTT) và phát triển phụ tải, xem xét các tình huống phát triển phụ tải EV khác nhau. Từ đó, báo cáo dự báo khả năng đáp ứng nhu cầu điện năng của EV trong tương lai. Ngoài ra, những ảnh hưởng của EV (tập trung chủ yếu vào xe điện cá nhân, xe buýt điện) lên lưới điện sẽ được phân tích cụ thể trong mô phỏng nhằm đưa ra các phương hướng giải quyết vấn đề dựa trên các phương pháp khác nhau. Tiếp theo đó, mô hình toán học phân tích quá trình sạc của EV cũng như tối ưu quá trình vận hành cho nhóm EV cũng sẽ được tính toán nhằm giảm tối đa chi phí sạc EV hay hỗ trợ lưới điện vận hành ổn định. Cuối cùng, báo cáo sẽ tổng kết những giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của EV lên lưới điện cũng như những khuyến khích phát triển EV trong tương lai.

MỤC LỤC

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ TỪ VIẾT TẮT	iv
DANH MỤC HÌNH VẼ	v
DANH MỤC BẢNG BIỂU	vii
1 GIỚI THIỆU VÀ ĐẶT VẤN ĐỀ	1
1.1 Tính cấp thiết của nghiên cứu	1
1.1.1 Cân bằng năng lượng khi phát triển EV và nguồn năng lượng tái tạo	1
1.1.2 Tổng quan các ảnh hưởng của EV lên lưới điện	3
1.2 Phương pháp luận của Nghiên cứu	4
1.3 Nội dung và cấu trúc của Nghiên cứu	5
2 CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG KHI XEM XÉT ĐẾN PHỤ TẢI XE ĐIỆN	6
2.1 Xem xét Quy Hoạch Điện 8 về phát triển nguồn và phụ tải	6
2.1.1 Phát triển nguồn điện	6
2.1.2 Dự báo nhu cầu phụ tải	8
2.2 Đánh giá các tài liệu liên quan về kế hoạch phát triển xe điện	10
2.3 Nhận định các tình huống cân bằng năng lượng giữa xây dựng và phát triển EV với nguồn năng lượng tái tạo	12
2.3.1 Xe cá nhân	13
2.3.2 Xe buýt điện	16
2.4 Sử dụng trí tuệ nhân tạo nhằm dự báo công suất năng lượng tái tạo từ đó đánh giá khả năng đáp ứng nhu cầu sạc cho EV	18
3 NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA XE ĐIỆN LÊN LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI VÀ GIẢI PHÁP	24
3.1 Ảnh hưởng tiêu cực của EV lên lưới điện	24
3.1.1 Điện áp	24
3.1.2 Đồ thị phụ tải	25
3.1.3 Cơ sở hạ tầng của lưới điện	25
3.1.4 Tổn thất năng lượng trên lưới điện	26

3.1.5	Sóng hài	27
3.1.6	Tần số	28
3.2	Phương hướng và giải pháp hạn chế ảnh hưởng của EV lên lưới (tối ưu vị trí và dung lượng trạm sạc, các giải pháp hỗ trợ lưới của EV như V2G)	28
4	GIẢI PHÁP CHO VIỆC SẠC XE ĐIỆN THÔNG MINH THÔNG QUA NHỮNG DỊCH VỤ LIÊN QUAN	36
4.1	Tổng quan về quá trình vận hành dịch vụ cho các nhóm EV	36
4.2	Sạc thông minh và lợi ích của việc sạc thông minh	37
4.2.1	Định nghĩa	37
4.2.2	Lợi ích mà sạc thông minh đem lại	38
4.3	Các hạng mục cho vận hành các dịch vụ cho các nhóm EV	38
4.3.1	Mô hình kinh doanh	38
4.3.2	Quy hoạch cơ sở hạ tầng cho trạm sạc EV	41
4.3.3	Những chính sách công	45
5	MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHO NHÓM XE ĐIỆN CÁ NHÂN	48
5.1	Tổng quan tối ưu quá trình sạc EV cho lưới điện	48
5.2	Tính toán tối ưu đối với xe điện cá nhân	49
5.3	Mô hình toán học	50
5.3.1	Lưới điện và các thông số	50
5.4	Các ràng buộc trong bài toán	52
5.4.1	Ràng buộc về bộ sạc	52
5.4.2	Ràng buộc về SOC	52
5.4.3	Ràng buộc về điện áp nút trong lưới điện	53
5.4.4	Mô hình điện áp nút trong lưới điện 8 nút	53
5.5	Mô hình thuật toán	53
5.5.1	Thuật toán quy hoạch động tiến tới	53
5.6	Các kết quả tính toán mô phỏng	54
5.6.1	Dữ liệu về đồ thị phụ tải, điện áp của lưới điện và công suất phát của RTS	54
5.6.2	Dữ liệu của EV, công suất sạc xả của bộ sạc	55
5.6.3	Dữ liệu về biểu giá tiền điện sạc và xả EV	55

5.6.4	Kết quả cho Kịch bản 1 (Sạc không kiểm soát - Uncontrolled charging case)	57
5.6.5	Kết quả cho Kịch bản 2 (Áp dụng mô hình tối ưu tuy nhiên không áp dụng lịch trình di chuyển của các EV)	59
5.6.6	Kết quả cho Kịch bản 3 (Áp dụng cả mô hình tối ưu và lịch trình di chuyển của các EV)	62
6	MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHO NHÓM XE BUÝT ĐIỆN	68
6.1	Tính toán tối ưu cho nhóm xe buýt điện	68
6.2	Mô hình toán học	68
6.3	Phương pháp luận của các kịch bản được đề xuất	68
6.3.1	Kịch bản 1	68
6.3.2	Kịch bản 2	69
6.4	Các kết quả tính toán tối ưu cho sạc xe buýt điện	70
6.4.1	Dữ liệu đồ thị phụ tải khu vực xem xét và công suất phát của PV cho xe buýt điện	70
6.4.2	Dữ liệu của xe buýt điện, công suất định mức của bộ sạc	71
6.4.3	Đánh giá về khía cạnh kinh tế của hai kịch bản	72
6.4.4	Đánh giá về khía cạnh kỹ thuật của hai kịch bản	73
7	THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN	75
7.1	Kết luận chung về cân bằng năng lượng khi có sự tăng trưởng của EV và NLTT	75
7.2	Giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của EV lên lưới điện	76
A	Lý thuyết về thuật toán FDP	79
A.1	Bài toán giới hạn các trạng thái (Finite-state problem) và thuật toán Quy hoạch động tiến tới	80
A.2	Liên kết thuật toán FDP đến bài toán sạc xả của EV và bài toán giới hạn các trạng thái (Finite-state problem)	82
	TÀI LIỆU THAM KHẢO	84

DANH MỤC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

EV	Electric Vehicle
AI	Artificial Inteligence
DL	Deep Learning
DSO	Distribution System Operator
CPO	Charging Point Operator
LDV	Light Duty Vehicles
HDV	Heavy Duty Vehicles
PV	Photovoltaic
ESS	Energy Storage System
WT	Wind Turbine
ZEV	Zero Emission Vehicles
NEV	New Energy Vehicles
RES	Renewable Energy Sources
EU	Euro Union
OEM	Original Equipment Manufacturer
DR	Demand Response
LNG	Liquefied Natural Gas
RTS	Rooftop Solar
SLM	Smart Load Management
NLTT	Năng Lượng Tái Tạo
FDP	Foward Dynamic Programming
CSO	Charging Station Operator
ISO-NE	Independent System Operator New England
MISO	Midcontinent Independent System Operator
QHĐ8	Quy Hoạch Điện 8
V2H	Vehicle-to-Home
V2B	Vehicle-to-Building
SOC	State of Charge

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1	So sánh sản lượng xuất khẩu dầu tại Nga trong tháng 1/2022 và tháng 1/2023	1
Hình 2.2	Cơ cấu nguồn điện (tính theo đơn vị MW) dự báo đến năm 2030 theo QHĐ8	7
Hình 2.3	Cơ cấu nguồn điện (tính theo MW) đến năm 2050 theo QHĐ8	8
Hình 2.4	Số lượng xe ô tô lưu hành tính từ 12/2016 đến 9/2022 theo thống kê của Cục Đăng kiểm Việt Nam	14
Hình 2.5	Số lượng xe ô tô lưu hành dự báo đến năm 2030	14
Hình 2.6	Số lượng xe ô tô lưu hành dự báo đến năm 2050	15
Hình 2.7	Tổng quan phương pháp sử dụng học sâu dự báo các nguồn NLTT	19
Hình 2.8	Tổng quan mô hình sử dụng nguồn NLTT đáp ứng phụ tải EV	22
Hình 3.1	Số lượng EV được bán ra các năm	24
Hình 3.2	Các hàm mục tiêu của tối ưu đặt trạm sạc	29
Hình 3.3	Các ràng buộc khi tối ưu đặt trạm sạc	29
Hình 3.4	Mô hình công nghệ Vehicle-to-grid	32
Hình 3.5	Mô hình sạc kiểm soát với nguồn NLTT	34
Hình 4.1	Mô hình tổng quát về vận hành những dịch vụ cho EV	36
Hình 4.2	Lợi ích của sạc EV thông minh	38
Hình 4.3	Những thành phần của một mô hình kinh doanh EV	39
Hình 4.4	Mô hình kinh doanh tuần hoàn dành cho pin EV tại Châu Âu	43
Hình 4.5	Những thành phần trong mô hình quy hoạch trạm sạc	44
Hình 5.1	Mô hình PV-to-Vehicles	49
Hình 5.2	Mô hình lưới điện phân phối có 8 nút phụ tải dân cư	51
Hình 5.3	Dữ liệu về đồ thị phụ tải (trái) và công suất phát của RTS (phải)	54
Hình 5.4	Đồ thị điện áp của lưới khi không có (trái) và có RTS(phải)	55
Hình 5.5	Biểu giá tiền điện sạc và xả EV theo giờ	56
Hình 5.6	Công suất sạc (trái) và SOC (phải) của các EV trong Kịch bản 1	57
Hình 5.7	Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 1	58
Hình 5.8	Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 1	58
Hình 5.9	Chi phí sạc của từng EV trong Kịch bản 1	59
Hình 5.10	Công suất sạc xả (trái) và SOC (phải) của các EV trong Kịch bản 2	60

Hình 5.11 Chi phí sạc (trái) và chi phí xả (phải) trong ngày từng EV ở Kịch bản 2	61
Hình 5.12 Tổng chi phí sạc và xả của từng EV ở Kịch bản 2	61
Hình 5.13 Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 2	62
Hình 5.14 Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 2	62
Hình 5.15 Công suất sạc xả (trái) và SOC (phải) của từng EV trong Kịch bản 3	63
Hình 5.16 Chi phí sạc và xả của từng EV trong ngày ở Kịch bản 3	64
Hình 5.17 Tổng chi phí sạc và xả của từng EV trong Kịch bản 3	64
Hình 5.18 Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 3	66
Hình 5.19 Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 3	66
Hình 6.1 Mô hình tổng thể trong Kịch bản 1	69
Hình 6.2 Mô hình tổng thể trong Kịch bản 2	70
Hình 6.3 Đồ thị phụ tải ở khu vực xem xét	71
Hình 6.4 Công suất phát của PV	71
Hình 6.5 Chi phí sạc xe trong hai kịch bản	73
Hình 6.6 Đồ thị phụ tải trong hai kịch bản	74
Hình 6.7 SOC và công suất sạc của xe buýt trong hai Kịch bản	74
Hình A.8 Ví dụ về bài toán nhiều giai đoạn có nhiều trạng thái con	81
Hình A.9 Tổng quan cho thuật toán FDP	81
Hình A.10 Thuật toán FDP trong bài toán tối ưu sạc xả EV	83

DANH MỤC BẢNG BIỂU

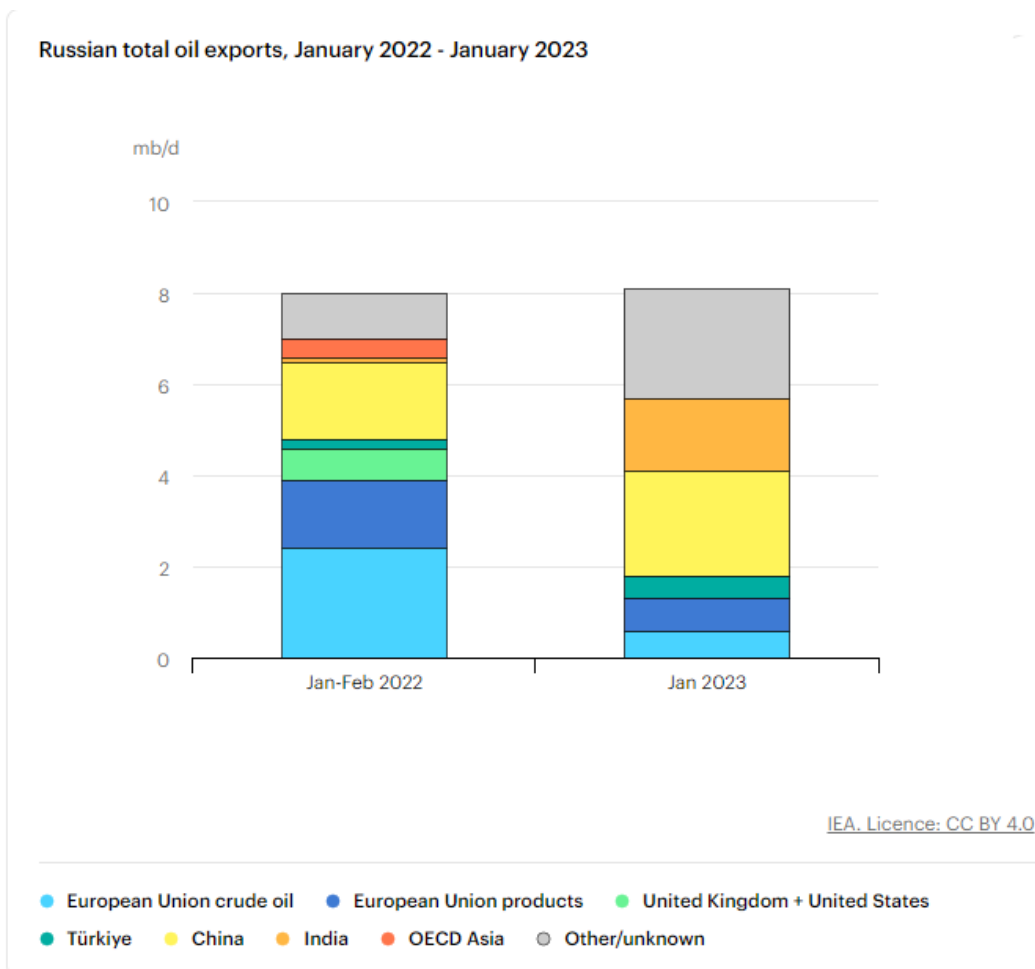
Bảng 2.1	Tỷ lệ xâm nhập và số lượng xe điện cá nhân qua các kịch bản . . .	15
Bảng 2.2	Dự báo khoảng giá trị điện năng tiêu thụ của xe điện cá nhân đến năm 2030 và năm 2050 qua các kịch bản	16
Bảng 2.3	Số lượng xe buýt đến năm 2030 và năm 2050	16
Bảng 2.4	Tỷ lệ thâm nhập của xe buýt điện qua các kịch bản	17
Bảng 2.5	Dự báo khoảng giá trị điện năng tiêu thụ của xe buýt điện đến năm 2030 và năm 2050 qua các kịch bản	17
Bảng 2.6	Phân loại và chu kỳ dự báo	20
Bảng 4.1	Tổng quan về 3 mô hình kinh doanh EV ở Brazil	42
Bảng 5.1	Thông số của lưới điện	51
Bảng 5.2	Thông số kỹ thuật của một EV	55
Bảng 5.3	Dữ liệu của các EV	56
Bảng 5.4	Biểu giá tiền điện sạc và xả EV theo giờ	56
Bảng 5.5	So sánh chi phí của các EV Kịch bản 2 với Kịch bản 1	60
Bảng 5.6	So sánh chi phí của các EV Kịch bản 3 với Kịch bản 1	65
Bảng 5.7	So sánh chi phí của các EV Kịch bản 3 với Kịch bản 2	65
Bảng 6.1	Thông số kỹ thuật của xe buýt điện	72
Bảng 6.2	Lịch trình di chuyển của xe buýt	72

1 GIỚI THIỆU VÀ ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1 Tính cấp thiết của nghiên cứu

1.1.1 Cân bằng năng lượng khi phát triển EV và nguồn năng lượng tái tạo

Trong khoảng thời gian gần đây, những vấn đề liên quan đến an ninh năng lượng, sự cân bằng giữa cung và cầu đang là một vấn đề rất thời sự ở trên toàn thế giới. Sau một năm từ cuộc xung đột giữa Nga và Ukraine, nền kinh tế và chính trị của thế giới đã bị ảnh hưởng mạnh mẽ trong đó điển hình là lĩnh vực năng lượng. Các châu lục trên thế giới đã trải qua một cuộc biến động rất lớn về giá năng lượng do sự cắt giảm nguồn cung và nguyên liệu từ Nga, tác động tiêu cực đến khách hàng tiêu dùng. Giá nhiên liệu tăng làm cho người tiêu dùng có xu hướng cắt giảm chi tiêu trong cuộc sống, và điều này vô hình chung đã dẫn đến sự lạm phát kinh tế của hầu hết các quốc gia trên thế giới. Những điều đó đã thúc đẩy nhanh quá trình chuyển dịch năng lượng. Sự chuyển dịch này có thể sẽ làm các quốc gia thoát khỏi vấn đề ô nhiễm môi trường do khí thải từ nhiên liệu, thường được sinh ra bởi những phương tiện giao thông và các nguồn điện truyền thống.



Hình 1.1 So sánh sản lượng xuất khẩu dầu tại Nga trong tháng 1/2022 và tháng 1/2023

[1]

Đa số các quốc gia trên thế giới vẫn còn phụ thuộc vào nguồn cung từ Nga như palladium, titanium, lithium, các nguyên liệu quý hiếm khác,... trong đó bao gồm cả lĩnh vực năng lượng - điển hình là năng lượng tái tạo và pin. Số liệu của IEA [1] chỉ ra rằng, ít nhất là ở châu Âu, nơi những tác động của chiến tranh đã được cảm nhận rất rõ ràng và nguồn cung khí đốt từ Nga có vai trò rất quyết định. EU phải đối mặt với khả năng thiếu hụt gần 30 tỷ mét khối khí đốt tự nhiên trong năm 2023. Nhưng khoảng cách này có thể được thu hẹp và nguy cơ thiếu hụt có thể tránh được thông qua những nỗ lực lớn hơn để cải thiện hiệu quả sử dụng năng lượng, triển khai phát triển năng lượng tái tạo, lắp đặt máy bơm nhiệt, thúc đẩy tiết kiệm năng lượng và tăng nguồn cung cấp khí đốt. Hình 1.1 cho thấy rằng, sản lượng dầu xuất khẩu của Nga trong tháng 1/2023 cho khu vực Châu Âu đã giảm đi rất nhiều so với cùng kỳ năm 2022. Bên cạnh đó cũng phải chú ý rằng, năng lượng tiêu thụ trên mặt bằng chung thế giới vẫn còn phụ thuộc rất nhiều vào các nguồn năng lượng hóa thạch và chiếm tỷ trọng lớn trong cơ cấu nguồn điện hiện nay. Theo [2], Châu Âu là khu vực lớn nhất thế giới trong việc nhập khẩu khí tự nhiên hóa lỏng (LNG). Chính vì sự phụ thuộc này đã dẫn tới việc những quốc gia thuộc Liên Minh Châu Âu phải tìm những biện pháp để đảm bảo an ninh của nguồn cung cấp năng lượng. Và chìa khóa cho điều này chính là phải đa dạng hóa các nguồn năng lượng, phát triển năng lượng tái tạo.

Trong khi đó, Châu Á cũng là khu vực bị chịu ảnh hưởng nặng nề về an ninh năng lượng. Tài liệu [3] chỉ ra rằng một số thị trường năng lượng ở châu Á đang phải vật lộn với khả năng tác động của việc tiếp tục mua LNG của Nga hoặc tham gia vào các dự án LNG của Nga. Tác động đối với các dự án đó trong cuộc xung đột Nga - Ukraine vẫn đang diễn ra, những thị trường có dự định mua LNG từ các dự án này hoặc các bên giữ cổ phần trong dự án có thể phải chịu sự giám sát chặt từ cộng đồng quốc tế, và tiềm ẩn nguy cơ xảy ra rủi ro về mặt chính trị, ảnh hưởng uy tín và bị quốc tế áp lệnh trừng phạt. Báo cáo [4], [5], [6], [7] chỉ ra rằng những quốc gia trong khu vực Đông Nam Á như Philipines, Singapore, Malaysia, Indonesia, Việt Nam cũng chịu ảnh hưởng khá nhiều từ cuộc xung đột Nga - Ukraine xuất phát từ việc giá nhiên liệu tăng, dẫn tới giá điện tăng lên, cuối cùng làm ảnh hưởng đến mặt bằng chung nền kinh tế trong khu vực.

Bên cạnh vấn đề về an ninh năng lượng, ô nhiễm môi trường, phát thải khí nhà kính từ những phương tiện giao thông truyền thống cũng như các vấn đề về biến đổi khí hậu cũng đang là những chủ đề nóng rất được quan tâm cho công cuộc chuyển dịch năng lượng hiện nay. Và những vấn đề này đã được báo cáo [8] đưa ra những phân tích, đánh giá và những khuyến nghị rất chi tiết.

Xuất phát từ những lý do trên, công cuộc chuyển dịch năng lượng là cần thiết để bên cạnh việc có thể tiến đến một thế giới không phát thải, thì cũng có thể giảm được sự phụ thuộc vào những nguồn năng lượng hóa thạch truyền thống, và giảm sự phụ thuộc của những quốc gia nhập khẩu vào những quốc gia xuất khẩu nhiên liệu, điều

ảnh hưởng khá nhiều đến địa chính trị trên toàn thế giới. Trong đó, việc đẩy mạnh phát triển năng lượng tái tạo và điện hóa giao thông vận tải đang là xu hướng chung của toàn thế giới. Nhưng thực hiện trơn tru, hiệu quả hai công việc này đang là một thách thức bởi khi vận hành hệ thống năng lượng, cụ thể như hệ thống điện, tính toán lập phương thức hay việc quy hoạch phát triển hệ thống điện thì cần phải ưu tiên bài toán cân bằng cung cầu. Hiện nay, với sự tham gia của các nguồn năng lượng tái tạo, đó là những nguồn khó dự báo chính xác công suất phát đầu ra, còn bên phụ tải thì nhu cầu rất đa dạng và phức tạp, ví dụ như nhu cầu sạc xe điện của người dùng cũng rất khó dự báo do phụ tải cho xe điện là loại hình phụ tải chạy (runing load), chưa có những đặc tính phụ tải đặc trưng được chuẩn hóa.

Việt Nam là một quốc gia có tiềm năng rất lớn về năng lượng tái tạo, và xe điện cũng đã và đang dần phát triển, nên rất cần những chính sách, quyết định, hành động cụ thể cho ổn định và duy trì sự tăng trưởng bền vững của xe điện. Tuy nhiên, ở Việt Nam ngoài Quyết định 876/QĐ-TTg về định hướng chung cho ngành giao thông xanh thì chưa có chính sách đủ cụ thể dành cho xe điện khi tham gia tích hợp vào hệ thống điện. Tỷ lệ xe điện ở Việt Nam hiện nay còn thấp, bên cạnh đó cơ sở hạ tầng ở Việt Nam vẫn chưa sẵn sàng để đầu tư xây dựng số lượng lớn trạm sạc phục vụ sạc xe điện công cộng. Không chỉ vậy, việc khuyến khích người dân mua xe điện thay thế sử dụng xe xăng truyền thống vẫn còn chưa đủ hấp dẫn.

1.1.2 Tổng quan các ảnh hưởng của EV lên lưới điện

Xe điện (EV) có thể ảnh hưởng đến rất nhiều khía cạnh khác nhau của xã hội như chính sách, môi trường, chuỗi giá trị do sự dịch chuyển các ngành công nghiệp, sản xuất vận hành tiêu dùng đến việc làm liên quan tới EV và đặc biệt là tới hệ thống điện, nơi EV nhận năng lượng cho ắc quy trên xe. Mặc dù tỉ lệ điện năng sử dụng cho giao thông bằng điện còn ở mức tương đối thấp, lượng điện năng tiêu thụ trong thời gian tới khi số lượng các EV được sử dụng và tích hợp vào lưới điện tăng lên, sẽ đóng góp một phần đáng kể trong tỉ trọng tiêu thụ điện năng của các phương tiện giao thông. Không chỉ làm thay đổi mức nhu cầu điện năng, EV có thể tương tác với quá trình vận hành hệ thống như một loại hình của phụ tải linh hoạt, cấp điện cho hệ thống khi cần (như công nghệ V2G). Nhìn chung, EV có thể ảnh hưởng đến khá nhiều khía cạnh khác nhau của hệ thống điện: như các loại hình trạm sạc của EV, các loại sóng hài do các thiết bị điện tử công suất có thể phát lên lưới, điện áp của lưới điện phân phối khi có các EV sạc vào các thời điểm khác nhau, các cơ chế sạc tạo hiệu quả kinh tế cho vận hành của lưới và ảnh hưởng đến người tiêu dùng, EV có thể coi là nguồn lưu trữ cung cấp các dịch vụ phụ trợ cho lưới điện, hệ thống trạm sạc có sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo.

Tần số. Khi tích hợp vào lưới điện, EV sẽ trở thành nhóm phụ tải giao thông và nhóm phụ tải này sẽ thuộc nhóm phụ tải khối tiêu dùng dân cư nếu sạc điện chậm cấp

0,4kV. Khi tỷ lệ EV tích hợp vào lưới điện ngày càng tăng thì đồ thị phụ tải sẽ có xu hướng tăng trưởng lên và mức độ nào đó làm ảnh hưởng đến tần số của hệ thống điện. Không chỉ vậy, ở một khía cạnh tích cực, EV là phương tiện có khả năng san bằng đồ thị phụ tải khi có sự tích hợp của năng lượng tái tạo ở cả chế độ Vehicle-to-Grid (V2G) và Grid-to-Vehicle (G2V), do đó sẽ làm giảm mức độ chênh lệch giữa đỉnh phụ tải cao điểm và thấp điểm, tạo điều kiện thuận lợi cho phía các đơn vị quản lý nguồn điện trong việc huy động nguồn, các tổ máy sẽ giảm được mức độ tăng giảm công suất, từ đó tần số hệ thống điện sẽ đạt mức độ ổn định hơn.

Sóng hài. Trong cấu tạo của hệ thống sạc điện của EV có sự xuất hiện của những thiết bị biến đổi điện tử công suất, do đó ít nhiều sẽ sinh ra sóng hài khi EV sạc ở các trạm sạc hoặc tại nhà. Sóng hài này sẽ gây ra những sai lệch không nhỏ trong các kết quả thu được tại các nơi cần thu thập dữ liệu ví dụ như kết quả về tần số, điện áp, đồ thị phụ tải đo được. Thậm chí, nếu xảy ra sự cố ở một trạm nào đó, sóng hài sẽ có thể ảnh hưởng đến độ chính xác của relay bảo vệ, dẫn tới relay có thể tác động nhầm và điều này ảnh hưởng đến sự ổn định của hệ thống điện.

Điện áp. Khi EV tham gia sạc xả vào lưới điện thì đồ thị phụ tải và điện áp tại các nút lưới sẽ thay đổi, phụ tải EV cao thì điện áp sẽ thấp và ngược lại, phụ tải thấp thì điện áp sẽ cao. EV có thể một cách tích cực được sử dụng để điều chỉnh điện áp tại lưới phân phối có trạm sạc bằng cách sử dụng công nghệ V2G hoặc G2V. Tuy nhiên, EV nói riêng và các công nghệ liên quan tới EV khi sử dụng cũng có thể có tác động tiêu cực đến lưới điện nếu EV được sạc hoặc xả một cách không kiểm soát.

1.2 Phương pháp luận của Nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, quá trình thực hiện tìm hiểu, phân tích sẽ được tiến hành như sau:

- Đầu tiên, phân tích các chính sách hiện hành như các số liệu trong Quy hoạch điện 8 (QHĐ8), từ đó đưa ra nhận định về cân bằng năng lượng khi kết hợp giữa Năng lượng tái tạo và EV trong tương lai.
- Sau đó, nghiên cứu sẽ xem xét nhận định trường hợp nhu cầu sạc EV tăng cao trong tương lai, đánh giá và nhận xét về mặt chất lượng điện năng, ảnh hưởng tiêu cực của EV lên lưới điện.
- Từ đó, nghiên cứu đưa ra các phương án kỹ thuật nhằm giảm thiểu ảnh hưởng của sạc EV lên lưới điện bằng công nghệ V2G với các mô hình tối ưu và thuật toán khác nhau.
- Và cuối cùng, nghiên cứu sẽ thực hiện tối ưu hóa quá trình sạc xả EV bằng cách đưa ra các thuật toán và tính toán trực tiếp dựa trên dữ liệu lưới điện thực nhằm đánh giá kết quả và thể hiện điểm tích cực khi sử dụng các thuật toán tối ưu cho

EV. Phân loại ra hai nhóm EV cá nhân và EV công cộng để đánh giá, do nhu cầu sử dụng cũng như thời gian để sạc của hai nhóm EV này là khác nhau.

1.3 Nội dung và cấu trúc của Nghiên cứu

Sau **Chương 1. Giới thiệu và đặt vấn đề**, các phần còn lại của báo cáo sẽ được liệt kê và tóm tắt như sau:

- **Chương 2. Cân bằng năng lượng khi xem xét đến phụ tải xe điện.** Trong chương này Nghiên cứu sẽ xem xét đánh giá về việc phát triển nguồn và phụ tải trong Quy hoạch điện 8 (QHĐ8) và các tài liệu liên quan. Bên cạnh đó cũng đánh giá về việc sử dụng trí tuệ nhân tạo nhằm dự báo công suất năng lượng tái tạo từ đó đánh giá khả năng đáp ứng nhu cầu sạc cho EV.
- **Chương 3. Những ảnh hưởng của xe điện lên lưới điện phân phối và giải pháp.** Ở đây Nghiên cứu sẽ đưa ra các phân tích về những tiêu cực của sự ảnh hưởng của EV lên lưới điện, từ đó đưa ra những phương hướng, giải pháp để hạn chế những ảnh hưởng này của EV lên lưới điện.
- **Chương 4. Giải pháp cho việc sạc xe điện thông minh thông qua những dịch vụ liên quan.** Phần này sẽ trình bày tổng quan về quá trình vận hành dịch vụ cho các nhóm EV đang được nghiên cứu và ứng dụng tại các nước trên thế giới.
- **Chương 5. Một số kết quả tính toán cho nhóm xe điện cá nhân.** Chương này sẽ phân tích tối ưu quá trình vận hành cho đối tượng xe điện cá nhân đồng thời cũng sẽ đưa ra các tính toán tối ưu điển hình và một số ví dụ cùng kết quả về tính toán cho lưới điện trong thực tế ở Hà Nội.
- **Chương 6. Một số kết quả tính toán cho nhóm xe buýt điện.** Chương này sẽ đưa ra các kết quả tính toán tối ưu điển hình cho nhóm xe buýt điện dựa trên phương pháp được đề xuất có kết hợp với nguồn điện phân tán.
- **Chương 7. Thảo luận và Kết luận.** Phần này sẽ đưa ra các kết luận, các giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của EV lên lưới điện, và các khuyến khích phát triển EV và năng lượng tái tạo.

Qua nghiên cứu này, những lợi ích của EV đem lại, những mô hình kinh doanh, những chính sách phát triển cơ sở hạ tầng, v.v...sẽ được làm làm. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng sẽ đưa ra những kết quả tính toán trên lưới điện nhỏ (microgrid) có tích hợp năng lượng tái tạo và EV để đưa ra nhận định về những ảnh hưởng lên lưới điện của việc đưa EV vào thay thế dần xe xăng dầu truyền thống.

2 CÂN BẰNG NĂNG LƯỢNG KHI XEM XÉT ĐẾN PHỤ TẢI XE ĐIỆN

2.1 Xem xét Quy Hoạch Điện 8 về phát triển nguồn và phụ tải

Ngày 15 tháng 5 năm 2023, Thủ tướng Chính phủ đã ký quyết định 500/QĐ-TTg ngày 15/5/2023 về việc "Phê duyệt Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050". Cụ thể, định hướng về phát triển nguồn điện cũng như phụ tải được liệt kê trong [9] như sau:

2.1.1 Phát triển nguồn điện

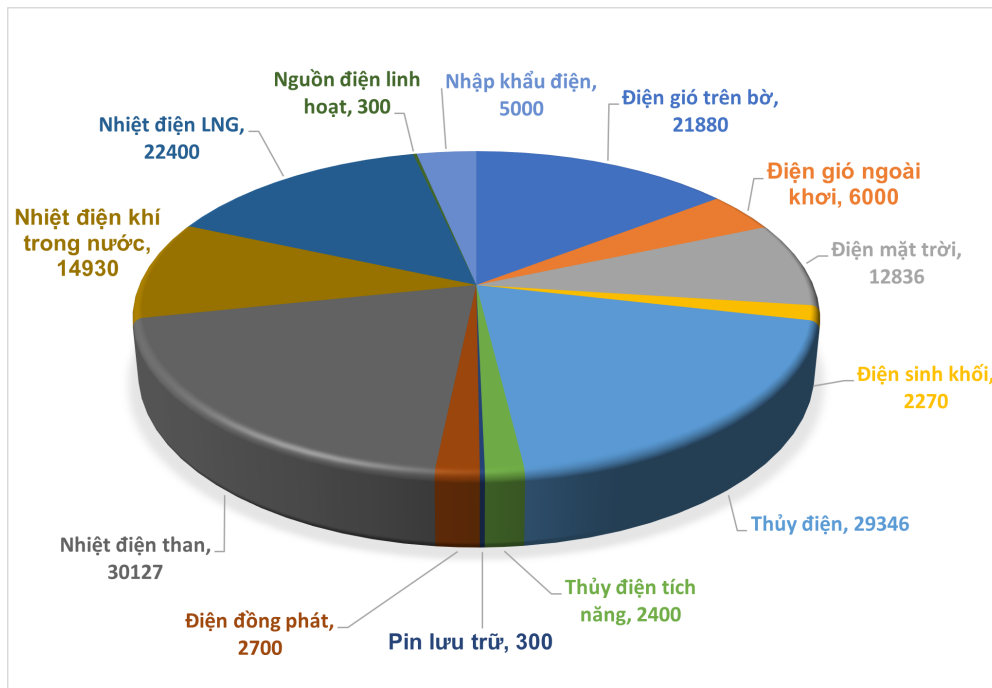
Về định hướng phát triển, QHĐ8 định hướng rằng sẽ phát triển đa dạng các loại hình nguồn điện, đồng bộ với cơ cấu hợp lý để đảm bảo an ninh năng lượng, nâng cao sự tự chủ của ngành Điện, và giảm thiểu sự phụ thuộc vào các nguồn điện truyền thống cũng như các nguồn nhiên liệu nhập khẩu, tuy nhiên cũng phải đảm bảo phát triển nguồn điện cân đối theo vùng miền, hướng tới sự đảm bảo cung-cầu của nội vùng. Bên cạnh đó cũng đẩy mạnh phát triển các nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng mới, năng lượng sạch, tuy nhiên phải đảm bảo phù hợp với sự an toàn của hệ thống điện, giá thành phù hợp. Không chỉ vậy, cũng cần phải khai thác và sử dụng hiệu quả các nguồn năng lượng hoá thạch trong nước, đảm bảo an ninh năng lượng toàn hệ thống điện.

Về phương án phát triển, Quy hoạch điện 8 chỉ ra cần phải đẩy nhanh việc phát triển nguồn điện từ các nguồn năng lượng tái tạo (điện gió, điện mặt trời,...), bên cạnh đó tiếp tục gia tăng tỷ trọng năng lượng tái tạo trong cơ cấu nguồn điện và điện năng sản xuất, đẩy mạnh phát triển điện gió trên bờ và ngoài khơi, điện mặt trời, các loại hình điện sinh khối,... Đối với các nguồn điện truyền thống, định hướng chuyển đổi nhiên liệu sang sinh khối đối với những nhà máy nhiệt điện than; ưu tiên sử dụng tối đa khí nội địa cho việc phát điện đối với những nhà máy nhiệt điện khí; hạn chế phát triển các nguồn điện sử dụng LNG nếu có nếu có phương án thay thế để giảm sự phụ thuộc và nhiên liệu nhập khẩu; đầu tư phát triển các nguồn điện linh hoạt, v.v... Cụ thể, cơ cấu nguồn điện đến năm 2030 và 2050 như sau [9]:

- **Đến năm 2030.** Tổng công suất các nhà máy điện phục vụ nhu cầu trong nước 150.489 MW (không bao gồm xuất khẩu, điện mặt trời mái nhà hiện hữu, năng lượng tái tạo để sản xuất năng lượng mới), trong đó những nguồn điện NLTT điển hình như gió, mặt trời được liệt kê như sau:
 - Điện gió trên bờ 21.880 MW (14,5% tổng công suất các nhà máy điện);
 - Điện gió ngoài khơi 6.000 MW (4,0%), trường hợp công nghệ tiên tiến nhanh, giá điện và chi phí truyền tải hợp lý thì phát triển quy mô cao hơn;

- Điện mặt trời 12.836 MW (8,5%), không bao gồm điện mặt trời mái nhà hiện hữu), gồm các nguồn điện mặt trời tập trung 10.236 MW, nguồn điện mặt trời tự sản, tự tiêu khoảng 2.600 MW. Nguồn điện mặt trời tự sản, tự tiêu được ưu tiên phát triển không giới hạn công suất;
- Pin lưu trữ 300 MW (0,2%);

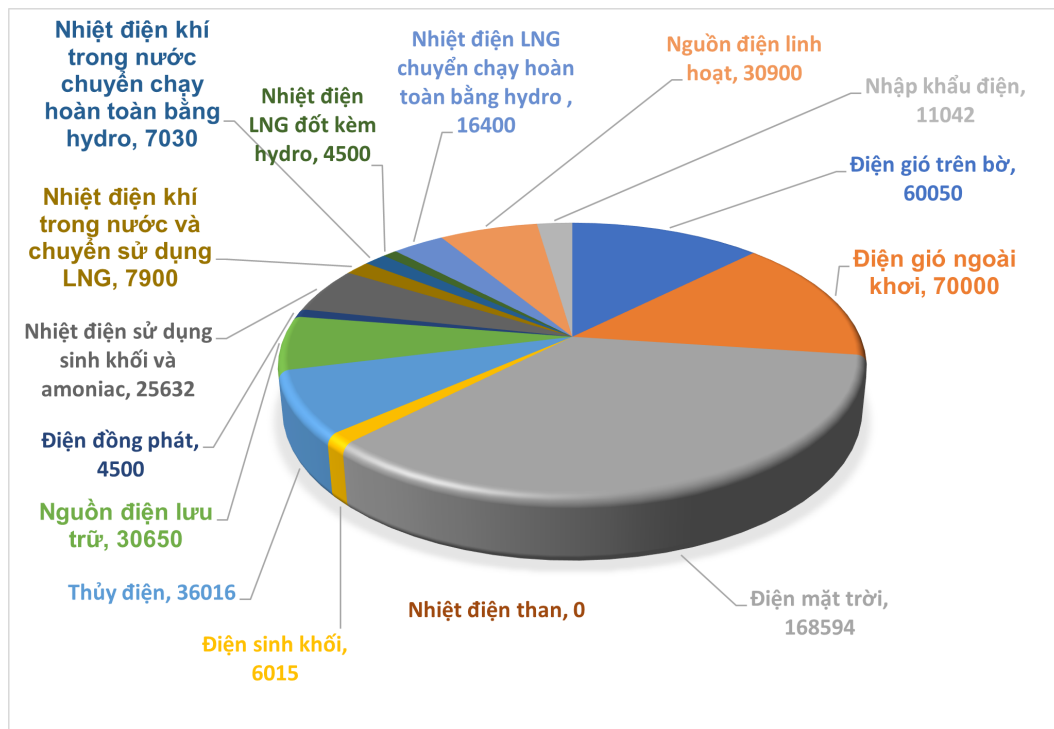
Với các nguồn điện than đang gặp khó khăn trong việc triển khai sẽ cập nhật quá trình xử lý để thay thế bằng các nguồn điện LNG hoặc năng lượng tái tạo.



Hình 2.2 Cơ cấu nguồn điện (tính theo đơn vị MW) dự báo đến năm 2030 theo QHĐ8

- **Đến năm 2050.** Tổng công suất các nhà máy điện là 490.529 - 573.129 MW (không bao gồm xuất khẩu, năng lượng tái tạo để sản xuất năng lượng mới) được thể hiện như trong Hình 2.3, trong đó NLTT có:
 - Điện gió trên bờ 60.050 - 77.050 MW (12,2 - 13,4%)
 - Điện gió ngoài khơi 70.000 - 91.500 MW (14,3 - 16%)
 - Điện mặt trời 168.594 - 189.294 MW (33,0 - 34,4%)
 - Nguồn điện lưu trữ 30.650 - 45.550 MW (6,2 - 7,9%)

Từ các số liệu trên, chủ trương trong việc phát triển nguồn điện được thể hiện khá rõ ràng, đó là đẩy mạnh phát triển không giới hạn các nguồn năng lượng tái tạo và những nguồn điện không phát thải, cắt giảm và tiến tới dần loại bỏ loại hình nguồn điện gây ra phát thải như nhiệt điện than, tất cả để phục vụ mục tiêu năng lượng bền vững, phát thải ròng bằng 0 đến năm 2050.



Hình 2.3 Cơ cấu nguồn điện (tính theo MW) đến năm 2050 theo QHD8

Tuy nhiên, với thành phần cơ cấu nguồn điện ngày càng gia tăng về nguồn công suất lắp đặt, hệ thống lưới truyền tải cũng như phân phối cần được Chính phủ đưa ra các chính sách đầu tư phát triển một cách kỹ lưỡng, điển hình là phía hệ thống lưới điện truyền tải có những điểm nút không giải phóng được công suất cần được xử lý. Khi tỷ lệ của năng lượng tái tạo thâm nhập vào hệ thống điện lớn, nếu công suất lắp đặt của những hệ thống tích trữ được đầu tư chưa đủ lớn, hay khi hệ thống đường dây truyền tải chưa đủ để giải tỏa lượng công suất dư thừa thì vấn đề mất cân bằng cung cầu cục bộ như thiếu điện ở miền Bắc như dự báo trong vài năm tới có thể tiếp tục xảy ra, thậm chí có thể xảy ra các sự cố như sụp đổ điện áp, sụp đổ tần số, sụp đổ hệ thống điện gây rã lưới. Bên cạnh việc đầu tư xây dựng hệ thống tích trữ hay nâng cấp hệ thống điện truyền tải như đường dây hay xây dựng thêm các trạm biến áp công suất lớn thì những giải pháp khác như điều chỉnh phụ tải (Demand Response - DR) hay nghiên cứu ứng dụng những nguồn điện linh hoạt với sự tham gia của EV cũng nên được xem xét đến.

2.1.2 Dự báo nhu cầu phụ tải

Về phía phụ tải, ta có thể thấy rằng kinh tế - xã hội ngày càng phát triển, do đó nhu cầu phụ tải theo thời gian tăng lên là điều khó tránh khỏi. Theo Thuyết minh Quy hoạch điện 8 cập nhật tháng 4/2023 [10], các kết quả tính toán điều chỉnh dự báo nhu cầu phụ tải được tổng hợp như sau :

- Điện năng thương phẩm hệ thống điện năm 2030 đạt khoảng 505 tỷ kWh, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2021-2030 là: 8,8%/năm; điện năng thương phẩm hệ

thống điện năm 2050 từ 1.114 tỷ kWh đến 1.254 tỷ kWh, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2031-2050 từ 4,0%/năm đến 4,7%/năm.

- Điện năng sản xuất hệ thống điện năm 2030 đạt khoảng 567 tỷ kWh, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2021-2030 là: 8,7%/năm; điện năng sản xuất hệ thống điện năm 2050 từ 1.224 tỷ kWh đến 1.378 tỷ kWh, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2031-2050 từ 3,9%/năm đến 4,5%/năm.
- Công suất cực đại P_{max} hệ thống điện năm 2030 khoảng 90.500 MW, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2021-2030 là: 8,9%/năm; công suất cực đại P_{max} hệ thống điện năm 2050 từ 185.000 MW đến 208.600 MW, tăng trưởng bình quân giai đoạn 2031-2050 từ 3,6%/năm đến 4,3%/năm.
- Hệ số đàn hồi điện thương phẩm/GDP đạt khoảng 1,30 lần trong giai đoạn 2021-2025; 1,22 lần trong giai đoạn 2026-2030; 0,96 lần trong giai đoạn 2031-2035; 0,68 lần trong giai đoạn 2036-2040; giảm xuống 0,47 lần trong giai đoạn 2041-2045 và 0,37 lần trong giai đoạn 2046-2050.

Theo kết quả dự báo, mức tăng trưởng nhu cầu điện bình quân hàng năm ở 2 kịch bản trong các giai đoạn 2021-2030 là 8,8%/năm. So với tăng trưởng nhu cầu điện giai đoạn 2011-2020 là 9,9%/năm (phụ tải điện năm 2020 sụt giảm do tác động của đại dịch COVID-19), mức tăng nhu cầu điện đã thấp hơn đáng kể thể hiện hiệu quả sử dụng điện tốt hơn của nền kinh tế. Giai đoạn 2031-2050, tốc độ tăng nhu cầu điện sẽ chịu tác động của 2 xu thế: xu thế giảm do sử dụng điện hiệu quả hơn và xu hướng tăng do quá trình điện hóa (tăng cường các thiết bị/phương tiện dùng điện để giảm phát thải). Mức tăng điện năng thương phẩm bình quân giai đoạn 2031-2050 từ 4,0% đến 4,7%/năm. Kết quả dự báo nhu cầu tiêu thụ điện giai đoạn 2021-2050 của các kịch bản dự báo phụ tải cập nhật phản ánh đúng định hướng phát triển kinh tế - xã hội được đề ra trong Nghị quyết số 81/2023/QH15 [11] của Quốc hội "Về Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050", đặc biệt là các mục tiêu về tăng trưởng GDP và chuyển dịch cơ cấu GDP toàn quốc, đồng thời phù hợp với định hướng và yêu cầu nâng cao hiệu quả sử dụng điện của Việt Nam trong tương lai.

Có thể thấy trong thành phần phụ tải được dự báo đến năm 2030 và 2050 chỉ có 2 thành phần chính bao gồm điện năng thương phẩm hệ thống điện và điện năng sản xuất hệ thống điện. Điện thương phẩm là điện bán thành tiền, còn điện sản xuất là điện tổng hợp từ các nguồn điện phát ra. Do vậy, ta có thể nhận định rằng dự báo phụ tải đến năm 2050 trong QHĐ8 vẫn chưa đề cập đến phụ tải dành cho EV mặc dù trong kết quả về dự báo phụ tải đã tính đến các yếu tố tác động khác như tốc độ tăng thấp của điện mặt trời mái nhà, các chương trình điều chỉnh phụ tải (DR) tác động cắt đỉnh chưa đủ mạnh và tỷ lệ thâm nhập của EV vẫn còn rất thấp theo kịch bản của Bộ

Giao thông vận tải. Tài liệu [12] chỉ ra rằng tỷ lệ thâm nhập của EV năm 2022 chỉ đạt con số khiêm tốn là ở mức 2,9%. Điều này là do những chính sách khuyến khích người dùng sử dụng EV vẫn chưa đủ hấp dẫn, cơ sở hạ tầng vẫn chưa đáp ứng đủ và sẵn sàng cho tỷ lệ lớn EV thâm nhập vào lưới điện. Do vậy, quy hoạch cơ sở hạ tầng lưới điện phân phối và đưa ra những chính sách phù hợp để phục vụ sự phát triển của EV là khá cấp thiết.

2.2 Đánh giá các tài liệu liên quan về kế hoạch phát triển xe điện

Hiện nay, đã có rất nhiều tài liệu đưa ra kế hoạch để phát triển EV trên thế giới, mới đây nhất là báo cáo Global EV Outlook của IEA năm 2023 [13]. Theo đó, thị trường EV toàn cầu ngày nay rất khác nhau, được định hình bởi các mức hỗ trợ chính sách, hoạt động của doanh nghiệp EV, sở thích và nhận thức của người tiêu dùng, mô hình lái xe và đặc điểm văn hóa khác nhau. Vai trò của chính sách của nhà nước đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong việc định hướng chiến lược của những doanh nghiệp EV theo hướng điện hóa và tạo điều kiện cho người tiêu dùng chú ý.

Tại các thị trường EV lớn hiện nay – bao gồm Trung Quốc, Châu Âu và Mỹ – trong nhiều trường hợp, việc áp dụng sớm đã được bắt đầu nhờ các chính sách nhằm thúc đẩy nhu cầu, chẳng hạn như ưu đãi khi mua EV. Trong đó, việc khuyến khích trực tiếp cho các nhà sản xuất xe cũng được sử dụng ở Trung Quốc. Nhiều quốc gia và khu vực trên thế giới hiện đang chứng kiến thị trường EV tăng trưởng nhanh. Sau một thời gian tăng trưởng mạnh, các thị trường phát triển EV như Trung Quốc và một số nước châu Âu hiện đang giảm dần hoặc loại bỏ dần các chương trình khuyến khích dành cho xe điện cá nhân và dần chuyển trọng tâm sang các phân khúc khác như vận tải hạng nặng (Heavy Duty Vehicle - HDV) và tăng cường các hỗ trợ cho việc sạc điện cho EV. Đồng thời, một số chính phủ ở các thị trường lớn đã tăng mục tiêu phát triển EV hơn nữa trong việc nỗ lực giải quyết các phần khác của chuỗi cung ứng EV, như thông qua hỗ trợ chính sách cho sản xuất pin mà khoáng sản quan trọng là Lithium.

Đối với các doanh nghiệp EV, các chính sách của nhà nước là động lực quan trọng trong những thời gian đầu kinh doanh EV. Với sự tăng trưởng theo cấp số nhân của doanh số bán EV, việc các nhà sản xuất xe ô tô lớn hiện nay ngày càng quan tâm tới mảng EV như một phần quan trọng trong danh mục đầu tư của họ nhằm giành thị phần của thị trường EV và duy trì lợi thế cạnh tranh ngày càng khốc liệt. Nhìn chung, chiến lược của doanh nghiệp giữa các nhà sản xuất EV lớn đang thay đổi và như trong những năm gần đây (2022-2023) đã chứng kiến một loạt thông tin quan trọng về EV như các hãng xe vận tải chạy hoàn toàn bằng xe điện, EV ngày một rẻ hơn, nhiều khoản đầu tư hơn cho hoạt động sản xuất pin.

Như những năm gần đây, hầu hết các chính sách hỗ trợ EV đều nhắm đến phân khúc xe chạy điện hạng nhẹ (Light Duty Vehicles, LDV), phân khúc này có độ trưởng thành thị trường cao nhất và lượng xe sẵn có lớn nhất. Vào năm 2022, hơn 90% doanh

số bán LDV toàn cầu được áp dụng chính sách khuyến khích sử dụng EV. Các chính sách tiêu biểu bao gồm tiêu chuẩn tiết kiệm nhiên liệu và chất gây ô nhiễm; quy định về phương tiện không phát thải; quy định kinh tế và ngân sách đối với nhiên liệu và phương tiện, chẳng hạn như thông qua chế độ tài chính và thuế; ưu đãi và trợ cấp mua hàng; và cấm các phương tiện chỉ sử dụng động cơ đốt trong.

Hiện nay, sau một thời gian phát triển, các hãng xe lớn ngày càng tập trung vào phân khúc HDV và gần 70% doanh số bán HDV toàn cầu hiện được bao phủ bởi các chính sách về EV. Các quốc gia đang tăng cường tài trợ, cam kết thực hiện các mục tiêu triển khai phương tiện không phát thải (ZEV) và lần đầu tiên ban hành các chính sách dành riêng cho HDV. Vào năm 2022, 11 quốc gia đã ký Biên bản ghi nhớ toàn cầu về các phương tiện hạng trung và hạng nặng không phát thải, nâng tổng số bên ký kết lên 27 quốc gia. Các quốc gia này đặt mục tiêu 100% xe tải và xe buýt không phát thải bán hàng vào năm 2040.

Trong khi đó ở Việt Nam, vào tháng 7/2022 Thủ tướng Chính phủ đã ký Quyết định số 876/QĐ-TTg [14] về việc Phê duyệt Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí Carbon và khí Metan của ngành Giao thông vận tải phục vụ mục tiêu phát triển hệ thống giao thông vận tải xanh hướng tới mục tiêu phát thải nhà kính về "0" vào năm 2050. Quyết định cũng đã chỉ ra rằng ngành Giao thông vận tải là một trong những ngành sẽ đóng góp vô cùng quan trọng vào mục tiêu này. Cũng giống với báo cáo [13] nói trên, Chương trình này cũng chú trọng vào việc phát triển những chính sách đẩy mạnh sự thâm nhập của EV, từng bước đưa EV vào thay thế xe xăng truyền thống. Chương trình này phần lớn tập trung vào việc xây dựng chính sách đầu tư, hoàn thiện, nâng cấp cơ sở hạ tầng của lưới điện. Điều này cũng là phù hợp, xuất phát từ nguyên nhân cơ sở hạ tầng của hệ thống lưới điện phân phối tại Việt Nam chưa sẵn sàng cho việc tích hợp một tỷ lệ lớn số lượng EV vào lưới điện. Tuy nhiên, nếu nhìn về tổng thể, Việt Nam chúng ta vẫn còn đang phát triển chậm so với mặt bằng chung thế giới, ngoài lý do cơ sở hạ tầng chưa sẵn sàng thì chính số lượng EV tại Việt Nam chưa được phổ biến đủ để thúc đẩy các chính sách về hạ tầng cơ sở. Bên cạnh đó, Chương trình cũng chưa đi sâu vào việc đưa ra những kế hoạch cho việc nghiên cứu và phát triển việc sản xuất và phát triển những dịch vụ cho pin EV.

Xuất phát từ điểm này, nghiên cứu [15] bên cạnh việc đưa ra những khuyến nghị về mặt chính sách ví dụ như bên cạnh việc đưa ra những khuyến khích cho phát triển EV thì cũng đã đi sâu vào việc đánh giá, phân tích cho việc phát triển những dịch vụ cho pin EV trong bối cảnh ở Việt Nam, trong đó điển hình là các dịch vụ như thay pin của EV hay xử lý những loại pin đã hỏng hoặc hết tuổi thọ. Bên cạnh đó, nghiên cứu cũng đã đưa ra những khuyến nghị rất ý nghĩa cho việc phát triển cơ sở hạ tầng trạm sạc, bổ sung nhiều khía cạnh tham khảo cho Chương trình hành động theo Quyết định 876/QĐ-TTg.

2.3 Nhận định các tình huống cân bằng năng lượng giữa xây dựng và phát triển EV với nguồn năng lượng tái tạo

Trong phần này, ta sẽ đánh giá theo 2 kịch bản, đó là Kịch bản đến năm 2030 và Kịch bản đến năm 2050. Theo đó, ta sẽ đưa ra những dự báo về phụ tải điện dành cho EV sau đó đánh giá xem với những kịch bản dự báo về cơ cấu nguồn điện liệu có thể đáp ứng đủ nhu cầu từ việc sạc EV hay không. Về lý thuyết, để dự báo được tỷ lệ xâm nhập của EV là rất khó, do đó các con số trong các báo cáo quốc tế chỉ mang tính chất tham khảo và có thể có sai số rất lớn do đây là bài toán dự báo dài hạn. Do vậy, đối với trường hợp ở Việt Nam, nghiên cứu sẽ sử dụng cơ sở dự báo (hàm FORECAST) dựa trên việc nội suy để thực hiện tính toán dự báo. Toàn bộ công việc sẽ được thực hiện trong môi trường EXCEL.

Theo Quyết định 876/QĐ-TTg, Bộ Giao thông vận tải đã vạch ra lộ trình như sau:

• Giao thông đường bộ

- **Đến năm 2030:** Sử dụng 100% xăng E5 đối với phương tiện giao thông cơ giới đường bộ.
- **Đến năm 2050:** 100% phương tiện giao thông cơ giới đường bộ sử dụng điện.

• Giao thông đường sắt

- **Đến năm 2030:** Nghiên cứu, áp dụng thí điểm sử dụng phương tiện đường sắt sử dụng điện.
- **Đến năm 2050:** 100% phương tiện đầu máy, toa xe đường sắt chuyển sang sử dụng điện.

• Đường thủy nội địa - Hàng hải

- **Đến năm 2030:** Nghiên cứu, áp dụng thí điểm tại một số cảng thủy nội địa.
- **Đến năm 2050:** 100% phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch chuyển sang sử dụng điện, năng lượng xanh.

• Hàng không

- **Đến năm 2030:** Hoàn thiện hệ thống cơ sở dữ liệu về sử dụng năng lượng và tiêu thụ nhiên liệu của các doanh nghiệp hàng không.
- **Đến năm 2050:** Chuyển đổi sử dụng 100% năng lượng xanh, nhiên liệu hàng không bền vững cho tàu bay để giảm tối đa lượng khí thải nhà kính. Tất cả các phương tiện hoạt động trong khu bay sử dụng điện, năng lượng xanh (trừ các phương tiện đặc thù chưa sử dụng được điện).

• **Giao thông đô thị**

- **Đến năm 2030:** 100% xe buýt thay thế, đầu tư mới sử dụng điện, năng lượng xanh. Bên cạnh đó các tỉnh thành phố lớn ở Việt Nam (Hà Nội, Đà Nẵng, Hồ Chí Minh, Cần Thơ,...) cần phải đạt được tỷ lệ đảm nhận vận tải hành khách công cộng được đặt ra trong Quyết định.
- **Đến năm 2050:** 100% xe buýt, xe taxi sử dụng điện, năng lượng xanh.

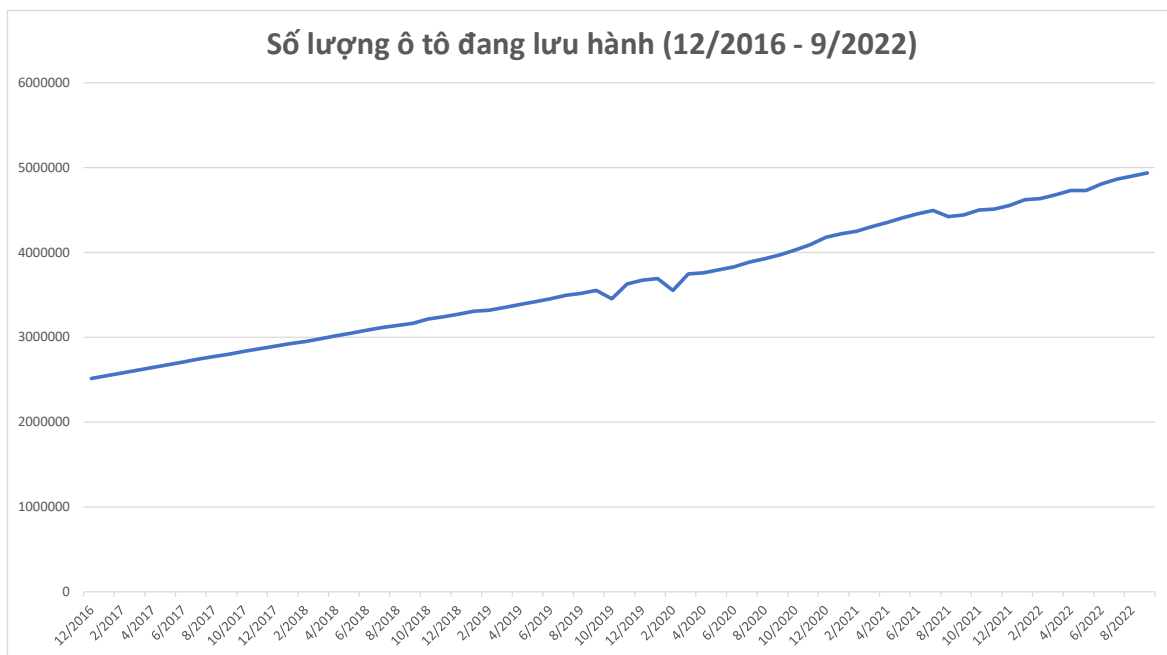
Hiện nay, Việt Nam chưa có các con số cụ thể nào về sử dụng điện cho các lĩnh vực như đường thủy hay đường hàng không. Vì vậy những tính toán tiếp theo, báo cáo sẽ chưa đề cập đến 2 loại hình lĩnh vực giao thông này mà sẽ chỉ đề cập đến giao thông đường bộ và giao thông đô thị. **Do đó, ta sẽ tập trung vào phân khúc xe ô tô (bao gồm xe buýt, xe cá nhân).**

Theo đánh giá của [16], số lượng xe taxi hiện nay là hơn 67000 xe, và số taxi có xu hướng giảm dần đều kể từ thời điểm trước dịch đến nay. Cụ thể, năm 2019 là 79000 xe, năm 2020 là 75000 xe, năm 2021 là 68000 xe và năm 2022 là 67000 xe. Từ đó, nếu ta sử dụng hàm FORECAST trong EXCEL, một cách xấp xỉ tuyến tính thì số lượng xe taxi trong năm 2030 là 42400 xe, còn giá trị đến năm 2050 ghi nhận được là -21600 (giá trị số lượng xe luôn là lớn hơn hoặc bằng 0 nên ta sẽ chọn giá trị 0 đối với năm 2050). Do đó, ta có thể hình dung rằng đến năm 2050 có thể không còn xe taxi sử dụng xăng truyền thống nữa mà lúc đó sẽ có thể hoàn toàn là xe taxi chạy bằng điện và năng lượng xanh. Như vậy, để có thể dự báo được số xe taxi chạy bằng điện thì cần số liệu số lượng xe taxi điện đang lưu hành từ quá khứ, tuy nhiên loại hình xe taxi điện mới được VINFAST lưu hành tại Việt Nam từ đầu năm 2023 nên những dữ liệu về số lượng xe điện taxi là chưa có, và điều này dẫn tới chưa thể tính toán được. Do vậy, trong phần tính toán này sẽ chỉ đề cập đến loại hình **Xe điện cá nhân** và **Xe buýt điện**.

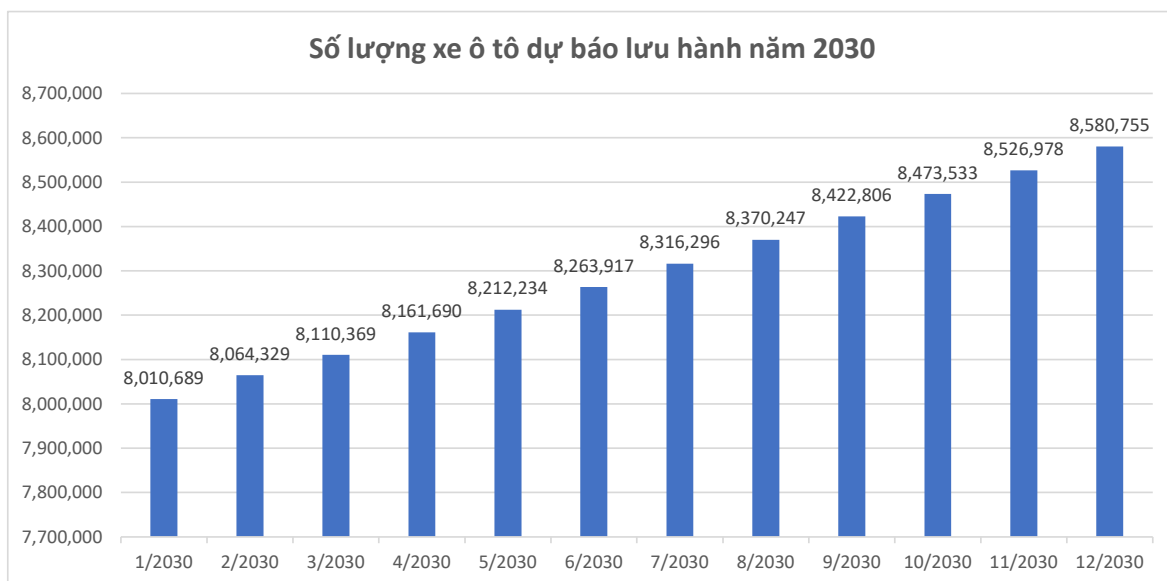
2.3.1 Xe cá nhân

Tính đến thời điểm tháng 9/2022, số lượng xe ô tô đang lưu hành trên lãnh thổ Việt Nam là khoảng gần 5 triệu xe theo số liệu của Cục Đăng kiểm Việt Nam [17]. Hình 2.4 dưới đây sẽ thể hiện số lượng xe ô tô lưu hành tính từ tháng 12/2016 đến 9/2022.

Dựa vào số liệu này ta có thể thấy, một cách trực quan thì số lượng xe ô tô lưu hành trên giao thông đường bộ cũng như giao thông đô thị đang tăng dần xấp xỉ theo một đường thẳng tuyến tính. Do vậy, để dự báo ra số lượng xe ô tô lưu hành đến năm 2030 và đến năm 2050 ta hoàn toàn có thể sử dụng hàm FORECAST trong EXCEL để thực hiện nội suy, từ đó tính toán ra kết quả. Từ đây ta thu được kết quả về số lượng xe ô tô đang lưu hành trong 12 tháng năm 2030 và năm 2050 như trong Hình 2.5 và Hình 2.6.

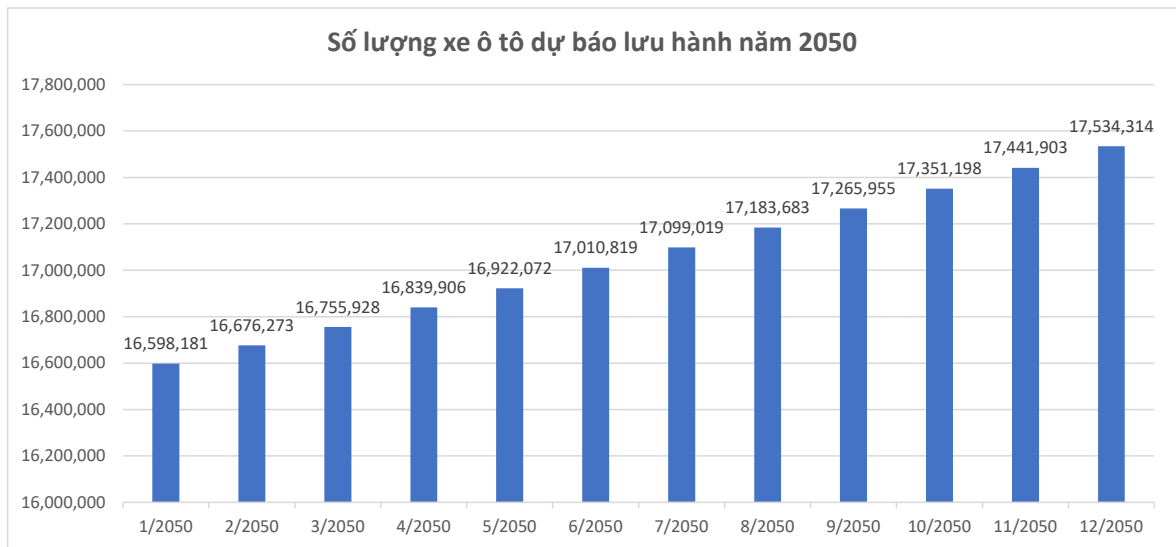


Hình 2.4 Số lượng xe ô tô lưu hành tính từ 12/2016 đến 9/2022 theo thống kê của Cục Đăng kiểm Việt Nam



Hình 2.5 Số lượng xe ô tô lưu hành dự báo đến năm 2030

Như vậy, ta có thể thu được hai giá trị dự báo (tham khảo) đến hết năm 2030 và hết năm 2050 lần lượt là 8,580,755 xe và 17,534,314 xe ô tô lưu hành. Sau khi đã có các giá trị dự báo thì ta sẽ xem xét đến tỷ lệ thâm nhập của EV. Theo [18], tỷ lệ thâm nhập của EV đến năm 2030 được dự báo sẽ tăng lên đến 13,6%. Tuy nhiên để xem xét các kịch bản khác thì báo cáo sẽ xem xét các tỷ lệ khác như 10%, 20%, 30%,



Hình 2.6 Số lượng xe ô tô lưu hành dự báo đến năm 2050

40%, 50% cho năm 2030. Còn đến năm 2050, tỷ lệ thâm nhập này của EV bắt buộc phải là 100% như đã được nêu ra trong Quyết định 876/QĐ-TTg. Từ đây ta có Bảng 2.1 về tỷ lệ thâm nhập và số lượng xe điện cá nhân qua các kịch bản đến năm 2030 và năm 2050.

Bảng 2.1 Tỷ lệ thâm nhập và số lượng xe điện cá nhân qua các kịch bản

Năm	Tỷ lệ thâm nhập	Số lượng xe điện cá nhân
2030	10 %	858075
	13.6 %	1166983
	20 %	1716151
	30 %	2574226
	40 %	3432302
	50 %	4290377
2050	100 %	17534314

Hiện nay, VINFAST đã sản xuất và phát triển khá đa dạng các mẫu xe xe điện cá nhân [19], ví dụ như các mẫu VF e34, VF8, VF9,... Tuy nhiên trong các mẫu này thì có VF e34 đang gây ấn tượng rất mạnh mẽ đối với người dùng trong thị trường EV tại Việt Nam nhờ sở hữu động cơ và công nghệ thông minh chất lượng cao, bắt kịp xu hướng thế giới. Đối với mục tính toán ở chương này, để đơn giản ta giả sử toàn bộ các xe điện cá nhân lấy thông số của VF e34 để làm thông số trung bình (mặc dù trên thực tế phải xét đến các mẫu xe điện cá nhân khác nữa). Ta có các thông số như sau:

- **Dung lượng pin:** 42 kWh
- **Quãng đường di chuyển khi sạc đầy:** 285 km

Theo [20], trung bình 1 xe ô tô cá nhân sẽ di chuyển khoảng 10000 - 15000 km trong 1 năm, với dung lượng pin đầy thì di chuyển được 285 km, suy ra ta sẽ có được trung bình khoảng 35 - 53 lần sạc trong 1 năm đối với một xe điện cá nhân. Mà 1 lần sạc đầy thì ta được dung lượng pin là 42 kWh, vậy nên đối với một EV thì điện năng mà chúng sạc từ lưới rơi vào khoảng 1470 - 2226 kWh/năm. Như vậy đến năm 2030 và đến năm 2050 ta thu được kết quả điện năng trung bình cho toàn bộ các xe điện cá nhân theo từng kịch bản như trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2 Dự báo khoảng giá trị điện năng tiêu thụ của xe điện cá nhân đến năm 2030 và năm 2050 qua các kịch bản

Năm	Tỷ lệ thâm nhập	Số lượng xe điện cá nhân	Điện năng tiêu thụ từ lưới trung bình cho 1 xe điện cá nhân trong 1 năm (kWh/năm)	Điện năng tiêu thụ của toàn bộ xe cá nhân (tỷ kWh/năm)
2030	10%	858075	1470 - 2226	1,26 - 1,91
	13.6%	1166983		1,71 - 2,59
	20%	1716151		2,52 - 3,82
	30%	2574226		3,78 - 5,73
	40%	3432302		5,04 - 7,64
	50%	4290377		6,30 - 9,55
2050	100%	17534314		25,77 - 39,03

2.3.2 Xe buýt điện

Tính đến tháng 12/2022, ở Việt Nam có hơn 8500 xe buýt [21], và đến năm 2030 cần đầu tư 12000 xe buýt thân thiện với môi trường. Theo [22], năm 2012 cả nước có khoảng 7300 xe buýt. Do những số liệu về số lượng xe buýt tại Việt Nam rất hạn chế nên ta có thể tạm sử dụng những số liệu này cho từng năm 2012, 2022, 2030. Một cách tương tự như trong phần tính toán Xe cá nhân, ta thu được kết quả dự báo được số lượng xe buýt đến năm 2050 như trong Bảng 2.3.

Bảng 2.3 Số lượng xe buýt đến năm 2030 và năm 2050

Năm	Số lượng xe buýt
2012	7300
2022	8500
2030	12000
2050	16586

Cũng hoàn toàn tương tự như trên, ta cũng có các con số về tỷ lệ xe buýt điện như trong Bảng 2.4 dưới đây.

Giả định rằng, ta quy chung các xe buýt điện sử dụng chung một mẫu xe là xe có các thông số như sau [23]:

Bảng 2.4 Tỷ lệ thâm nhập của xe buýt điện qua các kịch bản

Năm	Tỷ lệ thâm nhập	Số lượng xe buýt điện
2030	10 %	1200
	20 %	2400
	30 %	3600
	40 %	4800
	50 %	6000
2050	100 %	16586

- Dung lượng pin: 281 kWh
- Quãng đường di chuyển khi sạc đầy: 220 - 260 km

Trong một năm, quãng đường trung bình mà một xe buýt di chuyển là khoảng 30000 - 80000km/năm. Như vậy một lần sạc mà đi được 220 - 260 km thì một xe buýt điện sẽ có khoảng 136 - 307 lần sạc/năm. Suy ra điện năng dành cho việc sạc đầy 1 xe buýt điện trung bình một năm sẽ rơi vào khoảng 38216 - 86267 kWh/năm. Từ đây ta có bảng tổng hợp kết quả như trong Bảng 2.5. Có thể thấy, điện năng tiêu thụ trung bình trong một năm của một xe buýt điện sẽ khá lớn, tuy nhiên do số lượng xe buýt chưa nhiều nên điện năng của toàn bộ các xe buýt cũng sẽ khá nhỏ, thậm chí còn nhỏ hơn so với xe điện cá nhân.

Bảng 2.5 Dự báo khoảng giá trị điện năng tiêu thụ của xe buýt điện đến năm 2030 và năm 2050 qua các kịch bản

Năm	Tỷ lệ	Số lượng xe buýt điện	Điện năng tiêu thụ từ lưới trung bình cho 1 xe buýt trong 1 năm (kWh/năm)	Điện năng tiêu thụ của toàn bộ xe buýt điện (tỷ kWh/năm)
2030	10%	1200	38216 - 86267	0,04 - 0,10
	20%	2400		0,09 - 0,21
	30%	3600		0,13 - 0,31
	40%	4800		0,18 - 0,41
	50%	6000		0,23 - 0,52
2050	100%	16586		0,63 - 1,43

Từ những kết quả này, mặc dù các con số dự báo chỉ mang tính chất tham khảo do ta đang đơn giản hóa các tính toán bằng cách quy đổi về chung một mẫu EV (VF e34 với xe cá nhân và Vinbus đối với xe buýt), ta có thể đưa ra nhận định cơ bản như sau: Nếu nhìn vào các kết quả tổng hợp của dự báo phụ tải của QHĐ8 (điện năng thương phẩm, điện năng sản xuất và công suất cực đại P_{max}), phụ tải EV nếu so sánh với các kết quả này thì sẽ cho tỷ lệ rất thấp. Bên cạnh đó, theo số liệu dự báo nguồn điện đến năm 2030 hay 2050 theo QHĐ8 thì nguồn điện tại Việt Nam vẫn có thể đáp ứng được nhu cầu sạc của EV, chưa kể đến tiềm năng của năng lượng tái tạo của Việt Nam cao hơn khá nhiều so với thông tin trong QHĐ8 đề xuất.

2.4 Sử dụng trí tuệ nhân tạo nhằm dự báo công suất năng lượng tái tạo từ đó đánh giá khả năng đáp ứng nhu cầu sạc cho EV

Trong bối cảnh các nguồn năng lượng tái tạo đang được chú trọng phát triển và được dự đoán sẽ chiếm phần lớn cơ cấu nguồn điện trong tương lai, các vấn đề liên quan đến nhu cầu điện năng cho sạc EV sẽ được giải quyết và giảm thiểu ảnh hưởng tiêu cực của EV lên lưới điện. Tuy nhiên do đặc tính phụ thuộc vào các yếu tố, điều kiện thiên nhiên nên công suất của các nguồn năng lượng tái tạo không ổn định. Điều này sẽ dẫn đến thiếu hụt điện năng trong tương lai nguồn điện được sản xuất từ năng lượng tái tạo là chủ yếu. Chính vì vậy, dự báo chính xác công suất của năng lượng tái tạo là nghiên cứu quan trọng, cần thiết nhằm đánh giá khả năng cân bằng năng lượng giữa phụ tải và nguồn.

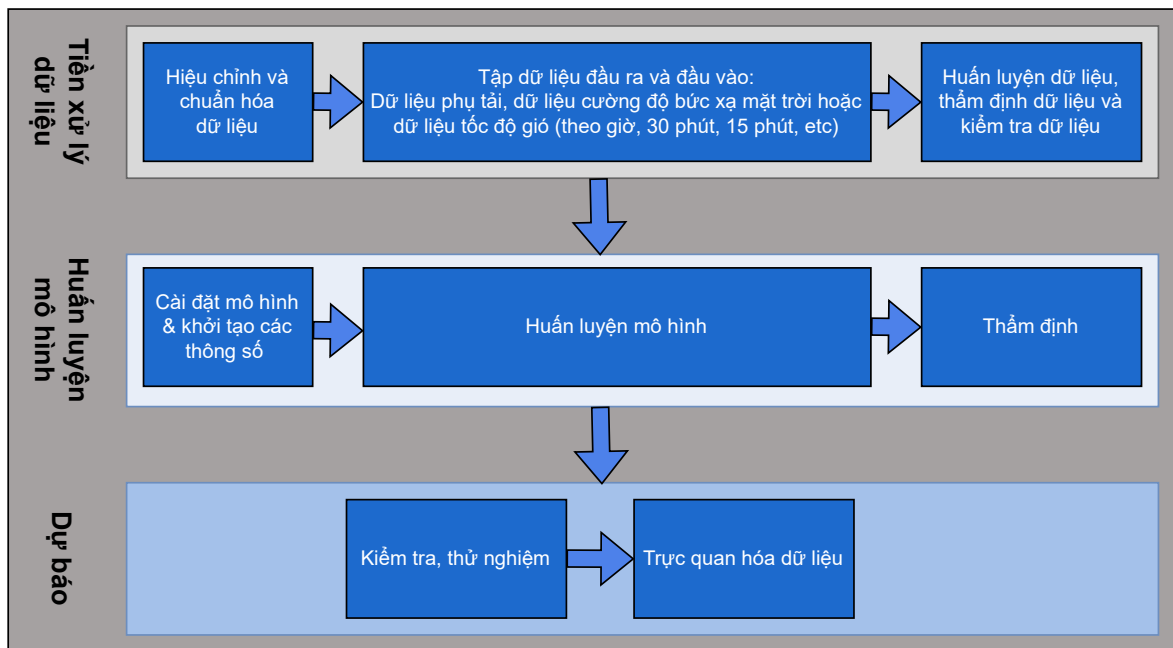
Dự báo với sai số lớn có thể gây ảnh hưởng sai lệch đến quá trình đánh giá khả năng đáp ứng nhu cầu năng lượng cho sản xuất hoặc cung cấp năng lượng. Việc dự báo sai công suất của các nguồn NLTT sẽ có thể gây ra sự thiếu hụt nguồn điện và giảm tần số xuống dưới ngưỡng cho phép. Lúc này, các nhà máy điện khác như nhà máy điện than hay thủy điện,.. sẽ phải tăng công suất điện tạo ra để bù đắp lại nguồn điện cần thiết đáp ứng nhu cầu phụ tải. Tuy nhiên điều này khó có thể xảy ra do để tăng công suất thì các nhà máy cần thời gian khởi động [24]. Chính vì thế trong khoảng thời gian mà các nhà máy cần để tăng công suất, quá trình giảm tải sẽ diễn ra do sự mất cân bằng giữa phụ tải và nguồn.

Không chỉ vậy, việc dự báo sai lệch cũng sẽ dẫn đến giá điện do các nguồn NLTT sản xuất ra không chính xác. Tài liệu [25] đã đánh giá ảnh hưởng của dự báo sai công suất điện gió và quang điện đến giá điện ở Đức trong 1 ngày. Cụ thể, với 1 GWh điện gió bị dự báo sai sẽ gây độ chênh lệch về giá nằm trong khoảng từ 4 EUR/MWh đến 7 EUR/MWh. Trong khi đó con số này ở điện mặt trời chỉ xấp xỉ 3 EUR/MWh. Hay như Chính phủ Hàn Quốc hỗ trợ giá cho các bên sản xuất NLTT. Để có thể nhận được chính sách hỗ trợ giá thì các bên sản xuất cần đảm bảo được độ sai lệch về dự báo công suất NLTT. Cụ thể, nếu độ sai lệch dự báo nhỏ hơn 6% thì sẽ được hỗ trợ 4 KRW/kWh, nếu như con số này ở khoảng 6%-8% thì sẽ chỉ còn 3 KRW/kWh và sẽ không được hỗ trợ gì nếu vượt trên 8% [26].

Như vậy, ta có thể thấy kết quả dự báo của các nguồn NLTT càng chính xác sẽ cải thiện giá điện, đồng thời đánh giá khả năng cân bằng của hệ thống từ đó đưa ra các quyết định huy động công suất của nhà máy đúng lúc nhằm kịp thời đáp ứng phụ tải.

Trong các nghiên cứu vào các năm trở lại đây, sử dụng trí tuệ nhân tạo (AI), học sâu (DL) đang được chú trọng bởi kết quả dự đoán thu được sát với dữ liệu thực tiễn với sai số thấp. Theo [27] quá trình dự báo công suất đầu ra của nguồn năng lượng tái tạo như trong Hình 2.7 sẽ diễn ra qua 3 bước chính :

- Dữ liệu ban đầu sẽ thông qua bước tiền xử lý nhằm chuẩn hóa các dữ liệu đầu vào đồng thời sẽ được chia vào các tập dữ liệu (datasets) để huấn luyện (training), đánh giá (validation) và thử nghiệm (testing).
- Tiếp theo mô hình huấn luyện sẽ được thực hiện để tạo ra một mô hình dự đoán phù hợp và được xác thực.
- Cuối cùng dự báo được thực hiện bằng cách sử dụng mô hình đã được huấn luyện và biểu diễn trực quan thông qua biểu đồ, đồ thị v.v...



Hình 2.7 Tổng quan phương pháp sử dụng học sâu dự báo các nguồn NLTT [27]

Điện gió và điện mặt trời là hai nguồn năng lượng chủ yếu yêu cầu dự báo công suất đầu ra do độ phổ biến cũng như công suất lớn. Về điện gió, tài liệu [28] đã so sánh khả năng dự đoán công suất điện gió sử dụng LSTM và BLSTM trên lưới IEEE-33 nút từ đó đánh giá được khi sử dụng các phương pháp AI kết hợp (hybrid) sẽ cho ra kết quả sát với dữ liệu thực tế đo được. Các phương pháp hỗn hợp dựa trên AI được tiếp cận với 4 hướng chính được mô tả trong bài báo [29], trong đó hướng tiếp cận chủ yếu là kết hợp các thuật toán đơn thuần của AI như cây phân loại và quy hồi (Classification and Regression), v.v... với các thuật toán nhằm cải thiện độ chính xác của dự báo công suất. Dự đoán chính xác công suất đầu ra của điện gió phụ thuộc vào dữ liệu đầu vào bao gồm tốc độ của gió, nhiệt độ, hướng gió [30], [31], [32]. Bài [33] cũng đã kết luận càng nhiều dữ liệu đầu vào thì kết quả chính xác càng cao sau khi mô phỏng. Nghiên cứu [34] đã kết hợp thêm mô hình VMD vào mô hình CNN-GRU từ đó xem xét trực tiếp với mô hình CNN-GRU. Dễ dàng thấy được khi sử dụng thêm mô hình VMD thì các tiêu chí đánh giá đều được cải thiện, đặc biệt là giá trị MAPE đã giảm

xuống hơn 4% khi so sánh với chỉ áp dụng mô hình CNN-GRU.

Nếu dự báo công suất điện gió được cải thiện sẽ giúp tiết kiệm chi phí vận hành điều độ. Bài báo [35] đã so sánh các trường hợp dự báo bao gồm dự báo hoàn hảo và dự báo với các tỉ lệ lỗi khác nhau. Qua đó, tổng chi phí vận hành của trường hợp dự báo hoàn hảo sẽ đạt mức thấp nhất do không yêu cầu sự thay đổi trong điều độ thời gian thực. Các trường hợp có tỉ lệ dự báo lỗi sẽ có chi phí vận hành cao hơn vì phải tính thêm chi phí giảm tải do sai số dự báo. Ngoài ra việc lựa chọn các khoảng thời gian khác nhau để dự báo cũng sẽ ảnh hưởng đến quá trình vận hành ở thời gian thực. Theo tài liệu [36] đã nêu ra ví dụ rằng với ISO-NE (hệ thống mà khí gas tự nhiên chiếm chủ đạo) thì cải thiện dự báo trong 1 ngày sẽ đồng nghĩa với lượng khí gas tự nhiên cần dùng sẽ ít hơn trong vận hành thực tế so với việc cải thiện dự báo trong 4 giờ. Hay một hệ thống mà sử dụng nhiệt than để sản xuất là chủ yếu như MISO thì cải thiện dự báo công suất gió trong 1 ngày sẽ khiến nhiều than cần được sử dụng hơn so với dự báo trong 4 giờ do đặc tính của nhiệt điện than là thời gian khởi động lâu.

Về điện mặt trời, điểm khác biệt giữa điện gió và điện mặt trời nằm ở dữ liệu đầu vào để dự báo do nguyên lý hoạt động và đặc tính tự nhiên yêu cầu. Dữ liệu đầu vào của điện mặt trời thường là các tham số khí tượng (meteorological parameters) bao gồm: bức xạ mặt trời, nhiệt độ, mây, tốc độ của gió và nhiệt độ của cell PV [37]. Trong đó, dữ liệu gây ảnh hưởng đáng kể đến kết quả dự báo cuối cùng là bức xạ của mặt trời. Dự báo công suất của PV có thể được phân loại dựa trên khoảng thời gian dự báo [38] như trong Bảng 2.6.

Bảng 2.6 Phân loại và chu kỳ dự báo

Phân loại	Chu kỳ dự báo	Tính ứng dụng
Chu kỳ rất ngắn hạn	<1 phút	Kiểm soát phân phối điện
Chu kỳ ngắn hạn	>1 giờ	Đảm bảo quá trình lên kế hoạch, điều phối điện năng được tạo ra
Chu kỳ trung hạn	1 tuần - 1 tháng	Đảm bảo trơn tru việc quy hoạch hệ thống điện
Chu kỳ dài hạn	1 tháng- 1 năm	Hữu ích cho việc truyền tải và phân phối phát điện

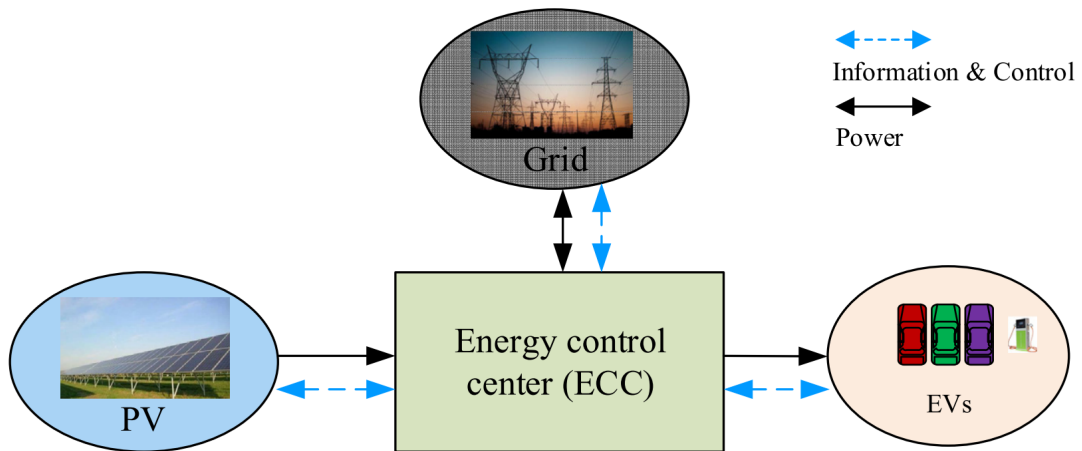
Cần phải chú ý khi khoảng thời gian dự báo tăng lên, đặc biệt nếu vượt 72h, độ chính xác của dự báo công suất bằng AI sẽ giảm xuống đáng kể [39]. Tương tự như dự báo cho điện gió, các phương pháp chủ yếu được sử dụng nhằm dự báo công suất điện mặt trời là kết hợp các thuật toán tối ưu với các thuật toán trong AI (DNN, RNN hoặc LSTM) vì những phương pháp này đưa ra kết quả đạt độ chính xác cao nhất. Trong đó, các phương pháp kết hợp với LSTM được sử dụng trong nhiều nghiên cứu dự báo công suất điện mặt trời. Sử dụng CNN kết hợp với LSTM cũng được đánh giá cao trong các bài nghiên cứu, bài [40] đã đề xuất sử dụng phương pháp CNN-LSTM

nhằm xem xét hiệu quả của dự báo trong các thời tiết khác nhau. Kết quả cho thấy sự vượt trội của phương pháp khi độ chính xác đạt đến 99%, các giá trị khác nhằm đánh giá độ hiệu quả của phương pháp như RMSE, MAE hay MAPE đều cho giá trị lý tưởng. Tài liệu [41] đã xem xét 2 phương pháp từ đó đưa ra kết luận phương pháp nào hiệu quả hơn. Thông qua kết quả cho thấy sử dụng mô hình LSTM-CNN cho kết quả vượt trội hơn về mọi mặt. Không chỉ vậy, LSTM-CNN cũng rút ngắn thời gian huấn luyện (training) xuống còn 871,606 giây trong khi thời gian này ở CNN-LSTM lâu hơn 112 giây. Để dự báo năng lượng điện mặt trời trong thời gian trung hạn và dài hạn, [42] đã đưa ra mô hình NARX-LSTM do NARX là một trong số ít thuật toán giải quyết được các vấn đề khi dự báo trong khoảng thời gian dài (long-horizon). Cũng giống như các nghiên cứu trước, nghiên cứu trong tài liệu tham khảo này đã so sánh kết quả khi sử dụng NARX-LSTM so sánh với các mô hình kết hợp khác, qua đó thấy được giá trị RMSE mà mô hình đề xuất đạt được là 6.27 W trong khi ở các mô hình được so sánh có thể lên đến gần 10 W, hay nói cách khác phương pháp được đề xuất cho ra kết quả lý tưởng nhất trong các mô hình kết hợp khác khi dự báo trong thời gian trung hạn và dài hạn.

Dự báo lỗi trong dự báo công suất quang điện sẽ gây ra tác động tiêu cực đến bên sản xuất do sẽ phải chịu mức phí phạt vào khoảng thời gian ban đêm nếu như thiết bị lưu trữ năng lượng (BESS) không thể bù đắp khoảng cách giữa điện năng được sản xuất trong dự báo và thực tế. Chính vì thế, dự báo càng thiếu chính xác thì mức phạt trên từng MWh càng lớn hơn. Ngoại trừ chuyển động của mây thì các tham số khí tượng khác đều có thể dự đoán trước do đó để cải thiện mức độ hiệu quả của dự báo công suất điện mặt trời có thể dự đoán trước chuyển động của mây sử dụng hình ảnh vệ tinh [43].

Việc sử dụng các nguồn NLTT là nguồn điện chính cung cấp cho nhu cầu điện năng cho EV đem lại nhiều lợi ích như đã nói ở trên. Chính vì vậy, việc xem xét khả năng đáp ứng phụ tải sạc EV khi chỉ sử dụng điện từ các nguồn năng lượng tái tạo trong các bối cảnh khác nhau là vô cùng cần thiết. Tài liệu [44] đã lắp đặt các tấm PV trên diện tích 15 m² nhằm cung cấp điện cho EV. Kết quả cho thấy nếu người sử dụng EV chỉ di chuyển từ 15 đến 20 dặm thì điện mặt trời đủ khả năng cung cấp điện năng cho các xe kể cả vào mùa đông khi công suất năng lượng mặt trời không cao bằng mùa hè. Đây là kết quả lạc quan khi theo dữ liệu bộ giao thông và vận tải Hoa Kỳ, phần lớn người đi làm chỉ di chuyển ít hơn 15 dặm để đến nơi làm việc [45]. Nghiên cứu [46] đã mô phỏng trạm sạc ở bãi đỗ xe có tấm che mái là tấm PV để cung cấp điện. Tấm PV được thiết kế với diện tích 25 m², đủ khả năng che cho hai EV. Thông qua các kịch bản sạc khác nhau cho EV, nghiên cứu đã chỉ ra rằng hệ thống năng lượng mặt trời có thể cung cấp từ 1-3 % đến 56-72% lượng điện cần để sạc đủ cho EV. Việc sạc EV vào các thời điểm công suất PV cao cũng là hướng giải quyết hợp lý nhằm tận dụng tối đa năng lượng từ mặt trời. Điều này được chứng minh trong bài [47], khi EV

được sạc đầy hoặc một phần ở nhà thì cũng làm tăng lượng điện tiêu thụ được tạo ra từ năng lượng mặt trời lên, thậm chí tăng lên thêm gần 10% so với trường hợp không có EV sạc, từ đó khai thác triệt để nguồn điện từ PV.



Hình 2.8 Tổng quan mô hình sử dụng nguồn NLTT đáp ứng phụ tải EV [48]

Các nước trên thế giới cũng đã đưa ra những nghiên cứu dự đoán nhu cầu điện năng trong tương lai khi năng lượng tái tạo chiếm phần lớn trong cơ cấu nguồn điện. Nghiên cứu [49] ở Thụy Sĩ đã chỉ ra rằng khi lắp các tấm PV ở trạm sạc có 48 trạm sạc, có thể cung cấp từ 15% đến 40% nhu cầu của phụ tải các xe sạc. Những ảnh hưởng khi sạc EV bằng năng lượng mặt trời ở Kansai, Nhật Bản đã được phân tích ở bài [50]. Theo đồ thị về lượng điện dư thừa từ năng lượng mặt trời, khi công suất đặt của PV đạt 30 GWp, điện năng dư thừa với 5 triệu EV sạc chỉ còn 2000 GWh, trong khi con số này ở trường hợp không có EV sạc là hơn 10000 GWh. Sử dụng các phương pháp để kiểm soát sạc của EV cũng là cách để tăng lượng điện sử dụng từ PV. Bài [51] đã chỉ ra lợi ích của sạc có kiểm soát các EV sẽ tận dụng thêm 14% điện năng từ PV đồng thời còn làm giảm 28% khí thải ô nhiễm CO₂. Nghiên cứu [52] cũng đã xem xét kịch bản vào năm 2030 khi công suất đặt của PV và thị phần EV phát triển ở Thẩm Quyển, Trung Quốc. Theo đó công suất của PV đạt 47,1 GW, hoàn toàn đáp ứng được phụ tải EV. Đồng thời sử dụng EV còn tận dụng được 95% năng lượng từ PV, lượng điện dư thừa từ PV có thể được tích trữ trong EV và xả vào thời gian cao điểm buổi tối.

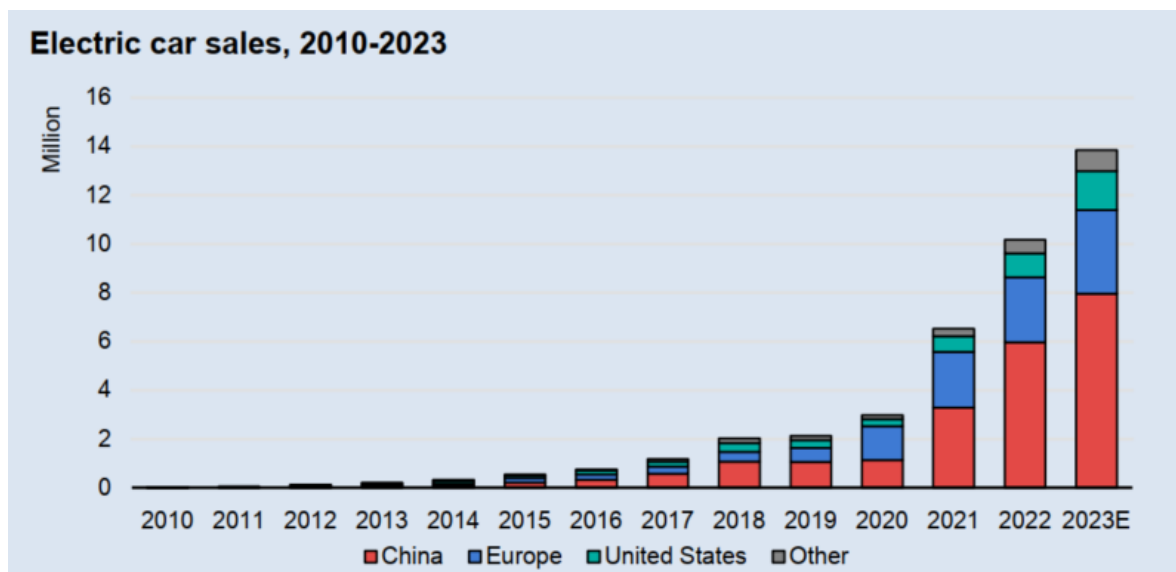
Ứng dụng công nghệ AI để dự báo chính xác công suất đầu ra của các nguồn NLTT là cần thiết đặc biệt trong bối cảnh tương lai khi điện năng chủ yếu do các nguồn NLTT sản xuất. Dự báo công suất của các nguồn NLTT giúp đánh giá khả năng sự cân bằng giữa phụ tải của EV và nguồn. Từ đó đưa ra các quyết định kịp thời để huy động nguồn điện từ các nhà máy thủy điện hoặc nhiệt điện. Tại các khoảng thời gian nhu cầu sạc EV tăng cao như buổi tối, nếu công suất phát của các nguồn

NLTT không được dự báo kịp thời có thể dẫn đến phụ tải cao hơn lượng điện năng thực tế cung cấp từ đó dẫn đến những sự cố như mất điện hay tần số giảm ra khỏi ngưỡng cho phép.

3 NHỮNG ẢNH HƯỞNG CỦA XE ĐIỆN LÊN LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI VÀ GIẢI PHÁP

3.1 Ảnh hưởng tiêu cực của EV lên lưới điện

Trong năm 2022, số lượng EV được bán ra trên toàn cầu đã vượt trên 10 triệu xe, tăng 55% so với năm 2021 mặc cho có sự gián đoạn trong chuỗi cung ứng cũng như giá năng lượng tăng cao. Tổng lượng EV được bán ra cho thấy xu hướng tiếp tục tăng trong các năm tiếp theo và dự kiến sẽ đạt được hơn 30 triệu xe vào năm 2030, chiếm 30% lượng các loại xe được bán ra [13].



Hình 3.1 Số lượng EV được bán ra các năm [13]

Số lượng EV tăng cao đồng nghĩa với nhu cầu sử dụng điện năng nhằm sạc cho xe tăng lên đáng kể. EV trong năm 2022 đã tiêu thụ 111 TWh cho nhu cầu sạc, lượng điện năng này gần như tương đương với lượng điện tiêu thụ của Hà Lan trong cùng năm. Nhu cầu này được dự báo sẽ tiếp tục tăng trưởng đến khoảng 1000 TWh trong năm 2030 [13]. Điều này gây nên ảnh hưởng tiêu cực lên lưới điện về chất lượng điện năng, đồ thị phụ tải, điện áp, v.v... Cụ thể như sau:

3.1.1 Điện áp

Ổn định điện áp đề cập đến khả năng duy trì điện áp ổn định tại các nút trong hệ thống điện trong điều kiện vận hành bình thường. Do phụ tải cho sạc EV tăng lên, sự ổn định điện áp của lưới điện có thể bị ảnh hưởng mà kết quả là độ lệch điện áp nằm ngoài mức cho phép [53]. Sự ảnh hưởng của EV về điện áp của lưới điện phụ thuộc vào sự phân phối phụ tải của EV tại các vị trí khác nhau của lưới điện.

Khi sạc EV ở các nút gần trạm biến áp thì phần lớn các xe khi sạc sẽ không gây ra ảnh hưởng nhiều về độ lệch điện áp cho các nút lưới điện. Ngược lại, khi sạc ở các

vị trí xa trạm biến áp sẽ gây ảnh hưởng đáng kể đến độ sụt điện áp của lưới điện [53]. Bài [54] đã xây dựng mô hình lưới điện 10 nút để xét các trường hợp phụ tải EV nằm ở các vị trí khác nhau nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của vị trí sạc EV đến lưới điện. Kết quả cho thấy điện áp ở nút 10 giảm xuống 3,75% so với điện áp ở trạm biến áp đặt ở đầu đường dây dẫn đến sụt điện áp trên đường dây. Đối với trường hợp trạm biến áp được đặt ở hai đầu đường dây, trường hợp xấu nhất xảy ra khi cho xe sạc ở giữa đường dây làm điện áp giảm xuống 1,34%.

Ngoài ra, mức độ thâm nhập của EV cũng là yếu tố ảnh hưởng đến độ ổn định của điện áp. Khi tỷ lệ thâm nhập EV tăng cao đồng nghĩa với khả năng điện áp trên đường dây sẽ chạm đến hoặc vượt quá giới hạn dưới của điện áp cho phép [55]. Mô hình nhằm xác định tỉ lệ lượng EV không gây ra ảnh hưởng nghiêm trọng lên hệ thống điện được tính toán ở bài [56]. Trong bài đã đánh giá các mức độ thâm nhập của EV khác nhau ở trường hợp các xe sạc không kiểm soát trong 2 kịch bản có sự khác biệt về sự phân phối phụ tải sạc EV ở các pha. Từ đó đưa ra kết luận rằng với một kịch bản A không cho thấy sự vi phạm giới hạn điện áp khi tỷ lệ EV lưu thông trên đường **không vượt quá 50%**, cho đến khi tăng thêm 10% thì điện áp lúc này vượt qua ngưỡng cho phép ở lưới điện đô thị. Trong khi đó ở kịch bản B khác, phụ tải sạc EV không được phân phối đồng đều giữa các pha dẫn đến khi tỉ lệ EV trong tổng số các loại xe khác là **25%** thì điện áp đã sụt quá giới hạn cho phép để lưới điện vận hành ổn định.

3.1.2 Đồ thị phụ tải

Phụ tải do sạc EV là loại phụ tải đặc biệt do phụ thuộc vào ý định của người sở hữu phương tiện. Nếu không có ràng buộc gì quy định thời gian sạc EV, chủ sở hữu có xu hướng sạc xe của mình ngay khi đến nơi làm việc cũng như trở về nhà vào chiều tối, lại lần lượt vào lúc phụ tải đạt đỉnh trong giờ cao điểm [57], [58]. Có nhiều nghiên cứu đã thực hiện để đánh giá ảnh hưởng của sạc EV lên đồ thị phụ tải. Bài [59] đã phân tích phụ tải sạc EV ở Anh với số lượng EV khác nhau, cho thấy khi có hơn 1 triệu EV có nhu cầu sạc, phụ tải đỉnh trong ngày đã tăng lên 3,69%. Hay trong bài [60] đã dự đoán phụ tải sạc của EV ở Đức vào năm 2030, khi thay tất cả xe được sử dụng thành EV thì nhu cầu năng lượng của EV sẽ làm phụ tải đỉnh đạt 38,4 GW, tăng 92% so với trường hợp không có EV sạc.

Ngoài ra, công suất sạc được lựa chọn cho các EV cũng là yếu tố quyết định ảnh hưởng đến đồ thị phụ tải chung. Bài [61] đã so sánh phụ tải đỉnh của 2 chế độ sạc Level 1 và Level 2 với công suất sạc lần lượt là 1,92 kW và 6,6 kW. Khi thị phần EV trong các loại xe chỉ chiếm 3%, phụ tải đỉnh của 2 mức sạc chỉ chênh nhau 9W tuy nhiên khi thị phần EV chiếm 100% thì độ chênh lệch phụ tải đỉnh đã tăng lên 657 W.

3.1.3 Cơ sở hạ tầng của lưới điện

Máy biến áp, đường dây truyền tải và các thiết bị đóng cắt, bảo vệ là các thành phần của lưới điện, trong đó máy biến áp được coi là thành phần quan trọng nhất do

chi phí sửa chữa, thay thế cao [62]. Số lượng EV cần sạc tăng lên không chỉ ảnh hưởng đến đồ thị phụ tải mà còn trực tiếp giảm thời gian hoạt động máy biến áp. Do khi sạc nhiều EV liên tục sẽ làm máy biến áp bị quá tải về nhiệt [63], [64], [65] dẫn đến hiệu suất cũng như tuổi thọ của máy biến áp giảm. Số lượng EV có thể ảnh hưởng đến máy biến áp cũng được xem xét ở bài [64]. Trong bài đã đánh giá 3 tiêu chí quan trọng quyết định đến tuổi thọ máy biến áp bao gồm: nhiệt độ, tỉ lệ lão hóa (aging rate) cũng như hệ số LOL (Loss of Life) nhằm đưa ra kết luận rằng máy biến áp vẫn có thể hoạt động tốt với thị phần EV dưới 50%. Trong khi đó bài [65] đã so sánh hệ số LOL với 2 chế độ sạc nhanh và chậm qua đó đánh giá được với số lượng EV thấp hơn nhưng khi sạc nhanh làm hệ số LOL cao hơn. Tài liệu [63] không chỉ đưa ra kết luận tương tự mà còn so sánh về nhiệt độ của máy biến áp nhằm cho thấy ảnh hưởng tiêu cực khi chọn sạc nhanh. Chính vì vậy, các nhà nghiên cứu đã đưa ra lời khuyên nên sạc nhanh chỉ khi cần thiết, còn trong trường hợp xe được cắm sạc trong thời gian làm việc của chủ xe thì không nên sạc công suất cao.

Những ảnh hưởng tiêu cực như vậy đã khiến các nhà nghiên cứu cần đánh giá cơ sở vật chất hệ thống điện ở các nước trong tương lai khi số lượng EV tăng lên. Với thị phần EV ở Singapore sử dụng sạc 1 pha và 3 pha vào năm 2050 có thể sẽ chưa gây ảnh hưởng quá lớn đến máy biến áp [66]. Trong khi ở lưới phân phối tại Na-uy đã ước lượng chỉ chịu được khi tỉ lệ EV trên đường là 20% nhằm tránh ảnh hưởng đến quá tải dây điện [67]. Với công suất sạc 3,3 kW hoặc nhỏ hơn sẽ không gây ra ảnh hưởng xấu nào đến lưới điện ở Toronto nhưng với các bộ sạc có công suất 10 kW sẽ đòi hỏi sự nâng cấp về cơ sở hạ tầng lưới điện nếu không muốn xảy ra các sự cố cháy nổ, quá tải lên lưới điện [68].

3.1.4 Tổn thất năng lượng trên lưới điện

Ta có tổn thất năng lượng được tính bằng công thức:

$$P = I^2 \cdot R \quad (3.1)$$

Trong đó I là cường độ dòng điện trên đường dây, R là điện trở trên đường dây.

Khi có nhiều EV được sạc đồng nghĩa với nhu cầu sử dụng điện để sạc cho xe tăng lên, công suất truyền trên hệ thống lớn hơn dẫn đến tổn thất công suất cũng sẽ tăng lên [69]. Bài [70] đã tính toán mức tổn thất công suất nhằm xác định mối quan hệ giữa tổn thất công suất trên lưới điện với số lượng EV được sạc từ đó đưa ra kết luận rằng khi số EV được tích hợp vào lưới điện nhiều nhất, chiếm 62% số xe lưu thông trên đường thì tổn thất công suất có thể đạt đến 40% vào thời gian ngoài cao điểm do các xe thường được sạc ở thời điểm này. EV được sạc tại khu dân cư có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến tổn thất công suất của máy biến áp. Trong bài [71], khi thị phần của EV chiếm 40% có thể làm tổn thất công suất ở máy biến áp gấp 3 lần công suất của máy.

Một số bài nghiên cứu đã được xuất bản nhằm đánh giá tổn thất công suất trên lưới của các nước. Nghiên cứu [72] đã tính toán tổn thất điện năng dựa trên dữ liệu thực tế của lưới phân phối ở Đan Mạch. Khi mức độ thâm nhập của EV đạt 50% thì tổn thất công suất sẽ tăng thêm 40%. Hay như bài [73] đã tính toán tổn thất công suất ở lưới hạ áp tại Denton East, Anh với mức độ thâm nhập EV khác nhau. Khi mức độ thâm nhập EV tăng lên đồng nghĩa với tổn thất công suất thực cũng sẽ tăng lên và sẽ tổn thất đến gần 50kW nếu 90% xe được sử dụng là EV.

3.1.5 Sóng hài

Sóng hài là sóng mà tần số của nó là bội số nguyên của tần số cơ bản [74] được gây ra do các phụ tải phi tuyến như phụ tải của sạc EV, v.v... Sóng hài được xác định bằng tổng độ méo hài (Total Harmonic Distortion) [75]. Trong đó tổng độ biến dạng sóng hài của điện áp là tỉ lệ giữa giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp với giá trị hiệu dụng của điện áp bậc cơ bản [76] và được xác định qua công thức (3.2) :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^H V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Trong đó :

- *THD*: Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp
- V_h : Giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp ở bậc thứ h và H là bậc cao nhất của sóng hài cần đánh giá
- V_1 : Giá trị hiệu dụng của điện áp ở bậc cơ bản (tần số 50Hz)

Thông tư số 39/2015/TT-BCT [76] của Bộ Công thương về hệ thống điện phân phối ở Việt Nam đã quy định:

Cấp điện áp	Tổng độ biến dạng sóng hài	Biến dạng riêng lẻ
110kV	3,0%	1,5%
Trung và hạ áp	6,5%	3,0%

Do đặc tính phụ tải của EV là phi tuyến nên các nghiên cứu nhằm đánh giá ảnh hưởng của phụ tải sạc EV đến chất lượng điện năng về mặt sóng hài là cần thiết. Nghiên cứu [77] đã đánh giá ảnh hưởng của phụ tải EV trong trường hợp thấp tải cũng như tải cao dựa trên tiêu chuẩn IEC 61000 và EN 50160. Trong trường hợp khi phụ tải cho các nhu cầu điện năng khác thấp, khi tổng độ méo hài của dòng điện đạt 5,6% thì THD của điện áp sẽ không vượt khỏi ngưỡng giới hạn. Tuy nhiên viễn cảnh ngược lại đã xảy ra ở trường hợp khi tải cao, THD của điện áp sẽ vượt khỏi giới hạn 8% khi EV chiếm phần lớn tổng các loại xe. Từ đó có thể đánh giá rằng khi có nhiều EV được sạc sẽ ảnh hưởng đáng kể đến lưới phân phối bằng cách gây ra tổng độ méo hài

lớn [78], [79]. Kết luận tương tự cũng được phát hiện ở nghiên cứu [80] khi xem xét tác động phụ tải về mặt sóng hài ở lưới điện Bangladesh nhằm kết luận dựa theo tiêu chuẩn IEEE Standard 519-2014, lượng EV hiện nay còn khiêm tốn nên chưa gây ra ảnh hưởng xấu đáng lo ngại nào đến lưới điện. Tuy nhiên khi dự báo lượng EV tăng lên ở Bangladesh thì TDH của điện áp có thể sẽ vượt ngưỡng cho phép. Trong bài [81] đã tổng kết rằng EV được sạc ở mức SOC cao hơn sẽ ít gây ảnh hưởng đáng quan ngại cho lưới điện cũng như cho pin của EV.

3.1.6 Tần số

Tần số là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình vận hành hệ thống điện. Theo Nghị định 137/2013/NĐ-CP [82], đã quy định trong điều kiện bình thường, độ lệch tần số hệ thống điện cho phép trong phạm vi $\pm 0,2 \text{ Hz}$ so với tần số danh định là 50Hz. Việc độ lệch tần số vượt ngoài ngưỡng cho phép sẽ gây ra sự cố hỏng hóc, cháy nổ ở các thiết bị cũng như sự cố trong hệ thống điện như mất điện, ngắn mạch.

Nghiên cứu [83] đã chỉ ra ảnh hưởng của phụ tải EV lên tần số của lưới điện. Trong kịch bản khi chỉ có EV, tần số có thời điểm thấp hơn 49,5 Hz, vượt qua khỏi ngưỡng giới hạn tần số cho phép. Khi kết hợp thêm nguồn NLTT là PV sẽ làm mức ảnh hưởng lên tần số lưới điện tăng lên. Cụ thể, nếu như các xe không kiểm soát quá trình sạc thì tần số của lưới tại 1 thời điểm sẽ cao hơn 50,5 Hz thậm chí đạt gần đến 51 Hz.

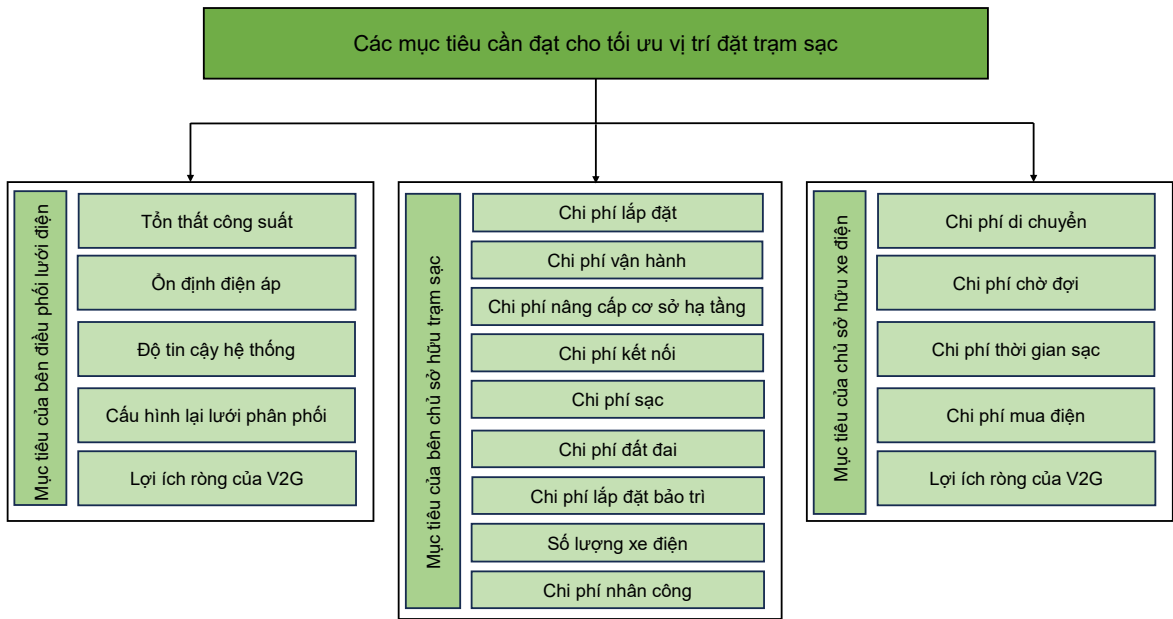
Để đánh giá chính xác mức độ ảnh hưởng tiêu cực của phụ tải EV lên lưới điện, ta cần xem xét các yếu tố khác của quá trình sạc EV. Bài [84] đã phân tích những yếu tố như kiểu sạc, mức độ thâm nhập của EV đến tần số lưới điện. Với kiểu sạc, ta có thể thấy khi sạc mà không hỗ trợ lên lưới điện sẽ làm tần số sụt giảm còn gần 49,8 Hz. Nghiên cứu cũng đã mô phỏng những ảnh hưởng dựa trên số lượng EV được dự đoán sẽ đạt được vào năm 2050. Theo đó, trong tất cả các trường hợp được xem xét, trường hợp EV sạc mà không hỗ trợ gì cho tần số lưới điện sẽ tạo ra ảnh hưởng xấu, tần số tối thiểu chỉ có thể đạt 49,82 Hz. Điều ngược lại được chứng kiến ở các trường hợp còn lại khi tần số thấp nhất có thể đạt được là gần 49,88 Hz.

3.2 Phương hướng và giải pháp hạn chế ảnh hưởng của EV lên lưới (tối ưu vị trí và dung lượng trạm sạc, các giải pháp hỗ trợ lưới của EV như V2G)

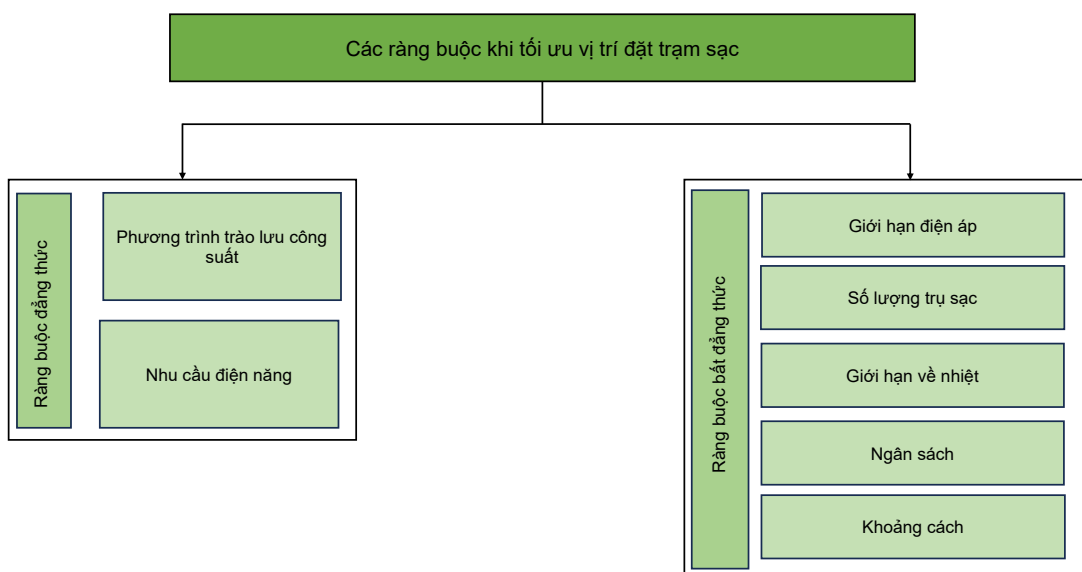
Trong bối cảnh số lượng EV ngày càng tăng lên, các vấn đề về cơ sở vật chất cho việc sạc, xả EV ngày càng được quan tâm. Nếu số lượng trạm sạc không đáp ứng được nhu cầu sạc không chỉ làm thời gian chờ đợi cho việc sạc xe lâu hơn mà còn có thể gây ra tình trạng quá tải ở các nút đặt trạm sạc. Chính vì vậy, những nghiên cứu về các vị trí tối ưu trạm sạc là vô cùng cần thiết nhằm xem xét các vị trí đặt trạm sạc và dung lượng trạm sạc để đáp ứng nhu cầu điện năng cho EV cũng như phương hướng nhằm hạn chế những ảnh hưởng của EV lên lưới.

Tối ưu trạm sạc nhằm hạn chế những ảnh hưởng tiêu cực EV cần phải được đánh

giá dựa trên quan điểm của ba bên liên quan nhất tới vị trí đặt trạm sạc là bên vận hành lưới điện quan tâm tới các vấn đề như tổn thất công suất, tính ổn định điện áp, v.v...; bên chủ sở hữu trạm sạc quan tâm tới chi phí lắp đặt, vận hành, thuê đất, nhân công v.v...; bên chủ sở hữu EV như chi phí sạc xả, thuận lợi để di chuyển, v.v... [85] được mô tả ở Hình 3.2. Ngoài ra các ràng buộc về điện áp, số lượng sạc, v.v... trong bài toán tối ưu cụ thể được thực hiện ở nhiều nghiên cứu được cho như Hình 3.3.



Hình 3.2 Các hàm mục tiêu của tối ưu đặt trạm sạc [85]



Hình 3.3 Các ràng buộc khi tối ưu đặt trạm sạc [85]

Nghiên cứu [86] đã thiết kế tối ưu các trạm sạc cho EV dựa theo 4 tiêu chí bao gồm cải thiện điện áp, giảm tổn thất công suất phản kháng và công suất tác dụng, cũng như chi phí phải nâng cấp cơ sở hạ tầng trong lưới điện 30 nút bao gồm 21 nút có tải và 14 trạm sạc ở Allahabad, Ấn Độ. Để tính toán các vị trí tối ưu, nghiên cứu đã ứng dụng thuật toán Balanced Mayfly Algorithm (BMA) đồng thời so sánh với 2 thuật toán khác nhằm thể hiện sự vượt trội về kết quả của bài. Theo đó, dựa theo thuật toán được đề xuất đã tìm ra vị trí của 14 trạm sạc với số lượng sạc dao động từ 28 đến 40. Đồng thời khi dùng thuật toán được đề xuất, tổn thất công suất tác dụng cũng như phản kháng đều thấp hơn 2 thuật toán còn lại trong khi số lượng trụ sạc lại gần như gấp đôi. Mục tiêu tương tự cũng xuất hiện ở bài [87] khi trình bày chiến thuật đa mục tiêu (Multi Object, MO) bao gồm giảm thiểu ảnh hưởng lên đồ thị phụ tải và cải thiện điện áp ở lưới điện siêu nhỏ (microgrid). Theo như kết quả nghiên cứu, phụ tải đỉnh ở thời gian cao điểm trong trường hợp sạc không kiểm soát đã dịch chuyển vào ban đêm đồng thời giảm đi gần 10kW khi sử dụng chiến thuật được đề xuất. Về mặt điện áp cũng cho thấy kết quả khả quan chiến thuật MO, giá trị điện áp ở các nút đã được tối ưu để sát nhất với giá trị kỳ vọng (1 p.u). Nghiên cứu [88] đã xem xét tối ưu vị trí đặt trạm sạc nhanh với mục tiêu giảm thời gian chờ để sạc cũng như tỉ lệ các trụ sạc được sử dụng cao nhất dựa trên thuật toán tìm kiếm nhị phân. Theo đó, sau khi tìm được các vị trí tối ưu, phần lớn các xe sẽ chỉ phải đợi dưới 10 phút. Ngoài ra điện áp các nút cũng nằm trong khoảng 0,95 (V_{min}) và 1,05 (V_{max}). Nhiều mục tiêu liên quan đến tối ưu đặt trạm đã được nghiên cứu ở bài [89] bao gồm độ lệch điện áp, thời gian chờ sạc và giảm tắc nghẽn giao thông tại trạm sạc. Về mặt điện áp, độ lệch điện áp tối đa đạt được chỉ là 4,282%, thấp hơn độ lệch cho phép là 7%. Ngoài ra việc tắc nghẽn giao thông tại quanh vị trí đặt trạm sạc cũng được giải quyết khi vận tốc các xe lưu thông ở vị trí gần trạm sạc chỉ giảm đi khoảng 2 km/h.

Để có thể phát triển các nghiên cứu về tối ưu đặt trạm sạc có tính ứng dụng thực tiễn. Theo bài [90], các nghiên cứu và ứng dụng cần giải quyết được những thách thức sau:

- Vị trí đặt trạm sạc EV phải được đặt ở nơi thuận tiện nhất để khoảng cách giữa các EV đến trạm sạc được tối ưu.
- Cần xác định được nhu cầu điện năng của các EV sẽ vào trạm sạc tại giờ cao điểm. Điều này sẽ giúp tính toán số trụ sạc cần thiết để đáp ứng phụ tải EV.
- Các vị trí đặt trạm nên được thiết kế tại các khu vực công cộng. Do chi phí về đất là yếu tố đắt đỏ nhất khi lựa chọn vị trí đặt trạm sạc, việc tận dụng tối đa các khu vực công cộng như công viên, bãi đỗ xe sẽ là phương án hợp lý để giảm thiểu chi phí phát triển trạm sạc.

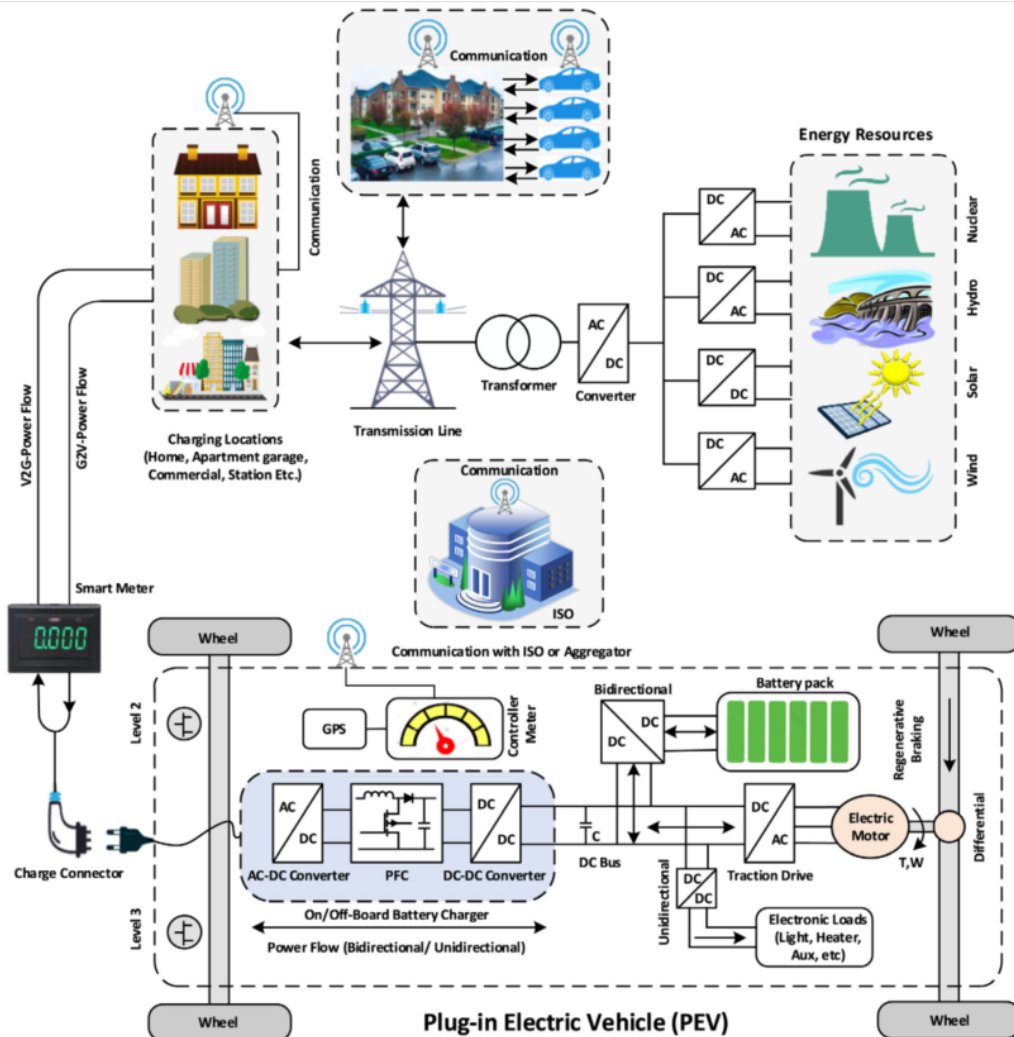
- Ngoài ra khoảng cách giữa trạm sạc đến lưới điện hay khoảng thời gian chờ để được sạc của các xe cũng cần phải được cân nhắc và xem xét trong quá trình tìm vị trí tối ưu đặt trạm sạc.

Bên cạnh trạm sạc công cộng, việc đặt trạm sạc tại nhà cũng nên được xem xét đến. Tuy nhiên các trạm sạc tại nhà cũng cần có chính sách khuyến khích lắp đặt tại nhà đi kèm với việc lắp đặt các hệ thống điện mặt trời áp mái (Rooftop Solar, RTS). Đối với loại hình trạm sạc tại nhà thì có một số nhận xét như sau:

- Nên tận dụng nguồn điện từ RTS để sạc EV, vừa giúp tránh được việc phải sạc điện từ lưới (mất tiền điện), vừa có thể làm giảm ảnh hưởng của RTS lên lưới điện.
- Trong trường hợp đã sạc xong EV mà vẫn còn dư thừa điện từ RTS thì nên xem xét đến trường hợp sử dụng nguồn điện này cho gia đình hoặc nếu còn dư thừa quá nhiều có thể cân nhắc đến bán lại điện lên lưới, làm giảm tiền điện hàng tháng của hộ dân.
- Mặc dù vậy, hệ thống này vẫn còn khuyết điểm, đó là chi phí lắp đặt hệ thống RTS còn cao, thời gian thu hồi vốn sẽ khá lâu; bên cạnh đó cũng phụ thuộc khá nhiều vào điều kiện thời tiết, làm ảnh hưởng đến công suất phát đầu ra của hệ thống RTS.

Ngoài ra, công nghệ Vehicle-to-Grid (V2G) được biểu diễn ở Hình 3.4 cũng là một giải pháp hữu hiệu quả, không những giảm ảnh hưởng đến lưới điện mà còn cải thiện các chất lượng điện năng của lưới điện. Theo bài [91], EV sử dụng công nghệ V2G sẽ cung cấp các dịch vụ phụ trợ để hỗ trợ cho quá trình vận hành lưới điện ổn định. Bài [92] đã sử dụng thuật toán tối ưu V2G nhằm tối ưu đồ thị phụ tải. Qua đó sau khi trải qua quá trình tối ưu, khoảng cách giữa phụ tải cao nhất và phụ tải thấp nhất giảm từ 5 MW xuống còn 1,5 MW. Một nghiên cứu khác là bài [93] đã sử dụng công nghệ V2G để cải thiện điện áp tại các nút cũng như tổn thất công suất của lưới điện. Kết quả của phương pháp được thể hiện khi so sánh 6 kịch bản khác nhau, qua đó sử dụng V2G sẽ giảm mức tổn thất công suất xuống mức tối thiểu đồng thời điện áp tại các nút luôn được duy trì trong khoảng 0,95 – 1,05 p.u. Ngoài ra sử dụng V2G cũng đem lại lợi ích về kinh tế cho chủ sở hữu EV khi sẽ nhận được tiền nếu cho EV của mình tham gia quá trình xả điện vào lưới từ đó tiết kiệm chi phí sạc EV. Bài [94] đã sử dụng thuật toán dựa trên quy hoạch tuyến tính để tối ưu lợi nhuận của bên vận hành cũng như bên chủ sở hữu. Thông qua kết quả ta có thể thấy lợi nhuận bên vận hành lưới được cải thiện lên 113% còn giá sạc cho EV giảm còn 17,4%. Bài [95] đã đề xuất sử dụng công nghệ V2G được tối ưu bằng thuật toán Water Cycle Algorithm (WCA) để giải quyết vấn đề liên quan đến giá sạc cho EV. Sự so sánh về giá sạc của

EV trong 2 tình huống V2G kết hợp G2V và G2V đã được mô tả trong bài từ đó có thể nhận xét rằng độ lệch về giá cả sạc giữa 2 trường hợp sẽ tỉ lệ thuận với số lượng EV.



Hình 3.4 Mô hình công nghệ Vehicle-to-grid [91]

Tuy nhiên, hiện nay việc ứng dụng của công nghệ này vào đời sống thực tiễn còn nhiều khó khăn. Theo [96], khách hàng hay chủ sở hữu EV sẽ có xu hướng không lựa chọn V2G do những lo ngại có thể gây ảnh hưởng xấu đến xe mình như xe có thể bị tấn công mạng thông qua công nghệ V2G. Ngoài ra sự ảnh hưởng xấu đến pin của EV cũng là yếu tố khiến khách hàng từ chối sử dụng công nghệ này. Chính vì vậy, chúng ta cần phải có cách chính sách, định hướng để tuyên truyền, khuyến khích người dân tham gia.

Với việc công suất năng lượng tái tạo được dự báo tăng trưởng nhanh chóng nhằm đáp ứng được mục tiêu NET-ZERO 2050 dẫn đến cơ cấu nguồn điện cho việc sạc EV sẽ thay đổi [97]. Từ đó, một cách tiếp cận khác nhằm giải quyết các ảnh hưởng xấu của EV lên lưới điện đã được mở ra đó là tận dụng điện được tạo ra từ các nguồn năng lượng tái tạo để sạc cho EV, điều này không chỉ giảm lượng CO₂ thải ra từ các

nhà máy nhiệt điện nếu EV được sạc từ điện của các nhà máy này, mà còn giảm áp lực truyền tải công suất lên lưới điện [98].

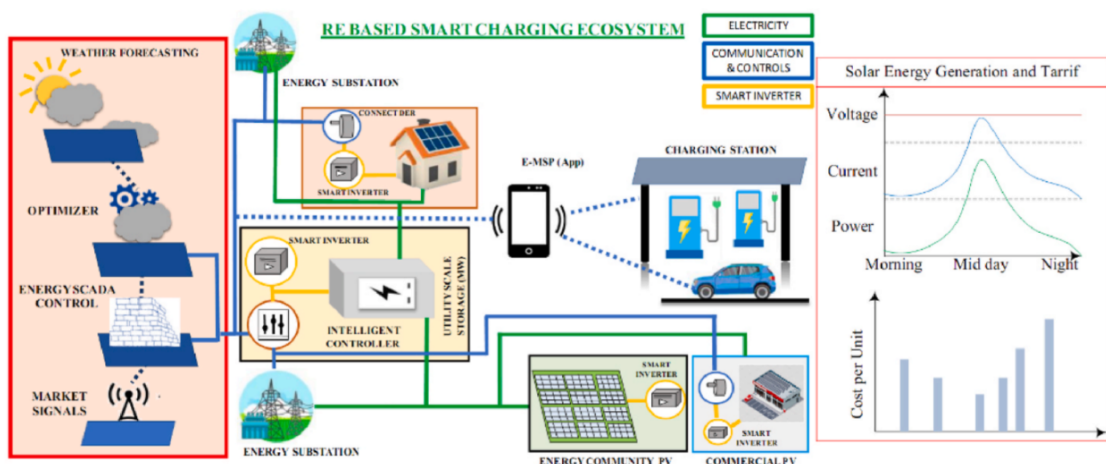
Rất nhiều nghiên cứu hiện nay đã được ra đời nhằm đánh giá tiềm năng của việc tích hợp điện từ các nguồn NLTT vào sạc EV. Nghiên cứu [99] đã sử dụng nguồn năng lượng mặt trời (PV) kết hợp với thuật toán SPVA nhằm giảm phụ tải đỉnh của lưới điện trong khi các nhu cầu về sạc EV vẫn được đáp ứng. Trong thời điểm phụ tải đạt đỉnh, nguồn PV và điện từ EV sẽ lần lượt được xả vào lưới nhằm san bằng phụ tải đỉnh, EV sẽ được khuyến khích sạc vào các thời điểm phụ tải thấp thông qua thuật toán cũng như giá sạc dẫn đến đồ thị phụ tải sẽ được san bằng, giá sạc của EV được giảm xuống mức tối thiểu. Về mặt tổn thất công suất đã được trình bày trong [100], nghiên cứu đã tối ưu vị trí đặt trạm sạc trong 3 trường hợp khác nhau ở lưới điện phân phối IEEE 33 nút từ đó có thể thấy rằng trong trường hợp có cả EV lẫn NLTT, điện áp thấp nhất ở các nút là 0,97 p.u, cao hơn 7,77% khi so sánh với trường hợp không có EV và NLTT. Các kết quả về mặt tổn thất công suất tác dụng và công suất phản kháng cũng cho thấy sự vượt trội tương tự khi so sánh. Kết luận nghiên cứu tương tự cũng đã được thấy ở bài [101] khi trong 3 thuật toán được so sánh đều cho ra kết quả tổn thất công suất phản kháng giảm ít nhất một nửa và điện áp tại các nút được cải thiện đáng kể khi so sánh với tình huống không có EV hay tích hợp các nguồn NLTT. Chính vì những ưu điểm vượt trội như vậy, các cơ chế về giá cần được nghiên cứu để vừa đem lại lợi ích về kinh tế cho người sở hữu xe đồng thời giảm thiểu những ảnh hưởng về mặt kỹ thuật cho lưới điện.

Bài [102] đã nghiên cứu chi tiết các chương trình, cơ chế mà vừa tối ưu được giá sạc EV cũng như nhu cầu sạc vẫn được đáp ứng, đồng thời tận dụng được nguồn điện từ các nguồn NLTT.

• Sạc theo hợp đồng

- Chương trình này được thiết kế nhằm khuyến khích các xe tham gia sạc vào giờ ngoài cao điểm hoặc vào thời điểm dư thừa nguồn điện NLTT.
- Để tham gia chương trình này, chủ sở hữu xe sẽ cần đăng ký thông qua người cung cấp dịch vụ. Sau khi đăng ký thành công, người dùng sẽ được ưu đãi với giá sạc rẻ hơn nếu như sạc vào các thời gian ngoài cao điểm đồng thời cũng sẽ có mức phạt nếu như sạc vào các giờ cao điểm.
- Công ty Austin Energy tại Mỹ đã đưa ra chương trình ưu đãi sạc mang tên Plug-In Everywhere. Khi đăng ký làm thành viên của chương trình này, người dùng sẽ được hưởng giá sạc cố định theo tháng nếu như sạc với giờ ngoài cao điểm, \$30/tháng nếu lựa chọn công suất sạc dưới 10 kW và \$50/tháng nếu sạc trên 10kW. Đồng thời sẽ có mức phạt nếu người dùng sạc vào giờ cao điểm, lần lượt là \$0,40/kWh và \$0,14/kWh vào mùa hè và mùa đông [103].

- **Sạc theo giá thời gian sử dụng (TOU), khuyến khích sử dụng nguồn NLTT**
 - Giống như phương pháp trên, shift charging cũng khuyến khích việc các xe không sạc vào giờ cao điểm và ưu tiên sử dụng các nguồn NLTT để sạc. Tuy nhiên điểm khác biệt ở phương pháp này là sẽ không đưa ra giá cố định mà đưa ra giá điện TOU có kết hợp sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo. Có thể hiểu đơn giản với giá TOU bình thường sẽ được áp dụng cho sạc tất cả các xe, tuy nhiên nếu người dùng đăng ký sử dụng điện từ các nguồn năng lượng tái tạo sẽ được hưởng chính sách ưu đãi hơn về mặt giá cả.
 - Bên cạnh đó, để tránh giờ tải cao điểm (peak load), ở các nước có thị trường điện bán buôn và bán lẻ, giá điện trên thị trường bán buôn được vận hành theo nguyên tắc Merit order, nên giá điện được biến động theo các thời điểm trong ngày, thông thường giá điện sẽ ở mức cao nếu ở thời điểm phụ tải cao điểm. Ngược lại, giá điện sẽ thấp ở thời điểm tải thấp. Vì thế các trạm sạc khuyến khích theo thời gian TOU sẽ được ở mức giá rẻ, đồng thời tác động giảm tải đỉnh, giảm được đầu tư nguồn và lưới và góp phần giảm giá điện
 - Điều này sẽ khuyến khích chủ sở hữu sẽ tự động điều chỉnh thói quen sạc của bản thân nếu muốn nhận được giá sạc tốt nhất. Ngoài ra đây cũng là cách để sử dụng tối ưu các nguồn năng lượng tái tạo như điện gió do đặc tính công suất của điện gió cao vào ban đêm [104].
- **Sạc có kiểm soát**



Hình 3.5 Mô hình sạc kiểm soát với nguồn NLTT [102]

- Sạc có kiểm soát có thể hiểu là phương pháp dựa trên các thuật toán, phần mềm khác nhau để tính toán để từ đó tối ưu công suất sạc, chế độ sạc, thời gian sạc, v.v... nhằm đem lại lợi ích cho cả bên vận hành lưới điện cũng như phía người tiêu dùng. Phương pháp được sử dụng cho cả V1G và V2G.

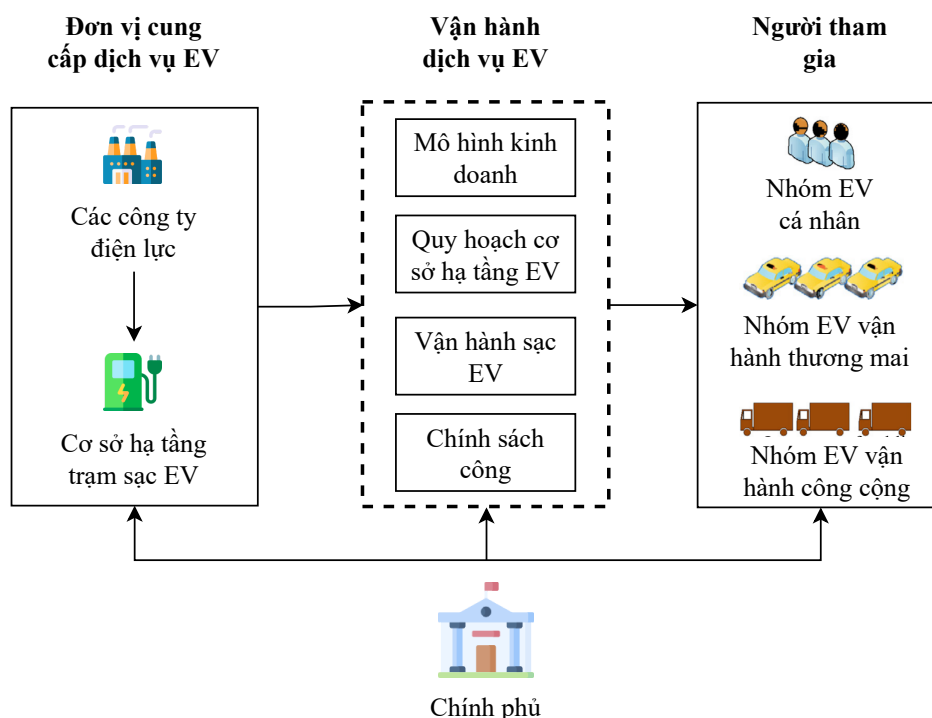
- Khi sử dụng phương pháp này, bên vận hành lưới điện có thể điều chỉnh công suất sạc của các xe để tránh gây ra các sự cố nghiêm trọng quá tải, sụt áp, v.v...
- Về phía chủ sở hữu phương tiện sẽ nhận được những ưu đãi về giá sạc trong khi nhu cầu điện năng cho xe vẫn được đảm bảo. Nếu như sử dụng công nghệ V2G, người dùng thậm chí còn có thể giảm tiền xuống nhiều nhất có thể nếu như cho phép bên vận hành sử dụng xe để lưu trữ năng lượng tái tạo. Khi phụ tải tăng cao sẽ xả ngược điện từ xe vào lưới và chủ sở hữu sẽ nhận được tiền trong quá trình đó. Từ đó số tiền phải trả khi sạc xe sẽ giảm xuống đáng kể.
- Mô hình toàn diện về sạc có kiểm soát được biểu diễn ở Hình 3.5. Trong đó bao gồm hệ thống dự báo các nguồn năng lượng tái tạo, hệ thống điều khiển, v.v... từ đó đưa ra giá sạc theo thời gian thực thông qua một phần mềm trên điện thoại nhằm khuyến khích các xe tham gia vào quá trình sạc, xả khi giá thấp.

4 GIẢI PHÁP CHO VIỆC SẠC XE ĐIỆN THÔNG MINH THÔNG QUA NHỮNG DỊCH VỤ LIÊN QUAN

4.1 Tổng quan về quá trình vận hành dịch vụ cho các nhóm EV

Hiện nay, chưa có tài liệu chính thức của đơn vị nào đề cập một cách chi tiết những chính sách, phương án cụ thể nào cho quá trình vận hành EV tại Việt Nam. Do đó chương này sẽ phân tích các trường hợp điển hình đã và đang được ứng dụng trên thế giới, từ đó đưa ra những đánh giá, khuyến nghị tổng quan vào bối cảnh ở Việt Nam.

Theo [105], các đơn vị tham gia trong ngành công nghiệp EV bao gồm thành phần công (các tiểu bang, Chính phủ và các công ty điện lực) và thành phần tư nhân (những đơn vị cung cấp dịch vụ cho EV, những đơn vị vận hành EV, và những chủ sở hữu EV riêng). Quyết định vận hành cho những thành phần tham gia khác nhau (bao gồm những chủ EV cá nhân, những đơn vị vận hành EV công cộng và EV thương mại) sẽ khác nhau đáng kể. Đối với mô hình sạc EV, bao gồm sạc tại nhà, sạc công cộng và thay pin tại trạm nên được tối ưu tùy theo loại hình thành phần tham gia và phân phối. Bên cạnh đó, cơ sở hạ tầng trạm sạc cũng như các kế hoạch về cơ chế khuyến khích cũng sẽ liên quan đến loại hình khách hàng.



Hình 4.1 Mô hình tổng quát về vận hành những dịch vụ cho EV [105]

Nghiên cứu [105] cũng chỉ ra một số lý do mà ngành công nghiệp EV vô cùng khác biệt với ngành công nghiệp xe động cơ đốt trong thông thường, làm cho EV trở

nên ngày càng phổ biến hơn trong thị trường, các lý do đó được liệt kê như dưới đây:

- **Các chính sách công liên quan:** Hiện nay thị trường giao thông thế giới vẫn chứng kiến sự thống trị của phương tiện truyền thống, trong khi đó thị trường EV mặc dù vẫn đang phát triển tuy nhiên vẫn còn hạn chế. Những thành phần công tham gia thị trường EV chiếm một vị trí vô cùng quan trọng trong việc đẩy mạnh phát triển EV, và nhiều quốc gia đã đưa ra các chính sách để phục vụ điều này. Những chính sách này bao gồm những cơ chế khuyến khích về tài chính, trợ cấp cho khách hàng, đánh thuế xăng dầu, tăng cường quy định cho giảm phát thải khí nhà kính, và đẩy mạnh cơ sở hạ tầng, các nghiên cứu phát triển EV v.v...
- **Những mô hình kinh doanh mới:** Thuật ngữ “mô hình kinh doanh” đề cập đến phương pháp mà một doanh nghiệp hoặc một nhóm doanh nghiệp cung cấp một hoặc nhiều sản phẩm hoặc dịch vụ. Để khắc phục các vấn đề như phạm vi hoạt động và chi phí trả trước cao, ngành công nghiệp EV đã đề xuất các mô hình sở hữu sáng tạo, ví dụ như cho thuê pin, thay pin và chia sẻ EV (hay nói cách khác là dịch vụ cho thuê EV).

Theo [106], việc vận hành, nghiên cứu, phát triển những hạng mục dịch vụ cho EV như trong Hình 4.1 (bao gồm mô hình kinh doanh, đưa ra những chính sách về phát triển cơ sở hạ tầng trạm sạc, những chính sách công,...) chính là những giải pháp cho việc sạc EV thông minh. Do đó, từ những lý do trên, ta có thể hiểu một tối ưu hóa quá trình vận hành cho các nhóm EV đó là vận hành một cách linh hoạt những dịch vụ liên quan đến EV (được cung cấp bởi những doanh nghiệp EV, các công ty điện lực,...) ví dụ như những mô hình kinh doanh, quy hoạch cơ sở hạ tầng cho trạm sạc EV, chu trình sạc EV và các chính sách công được đưa ra từ Chính phủ,... cho các nhóm EV như nhóm EV tư nhân, EV vận hành thương mại (xe taxi điện, xe buýt điện,...) và EV vận hành công cộng (xe tải, xe hạng nặng,...).

4.2 Sạc thông minh và lợi ích của việc sạc thông minh

Trước khi đi vào phân tích những hạng mục của các dịch vụ liên quan đến các nhóm EV, ta cần biết tổng quan sạc thông minh là gì cũng như lợi ích mà nó đem lại.

4.2.1 Định nghĩa

Theo [107], **Sạc thông minh** có nghĩa là điều chỉnh chu kỳ sạc của EV sao cho phù hợp với điều kiện của hệ thống điện và nhu cầu của người sử dụng phương tiện. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho việc tích hợp EV đồng thời đáp ứng nhu cầu di chuyển của người sử dụng. Sạc thông minh sẽ cho phép kiểm soát quá trình sạc EV ở một mức độ nhất định nào đó tùy thuộc vào loại hình sạc (sạc siêu nhanh, sạc bán nhanh, sạc chậm). Hiện nay, việc sạc thông minh được thể hiện dưới những hình thức như sử dụng những hình thức tính phí sạc EV (đã được phân tích trong Mục 3.2), hay V2G, V2H (Vehicle-to-Home) và V2B (Vehicle-to-Building).

4.2.2 Lợi ích mà sạc thông minh đem lại

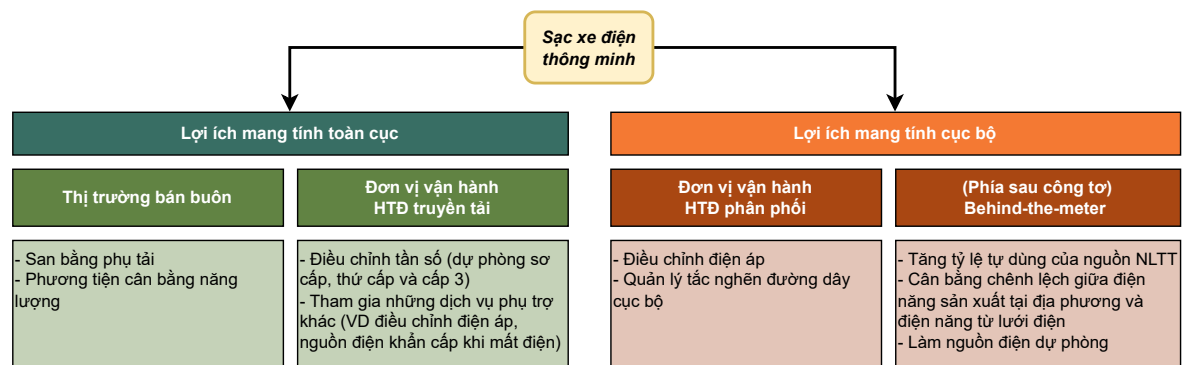
Việc sạc EV thông minh sẽ tạo ra khá nhiều lợi ích không chỉ trong lưới điện truyền tải mà còn ở lưới điện phân phối.

- **Đối với lưới truyền tải**

- EV là phương tiện có khả năng cân bằng năng lượng, do đó nếu sạc thông minh thì EV có thể tham gia vào việc san bằng đồ thị phụ tải khi phụ tải EV lớn.
- Từ đó có thể tham gia vào quá trình điều chỉnh tần số hay điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện.

- **Đối với lưới phân phối**

- Cũng giống như ở lưới truyền tải, EV cũng có thể tham gia điều chỉnh điện áp ở lưới điện phân phối.
- Bên cạnh đó, trong bối cảnh tỷ lệ các nguồn NLTT đang thâm nhập vào cao thì EV cũng có thể tăng tỷ lệ tự dùng của các hộ dân đối với các nguồn điện này.
- EV cũng có thể làm nguồn điện dự phòng nếu có đủ dung lượng để đáp ứng nhu cầu của người sử dụng.



Hình 4.2 Lợi ích của sạc EV thông minh

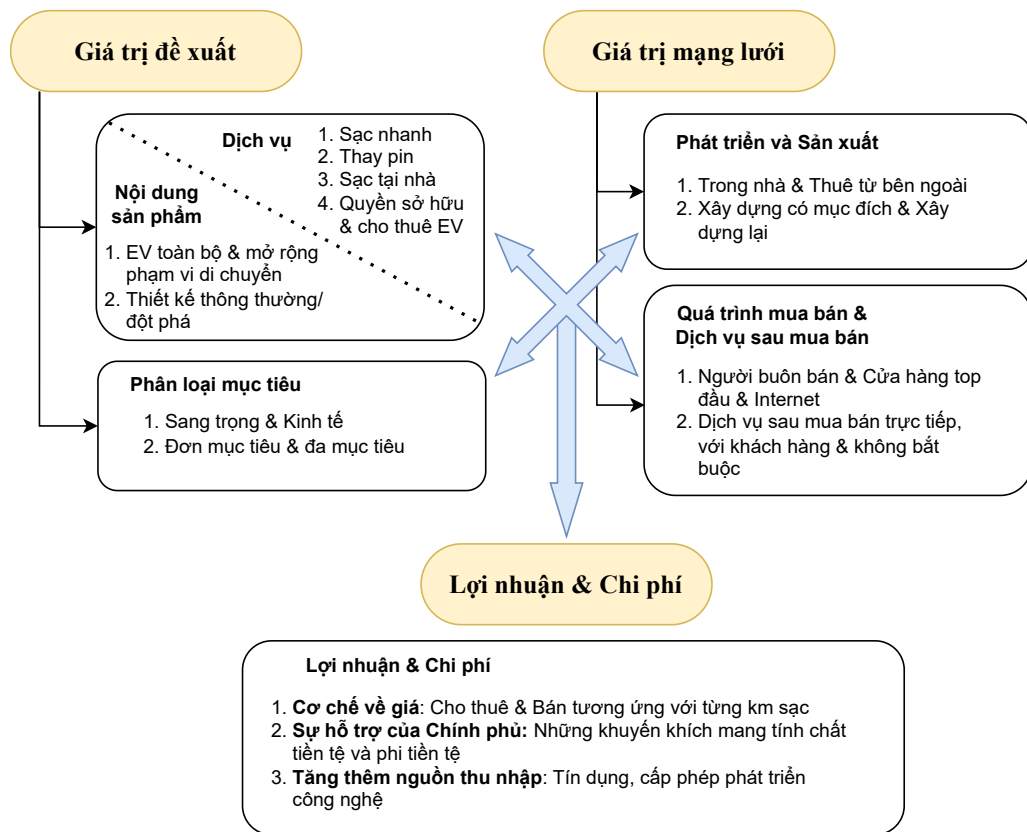
4.3 Các hạng mục cho vận hành các dịch vụ cho các nhóm EV

4.3.1 Mô hình kinh doanh

Hiện nay, tại nhiều quốc gia trên thế giới thị trường EV đang mở rộng quy mô chưa đạt được như với mong đợi từ khoản tiền công trợ cấp và những tiến triển trong phát triển công nghệ đã bỏ ra. Điều này một phần xuất phát từ việc những mô hình kinh doanh chưa hoàn thiện và phù hợp với xu thế của thị trường ngày nay. Nghiên cứu [108] nhận định rằng, một mô hình kinh doanh có lợi nhuận và nhận được sự hỗ trợ thương mại hóa sẽ thúc đẩy sự phổ biến rộng rãi của EV. Tuy nhiên, các mô hình

kinh doanh phục vụ xe thông thường hiện nay có thể sẽ không phù hợp với EV do những hạn chế về công nghệ như phạm vi lái xe ngắn hơn, và chu kỳ sạc dài cũng như chi phí mua lại cao hơn.

Về thành phần, mô hình kinh doanh từ năm 2014 sẽ bao gồm 3 thành phần chính: "Giá trị đề xuất" (Value proposition), "Giá trị mạng lưới" (Value network) và "Mô hình lợi nhuận & chi phí" (Revenue & cost model) [109], và được biểu diễn như trong hình dưới đây:



Hình 4.3 Những thành phần của một mô hình kinh doanh EV [109]

Dựa trên những thành phần này, các thị trường EV trên thế giới đã phát triển những mô hình kinh doanh để có thể phù hợp với từng thị trường riêng tại từng khu vực. Nghiên cứu [110] đã thống kê ra 3 loại hình mô hình kinh doanh dành cho EV đã và đang được ứng dụng tại Brazil trong quá trình vận hành các nhóm EV và được tổng hợp trong Bảng 4.1:

- **Mô hình 1.** Đây là mô hình sử dụng những bộ sạc truyền thống. Mô hình này được sử dụng rộng rãi trong thị trường EV và đang được ứng dụng phần lớn tại Brazil. Cơ sở hạ tầng cho mô hình này cũng tương đối rẻ dành cho những bộ sạc chậm và bộ sạc bán-nhanh (semi-fast). Cùng với sự phát triển của thị trường và đồng hồ đo đếm thông minh thì những trạm sạc ứng dụng mô hình này có thể

cung cấp các dịch vụ cho phía đơn vị vận hành lưới điện phân phối, ví dụ như dịch vụ phụ trợ. Mặc dù vậy, để thị trường EV phát triển thì bắt buộc phải có một số lượng lớn EV đầu nối vào trạm sạc. Người trả tiền trong mô hình này là chủ xe, người thu tiền sẽ là chủ trạm sạc.

- **Mô hình 2.** Ở những thị trường EV đầu tiên, mô hình này là sự tổng hợp nhiều chính sách cho phép tạo ra một làn đường dành riêng cho EV, điều này sinh ra lợi thế lớn cho những người dùng EV. Khi mà số lượng EV tăng lên, hình thức thanh toán phù hợp nhất trong mô hình kinh doanh này chính là thu phí trên những đoạn đường cao tốc. Mô hình kinh doanh này cũng cho phép những chủ EV không phải thu thêm chi phí năng lượng tiêu thụ hay thời gian sử dụng (TOU). Tuy nhiên, mô hình này lại có thể ảnh hưởng đến những ai không sử dụng EV. Lý tưởng nhất là nên phân biệt thu phí cầu đường theo loại hình phương tiện (EV và xe truyền thống), nhưng điều này có thể khó áp dụng. Hơn nữa, mô hình kinh doanh này chỉ nhằm đáp ứng nhu cầu sạc EV; do vậy, không có dịch vụ bổ sung nào được cung cấp cho phía đơn vị vận hành lưới phân phối (DSO). Tuy nhiên, mô hình này liên quan đến cơ sở hạ tầng quan trọng cho cả mạng lưới giao thông và lưới điện. Do đó, việc phía DSO vận hành sẽ phù hợp hơn vì yêu cầu vận hành duy nhất là lưới điện tự cung cấp năng lượng cho EV. Số tiền nhận được khi tính phí cho EV có thể được chia theo tỷ lệ giữa các đại lý có liên quan (DSO, cơ quan hành chính công và cơ quan giao thông vận tải). Người trả tiền trong mô hình này là chủ xe, và người thu tiền sẽ là DSO.
- **Mô hình 3.** Đây là mô hình kinh doanh nhằm mục đích sạc nhanh EV đồng thời giúp đơn vị vận hành trạm sạc (Charging Point Operator - CPO) tự do hơn trong việc sạc pin. Bằng cách này, CPO có thể đạt được lợi ích kinh tế nhờ tối ưu hóa việc thu phí và thậm chí có thể tham gia vào thị trường năng lượng. Ngoài ra, mô hình này tổng hợp với những nguồn điện phân tán (DER) và những EV cho thuê, mượn (Share Electric Vehicle - SEV), vì người vận hành có thể kiểm soát thời gian sạc pin. Hơn nữa, nếu trạm sạc được vận hành bởi DSO, việc sạc pin có thể được kiểm soát để giảm tác động những tác động lên lưới điện. Mô hình kinh doanh này cũng có thể giúp cho việc tăng cường người dân sử dụng EV vì giá pin là thành phần đắt nhất của EV. Và chi phí này sẽ được chuyển sang cho chủ trạm sạc. Do đó, để làm mô hình kinh doanh này phổ biến hơn, những khoản trợ cấp từ phía Chính phủ là vô cùng quan trọng, bên cạnh đó là sự tuân thủ của các nhà sản xuất EV và dịch vụ quảng cáo cho khách hàng. Người trả tiền trong mô hình này là chủ xe, người thu tiền sẽ là CPO.

Trong khi đó, bài báo [111] đã nghiên cứu về Mô hình kinh doanh tuần hoàn như trong Hình 4.4 (Circular Business Model - CBM) dành cho pin Lithium của EV đã được những đơn vị sản xuất thiết bị gốc (Original Equipment Manufacturer - OEM)

triển khai ở Châu Âu, những yếu tố bên trong và bên ngoài nào đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy việc áp dụng CBM, và làm thế nào để đưa ra chính sách nhằm thúc đẩy sự phát triển hơn nữa của EV. Mô hình kinh doanh tuần hoàn này bao gồm những thành phần chính như sau:

- **Hệ thống thu hồi pin (Take-back system).** Hệ thống thu hồi pin có trách nhiệm thu hồi những pin lithium từ những EV đã hết vòng đời, và hoàn trả chúng cho phía OEMs thông qua những đơn vị tái chế bên ngoài, và cho những xe dân dụng thông qua những tổ chức sản xuất quốc gia. Hầu hết các hệ thống thu hồi pin đều được thiết lập theo luật bắt buộc về trách nhiệm của nhà sản xuất nhưng hoạt động dựa trên việc khách hàng tự nguyện trả lại pin cho nhà sản xuất. Nhiều OEM được phỏng vấn nói rằng họ không quan tâm đến việc lấy lại pin lithium.
- **Sửa chữa.** Rất nhiều doanh nghiệp cung cấp dịch vụ và sửa chữa cho pin lithium của EV. Trong thời gian bảo trì, OEMs nếu có cơ sở sản xuất pin lithium được thuê ở ngoài thì có thể chuyển được trách nhiệm cho những đơn vị cung cấp pin cho họ thông qua những chính sách bảo hành.
- **Tân trang lại.** Không phải tất cả khách hàng đều có nhu cầu cần một hệ thống pin lithium có dung lượng cực đại, và một hệ thống pin được tân trang lại có thể đem lại những thông số chấp nhận được. Một hệ thống pin được tân trang lại sẽ có chi phí thấp hơn và nhu cầu mua từ khách hàng cao hơn so với việc phải đi mua một hệ thống pin mới vô cùng đắt đỏ.
- **Tái sử dụng.** Khi mà việc mua pin mới có chi phí đắt đỏ thì bên cạnh việc tân trang lại pin thì khách hàng cũng có xu hướng sử dụng lại loại pin cũ với mức giá rẻ hơn khoảng 30-50% so với pin mới.

Tuy nhiên, điểm bất lợi của mô hình này là vẫn tiềm ẩn nguy cơ cháy nổ rất lớn do bản chất của mô hình là phải thu hồi, sửa chữa và tái chế pin của EV, và nếu không siết chặt khâu xử lý, khâu an toàn trong vận hành thay thế các phần tử của pin thì cháy nổ, hoả hoạn là điều khó tránh khỏi, dẫn tới chi phí cho việc bảo trì và sửa chữa hệ thống xử lý pin là rất lớn. Do đó để giảm nguy cơ hoả hoạn, cháy nổ thì cần siết chặt ngay từ khâu vận hành xử lý pin của EV, và bên cạnh đó cũng phải đưa ra các quy định về an toàn phòng chống cháy nổ.

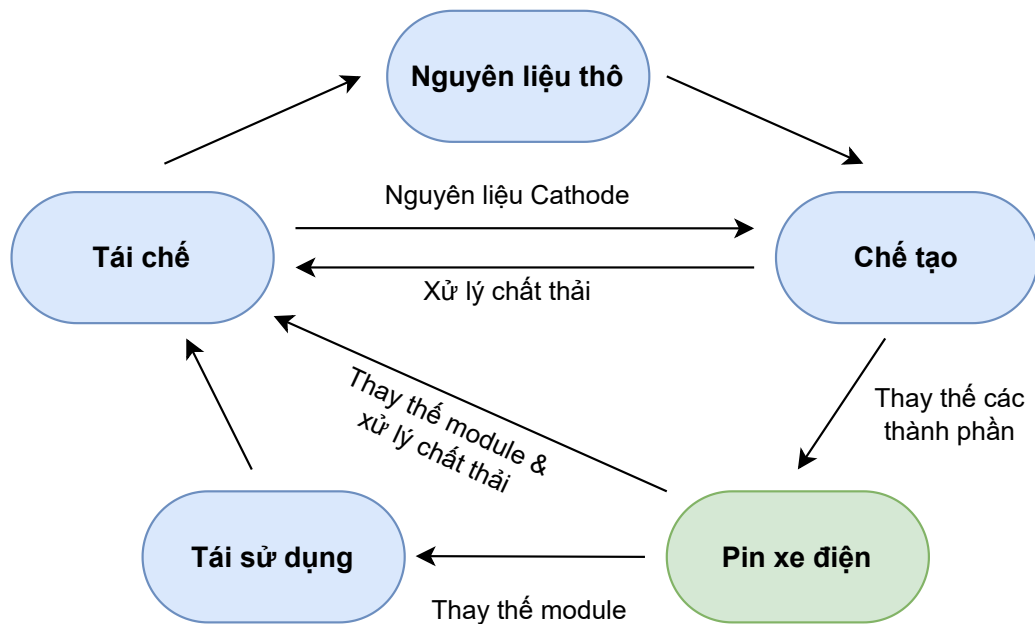
4.3.2 Quy hoạch cơ sở hạ tầng cho trạm sạc EV

Nghiên cứu của IEA [13] chỉ ra rằng, nhu cầu cho những trạm sạc công cộng càng ngày càng tăng, lý do là để cung cấp mức độ thuận tiện và khả năng tiếp cận tương tự như việc tiếp nhiên liệu (xăng, dầu) cho những phương tiện truyền thống. Cụ thể, tính đến cuối năm 2022, đã có tới 2,7 triệu điểm sạc công cộng trên toàn thế giới, trong đó có hơn 900.000 điểm được xây dựng trong năm 2022, tăng khoảng 55%

Bảng 4.1 Tổng quan về 3 mô hình kinh doanh EV ở Brazil

	Mô hình 1	Mô hình 2	Mô hình 3
Điểm mạnh	<ul style="list-style-type: none"> - Cơ sở hạ tầng cung cấp năng lượng có chi phí thấp - Được biết đến rộng rãi (truyền thống) - Dễ dàng ứng dụng vào các cơ chế giá khác nhau - Có thể cung cấp các dịch vụ cho DSO (dịch vụ phụ trợ và V2G) - Đơn vị vận hành (aggregator) có thể điều khiển quá trình sạc của EV 	<ul style="list-style-type: none"> - Có thể ứng dụng ở những chuyên đi có điểm dừng thu phí - Phương pháp thanh toán thống nhất và đơn giản 	<ul style="list-style-type: none"> - Sạc nhanh - Có thể linh hoạt trong việc sạc pin, tăng hiệu quả và giảm được ảnh hưởng lên lưới điện - Có thể cung cấp các dịch vụ cho DSO (dịch vụ phụ trợ và V2G) - Hỗ trợ sự khuếch tán cho EV bằng cách chuyển chi phí do pin cho chủ trạm sạc - CPO có thể điều khiển quá trình sạc của các EV, và có thể đánh giá sự qua lại giữa tiết kiệm chi phí năng lượng và chi phí suy giảm của pin. - Có sự kết hợp của các nguồn phân tán và các EV cho thuê mượn
Điểm yếu	<ul style="list-style-type: none"> - Được ứng dụng khá ít ở những thị trường đầu tiên 	<ul style="list-style-type: none"> - Yêu cầu những hình thức thu phí đi đường khác nhau tùy vào loại phương tiện - Không thể cung cấp các dịch vụ - Cơ sở hạ tầng cung cấp năng lượng có chi phí cao - Khi bảo trì có thể ảnh hưởng đến người dùng không có EV - Có sự tham gia của nhiều đại lý 	<ul style="list-style-type: none"> - Yêu cầu nhiều mẫu EV để cho phép sử dụng các loại pin tương tự - Chi phí vốn cao xuất phát từ việc mua pin và phát triển công nghệ khác - Yêu cầu sự giám sát tiên tiến để kiểm tra sức khỏe của pin (SOH)

Cơ hội	<ul style="list-style-type: none"> - Ít rủi ro khi ứng dụng ở những thị trường EV đầu tiên - Những nguồn phân tán có thể giúp thu hút những khách hàng có nhận thức về môi trường 	<ul style="list-style-type: none"> - Sự chia sẻ EV ngày càng tăng - Có làn đường riêng dành cho EV 	<ul style="list-style-type: none"> - Tỷ lệ EV càng lớn - Những nguồn phân tán có thể giúp thu hút những khách hàng có nhận thức về môi trường
Thách thức	<ul style="list-style-type: none"> - Sẽ có sự phát triển của những mô hình kinh doanh tân tiến khác với tốc độ phát triển lớn hơn - Những khách hàng bình thường sẽ không có kiến thức về những ảnh hưởng dài hạn của việc suy giảm tuổi thọ pin do cấu hình V2G 	<ul style="list-style-type: none"> - Có sự thay đổi trong dòng xe - Bảo trì đường đi sẽ kém đi 	<ul style="list-style-type: none"> - Những mẫu EV mới có thể không phù hợp - Sẽ có thể xảy ra những thiếu sót có thể không khuyến khích được những khách hàng mới tham gia vào thị trường



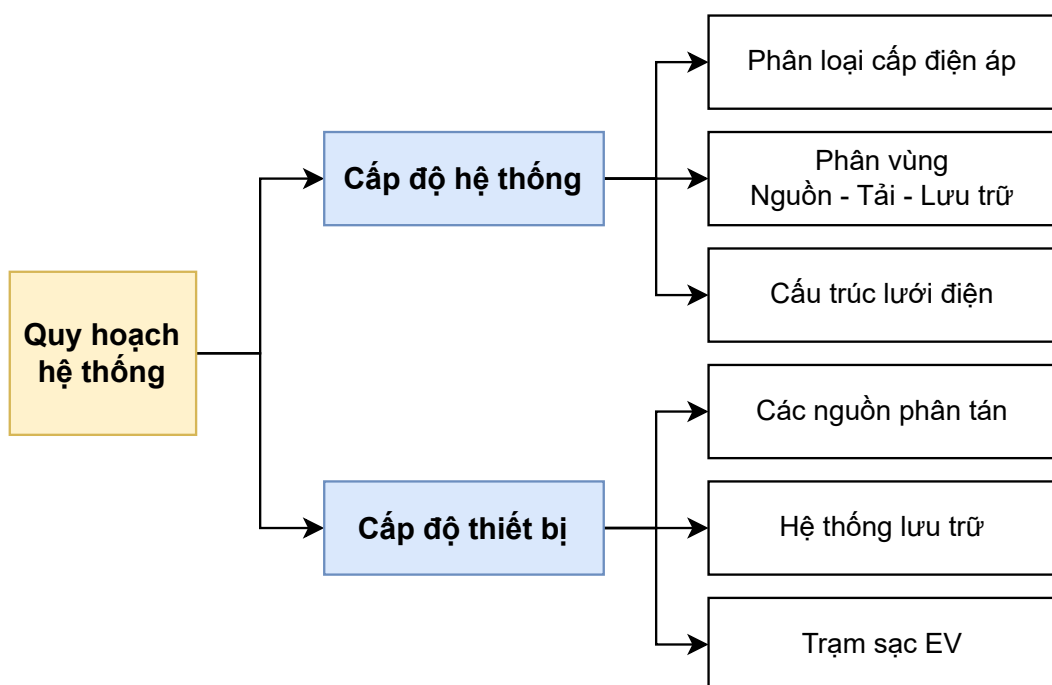
Hình 4.4 Mô hình kinh doanh tuần hoàn dành cho pin EV tại Châu Âu [111]

so với năm 2021 [13]. Hiện nay, xu hướng cho việc quy hoạch cơ sở hạ tầng sạc EV được chia theo hai theo hai định hướng chính.

Một là, trạm sạc tại nhà sẽ là lựa chọn định hướng được ưa chuộng hơn, và có xu hướng là bộ sạc chậm (phù hợp hơn trong việc mua bán so với bộ sạc nhanh), và tại nhà hoặc kho chứa sẽ có thiên hướng cho việc sạc EV qua đêm. Bên cạnh đó, bộ sạc chậm cũng sẽ tương thích được với việc sạc thông minh và cấu hình V2G, và điều này cũng sẽ giảm được những tác động tiêu cực lên lưới điện hơn so với sạc nhanh.

Hai là, trạm sạc công cộng sẽ ngày càng quan trọng khi mà tỷ trọng EV tham gia vào lưới điện càng ngày càng nhiều. Đối với EV hạng nhẹ (Light Duty Vehicles - LDVs), người ta giả định rằng một khi nguồn cung EV tăng lên, sẽ có một tỷ lệ nhỏ chủ sở hữu sẽ được sử dụng hệ thống sạc tại nhà. Còn đối với EV hạng nặng (Heavy Duty Vehicles - HDVs), người ta giả định rằng khi công nghệ phát triển, nhiều HDV chạy điện sẽ được sử dụng trên các tuyến đường dài hơn. Tuy nhiên, việc triển khai sạc công cộng cần lường trước và cho phép điện hóa các phân khúc này.

Đặc biệt, trong bối cảnh mà các nguồn năng lượng tái tạo (RES) như điện mặt trời (PV) hay điện gió (WT) ngày càng phát triển thì việc tích hợp chúng vào vào trạm sạc để hỗ trợ cho lưới điện khi có số lượng lớn EV sạc vào lúc cao điểm hoặc lúc công suất đầu ra của PV lớn (VD như khoảng thời điểm giữa ngày) là rất khả thi và tiềm năng. Bên cạnh đó, những hệ thống tích trữ năng lượng (ESS) cũng có thể được ứng dụng để tích hợp vào trạm sạc bên cạnh RES để có thể cung cấp dịch vụ phụ trợ khi EV đi tới trạm sạc. Nghiên cứu [112] đã phân tích tổng quan một mô hình quy hoạch cơ sở hạ tầng trạm sạc trong hệ thống điện mới như trong Hình 4.5 dưới đây:



Hình 4.5 Những thành phần trong mô hình quy hoạch trạm sạc

Trong mô hình này, có một số điểm chính như sau:

- Trong trạm sạc EV sẽ có hai công nghệ sạc chính là **Sạc thông minh** và **V2G**. Trong đó **V2G** là công nghệ được ưa chuộng sử dụng hơn do hiệu quả hơn so với **Sạc thông minh**, và có khả năng tích trữ năng lượng từ EV cũng như khi dư thừa RES, và có thể hỗ trợ lưới điện khi cần.
- Đối với **các nguồn điện phân tán**, do tính bất định cũng như khó dự báo công suất phát đầu ra của loại hình nguồn này có thể ảnh hưởng đến quán tính hệ thống điện, khi quy hoạch cần phải phát triển hơn nữa về mặt kỹ thuật cũng như kinh tế, tối ưu hóa những chế độ quản lý vận hành cho những dịch vụ nối lưới, giải quyết gọn gàng những giao dịch liên quan đến thị trường điện, cải thiện những hệ thống quản lý và hệ thống về tiêu chuẩn kỹ thuật.
- Để duy trì nguồn cung cấp điện và tránh tình trạng thiếu năng lượng (hay còn gọi là đảm bảo độ tin cậy cung cấp điện), các hệ thống điện tân tiến hiện nay **nhân được trang bị ESS** do khả năng đáp ứng nhanh của chúng (chỉ chậm hơn so với Thủy điện). Tuy nhiên, ESS lại có chi phí lắp đặt vô cùng đắt đỏ và tuổi thọ hạn chế vì đặc tính thường xuyên sạc và xả của chúng.

4.3.3 Những chính sách công

Phát thải ròng bằng 0 đến năm 2050 (NET-ZERO) là mục tiêu của các quốc gia đi đầu trong phát triển thị trường EV. Do đó, những quốc gia này đã và đang đưa ra những chính sách công, những lộ trình cụ thể để phục vụ mục tiêu này. Hiện nay, Việt Nam vẫn chưa có những chính sách cụ thể cho việc phát triển EV, tuy nhiên cũng đã đặt mục tiêu sử dụng những phương tiện giao thông chạy hoàn toàn bằng điện nhằm hướng tới phát thải ròng bằng 0 tới năm 2050. Hầu hết các quốc gia phát triển điển hình như Mỹ, Nhật Bản, Canada, Liên minh Châu Âu đều đặt mục tiêu đến năm 2030, 2035 sẽ chỉ kinh doanh loại hình EV không phát thải (Zero Emission Vehicle - ZEV) và tiến tới không sử dụng những loại xe động cơ đốt trong truyền thống.

Báo cáo [13] đã liệt kê, phân tích những điểm chính trong xu thế phát triển những chính sách công của một số quốc gia, khu vực điển hình phục vụ cho việc phát triển EV như dưới đây.

- **Trung Quốc.** Đây là thị trường EV lớn nhất thế giới, quốc gia này hỗ trợ những đơn vị sản xuất EV thông qua việc *khuyến khích trực tiếp cho sự tăng trưởng sản phẩm đầu ra của những chuỗi cung ứng EV*, trong đó điển hình là hai hãng EV Chongqing và Jilin đang được đầu tư phát triển mạnh loại hình EV thế hệ mới (New Energy Vehicles - NEV), và đạt mục tiêu sẽ đạt 50% lượng NEV bán ra trong năm 2030 để giảm phát thải ô nhiễm môi trường. Bên cạnh đó, một số các lãnh đạo của các thành phố lớn ở quốc gia này đã thông báo rằng sẽ đưa ra những chính sách khuyến khích bắt đầu từ đầu năm 2023 ví dụ như đưa ra các ưu đãi

khi mua NEV, hoặc là đưa ra chính sách để khuyến khích thay thế xe động cơ đốt trong truyền thống bằng NEV.

- **Mỹ.** Mỹ cũng đã đưa ra những chính sách khuyến khích về giảm thuế và những chương trình hỗ trợ để đạt mục tiêu hoàn thiện mô hình kinh tế năng lượng sạch tại quốc gia này. Trong đó quốc gia này *tập trung phát triển chính sách cho pin của EV* do điều kiện về khoáng chất và thành phần của pin như Lithium, Chì ở Mỹ được quản lý và đảm bảo rất nghiêm ngặt. Cơ quan tín dụng tính thuế cho phương tiện sạch (Clean Vehicle Tax Credit) ở Mỹ đã giới thiệu tập hợp những điều kiện mới để EV có thể thông qua điều kiện để có thể nhận được ưu đãi [113] như sau:
 - EV phải có dung lượng pin nhỏ nhất là 7kWh
 - EV phải có khối lượng nhỏ nhất là 14,000 pounds
 - Phải được sản xuất bởi những đơn vị sản xuất EV đã thông qua kiểm duyệt
 - EV phải đáp ứng các yêu cầu quan trọng về khoáng chất và thành phần pin (kể từ ngày 18 tháng 4 năm 2023)
- **Châu Âu.** Châu Âu đã đề xuất mô hình "*Đạo luật công nghiệp phát thải ròng bằng 0 (NET-ZERO Industry Act)*" vào tháng 3/2023. Mô hình này đề xuất quy định của Nghị viện và Hội đồng Liên minh Châu Âu về việc thiết lập khuôn khổ các biện pháp nhằm củng cố hệ sinh thái sản xuất sản phẩm công nghệ không phát thải ròng của Châu Âu [114], và đạt mục tiêu đáp ứng 40% nhu cầu của EU cho những chiến lược công nghệ phát thải bằng 0 với năng lực sản xuất EV của EU vào năm 2030. Những công nghệ này bao gồm công nghệ pin và công nghệ lưu trữ. Đối với pin, mục tiêu là đáp ứng gần 90% nhu cầu pin hàng năm của khu vực này được đáp ứng bởi các nhà sản xuất pin của EU. Bên cạnh đó, Châu Âu cũng đã đặt ra hạn chót cho những tiêu chuẩn về phát thải CO₂ và gia tăng mục tiêu cho việc cắt giảm khí thải CO₂. Cụ thể, vào tháng 3 năm 2023, Liên minh Châu Âu đã thông qua các tiêu chuẩn CO₂ mới cho xe con và xe tải yêu cầu giảm 55% và 50% lượng khí thải của xe con và xe tải mới vào năm 2030 (so với năm 2021) và 100% cho cả hai loại vào năm 2035. Ủy ban liên minh Châu Âu cũng sẽ trình đề xuất lên Chính phủ cho phép đăng ký các phương tiện chạy hoàn toàn bằng nhiên liệu CO₂ sau năm 2035 [115].
- **Ấn Độ.** Gần đây nhất, Chính phủ quốc gia này đã đưa ra cơ chế "*Sản xuất liên kết với khuyến khích*" (*Production Linked Incentives - PLI*) cho xe và linh kiện của xe [116]. Xuất phát từ cơ chế này, Ấn Độ đã tạo ra việc làm cho hơn 75000 nhân công. Cơ chế này bao gồm hai phần:

- **Phần thứ nhất** là chương trình khuyến khích đơn vị sản xuất thiết bị gốc lớn nhất (Champion OEM), sẽ cung cấp những ưu đãi cho việc mua bán xe công nghệ tiên tiến (xe chạy pin điện và pin nhiên liệu hydrogen) trên tất cả các phân khúc xe.
- **Phần thứ hai** là chương trình thành phần lớn nhất (Component Champion), sẽ cung cấp các ưu đãi cho việc mua bán một số bộ phận, thành phần nhất định cho cả xe động cơ đốt trong và EV.
- **Các quốc gia khác.** Vào năm 2022, Canada đã tăng tham vọng quốc gia về triển khai LDV, với mục tiêu hiện tại là đạt được tỷ lệ mua bán EV không phát thải là 20% vào năm 2026, 60% vào năm 2030 và 100% vào năm 2035. Úc cũng bắt đầu cung cấp nguồn tài trợ cạnh tranh để hỗ trợ việc mua EV (cả hạng nhẹ và hạng nặng) cho mục đích thương mại bắt đầu từ tháng 2/2022. Bên cạnh đó, Nhật Bản cũng công bố Chiến lược tăng trưởng xanh vào năm 2021, đặt mục tiêu đạt được 100% điện hóa giao thông bằng LDV vào năm 2035, và Đạo luật về sử dụng năng lượng hợp lý trong năm 2023 và đẩy nhanh các mục tiêu đặt ra trong Chiến lược nói trên. Ở Indonesia, các phương tiện của Chính phủ bắt buộc phải chạy bằng điện từ năm 2022 và trợ cấp mua EV đã được áp dụng từ năm 2023. Tại Seychelles, mục tiêu là 30% doanh số bán xe mới sẽ chạy bằng điện vào năm 2030 và Kế hoạch Di chuyển Điện Quốc gia sắp tới Chiến lược sẽ bao gồm mục tiêu 100% xe buýt chạy bằng điện vào năm 2050. Tại Panama, 40% phương tiện công cộng được chọn sẽ là EV vào năm 2030. Việt Nam đã đưa ra mục tiêu phát thải ròng bằng 0 cho ngành giao thông vào năm 2050, nhằm mục đích sử dụng các phương tiện chạy bằng 100% điện và năng lượng xanh, với lệnh cấm sản xuất, lắp ráp và nhập khẩu các phương tiện chạy bằng nhiên liệu hóa thạch vào năm 2040. Trong khi đó, Chiến lược được công bố gần đây của Ghana có mục tiêu là 4%, 16% và 32% doanh số bán hàng mới sẽ lần lượt là EV vào các năm 2025, 2030 và 2050. Ngoài ra, các quốc gia gần đây đề xuất các chính sách liên quan đến thuế quan bao gồm Angola, Brazil, Ecuador, Pakistan, Trinidad và Tobago, Tunisia, Uzbekistan và Việt Nam (tiếp theo chính sách miễn thuế cho việc nhập khẩu EV trước đây từ năm 2015).

5 MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHO NHÓM XE ĐIỆN CÁ NHÂN

5.1 Tổng quan tối ưu quá trình sạc EV cho lưới điện

Khi bối cảnh về sự chuyển dịch năng lượng đang diễn ra với sự tích hợp ngày càng nhiều của các công nghệ mới điển hình là năng lượng tái tạo và EV thì các nghiên cứu về việc tối ưu quá trình sạc xả của EV là cần thiết do sự ảnh hưởng của chúng lên lưới điện như đã đề cập ở những chương trên.

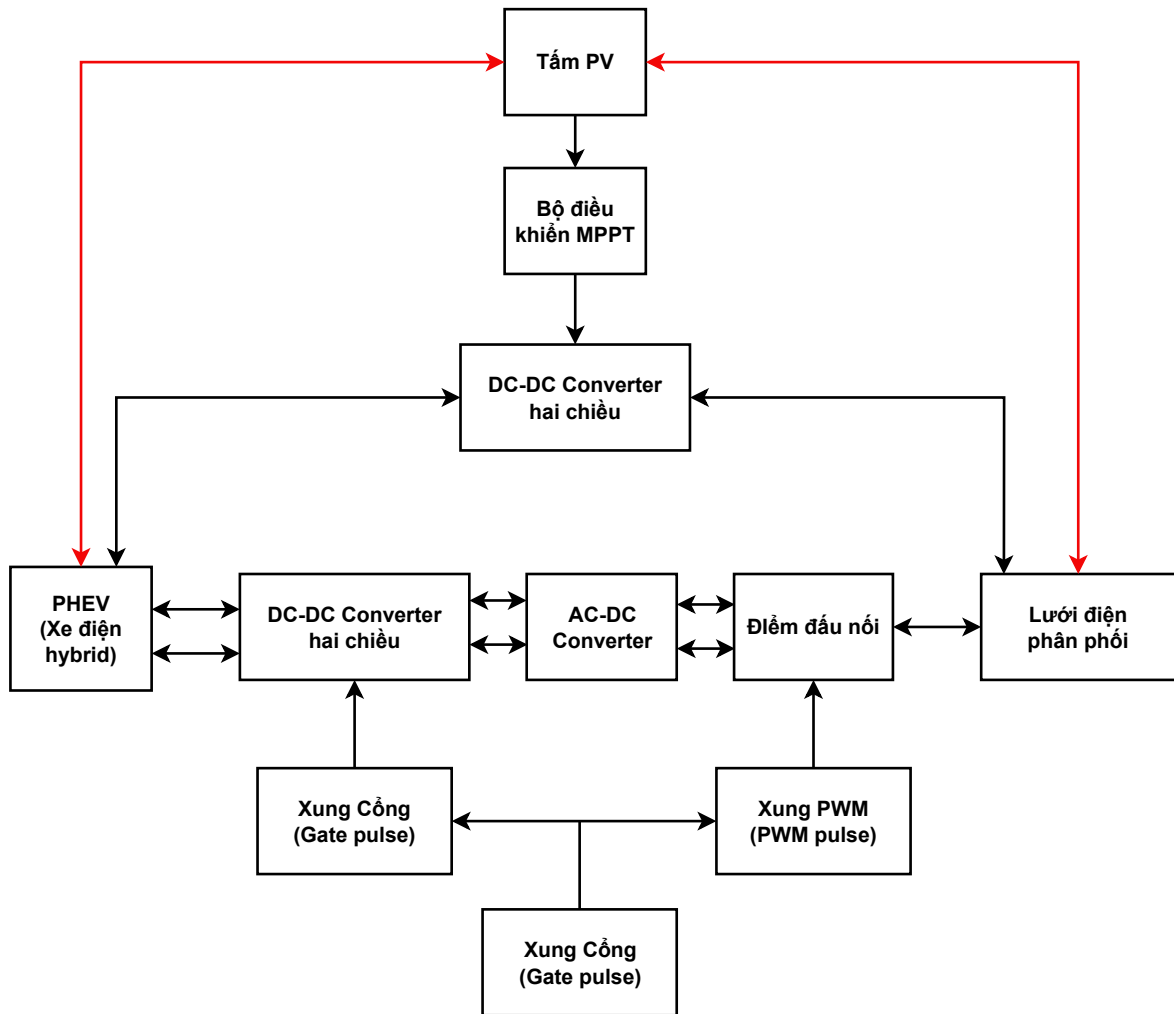
Bài báo [117] đã đề xuất sử dụng một thuật toán “Tối ưu bầy đàn cải tiến (IPSO)” để tối ưu hóa quá trình sạc xả của EV, bên cạnh đó cải thiện các thông số như điện áp và dòng điện trong mô hình lưới điện PV-to-Vehicles xuất phát từ mô hình trong [118]. Bài báo [119] thì không tối ưu về mặt kỹ thuật như [117] mà lại tối ưu chi phí vận hành tại trạm sạc được vận hành tại các siêu thị ở Panama có thêm pin tích trữ năng lượng, điện gió và điện mặt trời. Trong khi đó, nghiên cứu [120] lại có xu hướng kết hợp của 2 bài trên là tối ưu hóa thời gian thực trong việc cắt giảm đỉnh phụ tải và giảm thiểu chi phí vận hành cho cấu hình V2G tại tòa nhà bằng mô hình tối ưu 2 lớp. Ý tưởng tương tự như [120] nhưng nghiên cứu [121] đã có sự cải tiến hơn, đó là đã có phân tích sự ảnh hưởng của ngẫu nhiên số lượng EV lên lưới điện phân phối ở Tripoli-Lybia sử dụng thuật toán Monte Carlo ngẫu nhiên (Stochastic Monte Carlo Methods, SMCM).

Bên cạnh đó, không chỉ tối ưu kinh tế - kỹ thuật thì do tính chất của chế độ V2G thì EV có thể vừa là nguồn, vừa là tải nên EV có thể tham gia cung cấp các dịch vụ phụ trợ như điều chỉnh điện áp và điều chỉnh tần số [122].

Về khía cạnh điều chỉnh tần số, nghiên cứu [123] đề xuất cách tiếp cận lý thuyết trò chơi sử dụng trò chơi hợp tác và không hợp tác để thúc đẩy việc sử dụng EV để cung cấp dịch vụ điều tần cho lưới điện. Bài báo [124] sử dụng Manta Ray Foraging Optimization (MRFO) cho EV để cải thiện tần số lưới điện IEEE 39 nút có tỷ trọng lớn năng lượng tái tạo tích hợp vào. Nghiên cứu [125] lại tiên tiến hơn, sự phân tách tối ưu lệnh tự động điều chỉnh công suất phát (Bộ AGC) trong thời gian thực từ lưới điện sang EV được thảo luận trong bài báo này bằng cách đề xuất thuật toán phân tách hai cấp xem xét mô hình lưới điện kết hợp với thông tin có thể huy động được theo thời gian thực của EV. Trong khi đó bài báo [126] có thể điều chỉnh tần số trong hệ thống điện bằng cách xem xét đến sự di chuyển một cách ngẫu nhiên của EV.

Về khía cạnh điều chỉnh điện áp, nghiên cứu [127] đề xuất một cơ chế giao tiếp giữa các EV khi nối lưới và phía đơn vị vận hành lưới phân phối để có thể điều chỉnh được điện áp tốt hơn khi sạc. Trong khi đó, nghiên cứu [128] [129] lại tận dụng pin của EV như một nguồn công suất phản kháng để điều chỉnh điện áp khi EV đang ở chế độ G2V hay chế độ V2G. Nghiên cứu [130] thậm chí không chỉ điều chỉnh được

điện áp mà còn có thể san bằng đồ thị phụ tải cũng như giảm được tổn thất điện năng trong lưới điện IEEE 31 nút bằng cách sử dụng cơ chế quản lý phụ tải thông minh (SLM).



Hình 5.1 Mô hình PV-to-Vehicles
[117]

5.2 Tính toán tối ưu đối với xe điện cá nhân

Trong các phần này, nghiên cứu sẽ đưa ra mô hình toán học và các kết quả mô phỏng mà nhóm nghiên cứu đã thực hiện trong thời gian vừa qua. Tổng quan về nghiên cứu như sau: nghiên cứu này sẽ xem xét ảnh hưởng lên lưới điện trước và sau khi tích hợp EV và các nguồn năng lượng tái tạo vào lưới điện, và bên cạnh đó đề xuất sử dụng phương pháp dựa trên học máy để tối ưu hóa sạc EV có tích hợp điện mặt trời áp mái. Cụ thể, nghiên cứu sẽ thực hiện tính toán trào lưu công suất một mô hình lưới điện phân phối có 8 nút là phụ tải dân cư kết hợp đầu nối EV và điện mặt trời áp mái ở một số nút trong lưới, sau đó thực hiện san bằng đồ thị phụ tải trong một số kịch bản cụ thể. Toàn bộ bài toán được thực hiện trong môi trường MATLAB phiên bản R2022a.

5.3 Mô hình toán học

Trong nghiên cứu này, bài toán đưa vào xem xét là bài toán đa mục tiêu, trong đó các hàm mục tiêu chính là: Thứ nhất, tối thiểu hóa khoảng cách giữa phụ tải đỉnh của đồ thị phụ tải và đường thẳng phụ tải trung bình (hay còn gọi là san bằng đồ thị phụ tải); và thứ hai, tối thiểu hóa chi phí sạc của các chủ EV khi sạc điện cho pin EV của họ. Hai hàm mục tiêu này được biểu diễn như sau:

$$\min \sum_{i=1}^N \text{cost}_{EV_i} \quad (5.3)$$

$$\min \left\{ \left(\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K x_k^i \right) + \text{total load} - \text{average load} \right\} \quad (5.4)$$

Trong (5.3) và (5.4), cost_{EV_i} là tổng chi phí của chủ sở hữu EV i khi tham gia sạc xả, và được minh họa bằng các công thức như sau:

$$\text{cost}_{EV_i} = \text{charging cost}_{EV_i} - \text{discharging cost}_{EV_i} \quad (5.5)$$

$$\text{charging cost}_{EV_i} = \sum_{i=1}^K x_k^i \cdot \tau \cdot \text{tariffs1}, x_k^i \geq 0 \quad (5.6)$$

$$\text{discharging cost}_{EV_i} = \sum_{i=1}^K x_k^i \cdot \tau \cdot \text{tariffs2}, x_k^i \leq 0 \quad (5.7)$$

Ở đây, x_k^i là công suất sạc xả của EV_i , tariffs1 là biểu giá sạc, tariffs2 là biểu giá xả. Tiền sạc là lượng tiền mà chủ EV phải trả khi sạc EV. Ngược lại, khi xả điện từ pin vào lưới điện, chủ xe sẽ nhận được lượng tiền tương ứng đó chính là tiền xả. Bên cạnh đó, τ là độ dài của chu kỳ thứ k , và K là tổng số chu kỳ xét. Ví dụ, nếu $\tau = 30$ phút (0.5h), thì trong một ngày (24h) sẽ có tổng cộng 48 chu kỳ và mỗi chu kỳ dài 30 phút. Tổng tải "total load" sẽ được tính toán bằng cách lấy tổng công suất của đồ thị phụ tải dân cư trừ đi công suất đầu ra của điện mặt trời áp mái (Rooftop Solar - RTS), và sẽ được biểu diễn như công thức dưới đây:

$$\text{total load} = \sum_{j=1}^8 P_{\text{residential}_j} - \sum_{n=1}^3 P_{\text{RTS}_n} \quad (5.8)$$

Ở đây $P_{\text{residential}_j}$ là phụ tải của một hộ dân tại nút j , và P_{RTS_n} là công suất đầu ra của RTS tại các Nút 2, 3 và 8.

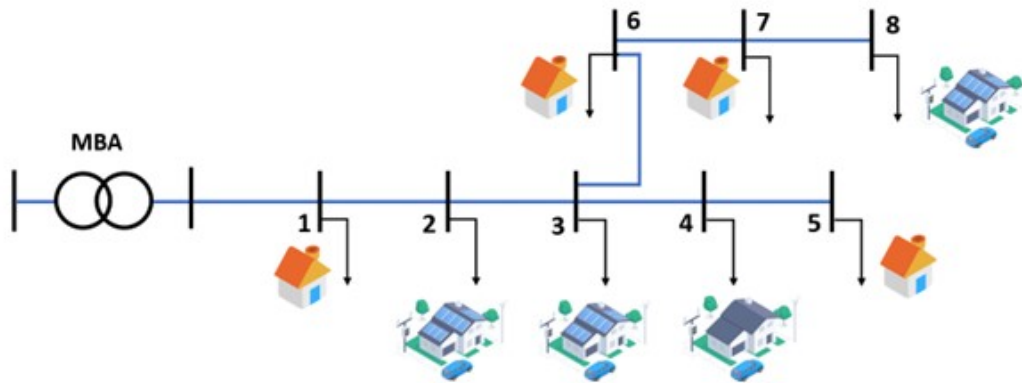
5.3.1 Lưới điện và các thông số

Mô hình lưới điện được sử dụng trong nghiên cứu này là mô hình lưới điện có 8 nút phụ tải dân cư xuất phát từ trạm biến áp phân phối hạ áp từ cấp 10kV xuống cấp

380V (0.4kV), với các thông số về đường dây được mô tả trong Hình 5.2 và Bảng 5.1 dưới đây. Trong mô hình này, bên cạnh máy biến áp thì từ nút 1 đến nút 8 là các nút của phụ tải dân cư. Cụ thể, đối với Nút 2, Nút 3, Nút 8 là các nút phụ tải dân cư có sở hữu cả điện mặt trời áp mái (RTS) và EV; Nút 4 là nút phụ tải dân cư chỉ sở hữu EV; các nút còn lại (Nút 1, 5, 6, 7) chỉ là các nút phụ tải dân cư bình thường (không sở hữu RTS cũng như EV).

Bảng 5.1 Thông số của lưới điện

Từ nút	Tới nút	R (Ω)
0	1	0.05
1	2	0.05
2	3	0.10
3	4	0.15
4	5	0.15
5	6	0.10
6	7	0.05
7	8	0.10



Hình 5.2 Mô hình lưới điện phân phối có 8 nút phụ tải dân cư

Khi sử dụng EV để tham gia san bằng đồ thị phụ tải, cần có một giá trị tham chiếu để đồ thị phụ tải bám theo giá trị đó, giá trị này gọi là tải trung bình. Trong suốt 24h (48 chu kỳ) thì giá trị tham chiếu này là một đường thẳng nằm ngang. Theo tài liệu [131], khi có sự tham gia của EV và RTS, đường giá trị tham chiếu này được xác định như sau:

$$\text{average load} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{soc_d^i - soc_0^i}{\tau} \right) + \sum_{k=1}^K \text{total load}}{K} \quad (5.9)$$

Trong công thức (5.9), soc_d^i là SOC mong muốn và soc_0^i là SOC ban đầu của EV i .

5.4 Các ràng buộc trong bài toán

5.4.1 Ràng buộc về bộ sạc

Trong hai phương trình (5.6) và (5.7), x_k^i là công suất sạc xả của các EV được nối lưới. Đối với mỗi EV i , công suất sạc xả sẽ được biểu diễn dưới dạng vector có kích thước $1 \times K$ như sau, trong đó K là tổng số chu kỳ:

$$x_k^i = [x_1^i \ x_2^i \ x_3^i \ \dots \ x_K^i] \quad (5.10)$$

Đối với tất cả các EV, giới hạn của công suất sạc xả x_k^i phụ thuộc vào tùy loại của bộ sạc, và giới hạn của x_k^i trong bài toán này được biểu diễn bằng bất đẳng thức như sau:

$$-\bar{p} \leq x_k^i \leq \bar{p} \quad (5.11)$$

Ở đây, \bar{p} là giá trị định mức của bộ sạc cho 4 EVs. Dấu “-” nghĩa là EV xả điện từ pin của nó vào lưới điện. Ngược lại, EV sẽ sạc điện cho pin của nó từ lưới điện. Trong bài toán này, công suất định mức của bộ sạc được đặt giá trị là 5kW.

5.4.2 Ràng buộc về SOC

Khi nói về trạng thái phân trăm pin (State of Charge - SOC), mỗi EV i sẽ có các giá trị SOC ban đầu riêng và được ký hiệu là soc_0^i . Tại thời điểm cuối của bước thời gian thứ k (sau một chu kỳ), SOC của EV i sau khi EV đó sạc hoặc xả pin sẽ được biểu diễn bằng đẳng thức dưới đây:

$$soc_k^i = soc_0^i + \tau \sum_{k=1}^{K-1} x_k^i \quad (5.12)$$

Bên cạnh đó, giá trị soc_k^i bắt buộc phải được giới hạn trong một khoảng cho phép để đảm bảo tuổi thọ của pin, và được biểu diễn trong công thức 5.13. Theo [132], thông thường giới hạn này nên được đặt trong khoảng 20% đến 100%.

$$soc_{\min}^i \leq soc_k^i \leq soc_{\max}^i \quad (5.13)$$

Tùy thuộc vào nhu cầu của mỗi chủ xe, giá trị SOC mong muốn soc_d^i của mỗi EV sẽ khác nhau. Giá trị soc_d^i của EV i sẽ là giá trị SOC cuối cùng (tức là giá trị SOC ở thời điểm cuối chu kỳ sạc xả cuối cùng) khi EV i hoàn thành chu trình sạc xả của nó, và giá trị SOC mong muốn này cũng nằm trong khoảng cho phép:

$$soc_d^i = soc_0^i + \tau \sum_{k=1}^K x_k^i \quad (5.14)$$

$$soc_{\min}^i \leq soc_d^i \leq soc_{\max}^i \quad (5.15)$$

5.4.3 Ràng buộc về điện áp nút trong lưới điện

Khi EV sạc xả, đồ thị phụ tải sẽ thay đổi. Theo lời giải của bài toán trào lưu công suất, phụ tải thay đổi sẽ dẫn đến điện áp nút thay đổi. Và cũng tương tự như công suất sạc xả và SOC, điện áp cũng sẽ bắt buộc phải đặt trong giới hạn cho phép:

$$v_{\min} \leq v_n^k \leq v_{\max}, n = 1, 2, \dots, N \quad (5.16)$$

Ở đây, v_n^k là điện áp của nút n tại thời điểm k , và N là tổng số nút trong lưới điện. v_{\min} và v_{\max} lần lượt là giới hạn dưới và giới hạn trên của điện áp nút. Theo [133], trong thực tế, đối với điều kiện vận hành ở Việt Nam giới hạn này thường nằm trong khoảng từ 0.95 – 1.05 pu trong điều kiện bình thường và sẽ là 0.9 – 1.1 pu trong điều kiện sự cố. Đối với nghiên cứu này, khoảng 0.95 – 1.05 pu được chọn.

5.4.4 Mô hình điện áp nút trong lưới điện 8 nút

Phương pháp mô hình hóa điện áp nút trong nghiên cứu này chủ yếu dựa trên tài liệu [131]. Có hai giả thiết được đặt ra trong mô hình này: Giả thiết thứ nhất, trong lưới điện truyền tải, thành phần điện trở (R) của đường dây sẽ nhỏ hơn rất nhiều so với thành phần điện kháng (X), tuy nhiên ở lưới phân phối thì ngược lại, thành phần R \gg X nên trong trường hợp này ta có thể bỏ qua thành phần điện kháng X, tức là một đoạn đường dây sẽ được mô tả bằng thành phần điện trở R. Giả thiết thứ hai, toàn bộ phụ tải, công suất đầu ra của RTS sẽ chỉ có thành phần công suất tác dụng (P) và bỏ qua thành phần công suất phản kháng (Q), và phụ tải cũng như các EVs sẽ được mô tả như nguồn dòng. Công thức tính toán điện áp tại nút n ở từng thời điểm k được xác định như trong đẳng thức dưới đây:

$$v_n^k = \left(\frac{1}{V_{nom}} \right) (Z_{but}) x_k^n + \left(\frac{1}{V_{nom}} \right) (Z_{but}) P_k^n + \left(\frac{1}{R_0} \right) (Z_{but}) v_k^0 \quad (5.17)$$

Trong đó, v_n^k là điện áp của nút n tại thời điểm k , V_{nom} là điện áp định mức của lưới điện (tính bằng V), Z_{but} là ma trận tổng trở nút của lưới điện 8 nút sử dụng trong nghiên cứu này, v_k^0 là điện áp thứ cấp phía máy biến áp (tính bằng V), P_k^n là phụ tải của hộ dân ở nút n tại thời điểm k , x_k^n là công suất sạc xả của EV đầu nối ở nút n tại thời điểm k , và R_0 là điện trở giữa máy biến áp và nút đầu tiên của lưới điện.

5.5 Mô hình thuật toán

5.5.1 Thuật toán quy hoạch động tiến tới

Quy hoạch động là một thuật toán dựa trên học máy (Machine learning), dùng để giải một bài toán tối ưu bằng cách chia bài toán thành nhiều bài toán con nhỏ hơn. Sau khi giải từng bài toán con (hay còn gọi là bài toán nhiều giai đoạn), lời giải của chúng sau đó sẽ được kết hợp lại để tạo thành lời giải cho bài toán ban đầu. Đối với những bài toán kiểu này, mục tiêu là thực hiện một chuỗi các bước quyết định theo

thời gian để tối thiểu hóa các kết quả bất lợi hoặc tối đa hóa các kết quả có lợi. Loại bài toán kiểu như thế này có thể được mô tả bằng một hệ thống động có thời gian rời rạc, ở đó hàm chi phí sẽ được thêm vào liên tục theo thời gian. Toàn bộ mô hình của thuật toán này và cách liên kết thuật toán đến bài toán sạc xả EV được mô tả chi tiết trong Phụ lục của báo cáo này.

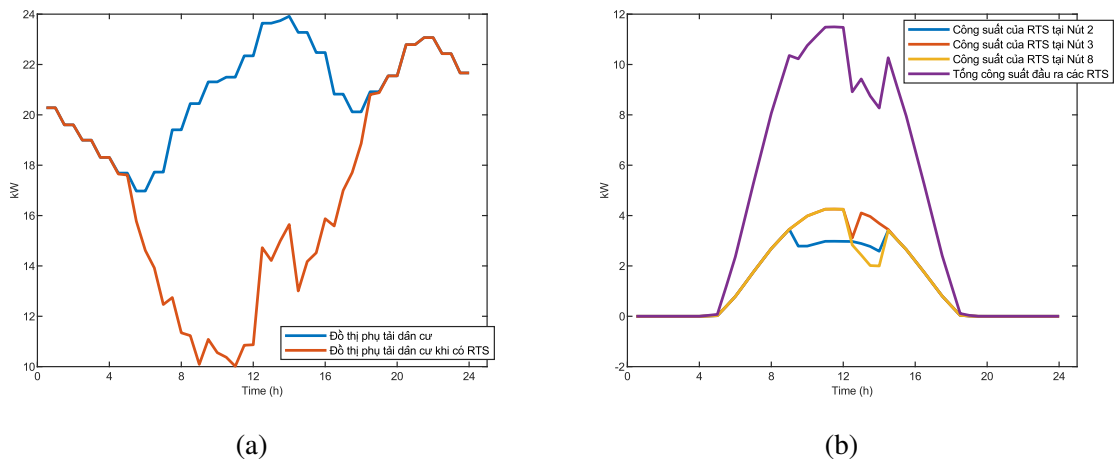
5.6 Các kết quả tính toán mô phỏng

5.6.1 Dữ liệu về đồ thị phụ tải, điện áp của lưới điện và công suất phát của RTS

Đồ thị phụ tải sử dụng trong nghiên cứu là đồ thị phụ tải của 8 hộ dân trong một ngày và giả thiết công suất tiêu thụ trong một ngày của mỗi hộ dân là như nhau. Dữ liệu được chia ra làm 48 chu kỳ trong một ngày, mỗi chu kỳ có độ dài 30 phút (0.5h). Tương tự như đồ thị phụ tải, dữ liệu về công suất phát của RTS cũng được chia ra làm 48 chu kỳ. Đối với mỗi nút thì công suất phát của RTS của từng nút sẽ là khác nhau. Khi có thêm sự tích hợp của RTS vào lưới điện, đồ thị phụ tải tổng hợp sẽ thay đổi. Từ công thức (5.8), khi có sự tham gia của EV trong quá trình sạc xả vào lưới điện, đồ thị phụ tải tổng hợp sẽ thay đổi như sau:

$$\text{total load} = \sum_{j=1}^8 P_{residential_j} - \sum_{n=1}^3 P_{RTS_n} + \sum_{i=1}^4 P_{EV_i} \quad (5.18)$$

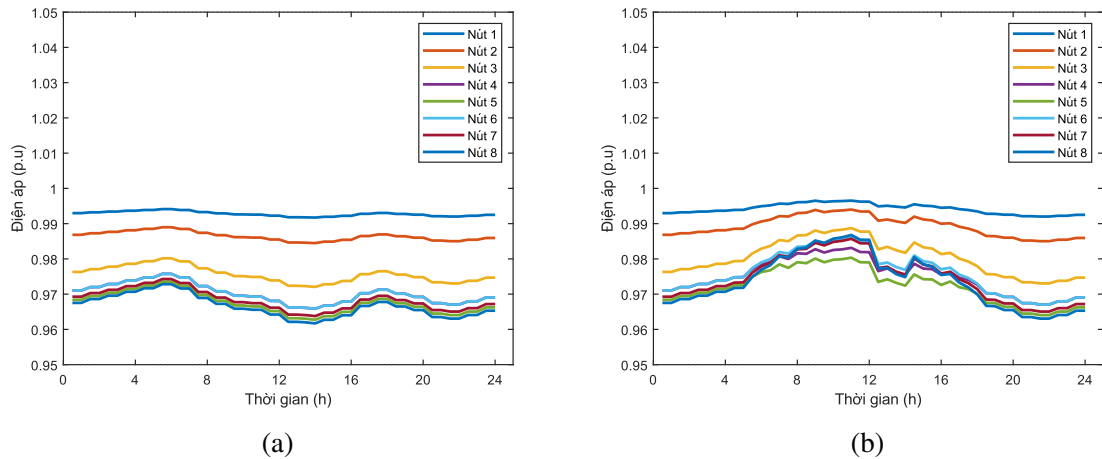
Ở đây, P_{EV_i} là công suất do EV i sạc xả trong 1 ngày. Từ đó, toàn bộ dữ liệu sẽ được biểu diễn như trong Hình 5.3 dưới đây, trong đó dữ liệu về đồ thị phụ tải và dữ liệu về công suất phát của RTS trong một ngày là biết trước.



Hình 5.3 Dữ liệu về đồ thị phụ tải (trái) và công suất phát của RTS (phải)

Điện áp phía thứ cấp của máy biến áp cấp cho lưới điện là 380V (0.4kV). Xuất phát từ công thức (5.17), từ đồ thị phụ tải ta tính toán được đồ thị điện áp của lưới điện trong hai trường hợp khi không có và có RTS tích hợp vào lưới, và được biểu diễn như Hình 5.4 dưới đây. Có thể thấy, khi có sự tích hợp của RTS, điện áp của các nút trong khoảng thời gian có RTS vào sẽ tăng lên khá nhiều, điển hình là các nút ở

phía gần cuối của lưới, lý do là bởi khi không có RTS, điện áp của lưới sẽ giảm dần từ nút 1 đến các nút xa nhất là nút 5 và nút 8, tức là nút 5 và nút 8 là hai nút có điện áp thấp nhất trong lưới. Khi có RTS vào, đồ thị phụ tải giảm thấp, điều này làm cho điện áp của các nút tăng lên, trong đó các nút có RTS là tăng lên nhiều nhất. Riêng điện áp nút 1 gần như không thay đổi do nút này là nút gần máy biến áp nhất cũng như không có kết nối với RTS.



Hình 5.4 Đồ thị điện áp của lưới khi không có (trái) và có RTS(phải)

5.6.2 Dữ liệu của EV, công suất sạc xả của bộ sạc

Nghiên cứu sử dụng 4 EV có thông số kỹ thuật sản xuất giống nhau, tuy nhiên mỗi xe lại có lịch trình di chuyển khác nhau và dung lượng pin ban đầu (initial capacity) khác nhau. Để đơn giản bài toán, giả sử rằng trong suốt thời gian di chuyển (không sạc cũng như không xả pin của EV) thì các EV di chuyển liên tục trong khoảng thời gian đó. Bên cạnh đó, số liệu về công suất sạc/xả định mức của bộ sạc cũng được đưa ra. Tất cả các dữ liệu này được mô tả như trong Bảng 5.2 và Bảng 5.3.

Bảng 5.2 Thông số kỹ thuật của một EV

Thông số	Giá trị (Đơn vị)
Tổng dung lượng pin	25 kWh
Công suất sạc định mức	5 kW
Công suất xả định mức	-5 kW
SOC cực đại	100%
SOC cực tiểu	0%
Điện năng tiêu thụ trung bình cho 1 km quãng đường di chuyển	0.25 kWh/km

5.6.3 Dữ liệu về biểu giá tiền điện sạc và xả EV

Hiện nay, ở Việt Nam vẫn chưa có một chính sách cụ thể nào đối với biểu giá tiền sạc và xả pin EV vào lưới điện, ta có thể liệt kê ra các lý do như quy mô EV thâm

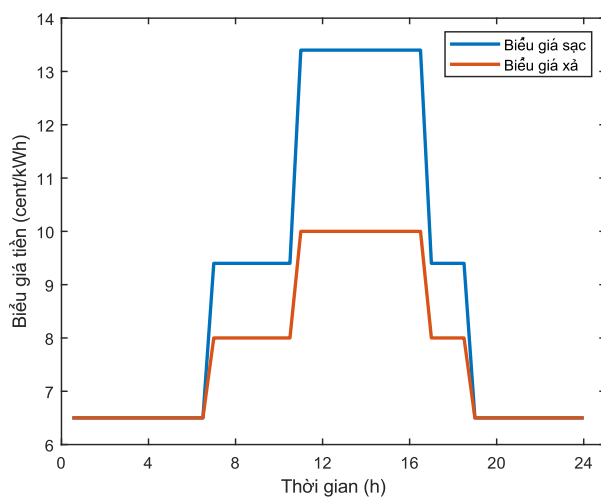
Bảng 5.3 Dữ liệu của các EV

EV tại nút	Dung lượng pin tối đa (kWh)	Dung lượng pin ban đầu (kWh)	Quãng đường di chuyển (km)	Thời gian di chuyển
2 (EV1)	25	8.0	12.5	8h30 - 13h30
3 (EV2)	25	9.6	20	0h00 - 7h30
8 (EV3)	25	7.5	10	10h00 - 14h00
4 (EV4)	25	10.2	15	10h30 - 16h30

nhập vào lưới điện chưa lớn, cơ sở hạ tầng cũng như yêu cầu về kinh tế và kỹ thuật chưa đáp ứng được, v.v.. Do vậy trong nghiên cứu này sử dụng một biểu giá tiền điện theo giờ được thiết lập ở Canada [134] cho việc sạc và xả pin EV như trong Bảng 5.4 dưới đây.

Bảng 5.4 Biểu giá tiền điện sạc và xả EV theo giờ

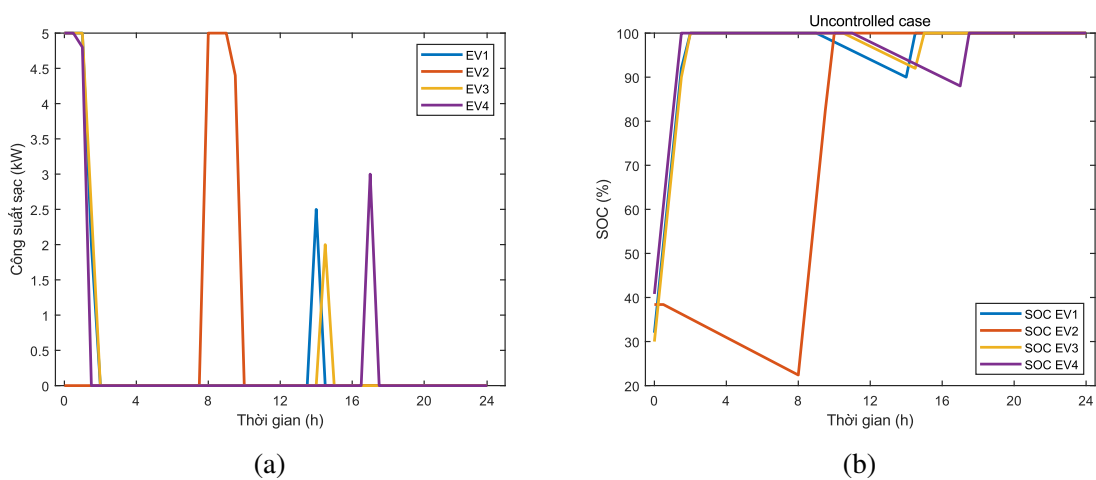
Từ	Đến	Giá sạc (cent/kWh)	Giá xả (cent/kWh)
12:00 AM	7:00 AM	6.5	6.5
7:00 AM	11:00 AM	9.4	8.0
11:00 AM	5:00 PM	13.4	10.0
5:00 PM	7:00 PM	9.4	8.0
7:00 PM	12:00 AM	6.5	6.5



Hình 5.5 Biểu giá tiền điện sạc và xả EV theo giờ

5.6.4 Kết quả cho Kịch bản 1 (Sạc không kiểm soát - Uncontrolled charging case)

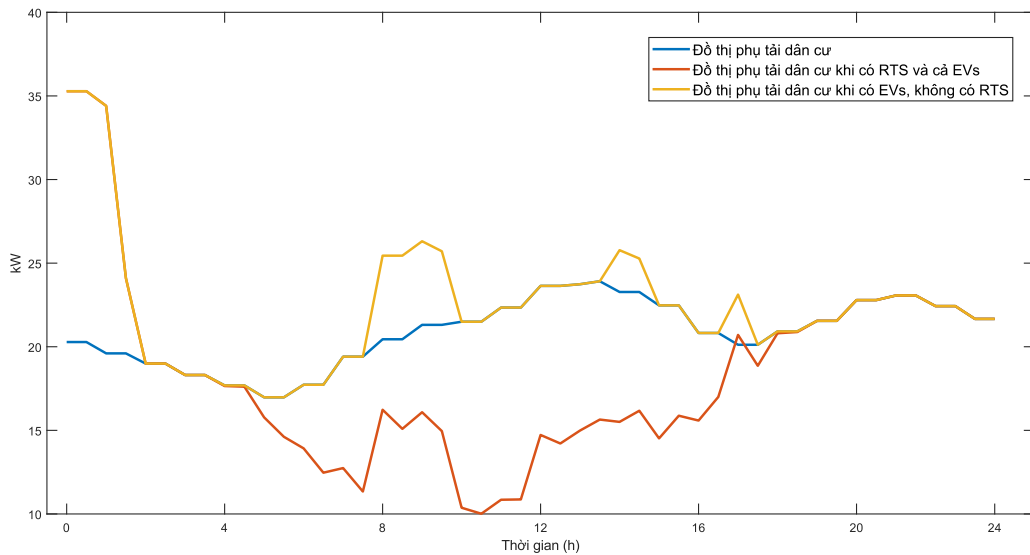
Trong Kịch bản 1, cả 4 EV sẽ chỉ sạc pin với công suất sạc cực đại (5kW), sạc đầy pin (100%) và không xả điện vào lưới điện. Cách sạc này gọi là cách sạc không kiểm soát của EV. Hình 5.6 mô tả SOC của từng xe trong một ngày tương ứng với lịch trình di chuyển và sạc của từng xe. Trong trường hợp này, SOC của từng xe giảm là do di chuyển. Bên cạnh đó, ngoài EV2 chỉ sạc một lần thì 3 EV còn lại đều sạc hai lần trong ngày, lý do là bởi EV2 mặc dù có SOC ban đầu không đạt 100% tuy nhiên lại có lịch trình di chuyển từ 0h00 – 7h30 nên EV này sẽ chỉ sạc một lần; Trong khi đó 3 EV còn lại đều sạc hai lần bởi lịch trình di chuyển của chúng muộn hơn so với EV2: Lần 1 (từ SOC ban đầu đến 100%) và lần 2 (sau khi các EV kết thúc quá trình di chuyển của chúng).



Hình 5.6 Công suất sạc (trái) và SOC (phải) của các EV trong Kịch bản 1

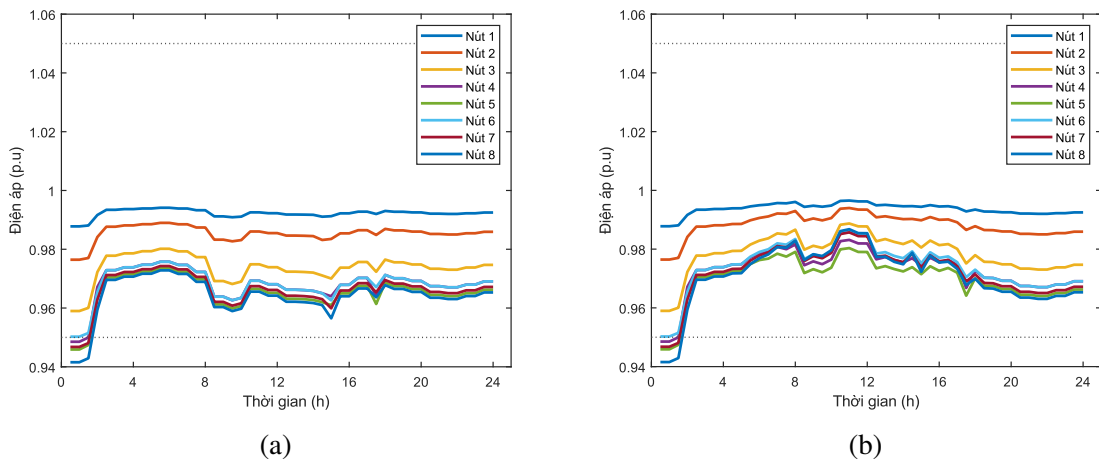
Khi các xe sạc không kiểm soát sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến lưới điện khi có và không có RTS tích hợp vào lưới điện. Hình 5.7 dưới đây mô tả ảnh hưởng của việc sạc EV trong Kịch bản 1 lên đồ thị phụ tải khi có và không có RTS tích hợp vào lưới điện. Trong hình này, đường màu xanh là đồ thị phụ tải hộ dân ban đầu, đường màu vàng là ảnh hưởng của sạc EV không kiểm soát khi không có RTS tích hợp vào lưới điện, còn đường màu đỏ là ảnh hưởng của sạc EV không kiểm soát khi có RTS tích hợp vào lưới điện. Khi không có RTS, sẽ có một vài thời điểm đồ thị phụ tải tăng lên rất cao, đó chính là những lúc sạc EV, trong đó đặc biệt thời điểm từ 0h00 đến khoảng 2h00 sáng là tải cao nhất do trong khoảng thời gian đó có tới ba EV là EV1, EV3 và EV4 cùng sạc một lúc. Khi có thêm RTS tích hợp vào lưới điện, ta có thể thấy đồ thị phụ tải giảm thấp xuống rất nhiều, điều này vô tình làm đồ thị phụ tải biến động mạnh.

Từ đồ thị phụ tải này, kết hợp với cách xác định điện áp từ công thức (5.17), ta thu được đồ thị điện áp như trong Hình 5.8. Có thể thấy, so với điện áp khi không có EV và RTS tích hợp vào lưới điện trong kịch bản này xuất hiện khoảng thời gian từ



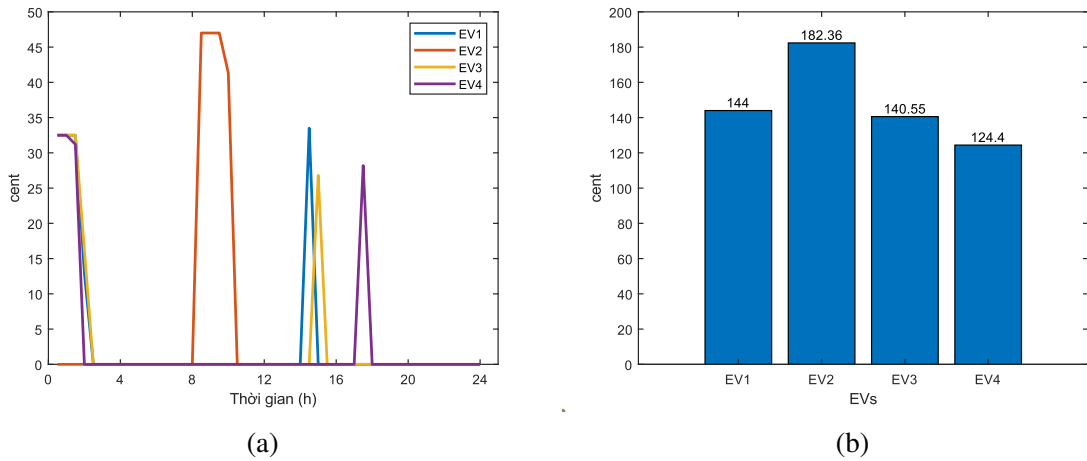
Hình 5.7 Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 1

0h đến khoảng 2h sáng có điện áp giảm xuống rất thấp, thậm chí còn rơi xuống dưới ngưỡng 0.95 pu, trong khi giới hạn điện áp chỉ được phép nằm trong ngưỡng 0.95 - 1.05 pu ở điều kiện bình thường, điều này khá nguy hiểm về khía cạnh ổn định hệ thống điện.



Hình 5.8 Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 1

Bên cạnh đó, trong kịch bản này các EV chỉ sạc và không xả nên ta chỉ áp dụng biểu giá tiền sạc trong kịch bản này, xuất phát từ công suất sạc thu được từ Hình 5.6, ta xác định được giá tiền sạc trong một ngày của từng EV như Hình 5.9 dưới đây. Có thể thấy tổng tiền sạc của các xe là khá cao, trong đó EV2 có chi phí sạc là cao nhất với 182.36 cents, tiếp đến là EV1, EV3 và EV4 với giá sạc lần lượt là 144 cents, 140.55 cents và 124.4 cents.



Hình 5.9 Chi phí sạc của từng EV trong Kịch bản 1

5.6.5 Kết quả cho Kịch bản 2 (Áp dụng mô hình tối ưu tự nhiên không áp dụng lịch trình di chuyển của các EV)

Trong kịch bản này, nghiên cứu sẽ thực hiện tối ưu hóa lịch trình sạc xả của các EV để tối thiểu hóa chi phí của từng EV, cũng như san bằng đồ thị phụ tải sao cho bám sát đường phụ tải tham chiếu nhất có thể. Tuy nhiên, kịch bản này sẽ chỉ cho EV nối lưới liên tục 24h và chưa áp dụng lịch trình di chuyển của từng EV. Trên thực tế, trường hợp này rất ít xảy ra tuy nhiên vẫn sẽ có khả năng có một ngày nào đó (những ngày cuối tuần) mà các chủ sở hữu EV không di chuyển và họ sẽ cắm sạc EV cả ngày. Ta có thể coi các EV trong Kịch bản 2 này là những bộ pin tích trữ năng lượng (Battery Energy Storage System - BESS) do chúng cố định vị trí tại các nút 2, 3 và 8. Cụ thể, trong chi phí của từng EV sẽ bao gồm chi phí sạc và chi phí xả, khi EV sạc thì sẽ sử dụng biểu giá tiền sạc, khi EV xả thì sẽ sử dụng biểu giá tiền xả. Tổng chi phí của EV được xác định như trong đẳng thức (5.5).

Bên cạnh đó, trên thực tế các chủ EV đều mong muốn sạc xe của mình đến giá trị SOC tối thiểu trước khi chuẩn bị di chuyển cho ngày hôm sau là 80%, vì vậy trong kịch bản này ta giả sử cả 4 chủ xe đều mong muốn đạt giá trị 80%.

Như đã đề cập ở trên, thuật toán cũng sẽ san bằng đồ thị phụ tải sao cho bám đường phụ tải trung bình nhất, trong đó đường phụ tải trung bình là một đường thẳng có giá trị bằng nhau tại mọi thời điểm trong ngày và giá trị đó được xác định như sau:

$$\text{load average} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\text{soc}_d^i - \text{soc}_0^i}{\tau} \right) + \sum_{k=1}^K \text{total load}}{K} = 18.6776\text{kW} \quad (5.19)$$

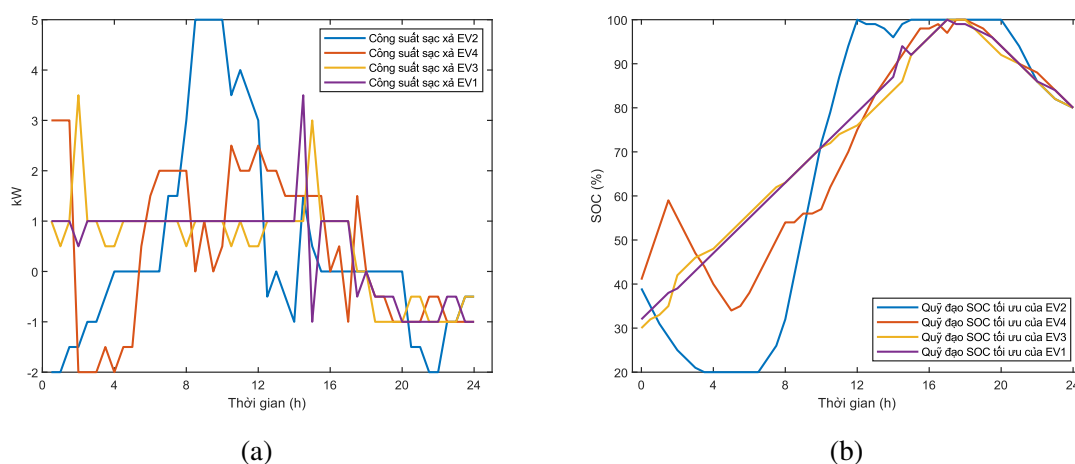
Sau khi áp dụng thuật toán, ta thu được các kết quả như sau.

- Về SOC và công suất sạc xả, thuật toán yêu cầu các EV thực hiện san bằng đồ thị phụ tải sao cho tổng chi phí của các EV là nhỏ nhất, đi kèm với các ràng buộc

Bảng 5.5 So sánh chi phí của các EV Kịch bản 2 với Kịch bản 1

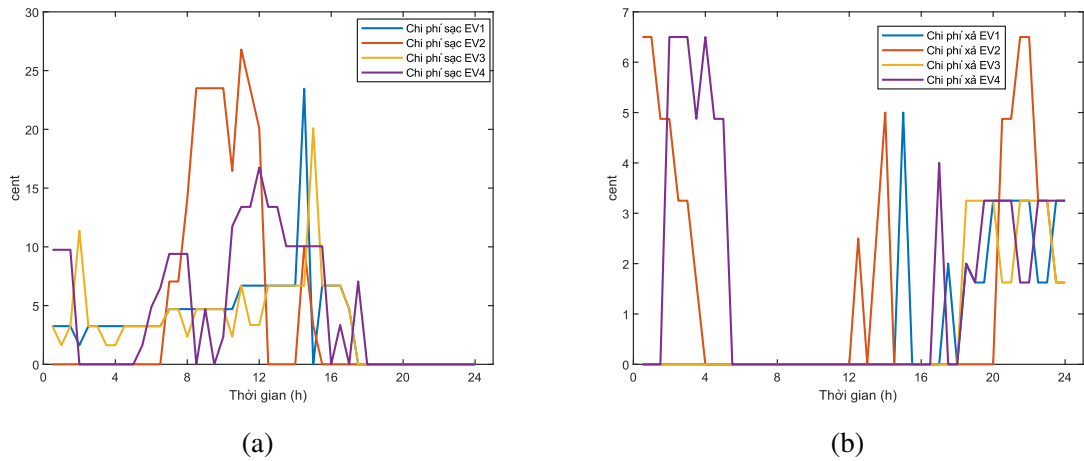
EV	Kịch bản 1	Kịch bản 2			So sánh KB2 với KB1
	Chi phí sạc (cent)	Chi phí sạc (cent)	Chi phí xả (cent)	Tổng chi phí (cent)	
1	144.00	173.38	38.25	135.13	Rẻ hơn 6.16%
2	182.36	222.40	73.38	149.02	Rẻ hơn 18.28%
3	140.55	170.20	32.50	137.70	Rẻ hơn 2.02%
4	124.40	220.25	77.50	142.75	Đắt hơn 14.75%

được đề cập trong Chương 3. Kết quả của SOC và công suất sạc xả của từng EV được thể hiện như trong Hình 5.10. Từ kết quả này, ta có thể thấy được các EV sẽ bám theo đồ thị phụ tải và sẽ thực hiện sạc và xả sao cho đồ thị phụ tải bám đường tải trung bình nhất có thể mà vẫn đảm bảo sạc đến SOC mong muốn là 80% (tương ứng với dung lượng pin là 20kWh).

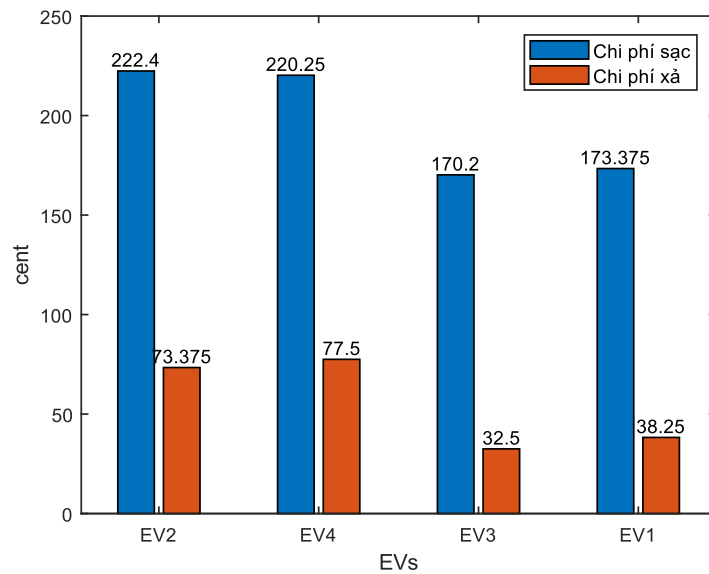


Hình 5.10 Công suất sạc xả (trái) và SOC (phải) của các EV trong Kịch bản 2

- Về chi phí của từng EV, như đã đề cập ở trên, khi EV sạc thì ta sẽ sử dụng biểu giá tiền sạc, còn khi xả thì sử dụng biểu giá tiền xả. Giá sạc, giá xả và tổng chi phí trong một ngày của từng EV được biểu diễn như trong các hình dưới đây. Từ kết quả ta có thể thấy được rằng, ở Kịch bản 2 này, tổng chi phí (bao gồm chi phí sạc và chi phí xả) của tất cả các EV là **564.6 cents**, nhỏ hơn so với con số **591.31 cents** trong Kịch bản 1. Tuy nhiên, chỉ có 3 EV tiết kiệm được chi phí hơn so với Kịch bản 1, đó là EV1 với 6.16%, EV2 với 18.28%, và EV3 là 2.02%, trong khi đó EV4 có chi phí đắt hơn tới 14.75%. Lý do cho việc EV4 có giá tăng là bởi vì trong Kịch bản 1 xe này sạc rất ít, trong khi đó đến Kịch bản 2 thì lại có xu hướng sạc nhiều hơn so với xả nên dẫn tới chi phí trong Kịch bản 2 sẽ lớn hơn.

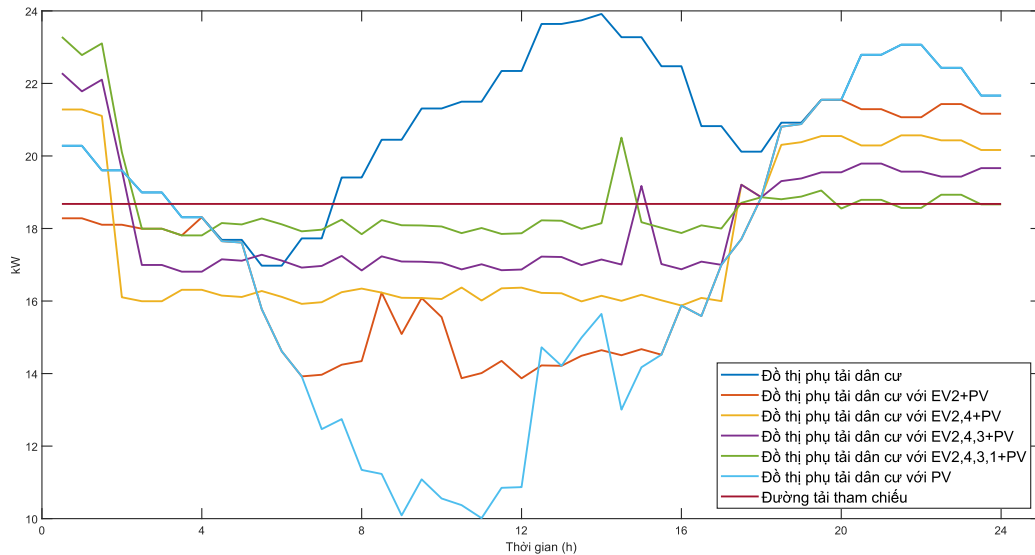


Hình 5.11 Chi phí sạc (trái) và chi phí xả (phải) trong ngày từng EV ở Kịch bản 2



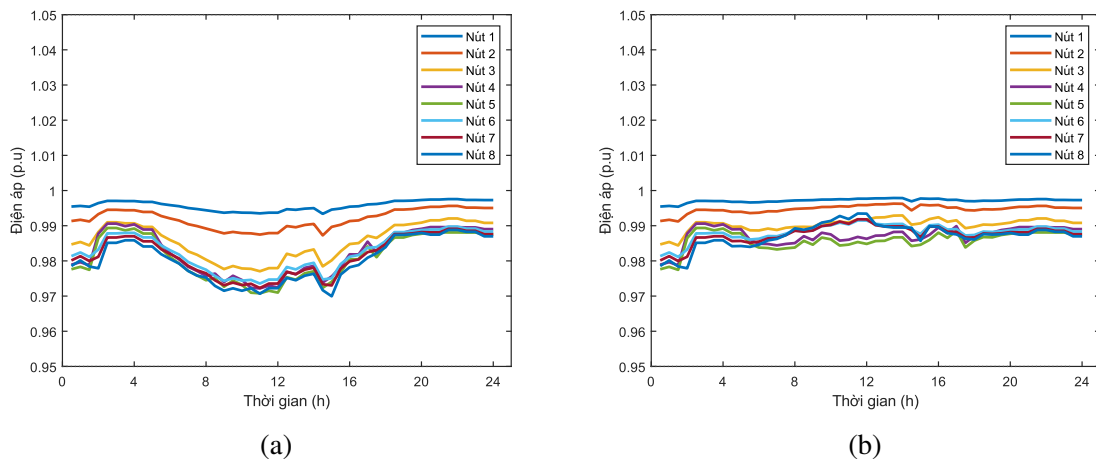
Hình 5.12 Tổng chi phí sạc và xả của từng EV ở Kịch bản 2

- Về đồ thị phụ tải, Hình 5.13 dưới đây thể hiện đồ thị phụ tải sẽ được san bằng và cập nhật sau khi đưa từng EV vào tham gia san bằng đồ thị phụ tải. Từ kết quả này ta có thể thấy rằng, so với trường hợp lưới điện chỉ có RTS tích hợp vào, thì các EV đã thực hiện sạc và xả giúp cho đồ thị phụ tải được bằng phẳng hơn và bám khá sát đường phụ tải trung bình - chính là đường phụ tải tham chiếu. Có thể thấy ở khoảng thời gian từ 0h đến gần 2h, ban đầu khi có một EV thì đồ thị phụ tải (đường màu đỏ) sẽ bám khá sát đường tham chiếu, tuy nhiên càng về sau, khi các EV thâm nhập vào thì đồ thị phụ tải lại tăng lên. Điều này là do các EV đang có dung lượng pin còn lại không quá nhiều, do đó các EV sẽ có xu hướng sạc để phục vụ san bằng phụ tải ở giai đoạn sau. Sau khoảng thời gian này thì ta có thể thấy đồ thị phụ tải sau khi đã có cả 4 EV tham gia vào quá trình sạc xả (đường xanh lá cây) đã bám khá sát đường phụ tải tham chiếu.



Hình 5.13 Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 2

Về điện áp, khi đồ thị phụ tải đã được san bằng thì điện áp cũng sẽ được san bằng, Hình 5.14 cho thấy rằng điện áp không những không còn rơi ra ngoài ngưỡng cho phép nữa mà còn rất bằng phẳng và gần như chỉ biến động trong ngưỡng 0.98 - 1.0 pu, được cải thiện rất nhiều so với trong Kịch bản 1. Đồ thị điện áp cũng như đồ thị điện áp được san bằng sẽ rất có lợi về khía cạnh huy động nguồn cũng như khía cạnh ổn định hệ thống điện.



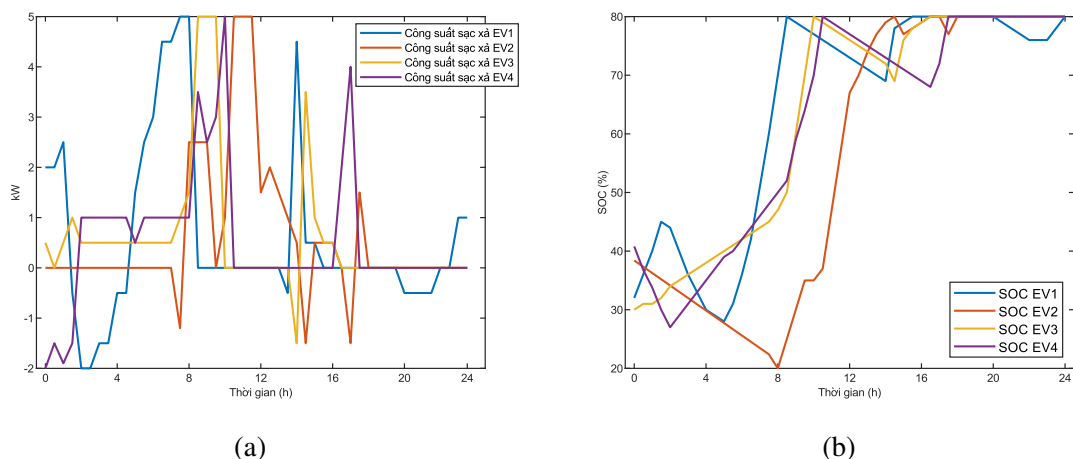
Hình 5.14 Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 2

5.6.6 Kết quả cho Kịch bản 3 (Áp dụng cả mô hình tối ưu và lịch trình di chuyển của các EV)

Trong kịch bản này, các kết quả sẽ khác so với Kịch bản 2 do ta có áp dụng lịch trình di chuyển của từng EV trong Bảng 5.3. Lúc này, các EV sẽ chỉ thực hiện tối ưu sạc xả khi không di chuyển, tức là chỉ khi nào đầu nối vào lưới điện thì lúc đó các EV mới tham gia san bằng đồ thị phụ tải. Tổng quát cho cách thực hiện tối ưu trong

kịch bản này như sau, các EV thực hiện tối ưu như trong Kịch bản 2, tuy nhiên trong khoảng thời gian ngắn hơn (thay vì 48 chu kỳ như trong Kịch bản 2 thì bây giờ sẽ ít hơn 48 chu kỳ). Kết thúc từng lần tối ưu các EV sẽ đạt được SOC mong muốn là 80% (tương ứng với dung lượng pin 20kWh). Bên cạnh đó, sẽ có khoảng thời gian các EV có SOC giảm liên tục do di chuyển do ở trên ta đã giả sử các EV di chuyển liên tục trong các khoảng thời gian lịch trình trong Bảng 5.3. Đây chính là kịch bản có thể diễn ra trong thực tế hơn so với Kịch bản 2, bởi các EV phải di chuyển để đáp ứng các nhu cầu cá nhân của từng chủ xe nên các EV không thể chỉ đậu nối vào lưới điện và tham gia san bằng đồ thị phụ tải cả 24h được. Chính từ điều này nên kết quả về đồ thị phụ tải sẽ không thể bằng phẳng được như ở trong Kịch bản 2. Dưới đây là các kết quả thu được khi ta áp dụng lịch trình di chuyển của các EV vào thuật toán tối ưu.

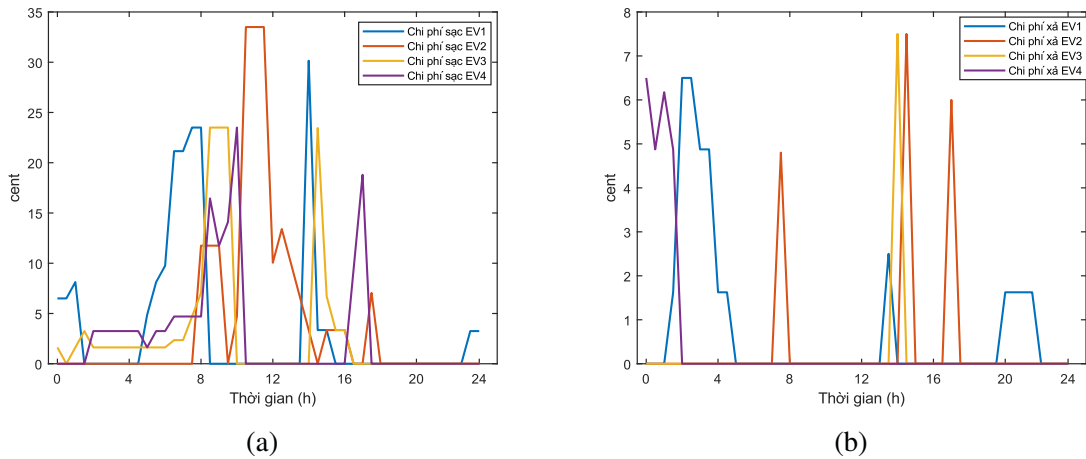
- Về SOC và công suất sạc xả, kết quả trong Hình 5.15 dưới đây cho thấy SOC sẽ thay đổi khá nhiều so với SOC ở trong Kịch bản 2. Có thể nhận thấy rằng trong khoảng thời gian gần cuối ngày (từ khoảng 17h đến 24h), cả bốn EV đều đạt mức SOC mong muốn là 80%. Có một điểm cần chú ý là trước và sau khi di chuyển thì các EV đều được nối lưới và sạc xả một cách tối ưu và đạt SOC mong muốn là 80%, còn trong lúc di chuyển do không nối lưới nên công suất sạc xả của từng EV là bằng 0 kW. Bên cạnh đó, ta cũng có thể thấy các EV trong khoảng thời gian chúng đậu nối với lưới có xu hướng chung là sạc, lý do là bởi vì thời gian đậu nối các EV vào lưới ngắn hơn so với trong Kịch bản 2, mà mỗi EV có 2 khoảng thời gian đậu nối vào lưới điện, mỗi khoảng thời gian đều kết thúc với SOC mong muốn là SOC 80% , do đó các EV sẽ có xu hướng chủ yếu là sạc điện.



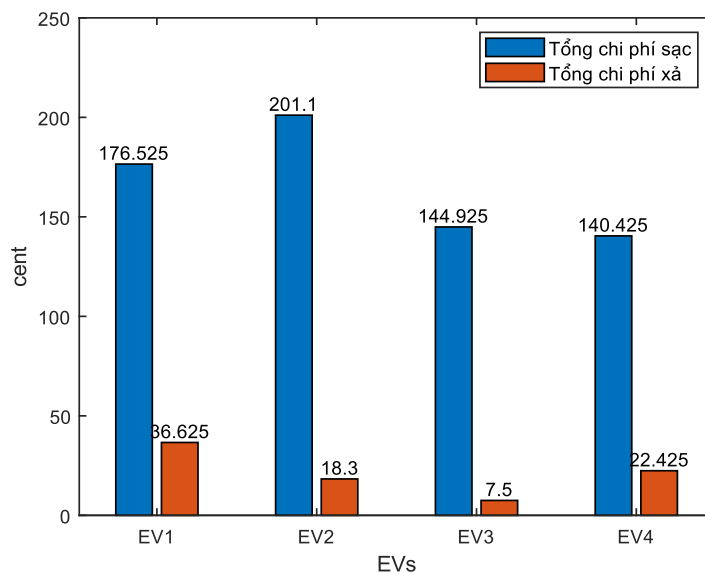
Hình 5.15 Công suất sạc xả (trái) và SOC (phải) của từng EV trong Kịch bản 3

- Về chi phí, tổng chi phí của các EV trong Kịch bản này là **578.13 cents**, đắt hơn so với ở Kịch bản 2 (**564.60 cents**), và rẻ hơn so với Kịch bản 1 (**591.31 cents**).

Dù thời gian EV đấu nối lưới điện ít hơn nhưng Kịch bản 3 lại cho chi phí lớn hơn ở Kịch bản 2 là bởi vì các EV trong Kịch bản 3 có xu hướng sạc điện, mà các khoảng thời gian sạc điện lại trùng vào khoảng thời gian biểu giá tiền điện cho sạc xe (tariffs1) có giá cao. Bên cạnh đó khoảng thời gian xả điện lên lưới cũng ít hơn, dẫn đến mặt bằng chung các EV sẽ có chi phí cao hơn so với Kịch bản 2 như ta thấy trong Bảng 5.7.



Hình 5.16 Chi phí sạc và xả của từng EV trong ngày ở Kịch bản 3



Hình 5.17 Tổng chi phí sạc và xả của từng EV trong Kịch bản 3

- Về đồ thị phụ tải, như đã đề cập ở trên thì đồ thị phụ tải ở Kịch bản này sẽ không được bằng phẳng như trong Kịch bản 2. Trong khoảng thời gian đầu 0h đến khoảng 7h sáng thì đồ thị phụ tải bám khá tốt đường tải tham chiếu do có sự phục vụ của 3 EV là EV1, EV3, EV4 đang đấu nối lưới điện và tham gia sạc xả.

Bảng 5.6 So sánh chi phí của các EV Kịch bản 3 với Kịch bản 1

EV	Kịch bản 1	Kịch bản 3			So sánh KB3 với KB1
	Chi phí sạc (cent)	Chi phí sạc (cent)	Chi phí xả (cent)	Tổng chi phí (cent)	
1	144	176.53	36.63	139.90	Rẻ hơn 2.84%
2	182.36	201.10	18.30	182.80	Đắt hơn 0.24%
3	140.55	144.93	7.50	137.43	Rẻ hơn 2.14%
4	124.40	140.43	22.43	118.00	Rẻ hơn 5.14%

Bảng 5.7 So sánh chi phí của các EV Kịch bản 3 với Kịch bản 2

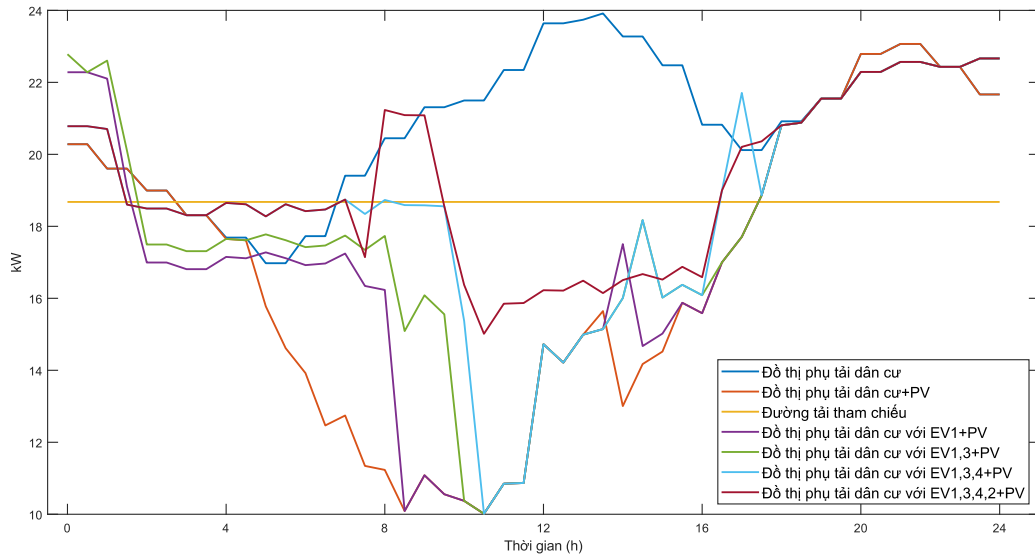
EV	Kịch bản 2	Kịch bản 3			So sánh KB3 với KB2
	Tổng chi phí (cent)	Chi phí sạc (cent)	Chi phí xả (cent)	Tổng chi phí (cent)	
1	135.13	176.53	36.63	139.90	Đắt hơn 3.53%
2	149.02	201.10	18.30	182.80	Đắt hơn 22.67%
3	137.70	144.93	7.50	137.43	Rẻ hơn 0.19%
4	142.75	140.43	22.43	118.00	Rẻ hơn 17.33%

Tuy nhiên sau đó, khoảng thời gian từ 8h đến khoảng 10h thì tải lại tăng cao, lý do là bởi khoảng thời gian này cả 4 EV đều tham gia đấu nối vào lưới nhưng mà chủ yếu lại sạc điện, chứ không xả điện. Khoảng thời gian sau đó (từ 10h đến khoảng 17h) ta thấy tải giảm thấp. Điều này được giải thích như sau: lúc này gần như chỉ có EV2 tham gia san bằng đồ thị phụ tải không thể gánh được hết toàn bộ hệ thống điện, trong khi đó 3 EV còn lại không đấu nối vào lưới điện vì đang phải di chuyển, không những thế trong khoảng thời gian này công suất phát từ RTS vào nhiều dẫn đến hệ quả tất yếu là phụ tải sẽ thấp đi. Còn sau khoảng thời gian này (từ 17h đổ đi) đồ thị phụ tải sẽ gần như không biến động nhiều do lúc này các EV đều đã đạt đến giá trị SOC mong muốn 80% và không có xu hướng tham gia sạc xả nữa.

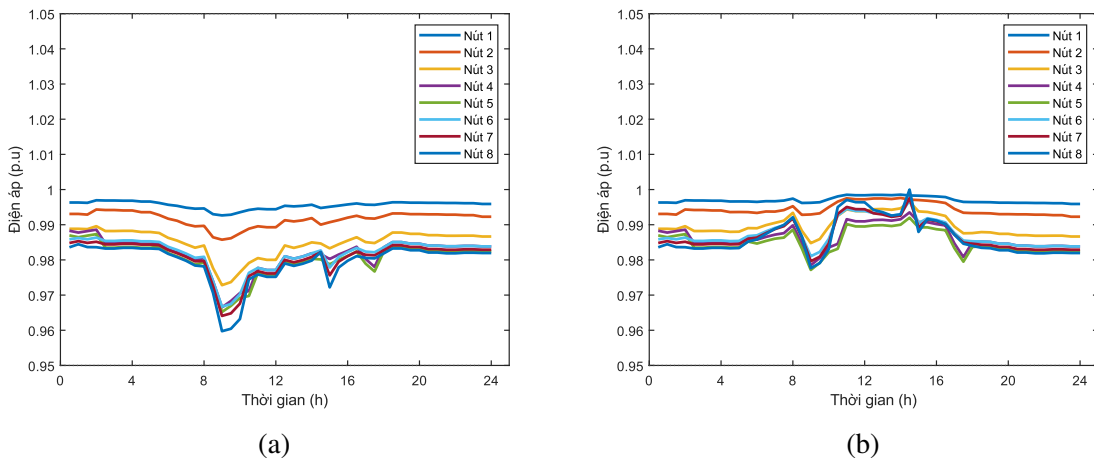
- Về điện áp, với đồ thị phụ tải như trong Hình 5.18 thì điện áp sẽ không thể bằng phẳng được như trong Kịch bản 2. Tuy nhiên trong Kịch bản này chất lượng điện áp được cải thiện rất nhiều so với ở trong Kịch bản 1, và gần như chỉ dao động trong khoảng từ 0.98 - 1.0 pu.

Từ các kết quả trên đây, ta có thể rút ra một số nhận xét tổng hợp như sau:

- Tổng chi phí của cả 4 EV trong Kịch bản 2 là nhỏ nhất (**564.60 cents**), Kịch bản 3 là **578.13 cents**, nhỏ hơn so với trường hợp trong Kịch bản 1 (**591.31 cents**). Điều này chứng tỏ thuật toán đã giảm thiểu được tổng chi phí cho tổng toàn bộ EV. Tuy nhiên trong hai Kịch bản tối ưu (Kịch bản 2 và Kịch bản 3) vẫn tồn tại



Hình 5.18 Đồ thị phụ tải trong Kịch bản 3



Hình 5.19 Điện áp của lưới điện khi không có (trái) và có (phải) RTS ở Kịch bản 3

chủ xe có tổng chi phí lớn hơn so với Kịch bản 1, mặc dù vậy sự lớn hơn này là không đáng kể.

- Đồ thị phụ tải sau khi có sự tham gia sạc xả một cách tối ưu của các EV thì đã được san bằng đáng kể, từ đó tạo sự thuận lợi cho khía cạnh huy động nguồn điện và cải thiện chất lượng điện áp.
- Điện áp trong 2 Kịch bản tối ưu đã được san bằng, chủ yếu nằm trong ngưỡng 0.98 – 1.0 pu, không còn rơi ra ngoài khoảng cho phép là 0.95 – 1.05 pu như trong Kịch bản 1.

Tóm lại, qua 3 kịch bản tính toán trên đây, ta có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Kịch bản 1 là kịch bản thường thấy nhất trong thực tế khi phần lớn người dùng EV đều sạc không kiểm soát.
- Kịch bản 2 là kịch bản có đáp ứng được hàm mục tiêu tốt nhất do EV tham gia sạc xả cả ngày, tuy nhiên việc này xảy ra khá ít trong thực tế là vì người sử dụng có nhu cầu di chuyển và đi lại bằng EV của riêng họ.
- Kịch bản 3 là kịch bản có khả năng xảy ra nhiều nhất trong thực tế vì kịch bản này có tính đến lịch trình di chuyển của người sử dụng. Tuy nhiên về khả năng đáp ứng các hàm mục tiêu thì không được như Kịch bản 2 do thời gian tham gia sạc xả của các EV là giảm đi.

6 MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN CHO NHÓM XE BUÝT ĐIỆN

6.1 Tính toán tối ưu cho nhóm xe buýt điện

Trong mục này, báo cáo sẽ tiến hành tính toán tối ưu cho nhóm xe buýt điện được sử dụng để chở hành khách xung quanh khu vực trường học đồng thời đánh giá lợi ích của việc sử dụng nguồn NLTT nhằm đáp ứng nhu cầu sạc của xe buýt điện. Xe buýt điện trong nghiên cứu này sẽ đi đến các điểm được định sẵn trong tuyến đường và đón các hành khách nên hoàn toàn có thể đại diện cho nhóm xe buýt điện công cộng. Về chi tiết, báo cáo sẽ tính toán chi phí dành cho sạc xe buýt điện đồng thời đánh giá ảnh hưởng của phụ tải xe buýt lên lưới điện trong các kịch bản khác nhau nhằm thể hiện sự hiệu quả của mô hình được đề xuất.

6.2 Mô hình toán học

Báo cáo sẽ sử dụng thuật toán FDP được mô tả chi tiết ở Chương 5 kết hợp với lắp đặt nguồn điện phân tán PV giúp đáp ứng nhu cầu điện năng của xe buýt. Do dung lượng pin lớn cũng như công suất sạc định mức của bộ sạc cho xe buýt điện tương đối cao (40-80 kW) đồng nghĩa với chi phí bỏ ra cho sạc xe buýt điện hiện nay đang là vấn đề lớn khi vận hành xe buýt, nghiên cứu sẽ chủ yếu tập trung vào hàm mục tiêu tối ưu hóa chi phí sạc cho xe buýt điện được biểu diễn tương tự ở Mục 5.5. Đồng thời, mức độ ảnh hưởng của phụ tải xe buýt điện lên lưới điện cũng sẽ được xem xét trong báo cáo. Các ràng buộc kỹ thuật của xe buýt bao gồm ràng buộc bộ sạc hay ràng buộc về trạng thái sạc SOC của xe trong chương này được mô tả tương tự với các ràng buộc được mô tả ở Chương 5.

6.3 Phương pháp luận của các kịch bản được đề xuất

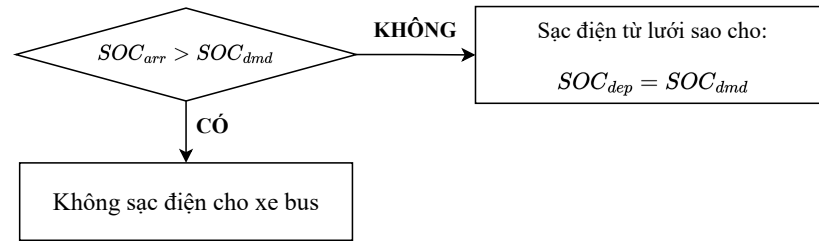
Báo cáo sẽ xem xét hai kịch bản khác nhau được dựa trên cơ chế vận hành của xe buýt điện trong thực tiễn. Cụ thể, Kịch bản 1 sẽ tính toán chi phí sạc cho xe buýt đồng thời đánh giá ảnh hưởng của phụ tải xe buýt lên lưới điện trong bối cảnh xe buýt không có sự hỗ trợ từ nguồn năng lượng phân tán PV. Đồng thời xe buýt điện trong kịch bản này sẽ sạc không kiểm soát.

Kịch bản 2 là mô hình được báo cáo đề xuất để cải thiện chi phí sạc đồng thời giảm thiểu những ảnh hưởng xấu lên lưới điện. Trong đó, các tấm PV sẽ được lắp đặt nhằm đáp ứng cho phụ tải xe buýt điện và thuật toán FDP cũng được ứng dụng cho xe buýt khi công suất phát của nguồn điện PV không đủ đáp ứng các yêu cầu về kỹ thuật của xe buýt điện. Mô tả chi tiết của Kịch bản 1 và Kịch bản 2 sẽ được trình bày lần lượt ở Mục 6.3.1 và Mục 6.3.2.

6.3.1 Kịch bản 1

Trong kịch bản này, xe buýt điện sẽ không có sự hỗ trợ từ nguồn PV đồng thời thuật toán FDP cũng không được áp dụng cho xe buýt. Mô hình sạc của xe buýt trong

Kịch bản 1 được mô tả ở Hình 6.1.



Hình 6.1 Mô hình tổng thể trong Kịch bản 1

Trong đó, SOC_{arr} là SOC của xe buýt khi vào trạm sạc, SOC_{dmd} là SOC đảm bảo xe buýt đủ khả năng di chuyển trong chuyến tiếp theo và SOC_{dep} là SOC khi xe buýt ra khỏi trạm sạc

Theo đó, sau khi di chuyển trong khoảng thời gian quy định để đón, chở khách, xe buýt sẽ quay trở lại trạm sạc để nghỉ ngơi. Lúc này xe buýt sẽ tính toán giá trị SOC của xe buýt tại thời điểm đó còn đủ để chạy tiếp trong các chặng tiếp theo. Lượng điện năng tiêu thụ khi di chuyển của xe buýt trong chương này sẽ phụ thuộc vào thời gian xe buýt di chuyển trong các chuyến và được biểu diễn ở công thức (6.20).

$$P_{cons} = \alpha \times t_{tr} \quad (6.20)$$

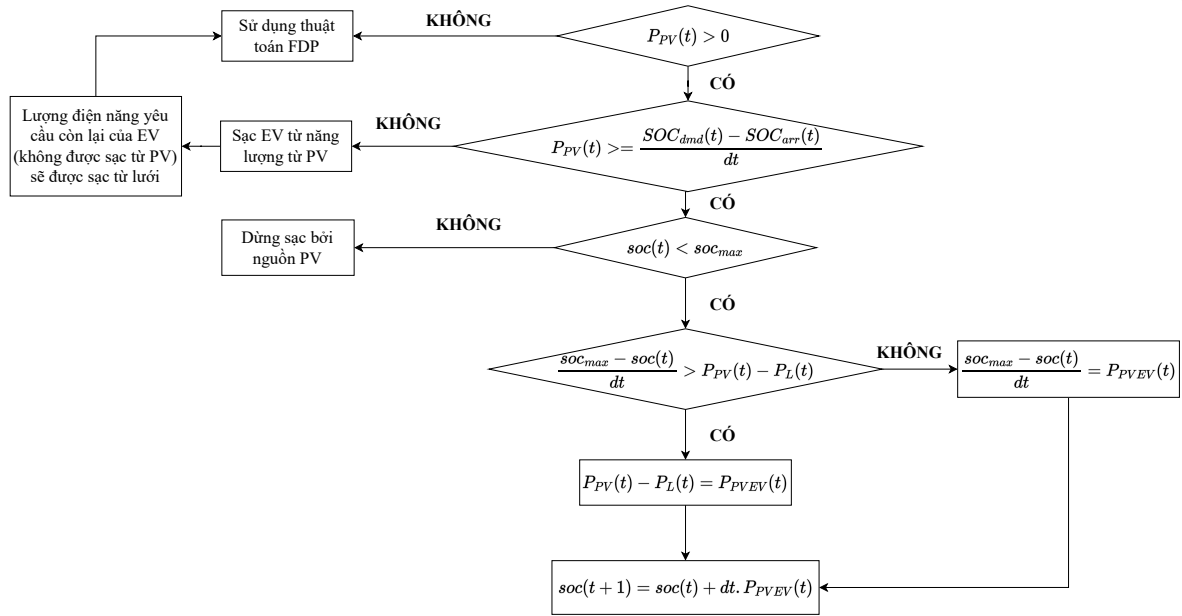
Trong đó, P_{cons} là lượng điện năng tiêu thụ khi di chuyển của xe buýt, α là công suất tiêu thụ trung bình của xe khi di chuyển trong 30 phút (kWh/30 phút) và t_{tr} là thời gian di chuyển của xe.

Nếu SOC của xe buýt tại thời điểm vào trạm sạc đủ để di chuyển trong các khoảng thời gian chở khách sắp tới, xe buýt sẽ lựa chọn không sạc điện. Ngược lại, nếu xe buýt điện không đủ khả năng để đón khách trong các khoảng thời gian di chuyển tiếp theo, xe buýt sẽ bắt buộc phải sạc nhằm đảm bảo xe buýt không gặp sự cố liên quan đến SOC, tránh đón khách tại các điểm lệch giờ so với lịch trình được định sẵn. Lựa chọn sạc xe buýt vào các thời điểm không cần thiết có thể làm chi phí cho đáp ứng điện năng xe buýt tăng lên đáng kể do công suất sạc cho xe buýt khá lớn (40-80 kW) và giá sạc cho xe buýt vào ban ngày về lý thuyết cao hơn nhiều so với giá sạc vào ban đêm nếu áp dụng giá sạc theo TOU. Chính vì vậy, các xe buýt trong kịch bản này sẽ chỉ sạc sau khi đã kết thúc các lịch trình đón khách trong ngày nhằm thu được những lợi ích kinh tế khi sạc ban đêm hoặc rạng sáng cũng như giảm một phần ảnh hưởng tiêu cực khi sạc vào thời điểm lượng điện năng tiêu thụ của lưới thấp.

6.3.2 Kịch bản 2

Trong kịch bản này, nguồn điện phân tán PV được sử dụng để hỗ trợ đáp ứng nhu cầu sạc của xe buýt điện. Tại các thời điểm công suất phát thấp hoặc không có điện năng được tạo ra từ nguồn PV, xe buýt sẽ mua điện từ lưới cho nhu cầu điện năng của xe. Quá trình này sẽ được kiểm soát và tối ưu thông qua thuật toán FDP. Mô hình

tổng thể của Kịch bản 2 được mô tả ở Hình 6.2.



Hình 6.2 Mô hình tổng thể trong Kịch bản 2

Trong đó, P_{PV} là công suất phát của PV, P_L là công suất của phụ tải và P_{PVEV} là công suất của PV dùng để sạc cho EV.

Trong khoảng thời gian công suất đầu ra của PV cao, xe buýt khi quay về trạm sạc sẽ tận dụng tối đa nguồn PV tại thời điểm đó. Dựa trên lượng điện năng tiêu thụ cho các chuyến tiếp theo, nếu công suất của PV sạc cho xe buýt không đủ để xe di chuyển trong các chặng còn lại trong ngày, xe sẽ bắt buộc phải lấy nguồn điện từ lưới để sạc. Ngoài ra, cần lưu ý rằng xe sẽ chỉ sử dụng nguồn PV cho đến khi SOC của xe chạm mức 100%. Các thời điểm còn lại trong ngày, quá trình sạc xả của xe buýt sẽ được tối ưu dựa trên thuật toán FDP.

Sử dụng nguồn năng lượng PV cho xe buýt giúp đảm bảo SOC của xe luôn trong trạng thái đủ khả năng di chuyển trong các chặng sau mà không tăng thêm chi phí cho giá sạc xe buýt khi phải mua điện từ lưới. Đồng thời, SOC của xe sau khi kết thúc lịch trình di chuyển cao hơn so với Kịch bản 1 sẽ làm giảm chi phí cho quá trình mua điện từ lưới cũng như hạn chế sạc xe buýt ở công suất lớn.

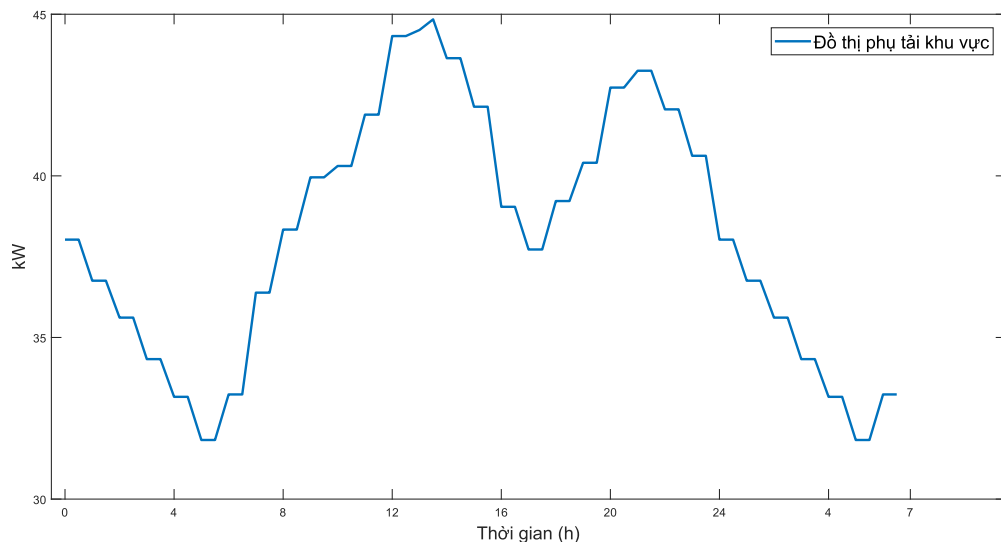
6.4 Các kết quả tính toán tối ưu cho sạc xe buýt điện

6.4.1 Dữ liệu đồ thị phụ tải khu vực xem xét và công suất phát của PV cho xe buýt điện

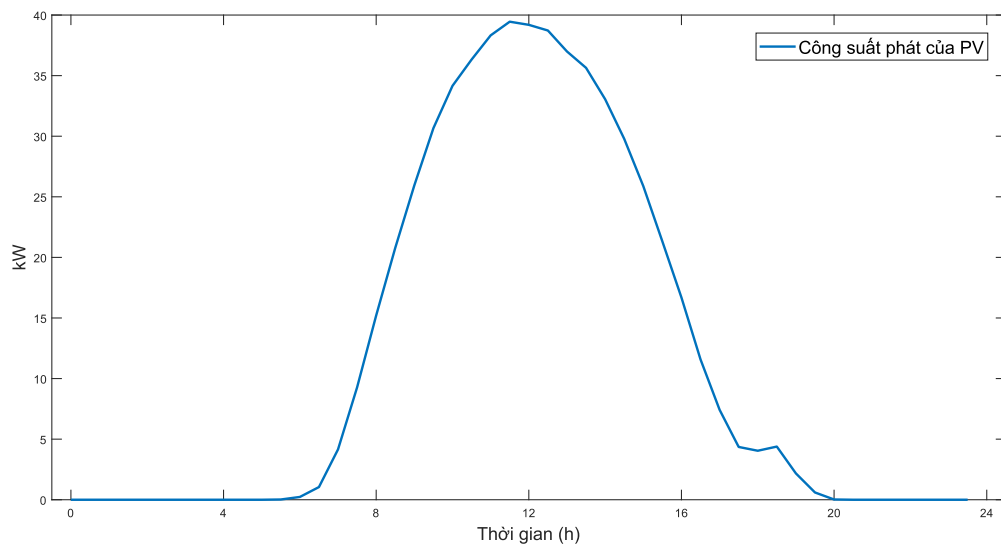
Đồ thị phụ tải được nghiên cứu cho chương này là đồ thị phụ tải của một trường học trong hơn 1 ngày bắt đầu từ 0 giờ sáng đến 7 giờ sáng hôm sau. Dữ liệu của đồ thị được chia ra làm 62 chu kỳ với độ dài của từng chu kỳ là 30 phút. Hình 6.3 sẽ mô tả đồ thị phụ tải của trường học.

Do sự thiếu hụt về dữ liệu thực tiễn về nguồn phân tán PV cho xe buýt, báo cáo sẽ sử dụng dữ liệu được công bố tại bài báo [135]. Theo đó, để đáp ứng nhu cầu điện

năng cho xe buýt có dung lượng pin 324 kWh, tổng công suất phát của PV phải đạt 324 kWh/ ngày. Với 195 tấm PV được lắp đặt, công suất của 1 tấm PV phải đạt trung bình 1,65345 kWh/ngày. Tổng công suất phát của 195 tấm PV được thể hiện ở Hình 6.4.



Hình 6.3 Đồ thị phụ tải ở khu vực xem xét



Hình 6.4 Công suất phát của PV

6.4.2 Dữ liệu của xe buýt điện, công suất định mức của bộ sạc

Trong cả hai kịch bản, dữ liệu của xe buýt là tương đồng. Xe buýt điện được sử dụng để nghiên cứu trong báo cáo là xe buýt di chuyển xung quanh trường học được dùng để đón học sinh, sinh viên với dung lượng pin là 324 kWh với lịch trình di chuyển bắt đầu từ 7 giờ đến 23 giờ. Trước khi bắt đầu lịch trình ngày mới, SOC của xe buýt phải đạt mức **90%** để đảm bảo xe có thể vận hành mà không xảy ra tình trạng hết điện khi đang di chuyển đồng thời có lượng điện dự phòng cho các tình huống như

tắc đường, làm lượng điện tiêu thụ cao hơn so với dự tính. Bộ sạc được sử dụng trong nghiên cứu này là bộ sạc chậm cho xe buýt với công suất sạc/xả định mức đạt 40 kW.

Bảng 6.1 Thông số kỹ thuật của xe buýt điện

Thông số	Giá trị (Đơn vị)
Tổng dung lượng pin	324 kWh
Công suất sạc định mức	40 kW
Công suất xả định mức	-40 kW
SOC cực đại	100%
SOC cực tiểu	0%
Dung lượng pin ban đầu	162 kWh
Điện năng tiêu thụ trung bình cho 30 phút di chuyển	7.4 kWh/30 phút

Về lịch trình di chuyển, vào khoảng thời gian cao điểm từ 7 giờ đến 12 giờ, xe sẽ tập trung di chuyển để đón khách do nhu cầu di chuyển của sinh viên lúc này cao. Vào các thời gian khác, xe sẽ có 30 phút nghỉ trước khi bắt đầu lịch trình di chuyển tiếp theo. Tất cả dữ liệu chi tiết của xe buýt điện và thông số của bộ sạc được mô tả trong Bảng 6.1 và Bảng 6.2.

Bảng 6.2 Lịch trình di chuyển của xe buýt

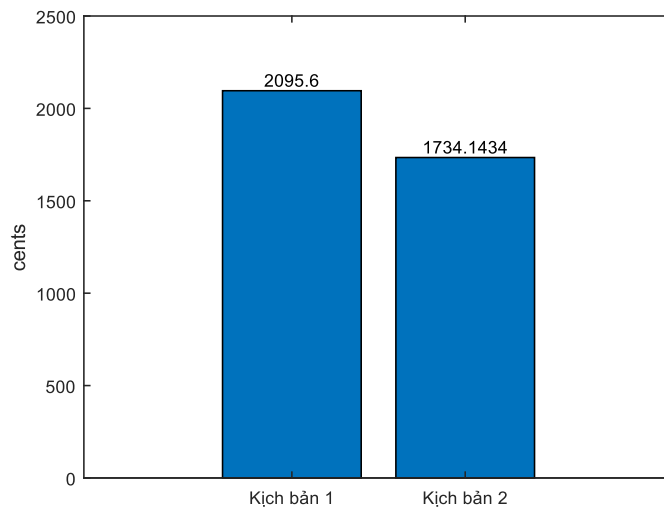
	Thời gian di chuyển
Chặng 1	7:00-12:00
Chặng 2	13:00-15:00
Chặng 3	15:30-17:00
Chặng 4	17:30-20:00
Chặng 5	21:00-23:00

Dữ liệu về biểu giá sạc và xả cho xe buýt điện sẽ tương tự với biểu giá được biểu diễn ở Mục 5.6.3 của Chương 5.

6.4.3 Đánh giá về khía cạnh kinh tế của hai kịch bản

Trong Kịch bản 2, khi xe quay về trạm sạc vào các thời điểm có sẵn công suất phát của PV, xe sẽ ở trạng thái cắm sạc nhằm tận dụng tối đa điện năng phát ra từ PV. Chính vì vậy, sau khi kết thúc lịch trình di chuyển của mình vào lúc 23 giờ, SOC của xe buýt ở Kịch bản 2 (được mô tả ở Hình 6.7a) ở mức gần 50%, cao hơn khoảng 20% so với Kịch bản 1, do xe ở Kịch bản 1 quyết định không sạc vào giờ cao điểm. Điều này đồng nghĩa với chi phí mà xe buýt phải trả để mua điện đáp ứng cho phụ tải của xe ở Kịch bản 2 thấp hơn so với Kịch bản 1. Ngoài ra do nhu cầu điện năng của xe buýt khá lớn khi SOC yêu cầu đạt được trước khi bắt đầu lịch trình của ngày mới là 90%, nên trong Kịch bản 2 mặc dù cho phép xả điện từ xe vào lưới, nhưng xe buýt vẫn chỉ sạc (mô tả ở Hình 6.7b) với mục đích ưu tiên các yêu cầu của xe buýt. Theo

đó, giá sạc xe buýt ở cả hai kịch bản chỉ phụ thuộc vào chi phí mua điện từ lưới. Như được mô tả ở Hình 6.5 thể hiện chi phí sạc xe trong hai kịch bản, xe buýt ở Kịch bản 2 chỉ phải trả xấp xỉ 1734 cents, thấp hơn 300 cents so với Kịch bản 1.

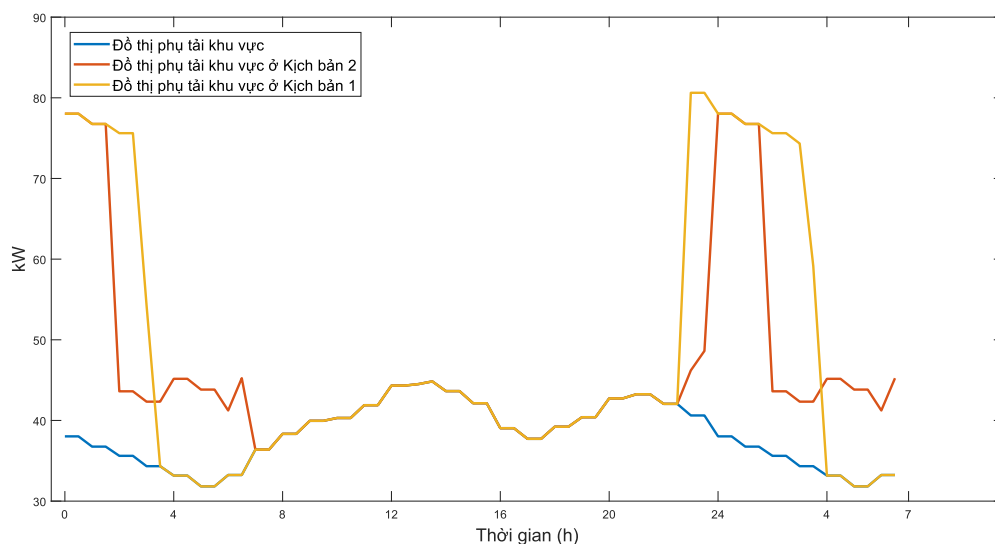


Hình 6.5 Chi phí sạc xe trong hai kịch bản

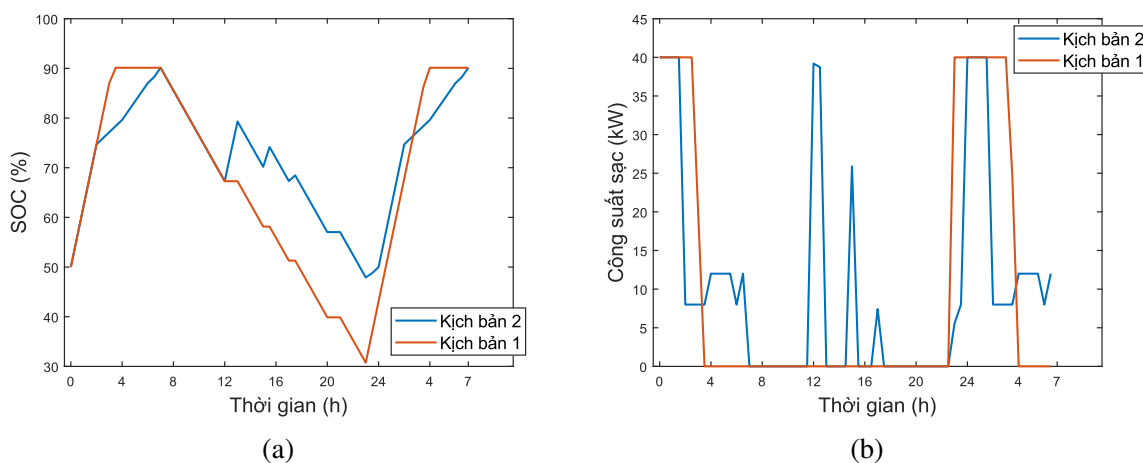
6.4.4 Đánh giá về khía cạnh kỹ thuật của hai kịch bản

Như đã đề cập từ phần trên, trong cả hai kịch bản, xe buýt sẽ chỉ lấy điện từ lưới và không xả ngược lại vào lưới điện nên để giảm thiểu những tác động lên lưới điện khi công suất sạc của xe buýt đạt đến 40 kW, cần có sự phân bổ lượng điện sạc vào các thời điểm hợp lý. Ở Kịch bản 1, xe buýt sẽ sạc ở công suất định mức của bộ sạc (40 kW) cho đến khi đạt đủ dung lượng pin. Nhìn chung, do quá trình sạc xe bắt đầu vào ban đêm cho đến rạng sáng nên những ảnh hưởng đến lưới điện được thể hiện thông qua đồ thị phụ tải đã giảm đi một phần. Theo Hình 6.6, công suất đỉnh của đồ thị phụ tải ở Kịch bản 1 đạt xấp xỉ 80 kW và mức công suất này được duy trì trong khoảng từ 6 đến 7 tiếng trong khoảng thời gian báo cáo nghiên cứu.

Trong khi đó ở Kịch bản 2, xe buýt đã sử dụng thuật toán FDP để phân bổ hợp lý công suất sạc vào các thời điểm sạc. Theo Hình 6.7b biểu diễn công suất sạc của xe buýt ở Kịch bản 2 cho thấy khoảng thời gian xe sạc ở công suất định mức chỉ kéo dài từ 2 đến 3 tiếng mà SOC yêu cầu trước khi di chuyển vẫn được thỏa mãn. Điều này dẫn đến khoảng thời gian đạt công suất đỉnh ở đồ thị phụ tải (mô tả ở Hình 6.6) ở Kịch bản 2 ít hơn khoảng 4 tiếng so với Kịch bản 1. Ngoài ra, vào khoảng thời gian xe quay lại sạc sau khi kết thúc lịch trình của một ngày, SOC của xe ở Kịch bản 2 cao hơn đồng nghĩa với điện năng yêu cầu thấp hơn so với Kịch bản 1. Chính vì vậy, công suất đỉnh của đồ thị phụ tải của Kịch bản 2 thấp hơn 2 kW ở Kịch bản 1.



Hình 6.6 Đồ thị phụ tải trong hai kịch bản



Hình 6.7 SOC và công suất sạc của xe buýt trong hai Kịch bản

Các điều kiện ràng buộc về SOC và công suất sạc của xe buýt trong hai kịch bản được biểu diễn lần lượt ở Hình 6.7a và Hình 6.7b đều được đáp ứng. Trong đó, SOC của xe buýt trong hai kịch bản đều nằm trong khoảng từ 20% đến 100% và công suất sạc đều không vượt quá công suất định mức (40 kW).

7 THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Thông qua các kết quả tính toán cho sự gia tăng số lượng của EV đến năm 2030 và năm 2050 trong bài toán cân bằng năng lượng tổng thể ở Chương 2, nhận định về ảnh hưởng của EV lên lưới điện trong Chương 3, đưa ra những tổng hợp về giải pháp cho việc sạc thông minh trong Chương 4, sử dụng thuật toán tối ưu đánh giá lưới việc điều khiển sạc xả trong lưới điện mẫu có tích hợp NLTT và thử nghiệm mô hình tính toán sạc xả tối ưu cho nhóm EV điển hình trong Chương 5 và Chương 6, ta có thể thấy rằng việc đưa ra những lộ trình, phương hướng chính sách là cần thiết để hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng 0 đến năm 2050. Từ đó, Chương 7 này của báo cáo sẽ đi đến những kết luận, sau đó đề xuất những giải pháp, khuyến nghị cho EV như dưới đây, để đảm bảo sẵn sàng cho việc có số lượng lớn EV tham gia vào thị trường ô tô tại Việt Nam.

7.1 Kết luận chung về cân bằng năng lượng khi có sự tăng trưởng của EV và NLTT

Thông qua một số phép tính tham khảo ở Chương 2, kết hợp với những số liệu có trong QHĐ8, và những mục tiêu, đề án, mục tiêu đã đặt ra trong Quyết định 876/QĐ-TTg, ta có thể đưa ra những nhận định ban đầu như sau:

- Về nguồn điện, theo số liệu trong QHĐ8 ta có thể thấy chủ trương của Việt Nam là đẩy mạnh phát triển mạnh những loại hình nguồn NLTT cũng như loại hình nguồn không phát thải, từng bước tiến tới loại bỏ hoàn toàn nhiệt điện than, phục vụ mục tiêu phát thải ròng bằng 0 như cam kết tại COP26 đến năm 2050.
- Về phía phụ tải, do yêu cầu của phát triển kinh tế, phụ tải điện Việt Nam sẽ càng ngày càng tăng thêm qua từng năm. Do đó, điện năng thương phẩm, điện năng sản xuất cũng như công suất cực đại P_{\max} của hệ thống được dự báo cũng sẽ tăng cho đến năm 2030 và năm 2050.
- Về EV, nhìn chung, đến năm 2030 và đến năm 2050 xe điện cá nhân ở Việt Nam được dự báo sẽ tăng lên rất nhiều (hơn 4,3 triệu xe điện cá nhân đến hết năm 2030 nếu xét đến kịch bản tỷ lệ thâm nhập của EV là 50% và hơn 17 triệu xe điện cá nhân đến hết năm 2050). Trong năm 2030, điện năng thương phẩm đạt khoảng 505 tỷ kWh, điện năng sản xuất đạt khoảng 567 tỷ kWh, trong khi đó phụ tải xe điện cá nhân được dự báo ở khoảng 6,30 - 9,55 tỷ kWh. Còn đến năm 2050, điện năng thương phẩm đạt khoảng từ 1114 tỷ kWh đến 1254 tỷ kWh, điện năng sản xuất đạt khoảng 1224 tỷ kWh đến 1378 tỷ kWh, còn phụ tải EV ở khoảng 25,77 - 39,03 tỷ kWh. Trong khi đó, nếu nhìn sang xe buýt điện thì con số về điện năng tiêu thụ đến năm 2030 và 2050 sẽ nhỏ hơn (khoảng từ 0,23 - 0,52 kWh

trong năm 2030 với tỷ lệ xe buýt điện là 50%, và khoảng từ 0,63 - 1,43 tỷ kWh trong năm 2050 với tỷ lệ 100%). Như vậy, so sánh phụ tải của EV nói chung với điện năng thương phẩm và điện năng sản xuất được dự báo trong QHĐ8 thì con số này vẫn là nhỏ và nguồn điện về cơ bản vẫn có thể đảm bảo cung cấp đủ điện cho EV, chưa tính tới tiềm năng các nguồn NLTT của nước ta còn nhiều hơn so với kế hoạch xây dựng nguồn đưa ra trong QHĐ8.

- Về mặt kỹ thuật và mô hình kinh doanh, cần phải có những chính sách hợp lý (quy hoạch lưới điện, quy định, tiêu chuẩn, khuyến khích, v.v...) bởi những tác động (bao gồm tích cực và tiêu cực) mà EV mang tới cho lưới điện có thể là lớn nếu không lường trước và xây dựng các giải pháp phù hợp, nhất là khi số lượng EV tham gia vào thị trường ngày càng tăng lên.

Từ những kết quả phân tích trên, báo cáo này sẽ đề xuất những giải pháp, phương hướng và đưa ra những khuyến nghị cần thiết để thúc đẩy sự phát triển của EV trong tương lai.

7.2 Giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của EV lên lưới điện

Về giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của EV lên lưới điện, EV nếu được sạc hoặc xả một cách không kiểm soát có thể mang đến những tác động tiêu cực cho lưới điện, ví dụ như gây quá tải lưới điện, gây quá điện áp cục bộ, ảnh hưởng không nhỏ đến ổn định của hệ thống điện. Tuy nhiên, nếu áp dụng các thuật toán tối ưu cho việc sạc và xả EV (sạc có kiểm soát) thì EV lại trở thành một công cụ hiệu quả cho lưới điện bằng cách có thể cung cấp các dịch vụ phụ trợ như điều chỉnh điện áp hay điều chỉnh tần số bằng cấu hình V2G hay G2V. Bên cạnh đó, nếu EV được kết hợp với các nguồn NLTT hoặc trạm sạc được đặt tại những vị trí phù hợp sẽ mang lại rất nhiều lợi ích cho lưới điện. Hơn nữa, bài toán cân bằng cung cầu trong hệ thống điện khi có sự tăng trưởng của EV cũng như NLTT cần phải được đảm bảo do cả hai đều khá khó dự báo chính xác. Từ đây, báo cáo đề xuất những giải pháp như sau:

• Tối ưu vị trí đặt trạm sạc EV

- Việc tối ưu vị trí đặt trạm sạc EV phải được đánh giá dựa trên khả năng giảm thiểu những ảnh hưởng tiêu cực của phụ tải EV lên lưới điện như chất lượng điện năng, tổn thất công suất, điện áp, v.v... ngoài các yếu tố vị trí trạm sạc, số lượng trạm sạc trong một khu vực.
- Các nghiên cứu về tối ưu vị trí đặt trạm hiện nay chủ yếu tiếp cận theo 3 hướng chính bao gồm: đơn vị vận hành lưới điện phân phối (DSO), chủ sở hữu trạm sạc (CSO) và chủ sở hữu EV. Từ đó đưa ra mục tiêu cũng như lựa chọn các thuật toán, phương pháp phù hợp cho nghiên cứu.


- Việc nghiên cứu về các vị trí trạm sạc EV khá quan trọng tại Việt Nam nhưng do EV mới được phát triển gần đây, nên dữ liệu thực tế thu thập còn chưa nhiều để triển khai các nghiên cứu có khả năng áp dụng ngay.
- Các trạm sạc EV cần được tích hợp các nguồn NLTT như điện mặt trời áp mái hay tuabin gió nhỏ để tận dụng tối đa nguồn cấp điện từ NLTT tại chỗ, đáp ứng nhu cầu sạc đồng thời giảm ảnh hưởng tiêu cực lên lưới điện.

• Áp dụng công nghệ V2G

- Công nghệ V2G được đánh giá là giải pháp hiệu quả trong tương lai khi EV ngày càng phổ biến. Công nghệ V2G được kỳ vọng cung cấp các dịch vụ phụ trợ cho lưới như điều tần, điều áp, chuyển dịch phụ tải.
- Người sở hữu EV khi áp dụng V2G sẽ nhận được tiền khi đồng ý để xe xả điện từ pin của EV vào lưới. Từ đó, tiết kiệm được một khoản kinh phí cho việc sạc cho EV của mình.
- Để áp dụng V2G, cần phải nghiên cứu nhiều giải pháp về xây dựng cơ sở hạ tầng đủ khả năng triển khai V2G, hay tính toán bài toán tuổi thọ của pin của EV vì giới hạn số lần sạc xả trong vòng đời của pin.

• Sử dụng các nguồn NLTT để đáp ứng phụ tải EV

- Sử dụng nguồn điện từ các nguồn NLTT để sạc cho EV là phương án hợp lý có thể áp dụng được trong thực tế, do xu hướng chuyển dịch cơ cấu nguồn điện sang các nguồn NLTT như điện gió, điện mặt trời đã sẵn có ở Việt Nam.
- Khi nguồn điện để đáp ứng cho phụ tải EV chủ yếu là từ các nguồn NLTT, EV sẽ không còn phụ thuộc vào các nguồn điện từ lưới điện nữa, từ đó giảm áp lực lên lưới và việc điện khí hóa lĩnh vực giao thông mới thực sự giảm được phát thải.
- Đối với mô hình sạc tại nhà, cần khuyến khích lắp đặt điện mặt trời áp mái nhằm giảm lượng điện mua từ lưới đồng thời tối thiểu hóa chi phí sạc cho xe của hộ dân.
- Đối với các trạm sạc công cộng, việc lắp đặt trực tiếp tại các trạm sạc này nguồn NLTT phân tán như điện mặt trời áp mái hoặc điện gió quy mô nhỏ trong khu vực trạm sạc sẽ cung cấp được một phần công suất tiêu thụ tại các trạm sạc. Nếu diện tích khu vực trạm công cộng không đủ lớn để lắp đặt công suất lớn các nguồn NLTT phục vụ cho trạm đó, cũng có thể tận dụng các nguồn NLTT khác quanh khu vực trạm sạc.
- Để thúc đẩy sử dụng các nguồn NLTT đáp ứng nhu cầu điện năng cho EV cần phải có các chính sách về giá như đưa ra giá sạc ưu đãi nếu sạc vào các



thời điểm mà công suất các nguồn NLTT cao, hay khuyến khích lắp đặt điện mặt trời áp mái để giảm chi phí cho sạc EV.

PHỤ LỤC

Lý thuyết về thuật toán FDP

Quy hoạch động là một thuật toán dùng để giải một bài toán tối ưu bằng cách chia bài toán thành nhiều bài toán con nhỏ hơn. Sau khi giải từng bài toán con (hay còn gọi là bài toán nhiều giai đoạn), lời giải chúng sau đó sẽ được kết hợp lại để tạo thành lời giải cho bài toán ban đầu. Đối với những bài toán kiểu này, mục tiêu là thực hiện một chuỗi các bước quyết định theo thời gian để tối thiểu hóa các kết quả bất lợi hoặc tối đa hóa các kết quả có lợi. Loại bài toán kiểu như thế này có thể được mô tả bằng một hệ thống động có thời gian rời rạc, ở đó hàm chi phí sẽ được thêm vào liên tục theo thời gian. Và hệ thống này được mô tả như sau:

$$\mu_{k+1} = f_k(\mu_k, u_k, \lambda_k), \quad k = 0, 1, \dots, K-1 \quad (\text{A.21})$$

Ở đây, k là chỉ số thời gian rời rạc, μ_k là trạng thái của hệ thống tại thời điểm k , u_k là quyết định điều khiển được lựa chọn tại thời điểm k để chuyển dịch sang trạng thái tiếp theo, và K là tổng số chu kỳ xét trong bài toán. Khi hệ thống dịch chuyển từ trạng thái μ_k sang μ_{k+1} , hệ thống sẽ xuất hiện hàm chi phí được biểu diễn bằng $g_k(\mu_k, u_k, \lambda_k)$, và chi phí này sẽ được thêm vào chi phí phát sinh ở thời điểm k , và sẽ tăng dần theo thời gian. Hàm chi phí tổng hợp sẽ được xác định như sau:

$$\sum_{k=0}^{K-1} g_k(\mu_k, u_k, \lambda_k) + g_K(\mu_K) \quad (\text{A.22})$$

λ_k là thông số chưa dự đoán được và tùy thuộc vào loại của hệ thống đang xét, $g_K(\mu_K)$ là chi phí tại thời điểm cuối K của cả quá trình. Tuy nhiên, chi phí là một giá trị ngẫu nhiên và không thể tối ưu một cách hiệu quả bởi sự xuất hiện của thông số λ_k . Do đó, lời giải của bài toán sẽ được mô hình bằng lời giải tối ưu của hàm chi phí kỳ vọng như dưới đây:

$$E \left\{ g_K(\mu_K) + \sum_{k=0}^{K-1} g_k(\mu_k, u_k, \lambda_k) \right\} \quad (\text{A.23})$$

Trong đó, hàm chi phí kỳ vọng được dựa trên phân phối xác suất đồng thời của các biến tham gia vào hàm chi phí. Trong hệ thống động thời gian rời rạc được biểu diễn ở trên, trạng thái μ_k là phần tử thuộc tập \mathbb{C}_k , quyết định điều khiển u_k là phần tử của tập Δ_k . u_k sẽ được ràng buộc để lấy giá trị từ tập không rỗng $U(\mu_k) \subset \Delta_k$, cái mà dựa vào trạng thái hiện tại μ_k , điều đó có nghĩa là $u_k \in U(\mu_k) \subset \Delta_k, \forall \mu_k \in \mathbb{C}_k$, trong đó $k = \overline{0, K}$.

Coi nhóm các lời giải (policies) hay những luật điều khiển (control laws) bao gồm thứ tự các hàm (functions):

$$\mathfrak{R} = \{\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{K-1}\} \quad (\text{A.24})$$

Trong đó, η_k sẽ kết nối trạng thái vào hàm $\eta_k(\mu_k) \in U_k(\mu_k)$, trong đó $\eta_k(\mu_k) \in U_k(\mu_k)$ cho $\mu_k \in \mathbb{C}_k$. Những luật điều khiển này được gọi là những luật điều khiển chấp nhận được. Cho sẵn trạng thái ban đầu μ_0 và nhóm các lời giải chấp nhận được $\mathfrak{R} = \{\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{K-1}\}$. Từ đó, Hàm chi phí ước tính tương ứng với nhóm các lời giải có thể chấp nhận được, bắt đầu từ μ_0 , được định nghĩa như sau:

$$J_{\mathfrak{R}(\mu_0)} = \left\{ g_K(\mu_K) + \sum_{k=0}^{K-1} g_k(\mu_k, \eta_k(\mu_k), \lambda_k) \right\} \quad (\text{A.25})$$

Hàm chi phí ước tính sẽ phụ thuộc vào trạng thái ban đầu μ_0 , do vậy, lời giải tối ưu \mathfrak{R}^* - chuỗi các quyết định điều khiển tối ưu để tối thiểu hóa hàm chi phí ước tính này - sẽ được biểu diễn như sau:

$$J_{\mathfrak{R}^*(\mu_0)} = J_{(\mu_0)}^* = \min J_{\mathfrak{R}(\mu_0)} \quad (\text{A.26})$$

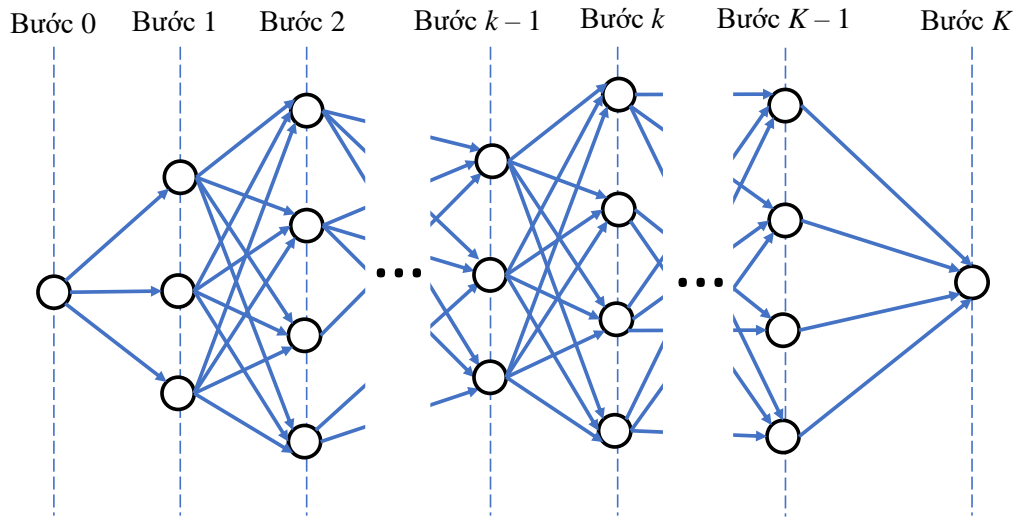
Trong đó, $J_{(\mu_0)}^*$ được gọi là *hàm chi phí tối ưu*.

A.1 Bài toán giới hạn các trạng thái (Finite-state problem) và thuật toán Quy hoạch động tiến tới

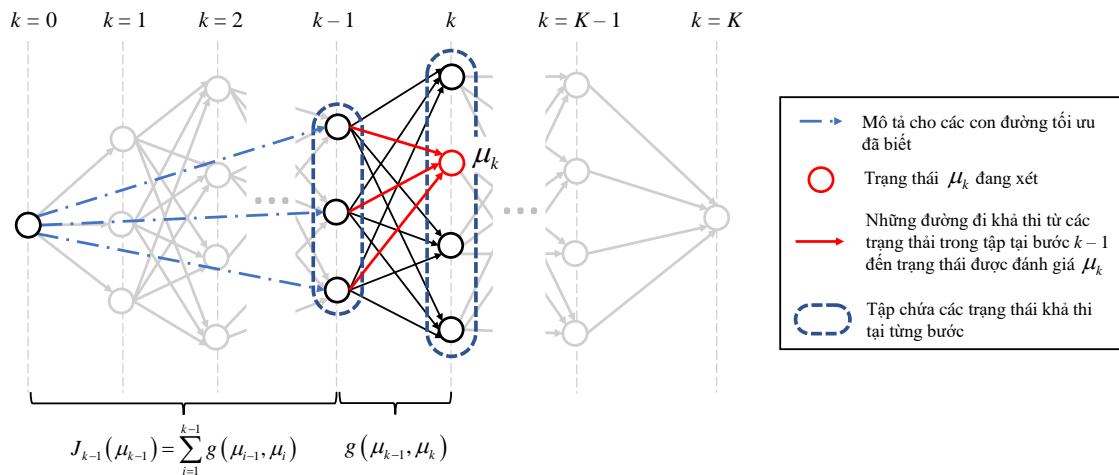
Ta giả thiết kịch bản như sau, trạng thái được chia nhỏ ra thành nhiều khoảng nhỏ hơn (khoảng các trạng thái con) được định nghĩa trước tại từng thời điểm k , khi đó sẽ nảy sinh vấn đề, bài toán sẽ trở thành bài toán nhiều đường đi và cần phải chọn con đường tối ưu nhất từ trạng thái ban đầu đến trạng thái cuối cùng như ví dụ trong Hình A.8. Ta tạm bỏ qua những yếu tố ngẫu nhiên bên ngoài (random disturbance) là λ_k , nếu quyết định điều khiển u_k được áp dụng, chi phí tại thời điểm $k-1$ sẽ được định nghĩa bởi hàm $g(\mu_{k-1}, \mu_k)$ và hàm này sẽ phụ thuộc vào sự dịch chuyển từ trạng thái μ_{k-1} sang trạng thái μ_k . Nếu sự dịch chuyển này là không khả thi, giá trị của hàm chi phí để dịch chuyển từ trạng thái μ_{k-1} (ứng với thời điểm $k-1$) sang trạng thái μ_k (ứng với thời điểm k) là $g(\mu_{k-1}, \mu_k) = \infty$, điều này có nghĩa là chi phí này là phân kỳ. Ngược lại, nếu sự dịch chuyển trạng thái là khả thi thì hàm chi phí này sẽ hội tụ ở một giá trị cụ thể.

Thuật toán FDP là thuật toán dựa trên cơ chế tối ưu của Bellman. Lời giải tối ưu sẽ được xây dựng bằng cách xây dựng lời giải tối ưu cho bài toán con ứng với bước đầu tiên, và sau đó mở rộng thành lời giải tối ưu ứng với hai bước đầu tiên và cứ tiếp tục làm như vậy cho đến bước cuối cùng, từ đó lời giải tối ưu của cả bài toán được

hình thành. Hình A.9 dưới đây mô tả tổng quan thuật toán FDP dùng trong bài toán nhiều giai đoạn được ví dụ như trong Hình A.8. Từ bước đầu tiên ứng với $k = 2$ (ngay sau bước ứng với $k = 1$) đến bước cuối cùng ứng với $k = K$, thuật toán sẽ phát triển theo thời gian (cùng với vòng lặp đầu tiên), và thuật toán sẽ định nghĩa các quỹ đạo có chi phí nhỏ nhất ứng với từng trạng thái ở trong tập C_k , bắt đầu từ trạng thái rỗng ở bước 0 và kết thúc ở trạng thái đã được đánh giá ở C_k .



Hình A.8 Ví dụ về bài toán nhiều giai đoạn có nhiều trạng thái con



$$J^* = \min \{ J(\mu_{k-1}) + g(\mu_{k-1}, \mu_k) \} = \min \left\{ \sum_{i=1}^{k-1} g(\mu_{i-1}, \mu_i) + g(\mu_{k-1}, \mu_k) \right\}$$

Hình A.9 Tổng quan cho thuật toán FDP

A.2 Liên kết thuật toán FDP đến bài toán sạc xả của EV và bài toán giới hạn các trạng thái (Finite-state problem)

Những phần phía trên đã mô tả thuật toán FDP và mô hình của bài toán tối ưu sạc xả EV. Trong phần này, nghiên cứu sẽ thực hiện liên kết bài toán tối ưu sạc xả EV với thuật toán FDP.

Khi ta bỏ qua những yếu tố ngẫu nhiên bên ngoài, hệ thống có thể được mô tả như sau:

$$soc_{k+1}^i = soc_k^i + \tau \cdot x_k^i \quad (A.27)$$

Trong đó, soc_k^i là trạng thái phần trăm pin của EV i tại cuối thời điểm k , x_k^i là công suất sạc xả của EV i tại cuối thời điểm k . τ là khoảng thời gian giữa hai bước (như đã đề cập ở trên thì $\tau = 30$ phút. Bên cạnh đó, x_k^i sẽ là biến điều khiển và soc_k^i là trạng thái sẽ thay đổi theo x_k^i .

Tập Δ_k^i được định nghĩa là tập chứa các quyết định điều khiển khả thi của biến x_k^i và được giới hạn như sau:

$$-\bar{p} \leq x_k^i \leq \bar{p} \quad (A.28)$$

Ràng buộc (A.28) áp dụng vào trạng thái phần trăm pin tại thời điểm k sẽ xác định tập chứa toàn bộ các trạng thái khả thi của nó cho EV i tại thời điểm k , và tập này được ký hiệu là C_k^i . Trong tập C_k^i , \underline{soc}_k^i và \overline{soc}_k^i sẽ lần lượt là giới hạn dưới và giới hạn trên. Trong khi đó, các giá trị của trạng thái phần trăm pin ban đầu (soc_0^i) và trạng thái phần trăm pin mong muốn (soc_d^i) của chủ xe EV i là các giá trị cố định và được biết trước. Khi áp dụng thuật toán FDP, các giá trị giới hạn trên và giới hạn dưới sẽ được xác định như sau:

$$\overline{soc}_k^i = \min \{ soc_{\max}; soc_0^i + (\tau \bar{p})k \} \quad (A.29)$$

$$\underline{soc}_k^i = \max \{ soc_{\min}; soc_0^i - (\tau \bar{p})k; soc_0^i - (\tau \bar{p})(k - K) \} \quad (A.30)$$

Ta có thể thấy rằng các giá trị \underline{soc}_k^i và \overline{soc}_k^i phụ thuộc vào công suất sạc xả cực đại cũng như độ dài của τ , cũng như giới hạn trên và giới hạn dưới của trạng thái phần trăm pin (tính theo giờ hoặc theo phân số của giờ). Mặt khác, tập con $U_k \subset \Delta_k$ chứa tất cả các quyết định điều khiển khả thi, trong trường hợp này, phụ thuộc vào soc_k^i theo nghĩa là ở một giá trị SOC nhất định, công suất sạc/xả x_k^i sẽ bị cấm. Ví dụ, nếu trạng thái phần trăm pin của EV i tại thời điểm k xấp xỉ chạm đến giá trị \overline{soc}_k^i thì nó sẽ không sạc với công suất sạc tại thời điểm k là x_k^i nữa để tránh hiện tượng quá sạc (overcharging). Trong trường hợp này, khi ta áp dụng quyết định điều khiển khả thi, cho ra kết quả trạng thái phần trăm pin sắp tới soc_k^i ở thời điểm k , thì trạng thái khả thi tại thời điểm trước đó là $k - 1$ sẽ được xác định như sau:

$$\underline{soc}_{k-1}^i \leq soc_{k-1}^i \leq \overline{soc}_{k-1}^i \quad (A.31)$$

Ở đó, \overline{soc}_{k-1}^i và \underline{soc}_{k-1}^i được xác định tương tự như trong các công thức (A.29) và (A.30):

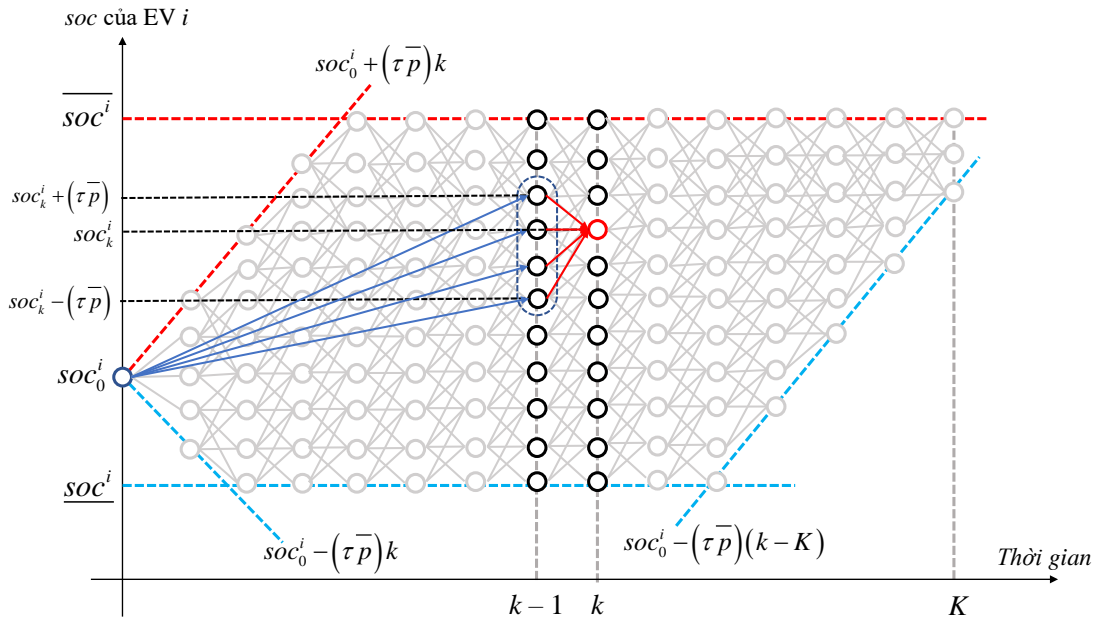
$$\overline{soc}_{k-1}^i = \min \{ soc_{\max}; soc_0^i + (\tau \bar{p})(k-1); soc_k^i + (\tau \bar{p}) \} \quad (A.32)$$

$$\underline{soc}_{k-1}^i = \max \{ soc_{\min}; soc_0^i - (\tau \bar{p})(k-1); soc_k^i - (\tau \bar{p}) \} \quad (A.33)$$

Dựa vào những bất đẳng thức trên, tập $U_k^i(soc_k^i)$ sẽ được xác định như sau:

$$\frac{soc_k^i - \overline{soc}_{k-1}^i}{\tau} \leq x_k^i \leq \frac{soc_k^i - \underline{soc}_{k-1}^i}{\tau} \quad (A.34)$$

Do soc_k^i đã bị ràng buộc nên lúc này bài toán mặc dù vẫn là bài toán nhiều giai đoạn, tuy nhiên số trạng thái con được chia nhỏ ra trong từng bước thời gian sẽ được giới hạn lại. Bài toán này được gọi là bài toán giới hạn trạng thái (Finite-state problem). Những giới hạn này sẽ được biểu diễn một cách trực quan hơn Hình A.10 dưới đây.



Hình A.10 Thuật toán FDP trong bài toán tối ưu sục xả EV


TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] IEA. Russia's War on Ukraine - analysing the impacts of Russia's invasion of ukraine on global energy markets and international energy security. [Online]. Available: <https://www.iea.org/topics/russias-war-on-ukraine>
- [2] KPMG. The Ukraine/Russia conflict : an accelerator to the energy crisis. [Online]. Available: <https://kpmg.com/fr/fr/blogs/home/posts/2022/03/how-t-he-russia-ukraine-crisis-impacts-energy-industry.html>
- [3] HFW. THE RUSSIA - UKRAINE CONFLICT: IMPACT ON ENERGY SECURITY IN ASIA. [Online]. Available: <https://www.hfw.com/The-Russia-Ukraine-Conflict-Impact-on-energy-security-in-Asia-Sept-2022>
- [4] SEA Infrastructure. Spillover Effects: Implications of Russia-Ukraine conflict on SEA. [Online]. Available: <https://southeastasiainfra.com/spillover-effects-implications-of-russia-ukraine-conflict-on-sea/>
- [5] EMA. Piped Natural Gas and Liquefied Natural Gas. [Online]. Available: https://www.ema.gov.sg/Piped_Natural_Gas_and_Liquefied_Natural_Gas.aspx
- [6] IMF. Global Economic Outlook | Chief Economists Outlook 2023. [Online]. Available: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WEO/2023/April/English/text.ashx>
- [7] CNA. Vietnam feels impact of Russia-Ukraine war in energy prices, defence industry. [Online]. Available: <https://www.channelnewsasia.com/asia/vietnam-impact-electricity-prices-military-defence-industry-3301636#:~:text=óÀÌBecause%20of%20the%20conflict%20between,Valuation%20Association%20Nguyen%20Tien%20Thoa.>
- [8] N. Đức Tuyên & GREENIN. Nghiên cứu “phát triển xe điện: Xu thế trên thế giới và việt nam”. [Online]. Available: <https://greeninvietnam.org/download/nghien-cuu-phat-trien-xe-dien-xu-the-tren-the-gioi-va-viet-nam/>
- [9] Thủ tướng chính phủ. Phê duyệt quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. [Online]. Available: http://www.erea.gov.vn/userfile/files/500_QD-TTg_15052023-signed-20230516143722640.pdf
- [10] IE. Thuyết minh quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030 tầm nhìn đến năm 2050.

- [11] Quốc hội. Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050. [Online]. Available: <https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=207352>
- [12] Báo Tuổi trẻ. Doanh số thị trường xe điện Việt Nam năm 2023 có thể tăng gấp đôi. [Online]. Available: <https://tuoitre.vn/doanh-so-thi-truong-xe-dien-viet-nam-nam-2023-co-the-tang-gap-doi-20230807162338095.htm#:~:text=T%E1%BB%89%20%E1%BB%87%20th%C3%A2m%20nh%E1%BA%ADp%20th%E1%BB%8B,tri%E1%BB%87u%20chi%E1%BA%BFc%20v%C3%A0o%20n%C4%83m%202040>
- [13] IEA. Global EV Outlook 2023. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
- [14] Thủ tướng Chính phủ. Quyết định 876/QĐ-ttg về việc phê duyệt chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí cacbon và khí mê-tan của ngành giao thông vận tải. [Online]. Available: <https://datafiles.chinhphu.vn/cpp/files/vbpq/2022/07/876-ttg.signed.pdf>
- [15] Huong Le & Francisco Posada. Promoting the development of electric vehicles in Vietnam. [Online]. Available: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/12/asia-pacific-evs-promoting-development-evs-vietnam-dec22-2.pdf?fbclid=IwAR070iljwhH3noXcyAmD-TgUNndZw-Bo59BsBCK1fV0ahx4OJFsPIIlgkCLs>
- [16] Báo Lao động. Thiếu lái xe, gần 50 % xe taxi dừng hoạt động. [Online]. Available: <https://laodong.vn/xa-hoi/thieu-lai-xe-gan-50-xe-taxi-dung-hoat-dong-1036960.lido#:~:text=Theo%20th%E1%BB%91ng%20k%C3%AA%20hi%E1%BB%87n%20c%E1%BA%A3,v%C3%A0%202022%201%C3%A0%2067.000%20xe>
- [17] Cục đăng kiểm Việt Nam. Tổng hợp số liệu phương tiện giao thông trong cả nước. [Online]. Available: <http://www.vr.org.vn/thong-ke/Pages/tong-hop-so-lieu-phuong-tien-giao-thong-trong-ca-nuoc.aspx>
- [18] VNF. Doanh số bán xe điện kỳ vọng đạt 18.000 chiếc trong năm 2023 nhờ ‘cú hích’ VinFast. [Online]. Available: <https://m.vietnamfinance.vn/doanh-so-ban-xe-dien-ky-vong-dat-18000-chiec-trong-nam-2023-nho-cu-hich-vinfast-20180504224287404.htm?fbclid=IwAR1K1wxLxgzvP4bdb0fppRk-dQcH9MJ7rvTDfiC9ancJastR3k6Ifi6zbg#:~:text=T%E1%BB%B7%20%E1%BB%87%20th%C3%A2m%20nh%E1%BA%ADp%20c%E1%BB%A7a,%2C9%25%20trong%20n%C4%83m%202022>

- [19] VinFast. Tổng hợp các mẫu xe ô tô điện VinFast mới nhất 2023. [Online]. Available: https://vinfastauto.com/vn_vi/tong-hop-cac-mau-xe-o-to-dien-vinfast-moi-nhat
- [20] Carmudi Vietnam. Ô tô trung bình một năm đi bao nhiêu kilomet? [Online]. Available: <https://www.carmudi.vn/blog-xe-hoi/o-to-trung-binh-mot-nam-di-bao-nhieu-kilomet/#:~:text=V%C3%AC%20th%C3%B4ng%20th%C6%B0%E1%BB%9Dng%2C%20trung%20b%C3%ACnh%20m%E1%BB%99t%20n%C4%83m%20%C3%B4,%C4%91%E1%BB%99ng%20t%E1%BB%AB%2010.000%20-15.000%20km%20l%C3%A0%20h%E1%BB%A3p%20l%C3%BD.>
- [21] Báo Lao động. Đến 2030, cần đầu tư thay thế gần 12.000 xe buýt thân thiện môi trường. [Online]. Available: <https://www.baogiaothong.vn/den-2030-can-dau-tu-thay-the-gan-12000-xe-buyt-than-thien-moi-truong-192572809.htm>
- [22] Báo Dân trí. "10 năm phát triển xe buýt công cộng". [Online]. Available: <https://dantri.com.vn/xa-hoi/10-nam-phat-trien-xe-buyt-cong-cong-20230927073454121.htm>
- [23] VinBus. "Giới thiệu chung về xe buýt điện VinBus". [Online]. Available: <https://vinbus.vn/gioi-thieu/ebus>
- [24] G. Notton, "Importance of islands in renewable energy production and storage: The situation of the French islands," *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 47, pp. 260–269, 2015.
- [25] F. Ziel, "Modeling the impact of wind and solar power forecasting errors on intraday electricity prices," in *2017 14th International Conference on the European Energy Market (EEM)*. IEEE, 2017, pp. 1–5.
- [26] J. Kong, S. Oh, B. O. Kang, and J. Jung, "Development of an incentive model for renewable energy resources using forecasting accuracy in South Korea," *Energy Science & Engineering*, vol. 10, no. 9, pp. 3250–3266, 2022.
- [27] S. Aslam, H. Herodotou, S. M. Mohsin, N. Javaid, N. Ashraf, and S. Aslam, "A survey on deep learning methods for power load and renewable energy forecasting in smart microgrids," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, p. 110992, 2021.
- [28] H. Mohammadi, S. Jokar, M. Mohammadi, A. Kavousifard, and M. Dabbaghjamanesh, "AI-based optimal scheduling of renewable ac microgrids with bidirectional LSTM-based wind power forecasting," *arXiv preprint arXiv:2208.04156*, 2022.

- [29] M. H. Lipu, M. S. Miah, M. Hannan, A. Hussain, M. R. Sarker, A. Ayob, M. H. M. Saad, and M. S. Mahmud, "Artificial intelligence based hybrid forecasting approaches for wind power generation: Progress, challenges and prospects," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 102 460–102 489, 2021.
- [30] J. Zhang, J. Yan, D. Infield, Y. Liu, and F. S. Lien, "Short-term forecasting and uncertainty analysis of wind turbine power based on long short-term memory network and Gaussian mixture model," *Applied Energy*, vol. 241, pp. 229–244, 2019.
- [31] Z. Lin and X. Liu, "Wind power forecasting of an offshore wind turbine based on high-frequency SCADA data and deep learning neural network," *Energy*, vol. 201, p. 117693, 2020.
- [32] B. Kosovic, S. E. Haupt, D. Adriaansen, S. Alessandrini, G. Wiener, L. Delle Monache, Y. Liu, S. Linden, T. Jensen, W. Cheng *et al.*, "A comprehensive wind power forecasting system integrating artificial intelligence and numerical weather prediction," *Energies*, vol. 13, no. 6, p. 1372, 2020.
- [33] B. Bilal, M. Ndongu, K. H. Adjallah, A. Sava, C. M. Kebe, P. A. Ndiaye, and V. Sambou, "Wind turbine power output prediction model design based on artificial neural networks and climatic spatiotemporal data," in *2018 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*. IEEE, 2018, pp. 1085–1092.
- [34] Z. Zhao, S. Yun, L. Jia, J. Guo, Y. Meng, N. He, X. Li, J. Shi, and L. Yang, "Hybrid VMD-CNN-GRU-based model for short-term forecasting of wind power considering spatio-temporal features," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 121, p. 105982, 2023.
- [35] J. Wang, A. Botterud, V. Miranda, C. Monteiro, and G. Sheble, "Impact of wind power forecasting on unit commitment and dispatch," in *Proc. 8th Int. Workshop Large-Scale Integration of Wind Power into Power Systems*, 2009, pp. 1–8.
- [36] Q. Wang, H. Wu, A. R. Florita, C. B. Martinez-Anido, and B.-M. Hodge, "The value of improved wind power forecasting: Grid flexibility quantification, ramp capability analysis, and impacts of electricity market operation timescales," *Applied Energy*, vol. 184, pp. 696–713, 2016.
- [37] R. Ahmed, V. Sreeram, Y. Mishra, and M. Arif, "A review and evaluation of the state-of-the-art in PV solar power forecasting: Techniques and optimization," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 124, p. 109792, 2020.

- 
- [38] K. J. Iheanetu, “Solar Photovoltaic Power Forecasting: A Review,” *Sustainability*, vol. 14, no. 24, p. 17005, 2022.
- [39] A. Mellit, A. Massi Pavan, E. Ogliari, S. Leva, and V. Lughi, “Advanced methods for photovoltaic output power forecasting: A review,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 2, p. 487, 2020.
- [40] S.-C. Lim, J.-H. Huh, S.-H. Hong, C.-Y. Park, and J.-C. Kim, “Solar Power Forecasting Using CNN-LSTM Hybrid Model,” *Energies*, vol. 15, no. 21, p. 8233, 2022.
- [41] K. Wang, X. Qi, and H. Liu, “Photovoltaic power forecasting based LSTM-Convolutional Network,” *Energy*, vol. 189, p. 116225, 2019.
- [42] M. Massaoudi, I. Chihi, L. Sidhom, M. Trabelsi, S. S. Refaat, and F. S. Oueslati, “A novel approach based deep RNN using hybrid NARX-LSTM model for solar power forecasting,” *arXiv preprint arXiv:1910.10064*, 2019.
- [43] B. Kraas, M. Schroedter-Homscheidt, and R. Madlener, “Economic merits of a state-of-the-art concentrating solar power forecasting system for participation in the Spanish electricity market,” *Solar Energy*, vol. 93, pp. 244–255, 2013.
- [44] D. P. Birnie III, “Solar-to-vehicle (S2V) systems for powering commuters of the future,” *Journal of Power Sources*, vol. 186, no. 2, pp. 539–542, 2009.
- [45] US Department of Transportation. US Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics, Omnibus Household Survey. [Online]. Available: https://www.bts.gov/publications/omnistats/volume_03_issue_04/html/figure_02.html
- [46] M. Brenna, A. Dolara, F. Foidelli, S. Leva, and M. Longo, “Urban scale photovoltaic charging stations for electric vehicles,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 5, no. 4, pp. 1234–1241, 2014.
- [47] J. Van Roy, N. Leemput, F. Geth, J. Büscher, R. Salenbien, and J. Driesen, “Electric vehicle charging in an office building microgrid with distributed energy resources,” *IEEE Transactions on sustainable energy*, vol. 5, no. 4, pp. 1389–1396, 2014.
- [48] Y. Hao, L. Dong, J. Liang, X. Liao, L. Wang, and L. Shi, “Power forecasting-based coordination dispatch of PV power generation and electric vehicles charging in microgrid,” *Renewable Energy*, vol. 155, pp. 1191–1210, 2020.

- [49] H.-M. Neumann, D. Schär, and F. Baumgartner, “The potential of photovoltaic carports to cover the energy demand of road passenger transport,” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 20, no. 6, pp. 639–649, 2012.
- [50] Q. Zhang, T. Tezuka, K. N. Ishihara, and B. C. McLellan, “Integration of PV power into future low-carbon smart electricity systems with EV and HP in Kansai Area, Japan,” *Renewable Energy*, vol. 44, pp. 99–108, 2012.
- [51] A. Chaouachi, E. Bompard, G. Fulli, M. Masera, M. De Gennaro, and E. Paffumi, “Assessment framework for EV and PV synergies in emerging distribution systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55, pp. 719–728, 2016.
- [52] J. Liu, M. Li, L. Xue, and T. Kobashi, “A framework to evaluate the energy-environment-economic impacts of developing rooftop photovoltaics integrated with electric vehicles at city level,” *Renewable Energy*, vol. 200, pp. 647–657, 2022.
- [53] I. Mahmud, M. B. Medha, and M. Hasanuzzaman, “Global challenges of electric vehicle charging systems and its future prospects: A review,” *Research in Transportation Business & Management*, vol. 49, p. 101011, 2023.
- [54] S. Rahman, I. A. Khan, A. A. Khan, A. Mallik, and M. F. Nadeem, “Comprehensive review & impact analysis of integrating projected electric vehicle charging load to the existing low voltage distribution system,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 153, p. 111756, 2022.
- [55] L. Held, A. März, D. Krohn, J. Wirth, M. Zimmerlin, M. R. Suriyah, T. Leibfried, P. Jochem, and W. Fichtner, “The influence of electric vehicle charging on low voltage grids with characteristics typical for Germany,” *World electric vehicle journal*, vol. 10, no. 4, p. 88, 2019.
- [56] A. Ul-Haq, C. Cecati, K. Strunz, and E. Abbasi, “Impact of electric vehicle charging on voltage unbalance in an urban distribution network,” *Intelligent Industrial Systems*, vol. 1, pp. 51–60, 2015.
- [57] C. Weiller, “Plug-in hybrid electric vehicle impacts on hourly electricity demand in the United States,” *Energy Policy*, vol. 39, no. 6, pp. 3766–3778, 2011.
- [58] J. Y. Yong, V. K. Ramachandramurthy, K. M. Tan, and N. Mithulananthan, “A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects,” *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 49, pp. 365–385, 2015.

- [59] R. Garcia-Valle and J. A. P. Lopes, *Electric vehicle integration into modern power networks*. Springer Science & Business Media, 2012.
- [60] N. Hartmann and E. Özdemir, “Impact of different utilization scenarios of electric vehicles on the German grid in 2030,” *Journal of power sources*, vol. 196, no. 4, pp. 2311–2318, 2011.
- [61] M. Muratori, “Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging on residential power demand,” *Nature Energy*, vol. 3, no. 3, pp. 193–201, 2018.
- [62] P. Pradhan, I. Ahmad, D. Habibi, G. Kothapalli, and M. A. Masoum, “Reducing the impacts of electric vehicle charging on power distribution transformers,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 210 183–210 193, 2020.
- [63] R. Godina, E. M. Rodrigues, J. C. Matias, and J. P. Catalão, “Smart electric vehicle charging scheduler for overloading prevention of an industry client power distribution transformer,” *Applied Energy*, vol. 178, pp. 29–42, 2016.
- [64] B. Kuspan, M. Bagheri, O. Abedinia, M. S. Naderi, and E. Jamshidpour, “The influence of electric vehicle penetration on distribution transformer ageing rate and performance,” in *2018 7th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. IEEE, 2018, pp. 313–318.
- [65] R. Godina, N. Paterakis, O. Erdinç, E. Rodrigues, and J. Catalão, “Impact of ev charging-at-work on an industrial client distribution transformer in a Portuguese Island,” in *2015 Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*. IEEE, 2015, pp. 1–6.
- [66] S. Vaisambhayana and A. Tripathi, “Study of electric vehicles penetration in Singapore and its potential impact on distribution grid,” in *2016 Asian Conference on Energy, Power and Transportation Electrification (ACEPT)*. IEEE, 2016, pp. 1–5.
- [67] M. Lillebo, S. Zaferanlouei, A. Zecchino, and H. Farahmand, “Impact of large-scale EV integration and fast chargers in a Norwegian LV grid,” *The Journal of Engineering*, vol. 2019, no. 18, pp. 5104–5108, 2019.
- [68] M. A. Awadallah, B. N. Singh, and B. Venkatesh, “Impact of EV charger load on distribution network capacity: A case study in Toronto,” *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 39, no. 4, pp. 268–273, 2016.
- [69] C. Z. El-Bayeh, K. Alzaareer, A.-M. I. Aldaoudeyeh, B. Brahmi, and M. Zellagui, “Charging and discharging strategies of electric vehicles: A survey,” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 12, no. 1, p. 11, 2021.

- [70] L. P. Fernandez, T. G. San Román, R. Cossent, C. M. Domingo, and P. Frias, “Assessment of the impact of plug-in electric vehicles on distribution networks,” *IEEE transactions on power systems*, vol. 26, no. 1, pp. 206–213, 2010.
- [71] M. A. Masoum, P. S. Moses, and K. M. Smedley, “Distribution transformer losses and performance in smart grids with residential plug-in electric vehicles,” in *ISGT 2011*. IEEE, 2011, pp. 1–7.
- [72] J. R. Pillai and B. Bak-Jensen, “Impacts of electric vehicle loads on power distribution systems,” in *2010 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. IEEE, 2010, pp. 1–6.
- [73] Q. Hu, H. Li, and S. Bu, “The prediction of electric vehicles load profiles considering stochastic charging and discharging behavior and their impact assessment on a real UK distribution network,” *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 6458–6465, 2019.
- [74] C. Francisco, *Harmonics and power systems*. CRC press, 2006.
- [75] S. Deb, K. Kalita, and P. Mahanta, “Review of impact of electric vehicle charging station on the power grid,” in *2017 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy (TAP Energy)*. IEEE, 2017, pp. 1–6.
- [76] MOIT. Quy định về hệ thống điện truyền tải và phân phối ở Việt Nam. [Online]. Available: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-39-2022-TT-BCT-sua-doi-Thong-tu-25-2016-TT-BCT-va-Thong-tu-39-2015-TT-BCT-548602.aspx>
- [77] A. Ul-Haq, A. Perwaiz, M. Azhar, and S. U. Awan, “Harmonic distortion in distribution system due to single-phase electric vehicle charging,” in *2018 2nd International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)*. IEEE, 2018, pp. 205–209.
- [78] W. Yang, J. Wang, Z. Zhang, and Y. Gao, “Simulation of electric vehicle charging station and harmonic treatment,” in *2012 International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012)*. IEEE, 2012, pp. 609–613.
- [79] A. Lucas, F. Bonavitacola, E. Kotsakis, and G. Fulli, “Grid harmonic impact of multiple electric vehicle fast charging,” *Electric Power Systems Research*, vol. 127, pp. 13–21, 2015.


- [80] A. Arefeen, S. Shehreen, A. Islam, M. Rahman, and H. Rahman, "Measurement and assessing the effects of harmonics on the grid of Bangladesh power system during EV charging," in *2019 IEEE International Conference on Power, Electrical, and Electronics and Industrial Applications (PEEIACON)*. IEEE, 2019, pp. 5–9.
- [81] Y. Xu, Y. Xu, Z. Chen, F. Peng, and M. Beshir, "Harmonic analysis of electric vehicle loadings on distribution system," in *2014 IEEE International Conference on Control Science and Systems Engineering*. IEEE, 2014, pp. 145–150.
- [82] Chính phủ. Quy định chi tiết thi hành một số điều của luật điện lực và luật sửa đổi, bổ sung một số điều của luật điện lực. [Online]. Available: <https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=170362>
- [83] S. Dechanupaprittha and C. Jamroen, "Self-learning PSO based optimal EVs charging power control strategy for frequency stabilization considering frequency deviation and impact on EV owner," *Sustainable Energy, Grids and Networks*, vol. 26, p. 100463, 2021.
- [84] F. Sánchez, F. Gonzalez-Lonzatt, J. L. Rueda, and P. Palensky, "Impact of electric vehicle charging control on the frequency response: study of the GB system," in *2018 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe)*. IEEE, 2018, pp. 1–6.
- [85] F. Ahmad, A. Iqbal, I. Ashraf, M. Marzband *et al.*, "Optimal location of electric vehicle charging station and its impact on distribution network: A review," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 2314–2333, 2022.
- [86] L. Chen, C. Xu, H. Song, and K. Jermsittiparsert, "Optimal sizing and siting of EVCS in the distribution system using metaheuristics: A case study," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 208–217, 2021.
- [87] G. Carpinelli, F. Mottola, D. Proto, and P. Varilone, "Minimizing unbalances in low-voltage microgrids: Optimal scheduling of distributed resources," *Applied Energy*, vol. 191, pp. 170–182, 2017.
- [88] M. Asna, H. Shareef, and A. Prasanthi, "Planning of fast charging stations with consideration of EV user, distribution network and station operation," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 455–462, 2023.
- [89] W. Kong, Y. Luo, G. Feng, K. Li, and H. Peng, "Optimal location planning method of fast charging station for electric vehicles considering operators,

- drivers, vehicles, traffic flow and power grid,” *Energy*, vol. 186, p. 115826, 2019.
- [90] M. Aljaidi, N. Aslam, and O. Kaiwartya, “Optimal placement and capacity of electric vehicle charging stations in urban areas: Survey and open challenges,” in *2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology (JEEIT)*. IEEE, 2019, pp. 238–243.
- [91] M. S. Mastoi, S. Zhuang, H. M. Munir, M. Haris, M. Hassan, M. Alqarni, and B. Alamri, “A study of charging-dispatch strategies and vehicle-to-grid technologies for electric vehicles in distribution networks,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1777–1806, 2023.
- [92] M. S. Hashim, J. Y. Yong, V. K. Ramachandaramurthy, K. M. Tan, M. Mansor, and M. Tariq, “Priority-based vehicle-to-grid scheduling for minimization of power grid load variance,” *Journal of Energy Storage*, vol. 39, p. 102607, 2021.
- [93] M. Singh, I. Kar, and P. Kumar, “Influence of EV on grid power quality and optimizing the charging schedule to mitigate voltage imbalance and reduce power loss,” in *Proceedings of 14th international power electronics and motion control conference EPE-PEMC 2010*. IEEE, 2010, pp. T2–196.
- [94] S. S. Ravi and M. Aziz, “Utilization of electric vehicles for vehicle-to-grid services: Progress and perspectives,” *Energies*, vol. 15, no. 2, p. 589, 2022.
- [95] M. Mazumder and S. Debbarma, “EV charging stations with a provision of V2G and voltage support in a distribution network,” *IEEE Systems Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 662–671, 2020.
- [96] C. Jin, J. Tang, and P. Ghosh, “Optimizing electric vehicle charging: A customer’s perspective,” *IEEE Transactions on vehicular technology*, vol. 62, no. 7, pp. 2919–2927, 2013.
- [97] IEA. Renewables 2022. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>
- [98] M. Yang, L. Zhang, Z. Zhao, and L. Wang, “Comprehensive benefits analysis of electric vehicle charging station integrated photovoltaic and energy storage,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 302, p. 126967, 2021.
- [99] D. Wang, M. Sechilariu, and F. Locment, “PV-powered charging station for electric vehicles: Power management with integrated V2G,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 18, p. 6500, 2020.

- [100] H. Agrawal, A. Talwariya, A. Gill, A. Singh, H. Alyami, W. Alosaimi, and A. Ortega-Mansilla, “A fuzzy-genetic-based integration of renewable energy sources and E-vehicles,” *Energies*, vol. 15, no. 9, p. 3300, 2022.
- [101] M. Huzaifa, A. Hussain, W. Haider, S. A. A. Kazmi, U. Ahmad, and H. U. Rehman, “Optimal Planning Approaches under Various Seasonal Variations across an Active Distribution Grid Encapsulating Large-Scale Electrical Vehicle Fleets and Renewable Generation,” *Sustainability*, vol. 15, no. 9, p. 7499, 2023.
- [102] P. Barman, L. Dutta, S. Bordoloi, A. Kalita, P. Buragohain, S. Bharali, and B. Azzopardi, “Renewable energy integration with electric vehicle technology: A review of the existing smart charging approaches,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 183, p. 113518, 2023.
- [103] A. Energy. EV360 Whitepaper: Austin Energy’s residential” off-peak” electric vehicle charging subscription pilot approach, findings and utility toolkit. [Online]. Available: <https://greatriverenergy.com/renewables/>
- [104] J. He, P. Chan, Q. Li, and C. Lee, “Characterizing coastal wind energy resources based on sodar and microwave radiometer observations,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 163, p. 112498, 2022.
- [105] Z. J. M. Shen, B. Feng, C. Mao, and L. Ran, “Optimization models for electric vehicle service operations: A literature review,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 128, pp. 462–477, 2019.
- [106] O. Sadeghian, A. Oshnoei, B. Mohammadi-Ivatloo, V. Vahidinasab, and A. Anvari-Moghaddam, “A comprehensive review on electric vehicles smart charging: Solutions, strategies, technologies, and challenges,” *Journal of Energy Storage*, vol. 54, p. 105241, 2022.
- [107] IRENA. Innovation outlook smart charging for electric vehicles. [Online]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/IRENA_EV_smart_charging_2019_summary.pdf
- [108] D. Ziegler and N. Abdelkafi, “Business models for electric vehicles: Literature review and key insights,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 330, p. 129803, 2022.
- [109] R. Bohnsack, J. Pinkse, and A. Kolk, “Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles,” *Research policy*, vol. 43, no. 2, pp. 284–300, 2014.

- [110] L. Bitencourt, B. Dias, T. Soares, B. Borba, J. Quirós-Tortós, and V. Costa, “Understanding business models for the adoption of electric vehicles and charging stations: Challenges and opportunities in Brazil,” *IEEE Access*, 2023.
- [111] L. Albertsen, J. L. Richter, P. Peck, C. Dalhammar, and A. Plepys, “Circular business models for electric vehicle lithium-ion batteries: An analysis of current practices of vehicle manufacturers and policies in the EU,” *Resources, conservation and recycling*, vol. 172, p. 105658, 2021.
- [112] Z. Yang, F. Yang, H. Min, H. Tian, W. Hu, and J. Liu, “Review on optimal planning of new power systems with distributed generations and electric vehicles,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 501–509, 2023.
- [113] IRS. Credits for New Clean Vehicles Purchased in 2023 or After. [Online]. Available: <https://www.irs.gov/credits-deductions/credits-for-new-clean-vehicles-purchased-in-2023-or-after>
- [114] European Commission. Net Zero Industry Act. [Online]. Available: https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/net-zero-industry-act_en
- [115] European Council. Fit for 55. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#:~:text=The%20European%20climate%20law%20makes,EU%20climate%2Dneutral%20by%202050.>
- [116] Ministry of Heavy Industries. Government Notifies PLI Scheme for Automobile & Auto components. [Online]. Available: <https://pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=1757651>
- [117] N. Narasimhulu, M. Awasthy, R. Pérez de Prado, P. B. Divakarachari, and N. Himabindu, “Analysis and Impacts of Grid Integrated Photo-Voltaic and Electric Vehicle on Power Quality Issues,” *Energies*, vol. 16, no. 2, p. 714, 2023.
- [118] 24-hour Simulation of a Vehicle-to-Grid (V2G) System. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/help/sps/ug/24-hour-simulation-of-a-vehicle-to-grid-v2g-system.html>
- [119] A. Allouhi and S. Rehman, “Grid-connected hybrid renewable energy systems for supermarkets with electric vehicle charging platforms: Optimization and sensitivity analyses,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 3305–3318, 2023.
- [120] Y. T. Chai, H. S. Che, C. Tan, W.-N. Tan, S.-C. Yip, and M.-T. Gan, “A two-stage optimization method for Vehicle to Grid coordination considering

- building and Electric Vehicle user expectations,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 148, p. 108984, 2023.
- [121] A. Alsharif, C. W. Tan, R. Ayop, A. Al Smin, A. Ali Ahmed, F. H. Kuwil, and M. M. Khaleel, “Impact of electric Vehicle on residential power distribution considering energy management strategy and stochastic Monte Carlo algorithm,” *Energies*, vol. 16, no. 3, p. 1358, 2023.
- [122] M. S. Mastoi, S. Zhuang, H. M. Munir, M. Haris, M. Hassan, M. Alqarni, and B. Alamri, “A study of charging-dispatch strategies and vehicle-to-grid technologies for electric vehicles in distribution networks,” *Energy Reports*, vol. 9, pp. 1777–1806, 2023.
- [123] M. Y. Metwly, M. Ahmed, M. S. Hamad, A. S. Abdel-Khalik, E. Hamdan, and N. A. Elmalhy, “Power management optimization of electric vehicles for grid frequency regulation: Comparative study,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 65, pp. 749–760, 2023.
- [124] A. H. Elkasem, M. Khamies, M. H. Hassan, L. Nasrat, and S. Kamel, “Utilizing controlled plug-in electric vehicles to improve hybrid power grid frequency regulation considering high renewable energy penetration,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 152, p. 109251, 2023.
- [125] D. Feng, Y. Zhao, H. Su, H. Li, and Y. Zhou, “Bi-level decomposition algorithm of real-time AGC command for large-scale electric vehicles in frequency regulation,” *Journal of Energy Storage*, vol. 62, p. 106852, 2023.
- [126] X. Dong, Y. Ma, X. Yu, X. Wei, Y. Ren, and X. Zhang, “Secondary Frequency Regulation Control Strategy with Electric Vehicles Considering User Travel Uncertainty,” *Energies*, vol. 16, no. 9, p. 3794, 2023.
- [127] Y. Mitsukuri, R. Hara, H. Kita, E. Kamiya, N. Hiraiwa, and E. Kogure, “Voltage regulation in distribution system utilizing electric vehicles and communication,” in *PES T&D 2012*. IEEE, 2012, pp. 1–6.
- [128] V. Monteiro, J. G. Pinto, B. Exposto, H. Gonçalves, J. C. Ferreira, C. Couto, and J. L. Afonso, “Assessment of a battery charger for electric vehicles with reactive power control,” in *IECON 2012-38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*. IEEE, 2012, pp. 5142–5147.
- [129] J. Y. Yong, V. K. Ramachandramurthy, K. M. Tan, and N. Mithulananthan, “Bi-directional electric vehicle fast charging station with novel reactive power compensation for voltage regulation,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 64, pp. 300–310, 2015.

- 
- [130] A. S. Masoum, S. Deilami, P. S. Moses, M. A. Masoum, and A. Abu-Siada, “Smart load management of plug-in electric vehicles in distribution and residential networks with charging stations for peak shaving and loss minimisation considering voltage regulation,” *IET generation, transmission & distribution*, vol. 5, no. 8, pp. 877–888, 2011.
- [131] A. Ovalle, A. Hably, S. Bacha *et al.*, *Grid optimal integration of electric vehicles: Examples with Matlab implementation*. Springer, 2018.
- [132] Tips for extending the lifetime of lithium-ion batteries. [Online]. Available: <https://news.umich.edu/tips-for-extending-the-lifetime-of-lithium-ion-batteries/>
- [133] MOIT. Quy định hệ thống điện truyền tải. [Online]. Available: <https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Thuong-mai/Thong-tu-25-2016-TT-BCT-he-t-hong-dien-truyen-tai-334019.aspx>
- [134] B. Lin, B. Ghaddar, and J. Nathwani, “Electric vehicle routing with charging/discharging under time-variant electricity prices,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 130, p. 103285, 2021.
- [135] L. A. Zaneti, N. B. Arias, M. C. de Almeida, and M. J. Rider, “Sustainable charging schedule of electric buses in a university campus: A rolling horizon approach,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 161, p. 112276, 2022.

CÔNG TY CỔ PHẦN SÁNG TẠO XANH VIỆT NAM (GREEN IN)

Nhà C1X3, Tổ 12, Phường Cầu Diễn, Quận Nam Từ Liêm, Hà Nội

Điện thoại: (+84) 979 786 242 | Website: greeninvietnam.org

Fanpage/Youtube: GREEN IN Vietnam | Email: admin@greeninvietnam.org.vn