

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN NĂNG LƯỢNG GIÓ ĐẾN ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP CỦA LƯỚI ĐIỆN 110kV KHU VỰC QUẢNG TRỊ BẰNG PHẦN MỀM DIGSILENT

IMPACTS OF WIND POWER PLANT ON VOLTAGE STABILITY IN CASE STUDY OF QUANG TRI 110kV POWER GRID USING DIGSILENT SOFTWARE

Trương Thị Thu Uyên^{1,*}, Lê Văn Phi¹,
Mai Quốc Toàn¹, Phạm Văn Kiên¹, Trần Quốc Tiến²

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2023.034>

TÓM TẮT

Bài báo này tập trung vào việc phân tích ổn định điện áp cho hệ thống điện 110kV khu vực Quảng Trị, thông qua các chỉ số đường cong PV, QV được xây dựng bằng phần mềm DigSILENT. Dựa vào các phân tích này, có thể xác định được các nút yếu về ổn định điện áp tương ứng với các kịch bản vận hành để đề xuất các giải pháp cần thiết để cải thiện độ dự trữ ổn định điện áp tại các nút này. Do đó, bài báo đảm bảo tính khoa học và thực tiễn cao, phù hợp với tình hình hiện nay ở Việt Nam nói chung và khu vực miền Trung (Quảng Trị) nói riêng.

Từ khóa: Ổn định điện áp, trào lưu công suất, đường cong PV/QV, năng lượng gió.

ABSTRACT

This paper focuses on analyzing voltage stability for the 110kV power system in Quang Tri region through the PV and QV curve built by DigSILENT software. Based on this analysis, it is possible to identify weak nodes in voltage stability corresponding to operating scenarios to propose necessary solutions to improve voltage stability reserve at the nodes. Therefore, the article ensures high science and practicality, in line with the current situation in Vietnam in general and the Central region (Quang Tri) in particular.

Keywords: Voltage stabilization, power flow, PV/QV curve, wind power.

¹Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

²Công ty Điện lực Quảng Trị

*Email: remmrall@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 04/02/2023

Ngày chấp nhận đăng: 15/3/2023

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm vừa qua, các nguồn sản xuất điện truyền thống như nhiệt điện, điện khí, thủy điện đã trở nên bão hòa và áp lực về phát thải CO₂ ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu toàn cầu đã đẩy các quốc gia phải lựa chọn ưu tiên phát triển các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, gió, sinh học, thủy triều. Trong đó, phong điện hay điện gió là nguồn năng lượng dồi dào và vô tận trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Đồng thời, đây

cũng là nguồn năng lượng xanh và có mức độ ảnh hưởng đến môi trường thấp nhất so với các nguồn năng lượng khác. Với tốc độ gió trung bình đạt từ 6 - 7m/s, miền Tây Quảng Trị được đánh giá là vùng rất có tiềm năng trong phát triển điện gió từ nhiều năm trước. Do các đặc điểm như phụ thuộc hoàn toàn vào điều kiện tự nhiên, có tính bất định cao về thời tiết, vì vậy công suất đầu ra của gió không ổn định nên vấn đề ổn định điện áp đang là mối lo ngại và cần được quan tâm.

Ổn định điện áp là khả năng duy trì điện áp tại tất cả các nút trong hệ thống nằm trong một phạm vi cho phép ở điều kiện vận hành bình thường hoặc sau các kích động. Hệ thống sẽ đi vào trạng thái không ổn định khi xuất hiện các kích động như tăng, giảm tải đột ngột hay thay đổi cấu trúc lưới điện vận hành,... Các thay đổi đó có thể làm cho quá trình dao động điện áp xảy ra và nặng nhất là có thể rơi vào tình trạng sụp đổ điện áp. Nhân tố chính gây ra mất ổn định điện áp là hệ thống không có khả năng đáp ứng nhu cầu công suất phản kháng trong mạng. Các thông số có liên quan đến sụp đổ điện áp là mất cân bằng công suất tác dụng, công suất phản kháng của hệ thống điện. Mất ổn định điện áp hay sụp đổ điện áp là sự cố nghiêm trọng trong vận hành hệ thống điện, làm mất điện trên một vùng hay trên cả diện rộng, gây thiệt hại rất lớn về kinh tế, chính trị, xã hội. Vì vậy, việc phân tích ổn định điện áp ở Việt Nam cần được quan tâm nhiều hơn nữa và có những biện pháp để ngăn ngừa sụp đổ điện áp.

2. MỤC TIÊU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mục tiêu

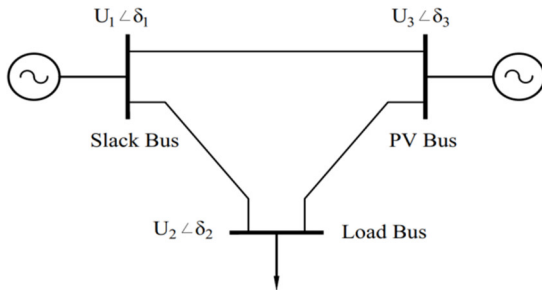
Nghiên cứu tập trung đánh giá ảnh hưởng công suất đầu ra của các nhà máy điện gió đến khả năng ổn định điện áp của hệ thống điện bằng phần mềm DigSILENT, xác định độ dự trữ công suất tác dụng, độ dự trữ công suất phản kháng tại các nút theo đường đặc tính PV, QV, từ đó tìm ra các nút yếu về ổn định điện áp, đề xuất các giải pháp cần thiết, phù hợp nâng cao khả năng ổn định tại các nút yếu trong hệ thống.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp Newton Raphson

Kết quả của bài toán tính toán trào lưu công suất tại từng thời điểm sẽ cho chúng ta thấy được các giá trị điện áp tại các nút và dòng điện trên các nhánh. Từ các số liệu đó giúp chúng ta phân tích đánh giá được các chỉ tiêu chất lượng điện năng cũng như xây dựng các chỉ tiêu đánh giá ổn định cho hệ thống điện tương ứng với các chế độ làm việc của hệ thống.

Xét hệ thống điện gồm 3 nút như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ mô hình hệ thống điện

$$P_i = \sum_{j=1}^n U_i U_j |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \tag{1}$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n U_i U_j |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \tag{2}$$

Trong đó:

P_i, Q_i lần lượt là công suất tác dụng và phản kháng đi vào các nút (trừ nút cân bằng)

U là điện áp tại các nút

Y_{ij} là ma trận tổng dẫn Bus

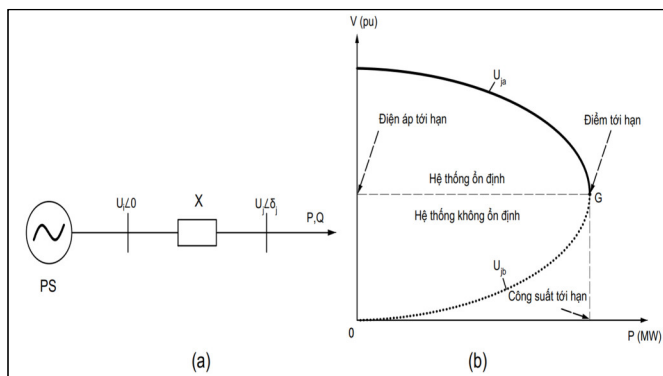
θ_{ij} là góc của ma trận tổng dẫn

δ là góc pha tại các nút.

2.2.2. Phân tích ổn định điện áp bằng việc xây dựng đường cong PV, QV

Có thể xác định được các nút yếu về ổn định điện áp, các sự cố gây ảnh hưởng lớn đến ổn định điện áp. Trên cơ sở đó có các biện pháp cần thiết để cải thiện độ dự trữ ổn định điện áp tại các nút yếu.

❖ Đường cong PV



Hình 2. Sơ đồ thay thế HTĐ (a) và đường cong PV cơ bản (b)

Xét sơ đồ thay thế HTĐ đơn giản hình 2a. Giả sử điện áp tại các nút là:

$$U_i = U_i \angle 0; U_j = U_j \angle \delta_j \tag{3}$$

Phương trình (4) thể hiện mối quan hệ giữa điện áp với công suất tác dụng, công suất phản kháng và điện kháng hệ thống tại nút phụ tải j [1, 2].

$$U_j^4 + (2Q_j X - 1)U_j^2 + [(P_j X)^2 + (Q_j X)^2] = 0 \tag{4}$$

Tại thời điểm xác lập bất kỳ với P_j, Q_j đã biết, giải phương trình (4) ta có các nghiệm của điện áp U_j như công thức (5) và khi thay $Q_j = P_j \tan \varphi_j$ vào (5) ta được công thức (6):

$$\begin{cases} U_{ja} = \sqrt{\frac{1 - 2XQ_j + \sqrt{1 - 4XQ_j - 4X^2P_j^2}}{2}} \\ U_{jb} = \sqrt{\frac{1 - 2XQ_j - \sqrt{1 - 4XQ_j - 4X^2P_j^2}}{2}} \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{cases} U_{ja} = \sqrt{\frac{1 - 2XP_j \tan \varphi_j + \sqrt{1 - 4XP_j \tan \varphi_j - 4X^2P_j^2}}{2}} \\ U_{jb} = \sqrt{\frac{1 - 2XP_j \tan \varphi_j - \sqrt{1 - 4XP_j \tan \varphi_j - 4X^2P_j^2}}{2}} \end{cases} \tag{6}$$

Khi $P_j = 0$ ta có: $U_{ja} = 1$ và $U_{jb} = 0$, cho P_j tăng dần lên thì U_{ja}, U_{jb} sẽ thay đổi theo những đường cong và 2 đường cong này sẽ gặp nhau tại điểm giới hạn G khi $P = P_{gh}$ và khi đó $U_{ja} = U_{jb}$. Từ (6) suy ra [3]:

$$1 - 4XP_{jgh} \tan \varphi_j - 4X^2P_{jgh}^2 = 0 \tag{7}$$

Giải phương trình (7) xác định được 2 nghiệm P_{jgh} , ta chọn P_{jgh} dương:

$$P_{jgh} = \frac{1 - \sin \varphi_j}{2X \cos \varphi_j} \tag{8}$$

Thay (8) vào (6) xác định được U_{jgh} :

$$U_{jgh} = \sqrt{\frac{1 - \sin \varphi_j}{2 \cos^2 \varphi_j}} \tag{9}$$

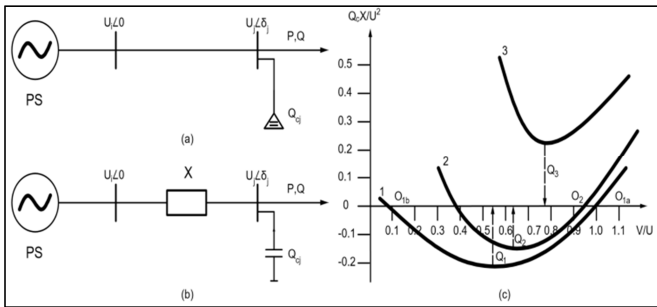
Từ (8) và (9) cho phép xác định được quan hệ giữa U_{jgh} và P_{jgh} :

$$U_{jgh} = \sqrt{\frac{P_{jgh} X}{\cos \varphi_j}} \tag{10}$$

Từ phương trình (8) ta thấy P_{jgh} phụ thuộc $\cos \varphi_j, \sin \varphi_j$ và X nghĩa là phụ thuộc tính chất phụ tải và thông số đường dây. Từ phương trình (9) ta thấy U_{jgh} chỉ phụ thuộc tính chất phụ tải, từ đó xây dựng được các đường đặc tính quan hệ giữa P_j với U_j như trên hình 2b. Đường cong PV (hình 2b) thể hiện sự thay đổi của điện áp U tại một nút tải cụ thể theo sự thay đổi của công suất tác dụng cung cấp cho phụ tải P_j . Qua khảo sát quan hệ giữa công suất P_j và điện áp nút tải U_j cho thấy tồn tại điểm "mũi" của đường cong PV (P_{jgh}, U_{jgh}), đây chính là điểm giới hạn ổn định điện áp nút tải

hoặc còn gọi là điểm sụp đổ điện áp ứng với công suất tác dụng cung cấp cho phụ tải đạt giá trị cực đại [4, 5]. Theo phương trình (6) và (8), với hệ số công suất không đổi, tăng công suất phụ tải sẽ làm cho điện áp giảm, khi P_j lớn hơn P_{jgh} theo hình 2b cho thấy lúc đó hệ thống không tồn tại chế độ xác lập (hệ thống mất ổn định). Như vậy có thể dựa vào đường cong PV để phân tích, đánh giá khả năng ổn định của HTĐ.

❖ Đường cong QV



Hình 3. Sơ đồ hệ thống điện đơn giản (a), sơ đồ tính toán phân tích (b) và đường cong QV cơ bản (c)

Xét sơ đồ hệ thống điện đơn giản trên hình 3, với nguồn PS có công suất vô cùng lớn. Công suất tác dụng và công suất phản kháng tại nút phụ tải j được tính theo biểu thức sau [2, 3]:

$$P = -\frac{U_i U_j}{X} \sin \delta_j \tag{11}$$

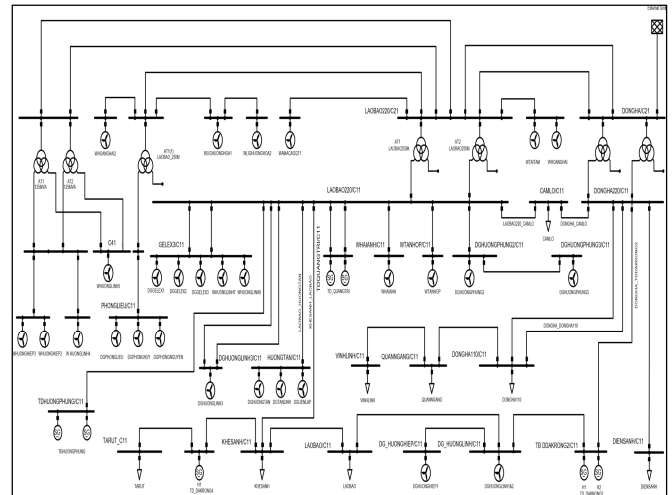
$$Q - Q_c = -\frac{U_j^2}{X} + \frac{U_i U_j}{X} \cos \delta_j \Rightarrow \frac{Q_c X}{U_i^2} = \frac{U_j^2}{U_i^2} - \frac{U_j}{U_i} \cos \delta_j + \frac{QX}{U_i^2} \tag{12}$$

Ứng với mỗi giá trị của điện áp U_j , sẽ xác định được δ_j từ phương trình (11), thay δ_j vào phương trình (12) ta có thể vẽ các đường cong QV có dạng như hình 3c. Trong điều kiện vận hành bình thường, khi cung cấp thêm công suất phản kháng Q vào một nút j nào đó thì điện áp nút U_j sẽ tăng lên. Khi cung cấp thêm công suất phản kháng Q vào một nút mà điện áp U_j của nút đó giảm xuống thì hệ thống được xem là không ổn định về điện áp. Đường cong 1 trên hình 3c tương ứng với hệ thống vận hành ở chế độ bình thường. Các điểm O_{1a} và O_{1b} là điểm giao nhau của đường cong 1 với trục điện áp U tương ứng với chế độ không bù ($Q_c = 0$), trong đó điểm O_{1a} là điểm làm việc ổn định. Đường cong 2 trên hình 3c tương ứng với chế độ tải tăng lên hoặc ở chế độ sự cố ngẫu nhiên N-1 trong HTĐ. Điểm làm việc ổn định tương ứng với chế độ không bù của đường cong 2 là điểm O_2 . Các giá trị Q_1 và Q_2 thể hiện trên hình 3c là độ dự trữ công suất phản kháng có giá trị bằng với khoảng cách tính từ điểm làm việc cơ sở (trục U) cho đến điểm xảy ra hiện tượng mất ổn định điện áp (điểm múi của đường cong QV) [1, 6, 7]. Từ đường cong QV ta có thể xác định được độ dự trữ công suất phản kháng là khoảng cách từ điểm vận hành (điểm giao cắt của đường cong QV nhánh bên phải với trục hoành) theo phương thẳng đứng đến điểm cực tiểu của đường cong QV (Q_{dtr}, U_{gh}) hay còn gọi là điểm giới hạn ổn định điện áp của nút kiểm tra ứng với một chế độ vận hành.

3. MÔ PHỎNG CÁC KỊCH BẢN VẬN HÀNH

3.1. Xây dựng sơ đồ lưới điện 110kV, tính toán mô phỏng ổn định trên phần mềm

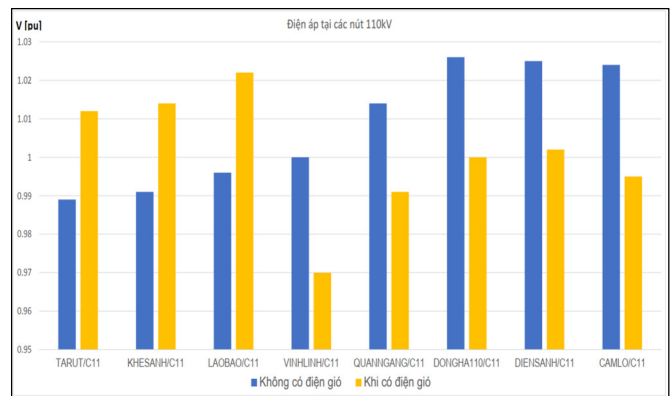
Hiện nay lưới điện 110kV Quảng Trị gồm 08 Trạm biến áp (TBA) không người trực, công suất đặt 360MVA nhận điện từ các nhà máy thủy điện và 19 nhà máy điện gió với tổng công suất đặt 671,1MW. Dựa vào kết lưới thực tế này, đề tài đã xây dựng mô hình lưới điện 110kV Quảng Trị trên phần mềm DgSILENT, cụ thể như hình 4.



Hình 4. Xây dựng lưới 110kV Quảng Trị trên phần mềm DgSILENT

Lưới điện Quảng Trị nhận điện từ nhiều phía và nhiều nguồn năng lượng tái tạo khác nhau nên ảnh hưởng đến luồng phân bố công suất và tính ổn định của hệ thống. Vì vậy việc đánh giá ổn định trong lưới điện là quan trọng và cần thiết.

Ta xem xét dao động điện áp của các nút 110kV trên lưới điện tỉnh Quảng Trị khi chưa có và khi có các nhà máy điện gió. Sau khi tính toán phân bố trào lưu công suất trên hệ thống, cho ra kết quả như hình 5.



Hình 5. Điện áp tại các nút khi không và khi có các nhà máy điện gió nối lưới

Điện áp khi chưa có các nhà máy điện gió dao động từ 0,989 - 1,025pu nằm trong phạm vi vận hành cho phép, nút có điện áp thấp nhất là TARUT/C11. Khi có các nhà máy điện gió, điện áp trong lưới dao động nhiều so với khi chưa có các nhà máy điện gió nhưng vẫn nằm trong phạm vi vận hành cho phép (0,95 - 1,1pu) [8].

3.2. Đánh giá ổn định điện áp theo phương pháp đường cong PV, QV

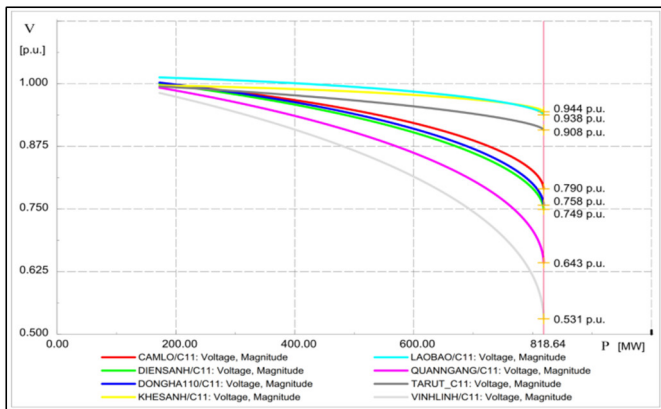
3.2.1. Trong điều kiện vận hành bình thường

Xem xét, phân tích độ ổn định, độ dự trữ công suất phản kháng tại các nút của lưới điện 110kV Quảng Trị đến năm 2025 khi có các nhà máy điện gió thông qua đường cong PV, QV.

Đặc tuyến PV thể hiện sự biến thiên của điện áp V ở 1 nút cụ thể như là một hàm của công suất tác dụng P tổng cộng cung cấp cho phụ tải. Từ đó xác định giới hạn của điện áp vận hành, xác định các điểm ở trạng thái ổn định điện áp và các điểm ở trạng thái mất ổn định. Đặc tính QV chỉ ra rằng nút có độ ổn định càng cao khi độ dự trữ công suất phản kháng càng lớn, tức là có trị tuyệt đối Q_{min} của đường cong QV càng lớn và ngược lại.

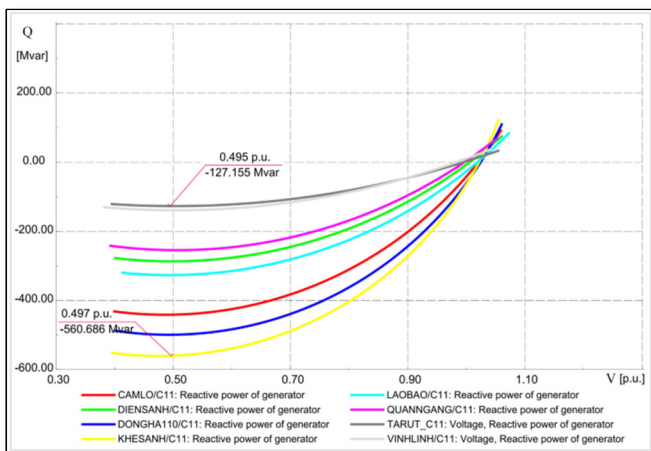
Ở điều kiện làm việc bình thường: Phân tích độ dự trữ công suất tác dụng, độ dự trữ công suất phản kháng tại các nút 110kV Quảng Trị theo phân tích đường cong PV, QV cho kết quả như sau:

- Đường đặc tính PV ở chế độ làm việc bình thường tại các nút 110kV:



Hình 6. Đường đặc tính PV ở chế độ làm việc bình thường

- Đường đặc tính QV ở chế độ làm việc bình thường tại các nút 110kV:



Hình 7. Đường đặc tính QV ở chế độ làm việc bình thường

Nhận xét:

Lúc vận hành bình thường, khi lượng công suất truyền trong hệ thống tăng lên 818,64MW (hình 6) thì đường cong PV chạm "mũi", nếu đường cong vượt quá điểm "mũi" này, lúc này hệ thống sẽ mất ổn định điện áp.

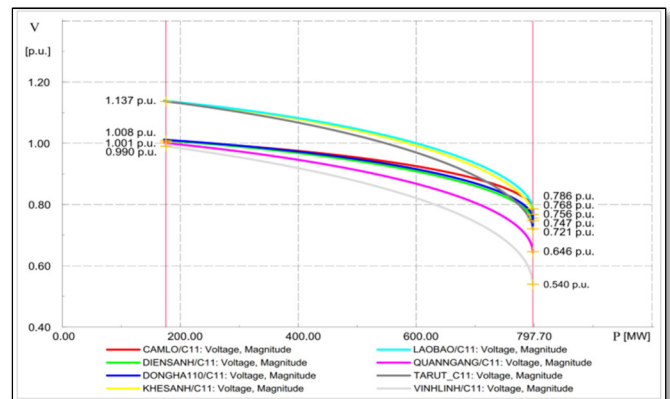
Mức độ ổn định điện áp tại mỗi nút phụ tải cũng được xác định qua khả năng dự trữ công suất phản kháng như mô tả ở trên (hình 7). Một nút có mức độ ổn định càng cao khi độ dự trữ công suất phản kháng càng lớn. Ở chế độ làm việc bình thường, nút có độ dự trữ công suất phản kháng bé nhất là TARUT/C11 với giá trị 127,166MVar, nút có độ dự trữ công suất phản kháng cao nhất là KHESANH/C11, tương ứng với giá trị 560,69MVar.

3.2.2. Trong điều kiện vận hành sự cố

Sau khi chạy mô phỏng cho các sự cố ngắn mạch tại các nút và các đường dây trong sơ đồ nguyên lý hình 4 theo kịch bản sự cố N-1 (1 tổ máy phát, 1 đường dây,...), N-2 (2 đường dây, 1 một máy phát và 1 đường dây,...) cho thấy: sự cố ngắn mạch đường dây KHESANH_LAOBAO là nguy hiểm nhất. Do đó bài báo sẽ đi phân tích chi tiết đường cong PV, QV cho sự cố này, đồng thời cũng tính toán kiểm tra khả năng ổn định của hệ thống đối với các điểm sự cố còn lại để so sánh đối chiếu.

❖ Phân tích các đường cong PV

Đường cong PV khi xét sự cố ngắn mạch đường dây khi mang tải cao KHESANH_LAOBAO được xây dựng như hình 8 và bảng so sánh với trường hợp vận hành bình thường ở bảng 1.



Hình 8. Đường đặc tính PV khi sự cố ngắn mạch đường dây KHESANH_LAOBAO

Bảng 1. Bảng so sánh các thông số theo đường cong PV ở hai chế độ vận hành bình thường và sự cố đường dây KHESANH_LAOBAO

THANH CÁI	Vận hành bình thường			Sự cố đường dây KHESANH_LAOBAO		
	U_o	U_{ϕ}	P_{ϕ}	U_o	U_{ϕ}	P_{ϕ}
CAMLO/C11	1.001	0.79	818.649	1.009	0.785	797.741
DIENSANHC11	1	0.749	818.649	1.01	0.746	797.741
DONGHA/C11	1.002	0.757	818.649	1.012	0.754	797.741
KHESANH/C11	0.997	0.944	818.649	1.137	0.766	797.741
LAOBAC11	1.013	0.938	818.649	1.137	0.785	797.741
QUANGGANG/C11	0.992	0.642	818.649	1.002	0.644	797.741
TARUT_C11	0.995	0.908	818.649	1.137	0.719	797.741
VINHLINH/C11	0.982	0.53	818.649	0.991	0.536	797.741

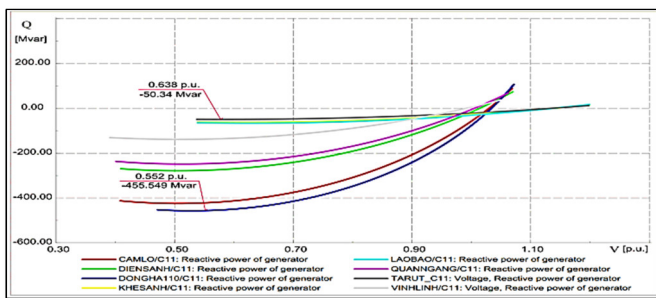
Bảng 2. Các thông số của đường cong PV theo từng các kịch bản sự cố khác

CÁC THÔNG SỐ CỦA ĐƯỜNG CONG PV THEO TỪNG KỊCH BẢN SỰ CỐ																		
THÀNH CÁI	DONGHA_CAMLO			DGLIENLAP			LAOBAO220_CAMLO			LAOBAO220_CAMLO & DONGHA_DONGHA110			DONGHA_TDDAKRONG2 & DONGHA_DONGHA110			LAOBAO_HUONGTAN & DONGHA_TDDAKRONG		
	U ₀	U _{ph}	P _{ph}	U ₀	U _{ph}	P _{ph}	U ₀	U _{ph}	P _{ph}	U ₀	U _{ph}	P _{ph}	U ₀	U _{ph}	P _{ph}	U ₀	U _{ph}	P _{ph}
CAMLO/C11	0.98	0.94	781.74	1.00	0.79	817.94	1.02	0.76	761.56	1.02	0.77	728.01	1.00	0.79	753.39	1.00	0.78	790.66
DIENSANHC11	1.01	0.75	781.74	1.00	0.75	817.94	1.01	0.74	761.56	1.01	0.75	728.01	1.00	0.75	753.39	1.00	0.74	790.66
DONGHA110/C11	1.02	0.75	781.74	1.00	0.76	817.94	1.02	0.75	761.56	1.01	0.74	728.01	1.00	0.74	753.39	1.00	0.75	790.66
KHESANHC11	0.99	0.96	781.74	1.00	0.94	817.94	0.99	0.96	761.56	0.99	0.96	728.01	0.99	0.96	753.39	0.99	0.96	790.66
LAOBAO/C11	1.01	0.95	781.74	1.01	0.94	817.94	1.01	0.94	761.56	1.01	0.95	728.01	1.01	0.98	753.39	1.01	0.98	790.66
QUANGANG/C11	1.01	0.65	781.74	0.99	0.64	817.94	1.01	0.64	761.56	1.00	0.64	728.01	0.99	0.63	753.39	0.99	0.64	790.66
TARUT_C11	0.99	0.92	781.74	0.99	0.91	817.94	0.99	0.92	761.56	0.99	0.93	728.01	0.99	0.93	753.39	0.99	0.93	790.66
VINHLINH/C11	1.00	0.55	781.74	0.98	0.53	817.94	1.00	0.54	761.56	0.99	0.54	728.01	0.98	0.53	753.39	0.98	0.53	790.66

Nhận xét:

Từ kết quả mô phỏng của đường cong PV cho thấy: khi sự cố ngắn mạch đường dây KHESANH_LAUBAO, nhà máy điện gió có công suất lớn (DGLienLap) thì lượng công suất truyền trong hệ thống tăng đến là 797,741MW (hình 8), 817,94MW (bảng 2), lúc này đường cong chạm mũi nhưng nhỏ hơn lượng công suất ban đầu ở điều kiện làm việc bình thường 818,649MW (bảng 1). Sự cố đường dây KHESANH_LAUBAO là nghiêm trọng nhất, lúc này điện áp tại các nút 110kV vượt ngoài phạm vi cho phép, cụ thể dao động từ 0,991 - 1,137pu và lượng công suất truyền trong hệ thống tăng đến 797,741MW (hình 8), lúc này đường cong chạm "mũi", nếu vượt quá điểm "mũi" này thì hệ thống sẽ sụp đổ điện áp.

❖ Phân tích các đường cong QV



Hình 9. Đường đặc tính QV khi sự cố đường dây KHESANH_LAUBAO

Bảng 3. Bảng so sánh các thông số theo đường cong QV ở hai chế độ vận hành bình thường và sự cố

BẢNG SO SÁNH CÁC THÔNG SỐ THEO ĐƯỜNG CONG QV Ở 2 CHẾ ĐỘ VẬN HÀNH				
THÀNH CÁI	Vận hành bình thường		Sự cố đường dây KHESANH LAUBAO	
	Q _{min} (MVAR)	Q _{max} (MVAR)	Q _{min} (MVAR)	Q _{max} (MVAR)
CAMLO/C11	-431.802		-415.683	
DIENSANHC11	-290.898		-283.736	
DONGHA/C11	-498.352		-455.549	
KHESANHC11	-560.686		-63.343	
LAOBAO/C11	-331.859		-67.758	
QUANGANG/C11	-258.247		-255.617	
TARUT/C11	-127.155		-50.34	
VINHLINH/C11	-139.36		-125.543	

Bảng 4. Các thông số của đường cong QV theo từng các kịch bản sự cố khác

CÁC THÔNG SỐ CỦA ĐƯỜNG CONG QV THEO TỪNG KỊCH BẢN SỰ CỐ						
THÀNH CÁI	DONGHA_CAMLO	DGLIENLAP	LAOBAO220_CAMLO	LAOBAO220_CAMLO & DONGHA_DONGHA110	DONGHA_TDDAKRONG2 & DONGHA_DONGHA110	LAOBAO220_DGHUONGTAN & DONGHA_TDDAKRONG2
	Q _{min}	Q _{min}	Q _{min}	Q _{min}	Q _{min}	Q _{min}
ĐỘ DỰ TRỮ CSPK						
CAMLO/C11	-116.383	-432.354	-331.843	-331.197	-415.065	-417.266
DIENSANHC11	-271.041	-391.234	-270.585	-269.708	-280.771	-282.074
DONGHA110/C11	-434.845	-498.4	-432.832	-392.1	-420.71	-470.499
KHESANHC11	-529.281	-559.457	-529.207	-529.175	-508.467	-504.284
LAOBAO/C11	-323.528	-331.254	-323.756	-323.719	-277.268	-274.826
QUANGANG/C11	-242.854	-258.107	-240.994	-227.567	-234.781	-250.697
TARUT_C11	-121.456	-126.416	-123.953	-123.492	-123.983	-123.27
VINHLINH/C11	-136.393	-139.211	-135.98	-130.189	-131.832	-137.54

Nhận xét:

- Độ dự trữ công suất công suất phản kháng tại các nút càng lớn thì độ ổn định điện áp tại các nút càng cao.
- Khi sự cố đường dây KHESANH_LAUBAO, DONGHA_CAMLO, nhà máy điện gió Liên Lập có công suất lớn,... độ dự trữ công suất phản kháng giảm so với chế độ làm việc bình thường.
- Nút DONGHA110/C11 và KHESANH/C11 có độ dự trữ công suất phản kháng cao nhất, nút TARUT/C11 và VINHLINH/C11 có độ dự trữ công suất phản kháng thấp hơn so với các nút 110kV còn lại.

3.2.3. Kết quả và giải pháp

a) Kết quả

Bài báo này đã phân tích ổn định điện áp bằng việc tính toán trào lưu công suất, phân tích đặc tính PV, QV của lưới điện 110kV khu vực miền Trung (Quảng Trị) bằng phần mềm DlgSILENT cho kết quả như sau:

- Lưới điện 110kV khu vực Quảng Trị đến năm 2025 vận hành đảm bảo ổn định về điện áp trong chế độ cơ bản khi đưa các nhà máy điện gió thuộc diện qui hoạch vào mô hình lưới tính toán.

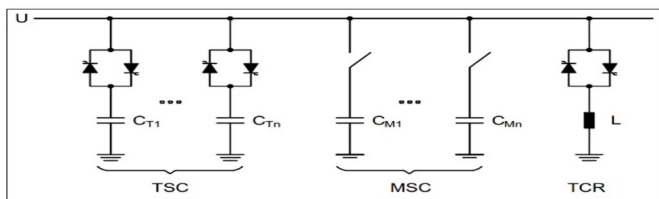
- Sau khi phân tích khả năng ổn định theo đường cong PV, QV, tìm ra được nút có độ dự trữ công suất phản kháng thấp nhất là TARUT/C11 và VINHLINH/C11 ở điều kiện làm việc bình thường và điều kiện làm việc sự cố, sự cố đường dây mang tải cao KHESANH_LAUBAO là sự cố nghiêm trọng nhất, giá trị điện áp tại một vài nút nằm ngoài phạm vi cho phép, vì vậy cần có những biện pháp để nâng cao ổn định điện áp tại các nút yếu trong lưới 110kV đang nghiên cứu.

b) Giải pháp

Theo kết luận, các phương pháp điều chỉnh điện áp trong hệ thống điện được đề xuất: thay đổi nguồn công suất phản kháng đang vận hành của thiết bị bù ngang, máy bù đồng bộ, điều chỉnh nấc máy biến áp, huy động thêm các nguồn điện đang dự phòng để phát hoặc nhận công suất phản kháng, thay đổi kết lưới hoặc phân bổ lại trào lưu công suất trong hệ thống điện, sa thải phụ tải. Với những phương án trên, bài báo này đã lựa chọn giải pháp dùng thiết bị bù SVC đặt tại nút yếu nhất TARUT/C11 để cải thiện điện áp trong lưới 110kV nghiên cứu.

- Giới thiệu về thiết bị bù SVC:

SVC là thiết bị bù ngang tự động dùng để điều chỉnh công suất phản kháng có thể điều chỉnh bằng cách tăng hoặc giảm góc mở của thyristor để thay đổi lượng bù. SVC được tổ hợp từ hai phần cơ bản. Thành phần cảm kháng để tác động về mặt công suất phản kháng theo chế độ vận hành (có thể phát lên hoặc tiêu thụ công suất). Thành phần điều khiển: gồm các thiết bị làm nhiệm vụ điều khiển như thyristor hay triac có các cực và hệ thống điều khiển góc mở dùng các bộ vi điều khiển.



Hình 10. Cấu tạo thiết bị bù SVC

- Ưu điểm SVC: SVC nói chung rẻ hơn, có dung lượng cao hơn, điều chỉnh nhanh hơn và tin cậy hơn so với các thiết bị bù khác.

c) Kết quả mô phỏng sau khi bù SVC

Xét kịch bản vận hành khi sự cố ngắn mạch nghiêm trọng nhất với đường dây mang tải cao KHESANH_LAOBAO, sau khi đặt thiết bị bù SVC tại nút TARUT/C11, ta thu được kết quả mô phỏng bảng 5, 6.

Bảng 5. So sánh các thông số đường cong PV khi chưa bù và bù SVC

THANH CÁI	Khi chưa bù SVC			Khi bù SVC		
	U_0 (pu)	U_{gh} (pu)	P_{gh} (MW)	U_0 (pu)	U_{gh} (pu)	P_{gh} (MW)
CAMLO/C11	1.009	0.785	797.741	0.998	0.807	820.574
DIENSANH/C11	1.01	0.746	797.741	0.998	0.78	820.574
DONGHA110/C11	1.012	0.754	797.741	0.998	0.771	820.574
KHESANH/C11	1.139	0.766	797.741	1.034	0.972	820.574
LAOBAO/C11	1.139	0.785	797.741	1.043	0.971	820.574
QUANGANG/C11	1.002	0.644	797.741	0.989	0.675	820.574
TARUT_C11	1.138	0.719	797.741	1	1	820.574
VINH LINH/C11	0.991	0.536	797.741	0.978	0.573	820.574

Bảng 6. So sánh các thông số đường cong QV khi chưa bù và bù SVC

THANH CÁI	Khi chưa bù SVC	Khi bù SVC
	Q_{min} (MVar)	Q_{min} (MVar)
CAMLO/C11	-415.683	-426.988
DIENSANH/C11	-283.736	-289.623
DONGHA110/C11	-455.549	-475.686
KHESANH/C11	-63.343	-81.288
LAOBAO/C11	-67.758	-85.693
QUANGANG/C11	-255.617	-257.512
TARUT_C11	-50.34	-69.272
VINH LINH/C11	-125.543	-141.327

Nhận xét:

- Sau khi đặt SVC tại TARUT/C11, điện áp tại các nút 110kV tương ứng với công suất tải ban đầu từ 0,978 - 1,043pu, nằm trong phạm vi cho phép 0,9 - 1,05pu [8] như bảng 5.

- Xét đường cong PV, thì lượng công suất giới hạn truyền trong hệ thống tăng lên so với kịch bản sự cố, cụ thể tăng từ 797,741MW lên 820,57MW (bảng 5).

- Độ dự trữ công suất phản kháng tại các nút 110kV cải thiện đáng kể, đặc biệt nút TARUT/C11 tăng từ 50,34MVar lên 69,272MVar, DONGHA110/C11 tăng từ 455,549MVar lên 475,686MVar (bảng 6).

Ta thấy rằng, khi đặt thiết bị bù tĩnh SVC tại nút yếu (TARUT/C11), độ dự trữ công suất tác dụng, độ dự trữ công suất phản kháng tại các nút 110kV trong hệ thống tăng lên, nâng cao khả năng ổn định trong lưới điện khi có sự cố xảy ra.

4. KẾT LUẬN

Ổn định điện áp là một vấn đề quan trọng cần được quan tâm trong thiết kế và vận hành hệ thống điện Việt Nam hiện nay. Bài báo đã phân tích, đánh giá ổn định điện áp lưới điện 110kV khu vực miền Trung (Quảng Trị), phân tích ổn định thông qua các kịch bản vận hành bình thường khi có và không có các nhà máy điện gió nối lưới, các kịch bản sự cố nghiêm trọng như sự cố ngắn mạch đường dây mang tải cao, nhà máy thủy điện, nhà máy điện gió công suất lớn,... qua đó tìm ra các nút yếu về ổn định điện áp. Bằng phương pháp phân tích, đánh giá ổn định bằng đường cong PV, QV đã tìm ra được các nút có độ dự trữ điện áp thấp như TARUT/C11, VINH LINH/C11 đồng thời đề xuất giải pháp cải thiện điện áp tại các nút yếu của lưới điện khu vực bằng thiết bị bù SVC đặt tại nút có độ dự trữ điện áp yếu nhất để nâng cao khả năng ổn định trong lưới điện dựa theo từng kịch bản vận hành, tránh nguy cơ mất ổn định điện áp khi xảy ra các sự cố, đảm bảo chất lượng, độ tin cậy và an toàn trong vận hành hệ thống điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Le Huu Hung, 2012. Nghiên cứu ổn định điện áp để ứng dụng trong hệ thống điện Việt Nam. The University of Danang.
- [2]. Jan Machowski, Janusz W. Bialek, James R. Bumby, 2008. *Power System Dynamics: Stability and Control*, 1st Edition. John Wiley & Sons, Ltd.
- [3]. Dinh Thanh Viet, Ngo Van Duong, Le Huu Hung. *An investigation into voltage and power active relation at the load bus to estimate voltage stability limit*. The University of Danang.
- [4]. D. Q. Zhou, U. D. Annakkage, A. D. Rajapakse, 2016. *Online Monitoring of Voltage Stability Margin Using an Artificial Neural Network*. IEEE Transactions on Smart Grid, vol 7, 4, 1979–1988, doi: 10.1109/TSG.2016.2533319.
- [5]. J. W. Bullo, 2016. *Distributed Monitoring of Voltage Collapse Sensitivity Indices*. IEEE Transactions on Smart Grid, vol 7, 4, 1979–1988, doi: 10.1109/TSG.2016.2533319.
- [6]. V. D. Ngo, D. D. Le, K. H. Le, V. K. Pham, A. Berizzi, 2017. *A Methodology for Determining Permissible*. Energies, vol 10, 8, doi: 10.3390/en10081163.
- [7]. D. V. Ngo, K. V. Pham, D. D. Le, K. H. Le, K. V. Huynh, 2018. *Assessing Power System Stability Following Load Changes and Considering Uncertainty*. Engineering, Technology & Applied Science Research, vol 8, 2, doi: 10.48084/etasr.1892.
- [8]. Circular No. 39/2015/TT-BCT dated November 18, 2015 of the Minister of Industry and Trade on regulations on electricity distribution system.

AUTHORS INFORMATION

Truong Thi Thu Uyen¹, Le Van Phi¹, Mai Quoc Toan¹, Pham Van Kien¹, Tran Quoc Tien²

¹Faculty of Electrical Engineering, Danang University of Science and Technology

²Quang Tri Power Company