



Tạp chí

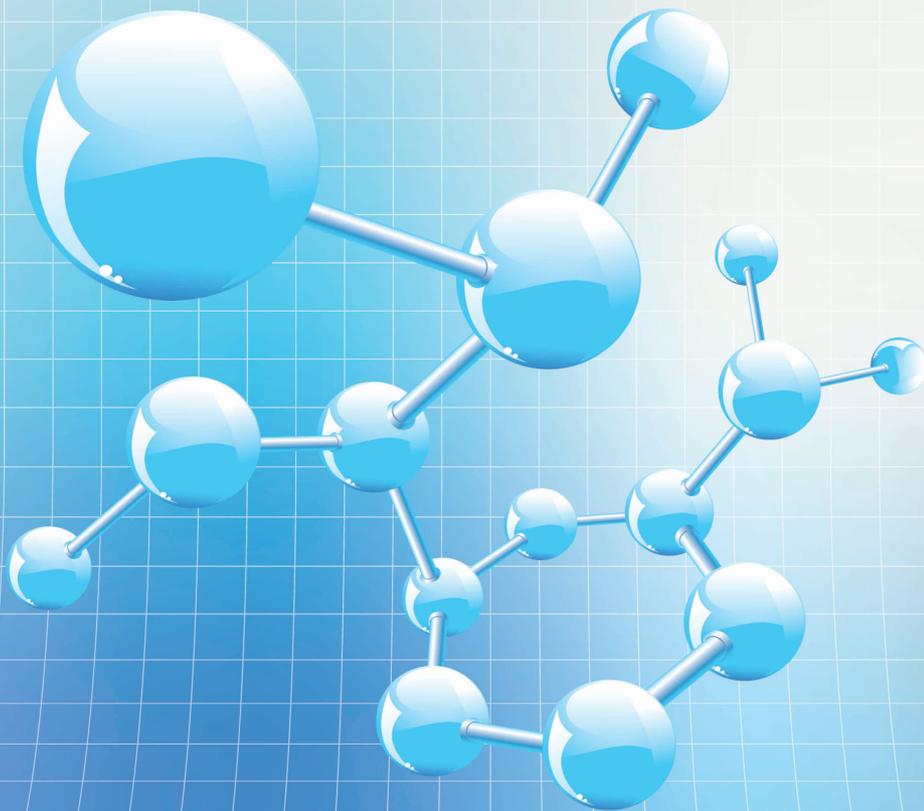
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190

E. ISSN 2815-553X



Số 4 (92)

2025

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

■ **Tổng Biên tập**

TS. Đỗ Văn Đĩnh

■ **Phó Tổng biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên

■ **Thư ký Tòa soạn**

PGS.TS. Ngô Hữu Mạnh

■ **Hội đồng Biên tập**

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyên - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Văn Liễn

GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Nguyễn Đức Toàn

PGS.TS. Lê Thu Quý

GS.TS. Lê Anh Tuấn

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trương Thị Thủy

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

GS.TS. Nguyễn Văn Anh

■ **Ban Biên tập**

TS. Vũ Văn Đông - Trưởng ban

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Phó Trưởng ban

■ **Editor-in-Chief**

Dr. Do Van Dinh

■ **Vice Editor-in-Chief**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

■ **Office Secretary**

Assoc.Prof.Dr. Ngo Huu Manh

■ **Editorial Board**

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen - Chairman

Prof.Dr. Pham Thi Ngoc Yen

Assoc.Prof.Dr.Sc. Tran Hoai Linh

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Van Lien

Prof.Dr.Sc. Than Ngoc Hoan

Prof.Dr.Sc. Banh Tien Long

Prof.Dr. Nguyen Duc Toan

Assoc.Prof.Dr. Le Thu Quy

Prof.Dr. Le Anh Tuan

Prof.Dr. Dinh Van Son

Assoc.Prof.Dr. Truong Thi Thuy

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Thi Bat

Prof.Dr. Do Quang Khang

Assoc.Prof.Dr. Ngo Sy Luong

Assoc.Prof.Dr. Khuat Van Ninh

Prof.Dr.Sc. Pham Hoang Hai

Assoc.Prof.Dr. Doan Ngoc Hai

Assoc.Prof.Dr. Nguyen Ngoc Ha

Prof.Dr. Yu Ming Zhang

Prof.Dr. Nguyen Van Anh

■ **Editorial**

Dr. Vu Van Dong - Head

MSc. Doan Thi Thu Hang - Deputy Head

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/>Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- | | | |
|---|----|--|
| Thiết kế bộ điều khiển có tham số thay đổi | 5 | Nguyễn Thu Hà
Trần Tiến Đức
Nguyễn Đức Quang |
| Ứng dụng phương pháp MPC để bù trễ truyền thông | 11 | Nguyễn Trọng Các |
| Ảnh hưởng của điện mặt trời áp mái nhà tới điện áp lưới điện phân phối | 17 | Nguyễn Đình Thắng
Nguyễn Việt Đức
Nguyễn Đức Thuận
Nguyễn Thị Thu Hương
Phạm Văn Nam
Lê Viết Sơn
Nguyễn Văn Hùng
Nguyễn Đức Minh
Đỗ Văn Đình |
| Ứng dụng mạng neural tích chập kết hợp với bộ điều khiển khả trình PLC để hỗ trợ thực hiện tránh va tự động cho tàu thủy | 26 | Đinh Anh Tuấn
Đoàn Hữu Khánh
Mạc Trung Phúc
Nguyễn Phương Ty |
| Nghiên cứu ứng dụng thị giác máy trong tự động hóa hệ thống rót than cho toa xe tại Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) | 32 | Lê Văn Thông
Phương Mạnh Tuấn
Phạm Thị Thu Hương
Phạm Văn Nam
Đỗ Văn Đình |

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- | | | |
|--|----|---|
| Mô phỏng ứng suất, chuyển vị, biến dạng và hệ số an toàn trong lắp ghép mặt bích ống chịu tải trọng phức hợp | 39 | Vũ Hoa Kỳ |
| Nghiên cứu ứng dụng ngôn ngữ lập trình Python tối ưu hóa chế độ cắt khi tiện CNC thép không gỉ AL-6XN | 45 | Mạc Thị Nguyên
Nguyễn Thị Thảo
Đào Văn Kiên |
| Phân tích đa vật lý về Điện - Nhiệt - Cơ của Vi kết nối | 52 | Mạc Văn Giang |

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu tối ưu hóa tấm phẳng hợp kim nhôm 6061-T6 theo hai phương pháp hình dạng và cấu trúc 58 Nguyễn Văn Hình
- Mô phỏng và phân tích ứng suất, biến dạng trên dao phay carbide K10 khi phay mặt bên thép SKD61 theo hai sơ đồ tiếp xúc 65 Mạc Thị Nguyên
Mạc Văn Giang

NGÀNH KINH TẾ

- Giải pháp thúc đẩy phát triển sản phẩm dịch vụ trong thời kỳ chuyển đổi số ở Việt Nam hiện nay 72 Ngô Thị Luyện
- Chi phí logistics và năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp Việt Nam 78 Nguyễn Minh Tuấn
- Tiến tới Net Zero -Thực trạng phát triển thị trường Các-bon tại Việt Nam 84 Lương Thị Hoa
Nguyễn Thị Thủy
- Truyền thông số trong Marketing du lịch địa phương: Trường hợp khu di tích Côn Sơn - Kiếp Bạc, Thành phố Hải Phòng 90 Vũ Thị Hường
- Chính sách thuế dưới giác độ cảm nhận của hộ kinh doanh 96 Phạm Thị Hồng Hoa

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

- Ứng dụng chuyển đổi số trong giảng dạy học phần tư tưởng Hồ Chí Minh ở Trường Đại học Sao Đỏ hiện nay 104 Nguyễn Thị Hải Hà
- Lý luận năng suất lao động của Mác-Lênin và quan điểm của Đảng Cộng sản Việt Nam trong bối cảnh chuyển đổi số ngày nay 109 Vũ Văn Đông
- Tư tưởng Hồ Chí Minh về xây dựng đội ngũ nhà giáo và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa hiện nay 114 Đặng Thị Dung
- Tư tưởng Hồ Chí Minh về nhà nước pháp quyền xã hội chủ nghĩa và sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam hiện nay 120 Vũ Văn Đông
Trần Thị Hồng Nhung
- Phát triển nguồn nhân lực trong kỷ nguyên số thông qua mô hình hợp tác đào tạo giữa nhà trường và doanh nghiệp - Hướng đi mới cho quản lý giáo dục và nâng cao chất lượng lao động 125 Đỗ Thị Thùy

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

- | | | |
|--|----|--|
| Design of a variable parameter controller | 5 | Nguyen Thu Ha
Tran Tien Duc
Nguyen Duc Quang |
| Application of Model predictive control for communication delay compensation | 11 | Nguyen Trong Cac |
| Effects of rooftop photovoltaic systems on distribution grid voltage | 17 | Nguyen Dinh Thang
Nguyen Viet Duc
Nguyen Duc Thuan
Nguyen Thi Thu Huong
Pham Van Nam
Le Viet Son
Nguyen Van Hung
Nguyen Duc Minh
Do Van Dinh |
| Application of convolutional neural network (CNN) combined with programmable logic controller (PLC) to support automatic collision avoidance for ships | 26 | Dinh Anh Tuan
Doan Huu Khanh
Mac Trung Phuc
Nguyen Phuong Ty |
| A Study on the application of Machine vision in automating coal loading Systems for Railcars at Vietnam National Coal and Mineral Industries Group (TKV) | 32 | Le Van Thong
Phuong Manh Tuan
Pham Thi Thu Huong
Pham Van Nam
Do Van Dinh |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- | | | |
|---|----|---|
| Stress, displacement, strain and safety factor simulation in flange pipe assembly under complex loading | 39 | Vu Hoa Ky |
| Python based optimization of cutting parameters in CNC turning of AL-6XN stainless steel | 45 | Mac Thi Nguyen
Nguyen Thi Thao
Dao Van Kien |
| Multiphysics Analysis of Electro - Thermo - Mechanical Interactions in Micro - Interconnects | 52 | Mac Van Giang |

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

- Research on optimizing 6061-T6 aluminum alloy flat plate using two methods shape and structure 58 Nguyen Van Hinh
- Simulation and analysis of stress and strain on carbide K10 end mills for SKD61 steel side milling under two contact schemes 65 Mac Thi Nguyen
Mac Van Giang

TITLE FOR ECONOMICS

- Solutions to promote service products development in the current digital transformation period in Vietnam 72 Ngo Thi Luyen
- Logistics costs and competitiveness of Vietnamese enterprises 78 Nguyen Minh Tuan
- Toward Net Zero - The current development of the Carbon market in Vietnam 84 Luong Thi Hoa
Nguyen Thi Thuy
- Digital communication in Local Tourism Marketing: The Case of the Con Son - Kiep Bac Historical Site, Hai Phong City 90 Vu Thi Huong
- Tax policy from the perspective of business households 96 Pham Thi Hong Hoa

TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE

- The application of digital transformation in teaching the subject of Ho Chi Minh's thought at Sao Do University today 104 Nguyen Thi Hai Ha
- The theory of labor productivity of Marx-Lenin and the viewpoint of the Communist Party of Vietnam in the context of today's digital transformation 109 Vu Van Dong
- Ho Chi Minh's thoughts on building a team of teachers and its application by the Communist Party of Vietnam in the current period of industrialization and modernization 114 Dang Thi Dung
- Ho Chi Minh's thought on the socialist rule of law state and its application by the Communist Party of Vietnam today 120 Vu Van Dong
Tran Thi Hong Nhung
- Developing human resources in the digital era through a training cooperation model between schools and businesses - A new direction for educational management and improving labor quality 125 Do Thi Thuy

Ảnh hưởng của điện mặt trời áp mái nhà tới điện áp lưới điện phân phối

Effects of rooftop photovoltaic systems on distribution grid voltage

Nguyễn Đình Thắng¹, Nguyễn Việt Đức¹, Nguyễn Đức Thuận¹,
Nguyễn Thị Thu Hương², Phạm Văn Nam^{3*}, Lê Việt Sơn³,
Nguyễn Văn Hùng³, Nguyễn Đức Minh⁴, Đỗ Văn Đình⁵

*Tác giả liên hệ: nampv@hau.edu.vn

¹Sở Công thương Thành phố Hà Nội

²Viện Khoa học Công nghệ năng lượng và Môi trường

³Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Bộ Tài chính

⁵Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 02/6/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/11/2025

Ngày chấp nhận đăng: 26/11/2025

Tóm tắt

Sự phát triển nhanh chóng của các hệ thống điện mặt trời mái nhà (ĐMTMN) đã đặt ra nhiều thách thức đối với chất lượng điện áp của lưới điện phân phối trung áp và hạ áp. Bài báo này đánh giá ảnh hưởng của ĐMTMN tới chất lượng điện áp, tập trung vào các vấn đề như độ lệch điện áp và sóng hài điện áp, đồng thời đề xuất một số giải pháp giảm thiểu ảnh hưởng của hệ thống ĐMTMN. Nghiên cứu sử dụng mô phỏng lưới điện và dữ liệu từ các nghiên cứu liên quan để phân tích. Kết quả cho thấy rằng, mặc dù ĐMTMN góp phần giảm áp lực cho lưới điện, nhưng việc tích hợp không kiểm soát có thể gây ra hiện tượng quá áp vào các giờ cao điểm sản xuất điện. Các giải pháp như sử dụng biến tần thông minh, hệ thống lưu trữ năng lượng, nâng cấp cơ sở hạ tầng lưới điện được đề xuất để giảm thiểu tác động tiêu cực và nâng cao chất lượng điện áp.

Từ khóa: Điện mặt trời mái nhà; chất lượng điện áp; lưới điện phân phối.

Abstract

The rapid development of rooftop photovoltaic (PV) systems has introduced significant challenges to the voltage quality of medium-and low-voltage distribution networks. This paper assesses the impact of rooftop PV systems on voltage quality, focusing on issues such as voltage deviation and voltage harmonics. Several mitigation measures are also proposed. The study employs grid simulation models and data from related research for analysis. The results indicate that although rooftop PV systems help alleviate the load on the grid, uncontrolled integration can lead to overvoltage during peak solar generation periods. Solutions such as the adoption of smart inverters, implementation of energy storage systems, and upgrading of grid infrastructure are proposed to mitigate negative impacts and enhance voltage quality.

Keywords: Rooftop solar photovoltaic; voltage quality; distribution network.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ĐMTMN đã trở thành một giải pháp năng lượng tái tạo phổ biến tại Việt Nam [1], [2], đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội, Thành phố Hồ Chí Minh, Đà Nẵng. Tính riêng theo báo cáo của Tổng công ty Điện lực Hà Nội (EVN Hà Nội), tính đến năm 2025, tổng công suất lắp đặt ĐMTMN tại Hà Nội đã vượt quá 500 MW, đóng góp đáng kể vào

việc giảm áp lực lên lưới điện quốc gia. Một nghiên cứu về tiềm năng kỹ thuật của ĐMTMN tại Hà Nội ước tính tổng công suất lắp đặt có thể đạt 13169,72 MWp, với sản lượng hàng năm là 37.591.481,20 MWh [3], [4]. Tuy nhiên, sự gia tăng nhanh chóng của các hệ thống ĐMTMN cũng đặt ra nhiều thách thức liên quan đến chất lượng điện áp trong lưới điện hạ áp (220/380 V), bao gồm hiện tượng quá áp, dao động điện áp và mất cân bằng pha. Một nghiên cứu tại Hà Tĩnh đã chỉ ra rằng mức thâm nhập ĐMTMN cao có thể gây quá áp tại 15% các nút lưới [5] và điều này có thể tương tự tại các đô thị lớn do đặc thù lưới điện đô thị phức tạp.

Người phản biện: 1. GS.TSKH. Trần Hoài Linh

2. TS. Dương Hòa An

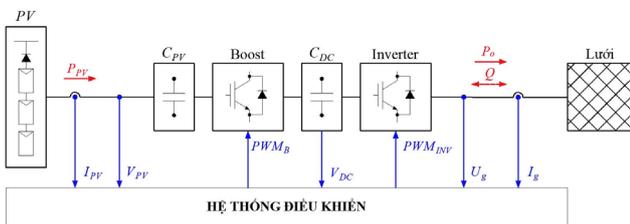
Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá ảnh hưởng của ĐMTMN tới chất lượng điện áp trên lưới điện hạ áp và đề xuất các chính sách quản lý nhằm đảm bảo độ ổn định và hiệu quả của hệ thống điện. Nghiên cứu tập trung vào các khu vực đô thị có mật độ ĐMTMN cao, sử dụng kết hợp dữ liệu từ các nghiên cứu hiện có và mô phỏng để phân tích.

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng ĐMTMN có thể gây ra các vấn đề về chất lượng điện áp trong lưới điện hạ áp [6], [7]. Nghiên cứu [5] cho thấy mức thâm nhập 70% có thể gây ra quá áp tại 15% các nút lưới trong giờ cao điểm sản xuất năng lượng mặt trời. Tương tự, một nghiên cứu tại Thái Lan ghi nhận sự gia tăng điện áp từ 2,3+3,6% và biến động tần số nhỏ do ĐMTMN [8]. Trên toàn cầu, các bài xem xét nhấn mạnh rằng ĐMTMN có thể ảnh hưởng đến chất lượng điện áp, công suất mất mát và hoạt động của các thiết bị điều chỉnh điện áp trong hệ thống phân phối [8]. Trên toàn cầu, các bài xem xét nhấn mạnh rằng ĐMTMN có thể ảnh hưởng đến chất lượng điện áp, công suất mất mát và hoạt động của các thiết bị điều chỉnh điện áp trong hệ thống phân phối.

2. HỆ THỐNG ĐIỆN MẶT TRỜI MÁI NHÀ VÀ CHẤT LƯỢNG ĐIỆN ÁP

2.1. Hệ thống điện mặt trời áp mái nhà

Đối với hệ thống điện mặt trời mái nhà yêu cầu về thiết kế và điều khiển hiệu quả các hệ thống PV nối lưới trở thành điều kiện kỹ thuật bắt buộc. Điều này cho phép kiểm soát dòng công suất phát lên lưới, từ đó đảm bảo vận hành ổn định và nâng cao hiệu quả kinh tế. Hiện nay, phần lớn các hệ thống điều khiển PV mái nhà nối lưới đều vận hành theo tiêu chí tối đa hóa công suất phát, nhằm khai thác tối đa năng lượng mặt trời và giảm chi phí vận hành. Cấu trúc khối điều khiển điển hình cho hệ thống PV mái nhà nối lưới được trình bày trong Hình 1.



Hình 1. Hệ thống điện mặt trời nối lưới

Cấu trúc điều khiển hệ thống thường tích hợp các thuật toán điều khiển vòng dòng và vòng điện áp [9], đồng thời thực hiện điều khiển MPPT và điều khiển công suất phản kháng để đảm bảo vận hành ổn định, tuân thủ các tiêu chuẩn lưới như IEEE 1547 [10].

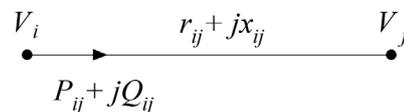
Đặc biệt, hệ thống có khả năng phát công suất tác dụng P_o và điều khiển công suất phản kháng Q , tùy thuộc vào chiến lược điều khiển tích hợp trong bộ

ngược lưu. Trong bối cảnh lưới điện phân phối, công suất phản kháng đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh biên độ điện áp tại điểm đầu nối. Khi dòng công suất phản kháng được điều khiển phù hợp, hệ thống có thể hỗ trợ ổn định điện áp, hạn chế hiện tượng quá áp xảy ra do công suất tác dụng dư thừa từ các nguồn PV mái nhà trong điều kiện bức xạ cao và phụ tải thấp. Ngược lại, nếu không có khả năng điều khiển Q , điện áp tại các điểm nút gần nguồn PV có thể vượt quá giới hạn cho phép, ảnh hưởng đến chất lượng điện năng và gây khó khăn trong công tác vận hành lưới [11], [12].

2.2. Chất lượng điện áp

2.2.1. Độ lệch điện áp

Độ lệch điện áp trong mạng hạ áp là sự chênh lệch giữa giá trị điện áp RMS (Root-Mean-Squared) thực tế tại một nút trong mạng lưới và giá trị điện áp danh định, thường được xác định theo tiêu chuẩn như 220 V hoặc 230 V trong hệ thống hạ áp. Độ lệch này rất quan trọng vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất và tuổi thọ của các thiết bị điện. Theo tiêu chuẩn IEEE 1547, độ lệch điện áp tại điểm kết nối chung (PCC) nên được giữ trong khoảng $\pm 6\%$ để đảm bảo an toàn và hiệu quả. Nếu điện áp vượt quá giới hạn này, có thể xảy ra các vấn đề như hỏng thiết bị, tăng tổn hao nhiệt, hoặc giảm hiệu suất vận hành [13].



Hình 2. Minh họa tính tổn thất điện áp

$$V_j \approx V_i - \frac{P_{ij}r_{ij} + Q_{ij}x_{ij}}{V_i} \quad (1)$$

Trong đó:

V_i : Điện áp tại nút i (nút đầu đường dây);

V_j : Điện áp tại nút j (nút cuối đường dây);

P_{ij} : Công suất tác dụng truyền từ nút i đến j ;

Q_{ij} : Công suất phản kháng truyền từ nút i đến j ;

r_{ij} , x_{ij} : Thành phần điện trở và điện kháng của đường dây nối từ i đến j .

Trong các hệ thống phân phối điện, điện áp tại một nút bất kỳ (nút j) chịu ảnh hưởng trực tiếp từ điện áp tại nút lân cận (nút i), từ công suất truyền tải giữa các nút, cũng như từ các tham số đường dây như điện trở và điện kháng. Cụ thể, các thông số r_{ij} và x_{ij} lần lượt đại diện cho điện trở và điện kháng của đường dây nối giữa hai nút i và j . Mỗi quan hệ giữa điện áp tại các nút là phi tuyến. Tuy nhiên, trong một số điều kiện nhất định, điện áp tại nút j vẫn có thể được xem là hàm

đồng biến của điện áp tại nút i ; nghĩa là khi V_i tăng, V_j cũng có xu hướng tăng theo.

Để đơn giản hóa phân tích và đánh giá nhanh sự thay đổi điện áp do tích hợp các nguồn phát phân tán, đặc biệt là các nguồn tái tạo như hệ thống điện mặt trời mái nhà, một công thức gần đúng thường được sử dụng như sau [13]:

$$\Delta V \approx R(P_{PV} - P_L) + X(-Q_L \pm Q_{PV}) \quad (2)$$

Trong đó:

R, X : Tương ứng là điện trở và điện kháng của đoạn đường dây kết nối giữa điểm đặt nguồn và tải;

P_{PV}, Q_{PV} : Công suất tác dụng và công suất phản kháng phát ra từ PV;

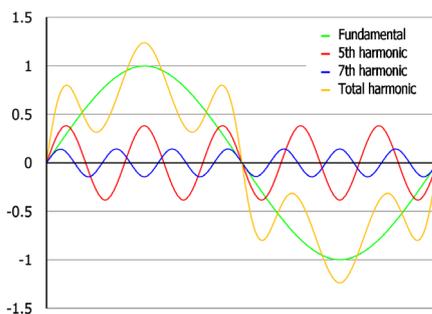
P_L, Q_L : Công suất tác dụng và phản kháng tiêu thụ bởi phụ tải.

Dấu \pm thể hiện khả năng của nguồn PV trong việc phát hoặc hấp thụ công suất phản kháng, tùy theo chế độ vận hành.

Công thức trên rất hữu ích trong việc ước lượng nhanh độ lệch điện áp tại điểm đấu nối khi tích hợp các nguồn phân tán như PV, từ đó hỗ trợ việc phân tích các hiện tượng quá áp, điều chỉnh công suất phản kháng, cũng như hoạch định các giải pháp điều khiển điện áp trong lưới phân phối hiện đại.

2.2.2. Sóng hài điện áp

Sự tồn tại của sóng hài trong hệ thống điện hiện nay đang trở thành một vấn đề cấp thiết, thu hút sự quan tâm đặc biệt trong lĩnh vực công nghiệp điện. Các thành phần sóng hài có thể gây ra nhiều hệ lụy nghiêm trọng như làm suy giảm hiệu suất vận hành của thiết bị điện, gia tăng tổn hao nhiệt trong hệ thống và đặc biệt ảnh hưởng tiêu cực đến các thiết bị điện tử nhạy cảm. Những tác động này không chỉ làm giảm hiệu quả vận hành tổng thể của hệ thống PV mà còn có thể dẫn đến thiệt hại kinh tế do tăng chi phí bảo trì và thay thế thiết bị. Về mặt lý thuyết, sóng hài được định nghĩa là tổ hợp của các thành phần sóng hình sin có tần số là bội số nguyên của tần số cơ bản của hệ thống điện [14], [15]. Hình 5 minh họa sự khác biệt giữa dạng sóng sin cơ bản và dạng sóng điều hòa [16].



Hình 3. Dạng sóng sin và sóng điều hòa

Theo tiêu chuẩn IEEE 519 [17], được ban hành lần đầu vào năm 1981 và cập nhật vào năm 1992, các yêu cầu và quy định liên quan đến việc kiểm soát sóng hài trong hệ thống điện đã được xác lập nhằm bảo đảm chất lượng điện năng. Cụ thể, tiêu chuẩn này quy định rằng biên độ của từng thành phần sóng hài không được vượt quá 3%, trong khi tổng độ biến dạng sóng hài (THD) không được vượt quá 5% so với sóng cơ bản có tần số 50 hoặc 60 Hz [18].

Tại Việt Nam, Thông tư số 30/2019/TT-BCT [19] cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc kiểm soát sóng hài dòng điện (THDi) trong các hệ thống điện nhằm đảm bảo ổn định vận hành và duy trì chất lượng điện năng. Mức giới hạn THDi được quy định thay đổi trong khoảng từ 5÷20%, tùy thuộc vào cấu trúc và tính chất cụ thể của từng hệ thống điện.

Tổng biến dạng sóng hài điện áp (THD- Total Harmonic Distortion) là tỷ lệ giữa giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp với giá trị hiệu dụng của điện áp bậc cơ bản (theo đơn vị %) được tính theo công thức sau:

$$THD = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^N V_i^2}{V_1^2}} \times 100\% \quad (3)$$

Trong đó:

THD : Tổng sóng hài biến dạng sóng hài điện áp;

V_i : Giá trị hiệu dụng của sóng hài điện áp bậc i và N là bậc cao nhất của sóng hài cần đánh giá;

V_1 : Giá trị hiệu dụng của điện áp bậc cơ bản (tần số 50 Hz).

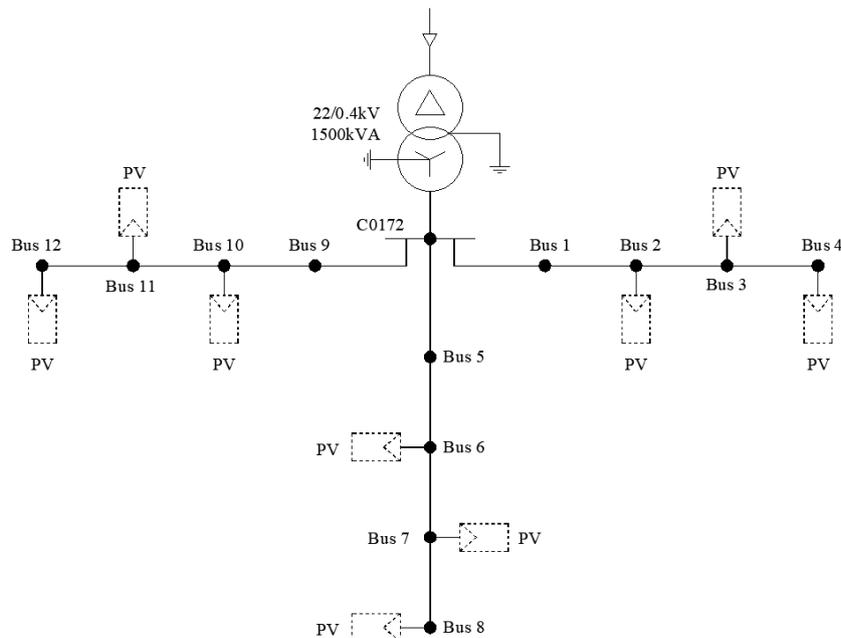
Tổng độ biến dạng sóng hài điện áp tại mọi điểm đấu nối không được vượt quá giới hạn quy định trong như sau:

Bảng 1. Độ biến dạng sóng hài điện áp tối đa cho phép [19]

Cấp điện áp	Tổng biến dạng sóng hài (THD)	Biến dạng riêng lẻ
110 kV	3%	1.5%
Trung áp	5%	3%
Hạ áp	8%	5%

3. LƯỚI NGHIỆN CỨU

Để có thể đánh giá được mức độ tác động của nguồn ĐMTMN đối với chất lượng điện áp trong lưới điện hạ thế, lưới nghiên cứu trong Hình 4 được sử dụng. Lưới điện nghiên cứu mang đầy đủ các đặc trưng của lưới điện hạ thế được kết nối với các hệ thống ĐMTMN ở một số điểm nút đã định trước. Hệ thống lưới nghiên cứu sử dụng đồng bộ cáp trục 1 kV Cu/XLPE-3C-240 mm².



Hình 4. Sơ đồ lưới nghiên cứu

Bảng 2. Thông số lưới mô phỏng

Thông số phụ tải tại bus (kVA)			
Bus 1	138.6	Bus 7	50
Bus 2	120	Bus 8	50
Bus 3	100	Bus 9	80.3
Bus 4	80	Bus 10	100
Bus 5	50	Bus 11	120
Bus 6	50	Bus 12	140
Chiều dài đường dây (m)			
D1	105	D7	55
D2	85	D8	70
D3	60	D9	40
D4	50	D10	95
D5	210	D11	115
D6	165	D12	150

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

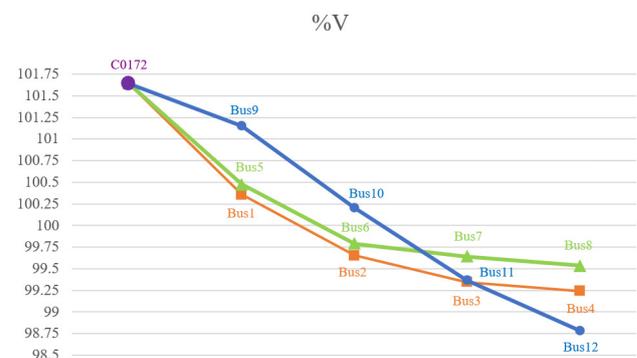
4.1. Độ lệch điện áp lưới nghiên cứu

Để đánh giá một cách toàn diện sự biến thiên điện áp tại các nút trong lưới điện, nghiên cứu đã xây dựng các kịch bản mô phỏng giả định trên phần mềm ETAP. Các kịch bản này được thiết lập dựa trên hai yếu tố chính: Sự thay đổi về mức độ tiêu thụ điện năng của phụ tải và sự dao động trong công suất phát của các hệ thống ĐMTMN. Việc xây dựng các kịch bản nhằm mô phỏng các điều kiện vận hành thực tế khác nhau, qua đó phân tích ảnh hưởng của ĐMTMN đến chất lượng điện áp trong lưới điện phân phối.

4.1.1. Kịch bản 1

Nhu cầu tiêu thụ của phụ tải ở mức cao khi không có sự tham gia của các hệ thống điện mặt trời áp mái.

Kịch bản 1 được xây dựng nhằm mô phỏng trạng thái vận hành của lưới điện hạ áp trong điều kiện phụ tải tiêu thụ ở mức cao và chưa có sự tham gia của các hệ thống ĐMTMN, qua đó đánh giá hiện trạng phân bố điện áp và tổn thất điện năng khi toàn bộ công suất được cung cấp từ lưới.



Hình 5. Phân bố điện áp lưới hạ áp nhánh 1 - Kịch bản 1

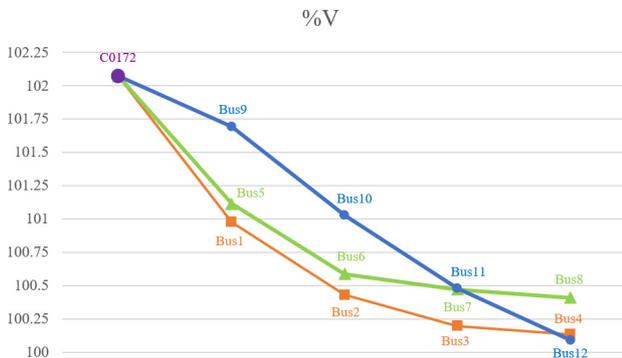
Hình 5 cho thấy độ sụt áp đáng kể tại các nút trong nhánh hạ áp khi phụ tải ở mức cao và không có nguồn ĐMTMN hỗ trợ. Điện áp giảm từ 101,7% tại C0172 xuống còn khoảng 98,6% tại các nút xa như Bus12 và Bus4.

4.1.2. Kịch bản 2

Nhu cầu tiêu thụ của phụ tải và công suất phát của các hệ thống điện mặt trời áp mái đều ở mức cao.

Kịch bản 2 được thiết lập nhằm đánh giá ảnh hưởng của hệ thống ĐMTMN trong điều kiện cả phụ tải tiêu

thụ và công suất phát từ ĐMTMN đều ở mức cao, phản ánh trạng thái vận hành điển hình vào thời điểm trưa nắng khi nhu cầu điện và khả năng phát của nguồn phân tán cùng đạt đỉnh.



Hình 6. Phần trăm điện áp lưới hạ áp - Kịch bản 2

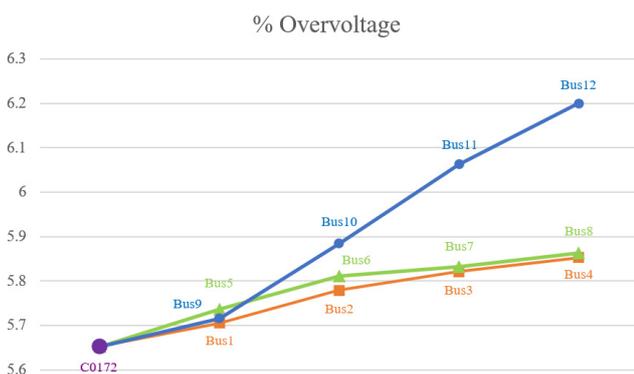
Hình 6 cho thấy điện áp tại các nút trong lưới hạ áp tăng lên đáng kể khi hệ thống ĐMTMN phát công suất ở mức cao. Mức điện áp tại các nút cuối như Bus12 và Bus4 duy trì trên 100%, cao hơn so với Kịch bản 1 (chỉ khoảng 98,6%). Sự cải thiện này cho thấy tác dụng rõ rệt của nguồn phân tán trong việc hỗ trợ công suất tác dụng tại chỗ, từ đó giảm tổn thất truyền tải và sụt áp trên đường dây.

Ngoài ra, độ dốc suy giảm điện áp giữa các nút trong Kịch bản 2 thấp hơn so với Kịch bản 1, phản ánh việc chia sẻ tải giữa nguồn chính và các hệ thống ĐMTMN đã giúp giảm áp lực lên lưới. Kết quả này khẳng định hiệu quả của ĐMTMN trong việc cải thiện phân bố điện áp, đặc biệt tại các nhánh phụ tải xa trạm nguồn. Tuy nhiên, cần kiểm soát điện áp tăng cao quá mức, nhất là vào thời điểm công suất phát lớn và phụ tải thấp.

4.1.3. Kịch bản 3

Nhu cầu tiêu thụ của phụ tải ở mức thấp khi các hệ thống điện mặt trời áp mái phát công suất ở mức cao.

Ở kịch bản thứ 3, công suất phát của các hệ thống điện mặt trời áp mái được giữ nguyên ở mức 100% tương đương 25% tổng công suất tác dụng của phụ tải nhưng sẽ giảm công suất tiêu thụ của phụ tải xuống 10%.



Hình 7. Phần trăm điện áp lưới hạ áp - Kịch bản 3

Hình 7 thể hiện hiện tượng quá áp cục bộ xảy ra tại các nút trong lưới hạ áp khi phụ tải tiêu thụ ở mức thấp trong khi công suất phát từ hệ thống ĐMTMN đạt mức cao. Điện áp tại các nút cuối như Bus12 vượt ngưỡng 6,2% so với điện áp danh định, cao hơn rõ rệt so với các kịch bản trước.

So với Kịch bản 1, điện áp sụt giảm xuống dưới 98,6% do phụ tải lớn và không có ĐMTMN, thì Kịch bản 3 thể hiện chiều hướng ngược lại - hiện tượng dư thừa công suất cục bộ khiến điện áp tăng vượt mức cho phép. Ngoài ra, qua đánh giá chất lượng điện áp trong kịch bản 2 và 3 chỉ ra rằng, mặc dù cùng mức công suất phát của nguồn ĐMTMN nhưng tại kịch bản 3 biên độ điện áp có giá trị cao hơn so với biên độ điện áp tại kịch bản 3. Do nhu cầu phụ tải thấp làm giảm khả năng hấp thụ năng lượng tại chỗ, dẫn đến hiện tượng quá điện áp cục bộ.

Kết quả này cho thấy nguy cơ quá áp tại các nút cuối lưới khi tỷ lệ phát từ nguồn phân tán lớn hơn nhu cầu thực tế. Đây là hiện tượng đặc trưng trong hệ thống phân phối có tích hợp PV không kiểm soát, đặc biệt vào thời điểm công suất phát ĐMTMN đạt đỉnh trong khi nhu cầu sử dụng phụ tải thấp. Điều này đặt ra yêu cầu cấp thiết về áp dụng các biện pháp điều khiển điện áp như điều chỉnh công suất phản kháng hoặc sử dụng biến tần thông minh có chức năng hỗ trợ điều chỉnh điện áp.

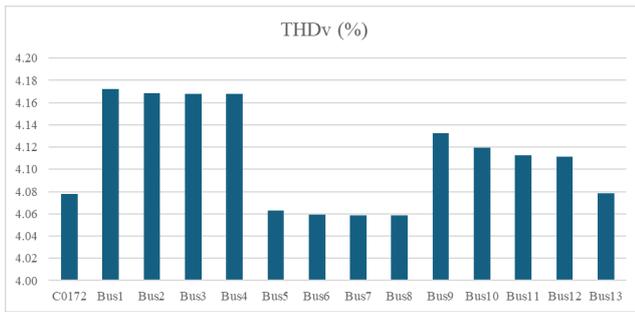
4.2. Sóng hài điện áp lưới nghiên cứu

Để phân tích một cách khách quan và sát với thực tế tác động của hệ thống điện ĐMTMN đến các chỉ tiêu sóng hài trong lưới điện phân phối, nghiên cứu tiến hành xây dựng các kịch bản mô phỏng với điều kiện vận hành khác nhau. Việc thiết lập kịch bản được cân nhắc dựa trên mức độ tích hợp của ĐMTMN, đặc điểm kỹ thuật của các bộ biến tần sử dụng và cấu hình tải tại các nút trong lưới. Thông qua các tình huống giả định này, nghiên cứu không chỉ đánh giá sự biến thiên của các chỉ số tổng méo hài điện áp, mà còn làm rõ những rủi ro tiềm ẩn đối với thiết bị điện và khả năng ổn định của hệ thống phân phối trong bối cảnh lưới điện ngày càng phụ thuộc vào nguồn năng lượng tái tạo.

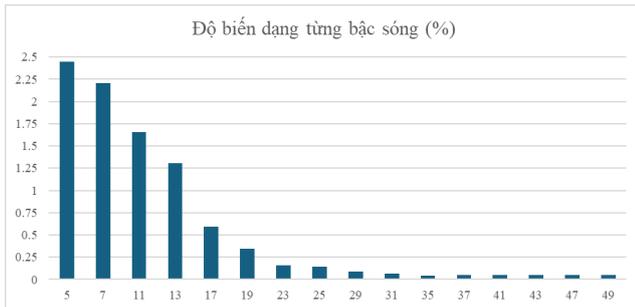
4.2.1. Kịch bản 1

Chưa có sự thâm nhập của các hệ thống điện mặt trời áp mái.

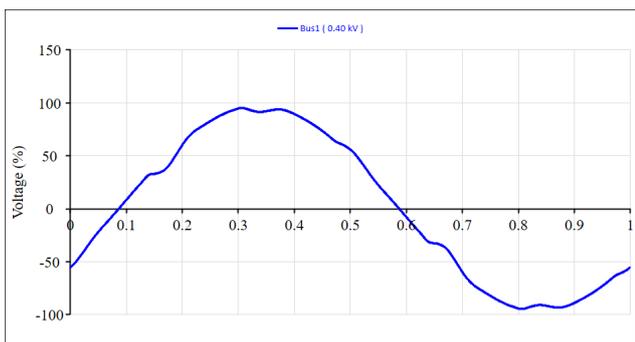
Kịch bản 1 được thiết lập trong điều kiện lưới điện vận hành chưa có sự thâm nhập của các hệ thống điện ĐMTMN, nhằm phản ánh hiện trạng chất lượng điện năng khi nguồn phân tán chưa được tích hợp vào hệ thống.



Hình 8. Tổng độ biến dạng sóng hài lưới hạ áp - Kịch bản 1



Hình 9. Biên dạng sóng hài riêng lẻ Bus1 - Kịch bản 1



Hình 10. Dạng sóng điện áp Bus1- Kịch bản 1

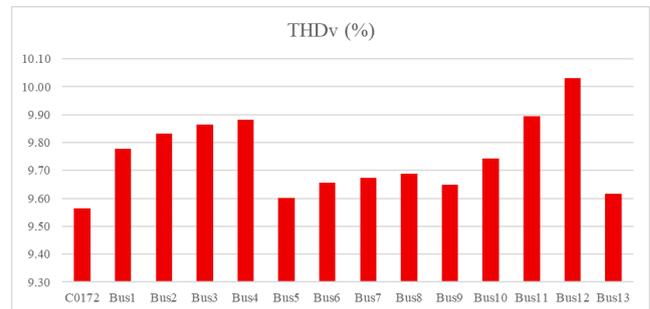
Kết quả mô phỏng trong Kịch bản 1 cho thấy tổng độ méo hài điện áp tại các nút dao động trong khoảng 4.06–4.18%, với các giá trị cao tập trung tại Bus1–Bus4 (Hình 8), phản ánh ảnh hưởng rõ rệt của tải phi tuyến đến chất lượng điện áp. Phân tích phổ hài tại Bus1 (Hình 9) cho thấy các thành phần hài bậc thấp, đặc biệt là bậc 5 và 7, chiếm ưu thế và là nguyên nhân chính gây biến dạng sóng. Dạng sóng điện áp thực tại Bus1 (Hình 10) thể hiện rõ sự méo dạng so với dạng sin lý tưởng, xác nhận sự hiện diện của các thành phần hài. Kết quả này cho thấy nhu cầu cần thiết của việc áp dụng các giải pháp giảm thiểu sóng hài nhằm đảm bảo vận hành ổn định và tuân thủ các giới hạn tiêu chuẩn như IEEE 519.

4.2.2. Kịch bản 2

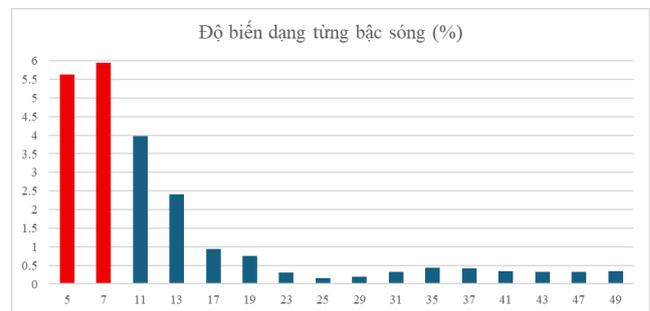
Tổng công suất các hệ thống điện mặt trời áp mái chiếm 25% tổng công suất tác dụng của phụ tải

Kịch bản 2 mô phỏng điều kiện vận hành của lưới điện khi các hệ thống ĐMTMN được tích hợp với tổng công

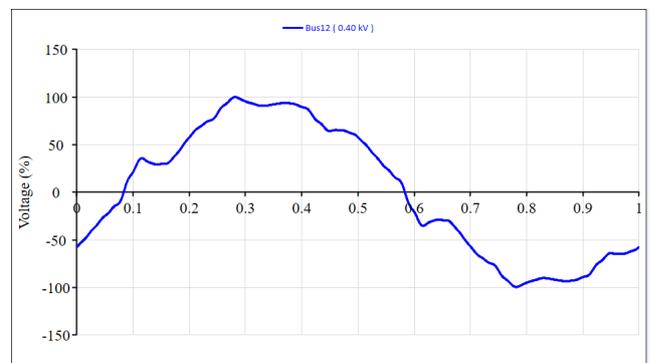
suất phát chiếm khoảng 25% tổng công suất tác dụng của phụ tải, nhằm đánh giá ảnh hưởng của nguồn phân tán đến chất lượng điện năng và đặc biệt là chỉ tiêu sóng hài trong hệ thống.



Hình 11. Tổng độ biến dạng sóng hài lưới hạ áp - Kịch bản 2



Hình 12. Biên dạng sóng hài riêng lẻ Bus12 - Kịch bản 2



Hình 13. Dạng sóng điện áp Bus12 - Kịch bản 2

Trong Kịch bản 2, khi tổng công suất của hệ thống ĐMTMN chiếm 25% công suất tác dụng phụ tải, tổng độ méo hài điện áp tại các nút tăng đáng kể, dao động trong khoảng 9,4%–10,1% (Hình 11) Đặc biệt, Bus12 ghi nhận giá trị THDv cao nhất, cho thấy tác động rõ rệt của nguồn ĐMTMN tích hợp thông qua các bộ inverter gây nhiễu. So với Kịch bản 1 (THDv ~4,06–4,18%), mức độ méo hài gần như tăng gấp đôi, phản ánh sự suy giảm chất lượng điện áp khi ĐMTMN được tích hợp nhưng không có biện pháp lọc hài hiệu quả.

Hình 12 minh họa phổ sóng hài tại Bus12, trong đó các thành phần bậc 5 và 7 chiếm ưu thế, lần lượt lên tới 5,8% và 5,7%, cao hơn đáng kể so với Kịch bản 1 (chỉ khoảng 2,5%). Đây là các bậc hài điển hình do hoạt

động chuyển mạch của inverter gây ra, đặc biệt khi không có các bộ lọc tích hợp. Ngoài ra, sự hiện diện đáng kể của các bậc 11 và 13 càng làm gia tăng méo dạng sóng.

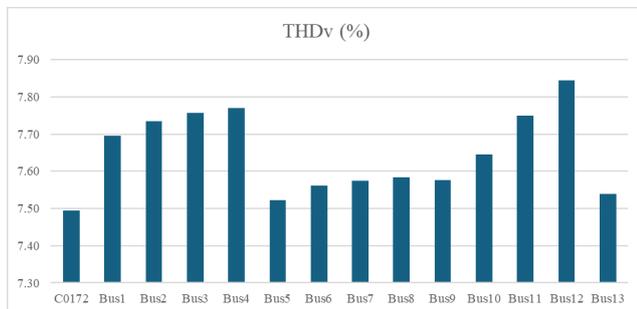
Dạng sóng điện áp tại Bus12 (Hình 13) cho thấy biên độ dao động mạnh hơn, xuất hiện hiện tượng “méo đỉnh” và không đối xứng giữa hai nửa chu kỳ. Điều này trái ngược với dạng sóng tại Bus1 trong Kịch bản 1, vốn có méo nhẹ hơn và vẫn giữ được dạng gần-sin.

Như vậy, so sánh hai kịch bản cho thấy việc tích hợp ĐMTMN không kiểm soát có thể làm trầm trọng hơn hiện tượng sóng hài trong lưới điện phân phối. Điều này khẳng định sự cần thiết của các giải pháp kỹ thuật như lọc hài, lựa chọn inverter đạt chuẩn IEEE 519, hoặc triển khai cơ chế điều độ thông minh để hạn chế tác động tiêu cực đến chất lượng điện năng.

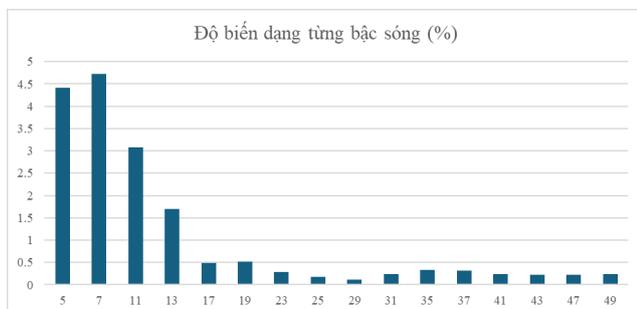
4.2.3. Kịch bản 3

Tổng công suất các hệ thống điện mặt trời áp mái chiếm 17,5% tổng công suất tác dụng của phụ tải.

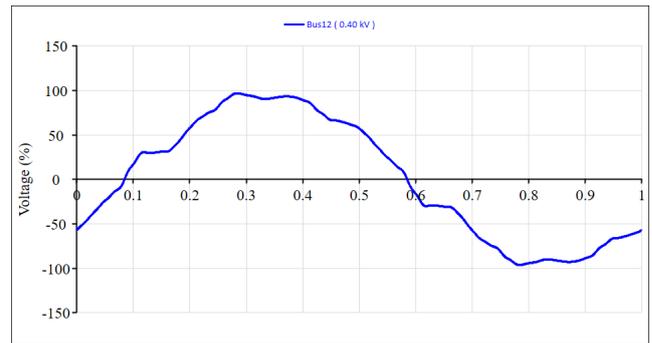
Kịch bản 3 được xây dựng với giả định tổng công suất phát của các hệ thống ĐMTMN chiếm 17,5% tổng công suất tác dụng của phụ tải, nhằm đánh giá ảnh hưởng của mức thâm nhập trung bình của ĐMTMN đến chỉ tiêu sóng hài và chất lượng điện năng trong lưới điện phân phối.



Hình 14. Tổng độ biến dạng sóng hài lưới hạ áp - Kịch bản 3



Hình 15. Biến dạng riêng lẻ Bus12 - Kịch bản 3



Hình 16. Dạng sóng điện áp Bus12 - Kịch bản 3

Trong Kịch bản 3, khi tổng công suất các hệ thống ĐMTMN chiếm 17,5% công suất tác dụng của phụ tải, tổng độ méo hài điện áp tại các nút dao động từ 7,4% đến 7,85% (Hình 14). Mức THDv tại Bus12 vẫn ở ngưỡng cao, nhưng thấp hơn so với Kịch bản 2 (9,4÷10,1%) và cao hơn đáng kể so với Kịch bản 1 (~4,1%). Điều này cho thấy, khi mức độ thâm nhập của ĐMTMN được giới hạn ở mức trung bình, ảnh hưởng đến chỉ tiêu sóng hài vẫn còn rõ rệt nhưng đã được giảm thiểu so với mức công suất cao.

Hình 15 cho thấy phổ hài tại Bus12 chủ yếu tập trung ở các bậc lẻ thấp (bậc 5, 7 và 11), trong đó bậc 5 đạt gần 4,6%, thấp hơn so với Kịch bản 2 (5,8%), nhưng vẫn cao hơn Kịch bản 1 (2,5%). Điều này tiếp tục khẳng định bản chất đặc trưng của các thiết bị inverter trong việc phát sinh hài bậc thấp khi không có biện pháp lọc phù hợp.

Dạng sóng điện áp tại Bus12 (Hình 16) có mức độ méo ít nghiêm trọng hơn so với Kịch bản 2, nhưng vẫn cho thấy sự biến dạng so với dạng hình sin lý tưởng trong Kịch bản 1. Mức dao động đỉnh và độ đối xứng cải thiện nhẹ, phản ánh tương quan hợp lý với phổ hài đã phân tích.

Tổng thể, Kịch bản 3 cho thấy mức ảnh hưởng đến chất lượng điện áp ở mức trung gian giữa Kịch bản 1 và 2. Điều này cho thấy việc kiểm soát mức thâm nhập của ĐMTMN có thể giúp cân bằng giữa lợi ích khai thác năng lượng tái tạo và yêu cầu đảm bảo chất lượng điện năng trong lưới điện phân phối.

4.3. Đề xuất

Kết quả mô phỏng ba kịch bản cho thấy mức độ thâm nhập của hệ thống ĐMTMN có ảnh hưởng rõ rệt đến chỉ tiêu sóng hài trong lưới điện hạ áp. Cụ thể, khi chưa tích hợp ĐMTMN (Kịch bản 1), THDv duy trì ở mức thấp và dạng sóng điện áp ít bị biến dạng. Tuy nhiên, khi công suất ĐMTMN tăng lên 25% phụ tải (Kịch bản 2), THDv tăng gần gấp đôi, xuất hiện rõ rệt các thành phần hài bậc thấp và biến dạng sóng trở nên nghiêm trọng. Ở mức thâm nhập trung bình 17,5% (Kịch bản 3), các chỉ số hài có xu hướng giảm so với Kịch bản 2 nhưng vẫn cao hơn ngưỡng cho phép theo tiêu chuẩn

IEEE 519. Do đó, việc kiểm soát tỷ lệ tích hợp và chất lượng inverter là yếu tố then chốt nhằm đảm bảo chất lượng điện năng trong lưới điện có nguồn phân tán.

Nhằm hạn chế các ảnh hưởng tiêu cực của hệ thống ĐMTMN đến chất lượng điện áp và đảm bảo vận hành ổn định của lưới điện hạ áp trên địa bàn thành phố Hà Nội, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp kỹ thuật và chính sách trọng điểm như sau:

- Ứng dụng biến tần thông minh: Biến tần thông minh (Smart Inverter) có khả năng thực hiện các chức năng hỗ trợ lưới như điều khiển công suất phản kháng (Volt-VAR), điều chỉnh công suất tác dụng (Volt-Watt) và giới hạn công suất đầu ra khi điện áp vượt ngưỡng. Việc bắt buộc áp dụng biến tần thông minh đối với các hệ thống ĐMTMN mới, đồng thời khuyến khích nâng cấp thiết bị tại các hệ thống hiện hữu, sẽ giúp duy trì điện áp trong phạm vi cho phép và nâng cao độ ổn định của lưới phân phối.

- Tích hợp hệ thống lưu trữ năng lượng: Việc lắp đặt hệ thống lưu trữ năng lượng (Energy Storage System - ESS) có khả năng hấp thụ phần năng lượng dư thừa trong giờ cao điểm sản xuất và cung cấp trở lại vào các thời điểm phụ tải cao. Giải pháp này giúp làm phẳng đường cong phụ tải, giảm hiện tượng phát ngược dòng và góp phần cải thiện chất lượng điện áp. Các chính sách ưu đãi tài chính (như hỗ trợ vay vốn, giảm thuế, trợ giá) nên được triển khai nhằm khuyến khích người dân và doanh nghiệp đầu tư lắp đặt ESS đi kèm với ĐMTMN.

- Nâng cấp hạ tầng lưới điện: Tại các khu vực có mật độ tích hợp ĐMTMN cao, lưới điện hiện tại thường không được thiết kế để chịu dòng phát ngược hoặc điện áp tăng cao. Do đó, cần tiến hành nâng cấp các thành phần như máy biến áp, dây dẫn và thiết bị đóng cắt nhằm đáp ứng yêu cầu vận hành mới.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chỉ ra rằng, mặc dù ĐMTMN mang lại nhiều lợi ích về kinh tế và môi trường, nhưng việc tích hợp không kiểm soát có thể ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng điện áp của lưới điện hạ áp tại Hà Nội. Các chính sách như sử dụng biến tần thông minh, hệ thống lưu trữ năng lượng, nâng cấp cơ sở hạ tầng, áp dụng giá điện theo thời gian, giám sát thời gian thực và nghiên cứu thêm là cần thiết để đảm bảo độ ổn định và hiệu quả của lưới điện trong bối cảnh phát triển nhanh chóng của ĐMTMN. Ngoài ra, cần triển khai các chính sách một cách đồng bộ để tận dụng tối đa tiềm năng năng lượng mặt trời mà vẫn duy trì chất lượng điện áp.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Công thương Thành phố Hà Nội, trong Đề tài Nghiên cứu Ứng

dụng và Phát triển công nghệ cấp thành phố CT03/01-2022-3.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. I. Renewable Energy Agency (2023), *Renewable Capacity statistics 2023 Statistiques de capaciterenouvelable 2023 Estadísticas de capacidad renovable 2023 About Irena*. [Online].
- [2]. E. R. Sanseverino, H. L. T. Thuy, M. H. Pham, M. L. Di Silvestre, N. N. Quang and S. Favuzza (2020), *Review of potential and actual penetration of solar power in Vietnam*, *Energies*, vol. 13, no. 10, pp. 7–9, doi: 10.3390/en13102529.
- [3]. V. M. Phap, N. T. T. Huong, P. T. Hanh, P. Van Duy, and D. Van Binh (2020), *Assessment of rooftop solar power technical potential in Hanoi city, Vietnam*, *J. Build. Eng.* 32 101528 Contents.
- [4]. T. W. Bank (2018), *Assessment-of-Technical-Solar-Rooftop-PV-Potential-in-Vietnam.pdf*.
- [5]. T. S. Tran et al. (2023), *Study on the impact of rooftop solar power systems on the low voltage distribution power grid: A case study in Ha Tinh province, Vietnam*, *Energy Reports* 10 1151–1160.
- [6]. M. J. E. Alam, K. M. Muttaqi, and D. Sutanto (2014), *An approach for online assessment of rooftop solar PV impacts on low-voltage distribution networks*, *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 663-672, doi: 10.1109/TSTE.2013.2280635.
- [7]. M. J. E. Alam, K. M. Muttaqi and D. Sutanto (2012), *Distributed energy storage for mitigation of voltage-rise impact caused by rooftop solar PV*, *IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, doi: 10.1109/PESGM.2012.6345726.
- [8]. K. A. Alboaouh and S. Mohagheghi (2020), *Impact-of-rooftop-photovoltaics-on-the-distribution-system-101cnro8t7.pdf*, *J. Renew. Energy*, vol. Volume 202, p. 23.
- [9]. M. Ahmed, I. Harbi, R. Kennel, J. Rodríguez, and M. Abdelrahem (2020), *Evaluation of the Main Control Strategies for Grid-Connected PV Systems*, *Sustain.*, vol. 14, no. 18, pp. 1-20, doi: 10.3390/su141811142.
- [10]. F. Blaabjerg and D. M. Ionel (2017), *Renewable Energy Devices and Systems with Simulations in MATLAB® and ANSYS®*, vol. 11, no. 1.

- [11]. M. JUAMPEREZ, G. YANG and S. B. KJÆR (2014), *Voltage regulation in LV grids by coordinated volt-var control strategies*, J. Mod. Power Syst. Clean Energy, vol. 2, no. 4, pp. 319–328, doi: 10.1007/s40565-014-0072-0.
- [12]. N. F. M. Yusof, D. Ishak and M. K. M. Jamil (2023), *PQ Control Strategy in Single-Phase Inverter for Grid-Connected Photovoltaic Energy System Under Linear and Nonlinear Loads*, *Lect. Notes Electr. Eng.*, vol. 829 LNEE, no. April 2023, pp. 592–597, 2022, doi: 10.1007/978-981-16-8129-5_90.
- [13]. A. S. Akinyemi, K. Musasa and I. E. Davidson (2022), *Analysis of voltage rise phenomena in electrical power network with high concentration of renewable distributed generations*, *Sci. Rep.*, vol. 12:7815.
- [14]. A. Jacob, B. T. Abraham, N. Prakash and R. Philip (2014), *A review of active power filters in power system applications*, *Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Eng.*, vol. 3, no. 6, pp. 10253–10261.
- [15]. H. Abaali, M. T. Lamchich and M. Raoufi (2008), *Shunt Power Active Filter Control under Non Ideal Voltages Conditions*, Vol. 2, No. 10.
- [16]. P. T. Hà (2022), *Nghiên cứu ứng dụng bộ lọc tích cực để lọc sóng hài trong lưới điện phân phối*.
- [17]. IEEE Standards Association (2022), *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*, Piscataway, NJ.
- [18]. A. Kusko and M. T. Thompson (2007), *Power quality in electrical systems*, vol. 23. McGraw-Hill New York.
- [19]. Bộ Công thương (2019), *Thông tư số 30/2019/TT-BCT: Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 25/2016/TT-BCT và Thông tư số 39/2015/TT-BCT quy định hệ thống điện phân phối*. [Online].

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Dinh Thang¹, Nguyen Viet Duc¹,
Nguyen Duc Thuan¹, Nguyen Thi Thu Huong²,
Pham Van Nam^{3*}, Le Viet Son³, Nguyen Van Hung³
Nguyen Duc Minh⁴, Do Van Dinh⁵**

*Corresponding author: nampv@hau.edu.vn

¹Hanoi Department of Industry and Trade;

²Institute of Science and Technology for Energy & Environment;

³Hanoi University of Industry;

⁴Ministry of Finance of Vietnam;

⁵Sao Do University.

THẺ LỆ GỬI BÀI

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.
 - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.
 - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.
 - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper
Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 4 (92) 2025



BỘ CÔNG THƯƠNG

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:

- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** <http://saodo.edu.vn> **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 4 (92)

2025

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ

Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.