

AN APPLICATION OF ETAP SOFTWARE TO PROPOSE OPERATING STRATEGIES FOR SMALL HYDRO POWER PLANT IN DISTRIBUTION SYSTEMS

Ngô Duc Minh*, Le Tien Phong, Ngo Minh Duc
TNU - University of Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 11/8/2023 Revised: 23/11/2023 Published: 24/11/2023	This paper evaluates the role of small hydro power plant (SHP) in a distribution system in challenges of distance connection and without utility power source. Based on proposing a general distribution grid with full specified characteristics to become a flexible distribution sytem, operating parameters of the grid were carried out by ETAP software. Analyzing simulation results, the combination of common recloser and the operating ability of generators in SHP was considered and evaluated. Moreover, solutions for switching the operating modes for generators, regulating to enhance voltage quality and regulating power from SHP in case of without utility power source were also proposed and evaluated very detailed in this paper. Due to using ETAP software, simulation results can help to assert research ideas and give out some accurate suggestions about real distribution system for dispatchers before having operating decisions.
KEYWORDS	
Smart grid	
Small hydro power plant	
Power regulation	
Voltage quality	
Operating small hydro power plant	

ỨNG DỤNG PHẦN MỀM ETAP XÂY DỰNG CHIẾN LƯỢC VẬN HÀNH NHÀ MÁY THỦY ĐIỆN NHỎ TRONG MẠNG ĐIỆN PHÂN PHỐI

Ngô Đức Minh*, Lê Tiên Phong, Ngô Minh Đức
Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 11/8/2023 Ngày hoàn thiện: 23/11/2023 Ngày đăng: 24/11/2023	Bài báo này đánh giá vai trò của nhà máy thủy điện nhỏ (SHP) trong lưới điện phân phối trước những thách thức về khoảng cách kết nối và mất nguồn hệ thống. Trên cơ sở đề xuất một mô hình mạng điện phân phối tổng quát có đầy đủ các đặc trưng để phát triển thành một mạng điện phân phối linh hoạt, các thông số chế độ của lưới đã được giải tích bởi phần mềm ETAP. Dựa vào các kết quả giải tích, sự kết hợp giữa việc đóng recloser liên lạc và khả năng vận hành của SHP trong trường hợp kết nối xa và kết nối gần đã được xem xét và đánh giá chi tiết. Bên cạnh đó, giải pháp điều khiển chuyển chế độ vận hành máy phát, điều chỉnh nâng cao chất lượng điện áp và điều chỉnh công suất các máy phát trong SHP khi mất nguồn của lưới điện chính cũng được đề xuất và đánh giá chi tiết trong bài báo này. Với việc ứng dụng phần mềm ETAP, các kết quả mô phỏng thu được giúp khẳng định các kết quả nghiên cứu và đưa ra những gợi ý chính xác về vận hành lưới điện phân phối cho người vận hành trước khi ứng dụng vào thực tế.
TỪ KHÓA	
Lưới điện thông minh	
Nhà máy thủy điện nhỏ	
Điều chỉnh công suất	
Chất lượng điện áp	
Vận hành thủy điện nhỏ	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8527>

* Corresponding author. Email: ngoducminh@tnut.edu.vn

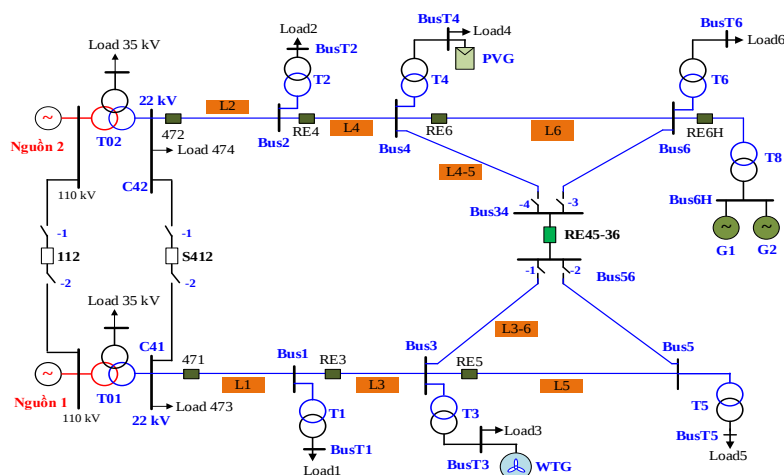
1. Giới thiệu

Hệ thống điện phân phối (DS - Distribution system) truyền thống là một bộ phận trung gian có nhiệm vụ chuyển tiếp điện năng từ lưới truyền tải (TS - Transmission System) để phân phối đến các phụ tải khách hàng tiêu thụ điện. DS luôn chịu sự chi phối khác nhau của các yếu tố điều kiện tự nhiên về vị trí địa lý, khí hậu, môi trường,... Ngoài ra còn phải kể đến các ảnh hưởng của phụ tải biến thiên, đặc điểm kết nối với TS [1],... Chính vì vậy mà các DS có đặc điểm rất đa dạng, khác nhau cả về cấu trúc lưới và các phương thức quản lý vận hành.

Ngày nay, theo xu hướng phát triển của FDS (Flexible Distribution System), các thiết bị thu/phát công suất được sử dụng phổ biến đó là: Tích hợp các nguồn năng lượng linh hoạt bao gồm các nguồn phân tán DG (Distribution generation), kho điện ESS (Energy Storage System), xe điện EV (Electric Vehicle) [2], [3], giúp chuyển trạng thái kết nối trong vận hành. Điều này đòi hỏi tính linh hoạt được áp dụng ngày càng trở nên cần thiết trong các DSs [3] - [5]. Trước các thách thức trên đây, SG là mục tiêu hướng tới của các DS [4], [6] - [8]. Đối với tập đoàn điện lực Việt Nam trong điều kiện về tài chính và trình độ công nghệ hiện tại chưa thể thiết lập ngay được SG mà tính khả thi chỉ có thể là từng bước tiếp cận, Một trong những hướng tiếp cận được bài báo này đề xuất đó là xây dựng “mô hình FDS” [6], [9], [10].

Trong thực tế, các SHP được xem như một loại DG khá phổ biến, xây dựng tại các địa bàn thuộc khu vực miền núi nhằm khai thác tài nguyên địa phương từ những con suối nhỏ. Kết nối của các SHP với hệ thống điện thông qua lưới điện trung áp 35 kV hoặc 22 kV với chiều dài đường dây có thể là gần từ 5 km đến xa là 50 km [11]. Ngoài trừ một số thủy điện siêu nhỏ kết nối với lưới điện 0,4 kV. Thông thường các thủy điện nhỏ sử dụng loại máy phát loại đồng bộ công suất từ nhỏ đến vừa (0,5÷30) MW [12]. Sự khác nhau về công suất định mức của máy phát sẽ ảnh hưởng đến yếu tố động học (quán tính) của SHP trong quá trình điều khiển vận hành [13], [14]. Những giải pháp có hiệu quả để cải thiện chất lượng điện áp của SHP cũng được đề xuất trong [15], nhưng thách thức về khoảng cách kết nối và điều khiển linh hoạt chế độ phát công suất chưa được quan tâm,... Vì vậy, bài báo này phân tích rõ một số thách thức và đề xuất giải pháp khắc phục đối với SHP hiện đang là vấn đề cấp thiết trong thực tế của lưới điện miền núi phía Bắc Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 1. Mô hình nghiên cứu MP-02

Yêu cầu đặt ra là mô hình cần đáp ứng được nhiều nhất các nghiên cứu đối với một hệ thống điện phân phối hiện đại theo hướng tiếp cận SG (Smart Grid). Về nguyên tắc thì từ một DS bất kỳ đều thu gọn về một dạng sơ đồ cơ bản gồm 3 khối chính là khối nguồn (phát điện), khối

truyền tải (dây dẫn) và khối tải (tiêu thụ điện). Từ đây, bài báo sử dụng mô hình FDS với tên gọi là MP-02 [12] có sơ đồ dạng 1 sợi như trên hình 1.

Mô hình MP-02 được xem là một mô hình cơ bản đại diện cho các DS trong hiện tại và FDS trong tương lai. Nó hội tụ đầy đủ các phần tử và những yếu tố để phục vụ các nghiên cứu đối với những thách thức trong vận hành của DS và FDS.

Nguồn điện 110 kV: Có 2 nguồn với điện áp định mức 110 kV có thể điều chỉnh thông số là điện áp cả về biên độ và góc pha, công suất ngắn mạch,...

Trạm biến áp trung gian: Sử dụng 2 MBA 3 pha 3 cuộn dây công suất 40/40/40 MVA, tỷ số biến áp 110/35/22 kV và có điều chỉnh điện áp dưới tải (OLTC – On-Load Tap Changer).

Đường dây 22 kV: 02 lộ đường dây 22 kV, bao gồm lộ 471 (đường dây L2, L4 và L6), lộ 472 (đường dây L1, L3 và L5) và các đường dây liên lạc (L4-5 và L3-6).

Các bus thanh cái 22 kV: C41, C42, Bus1 đến Bus6.

Các bus thanh cái 0,4 kV: BusT1 đến BusT6.

Đường dây 35 kV: 02 lộ đường dây 35 kV, bao gồm lộ 371 và lộ 372.

Các máy biến áp phân phối: Có 06 máy biến áp phân phối 22/0,4 kV có công suất trung bình từ 1500 kVA đến 3000 kVA. Phụ tải của mỗi MBA phân phối được quy đổi về một phụ tải tập trung tại thanh cái 0,4 kV.

Các phụ tải tập trung: Tương ứng với 06 MBA có 06 phụ tải tập trung, mỗi phụ tải có 4 phân cấp để có thể điều chỉnh được theo nhiều giá trị khác nhau.

Nguồn phân tán DG: Nguồn pin mặt trời (PVG – Photovoltaic Power Generations) kết nối tại BusT4, nguồn điện gió WTG (Wind Turbine Generator) kết nối tại BusT3 và 02 máy phát điện SH1, SH2 kết nối tại Bus6H. Trong đó, SH1 và SH2 có thể là các máy phát điện trong nhà máy thủy điện nhỏ SHP (Small Hydro Power Plant) hoặc nhà máy nhiệt điện turbine khí GTG (Gas Turbine Generator), máy phát điện Diesel,... Tuy nhiên trong bài báo này chỉ đủ thời lượng cho nghiên cứu một số thách thức đối với SHP.

Thiết bị đóng cắt và bảo vệ đầu lộ mỗi lộ đường dây 22 kV: sử dụng máy cắt 471 và 472 trang bị chức năng bảo vệ quá dòng điện.

Thiết bị đóng cắt và bảo vệ các đường dây 22 kV: sử dụng các thiết bị tự động đóng lại (recloser), bao gồm RE3, RE4, RE5, RE6 và RE6H.

Thiết bị đóng cắt và bảo vệ phía cao áp của các máy biến áp từ T1 đến T6: sử dụng các LBS (Load Break Switch).

Thiết bị đóng cắt liên lạc giữa 2 lộ đường dây 22 kV: sử dụng một recloser R45-36 và các dao cách ly có khả năng chuyển đổi tiếp điểm để thay đổi điểm kết nối.

Các thông số của lưới điện MP-02 được thiết lập trong Bảng 1 (nguồn điện), Bảng 2 và Bảng 3 (phụ tải) và Bảng 4 (đường dây).

Bảng 1. Thông số nguồn điện

Tên nguồn	Điện áp (% U_{dm})	Góc pha điện áp (độ)	Công suất ngắn mạch (MVA)
Nguồn 1	102	2	1000
Nguồn 2	105	8	1500

Bảng 2. Khai báo dữ liệu phụ tải (trạng thái phụ tải max)

Tên phụ tải	Load 2	Load 4	Load 6	Load 1	Load 3	Load 5
Công suất định mức S_{dm} (kVA)	2300	2500	800	2250	2000	1600
Hệ số công suất $\cos\varphi$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Bảng 3. Khai báo dữ liệu phụ tải (một trạng thái ngẫu nhiên)

Tên phụ tải	Load 2	Load 4	Load 6	Load 1	Load 3	Load 5
Công suất định mức S_{dm} (kVA)	1750	1900	600	1800	1500	1200
Hệ số công suất $\cos\varphi$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Bảng 4. Khai báo dữ liệu đường dây lộ 471 và 472

TT	Ký hiệu	Chiều dài (km)	Tiết diện (mm ²)	Dòng điện cho phép (A)
1	L1	5	183	581,6
2	L2	5	183	581,6
3	L3	5	183	581,6
4	L3-6	5	111	423,3
5	L4	10	183	581,6
6	L4-5	3	111	423,3
7	L5	10	183	581,6
8	L6	10 km hoặc 50 km	183	581,6

Các nghiên cứu về điều khiển vận hành lưới điện chủ yếu được dựa trên kết quả của bài toán mô phỏng, giải tích lưới tương ứng các chế độ vận hành khác nhau. Trong khi đó phần mềm ETAP được áp dụng là một công cụ giải tích và mô phỏng rất hoàn hảo bởi kết quả thu được chính xác và được kết xuất thông minh. Cụ thể áp dụng với MP-02 sẽ là:

- Dữ liệu kết quả hiển thị trên sơ đồ mô phỏng được sử dụng cho việc đánh giá chỉ số điện áp bus, phân bố luồng công suất trên các đoạn đường dây, qua MBA, công suất nguồn phát,...

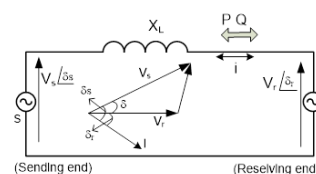
- Dữ liệu kết quả kết xuất tổ hợp theo định dạng Excel gồm: điện áp bus, các trị số phụ tải P, Q, trị số và chiều dòng điện trên các nhánh, hệ số mang tải MBA, công suất phát của các nguồn, điện áp đầu cực máy phát, nấc phân áp MBA,... được sử dụng cho việc phân tích sâu cho mỗi trạng thái, chế độ vận hành. Đồng thời đó cũng là cơ sở dữ liệu cho các bài toán điều khiển nâng cao, như: Điều khiển dự báo, điều khiển vận hành ứng dụng công nghệ AI,...

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

3.1. Xây dựng mô hình nghiên cứu

3.1.1. Mô hình toán

Công suất truyền tải tỷ lệ nghịch với chiều dài như chỉ ra trên mô hình 2. Trên hình 2, s là một máy phát điện, r là một máy phát tương đương xem như lưới điện được quy đổi về tại đó. Chiều dài đường dây kết nối được đặc trưng bởi tổng trở X_L , trong khi đó máy phát s có điện áp V_s và δ_s , máy phát r có điện áp V_r và δ_r . Từ sơ đồ, quan hệ ràng buộc giữa các đại lượng đặc trưng được thể hiện bởi các phương trình (1).



Hình 2. Mô hình điều khiển vận hành công suất hòa lưới

$$P = \frac{V_s V_r}{X_L} \sin \delta; \quad Q_r = V_r \frac{V_s \cos \delta - V_r}{X_L}; \quad Q_s = V_s \frac{V_s - V_r \cos \delta}{X_L} \quad (1)$$

Từ (1) cho thấy luật điều chỉnh thành phần công suất phát thông qua 2 biến số là biên độ điện áp và chênh lệch góc pha $\delta = \delta_s - \delta_r$. Trong khi đẩy công suất theo chiều dài đường dây qua một hay nhiều phân đoạn đường dây thì các giá trị P , Q , U và góc pha δ bị suy giảm. Công suất truyền tải giữa hai nút i và j được [13] phân tích rõ như sau:

$$P_{ij} = P_{Lj} + \sum_{k \in C_j} P_{jk} + \Delta P_{ij} = P_{Lj} + \sum_{k \in C_j} P_{jk} + \frac{\left(P_j + \sum_{k \in C_j} P_{jk} \right)^2 + \left(Q_j + \sum_{k \in C_j} Q_{jk} \right)^2}{U_j^2} R_{ij} \quad (2)$$

$$Q_{ij} = Q_{Lj} + \sum_{k \in C_j} Q_{jk} + \Delta Q_{ij} = Q_{Lj} + \sum_{k \in C_j} Q_{jk} + \frac{\left(P_j + \sum_{k \in C_j} P_{jk} \right)^2 + \left(Q_j + \sum_{k \in C_j} Q_{jk} \right)^2}{U_j^2} X_{ij}$$

Trong đó: i, j lần lượt là bus đầu và cuối của đường dây ij ; tại bus j có các thành phần công suất phụ tải là S_{Lj} , P_{Lj} , Q_{Lj} các thành phần công suất chạy trên đường dây ij là S_{ij} , P_{ij} , Q_{ij} tương ứng tổn thất công suất trên đường dây ij là ΔP_{ij} , ΔQ_{ij} ; C_j là một tập hợp tất cả các nút có được kết nối với nút j ngoại trừ nút i . Tổng công suất của tất cả các nhánh nối với nút j ngoại trừ đường dây ij là $\sum_{k \in C} P_k$.

Từ đó có thể xác định được biên độ và góc pha điện áp tại điểm j (cuối đường dây) qua biểu thức sau:

$$U_j = \sqrt{\left(U_i - \frac{P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}}{U_i} \right)^2 + \left(\frac{P_{ij}X_{ij} - Q_{ij}R_{ij}}{U_i} \right)^2}; \theta_j = \theta_i - \arctan \frac{(P_{ij}X_{ij} - Q_{ij}R_{ij})/U_i}{U_i - (P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij})/U_i} \quad (3)$$

Phương trình công suất tác dụng và công suất phản kháng viết được tại nút k như sau:

$$S_k = P_k + jQ_k = V_k^* I_k = V_k \left[\sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \right]^* = V_k \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n e^{j(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn})} \quad (4)$$

trong đó: $k, n=1, 2, \dots, N$; $V_n = V_n e^{j\delta_n}$; $Y_{kn} = Y_{kn} e^{j\delta_n} = G_{kn} + jB_{kn}$.

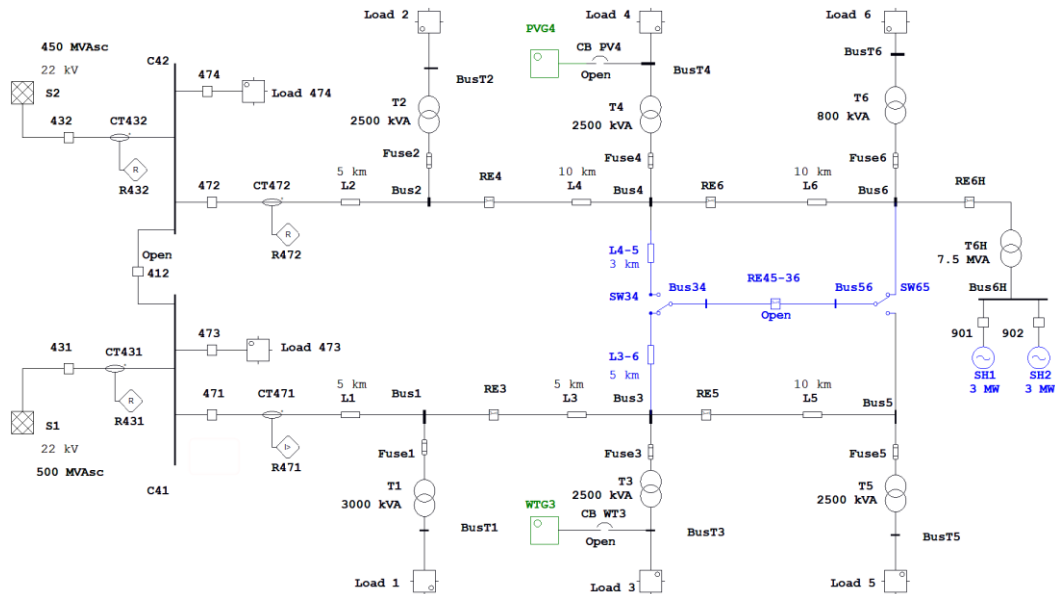
Tách phần thực và phần ảo của (4) ta có phương trình cân bằng công suất của P và Q tại nút k :

$$P_k = V_k \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \cos(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn}); \quad Q_k = V_k \sum_{n=1}^N Y_{kn} V_n \sin(\delta_k - \delta_n - \theta_{kn}) \quad (5)$$

Từ đây, thuật toán Newton-Raphson và các phương trình phi tuyến được cho bởi (5) sẽ giúp xác định các thành phần công suất P, Q chạy trên các nhánh và điện áp (biên độ, góc pha) tại tất cả các bus của sơ đồ. Cụ thể trong bài báo này, thuật toán Newton-Raphson tích hợp trong phần mềm ETAP được xem là công cụ chính để mô phỏng và giải tích lưới áp dụng đối với mô hình MP-02.

3.1.2. Mô hình mô phỏng

Từ mô hình MP-02 và các phân tích trên đây, một sơ đồ mô phỏng được xây dựng trong ETAP như trên hình 3.



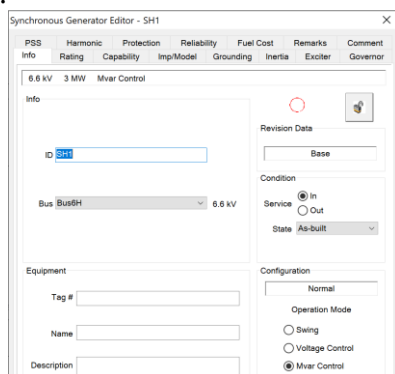
Hình 3. Mô hình hóa mô phỏng FDS trong ETAP

Mục tiêu của bài báo là nghiên cứu vận hành hiệu quả SHP trước 2 thách thức thường gặp trong thực tế: Thách thức đối với sự thay đổi khoảng cách kết nối; và Thách thức khi xảy ra mất kết nối lưới. Do đó, trong sơ đồ mô phỏng được đơn giản hóa bằng cách quy đổi nguồn 1 và

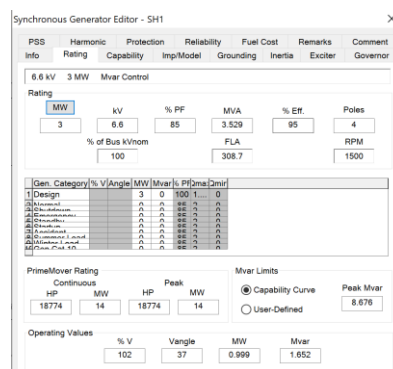
nguồn 2 về thanh cái 22 kV là S1 và S2. Các nguồn PVG và WTG không được xét đến (PV4 và WT3 đều ở trạng thái open).

3.2. Nghiên cứu vận hành mạng SHP với các kịch bản giả lập về khoảng cách

Thách thức trên đây sẽ được nghiên cứu qua 2 trường hợp (kịch bản) sau đây: giả thiết SH1 và SH2 của SHP điện phát tối đa công suất tác dụng là $P = 3$ MW và không phát công suất phản kháng ($Q = 0$ Mvar); các dữ liệu hệ thống áp dụng theo bảng 1, bảng 2, bảng 4, bảng 5 như trên và RE45-36 đang ở trạng thái mở. Cụ thể, trong ETAP, SH1 và SH2 được cài đặt như chỉ ra trên hình 4.



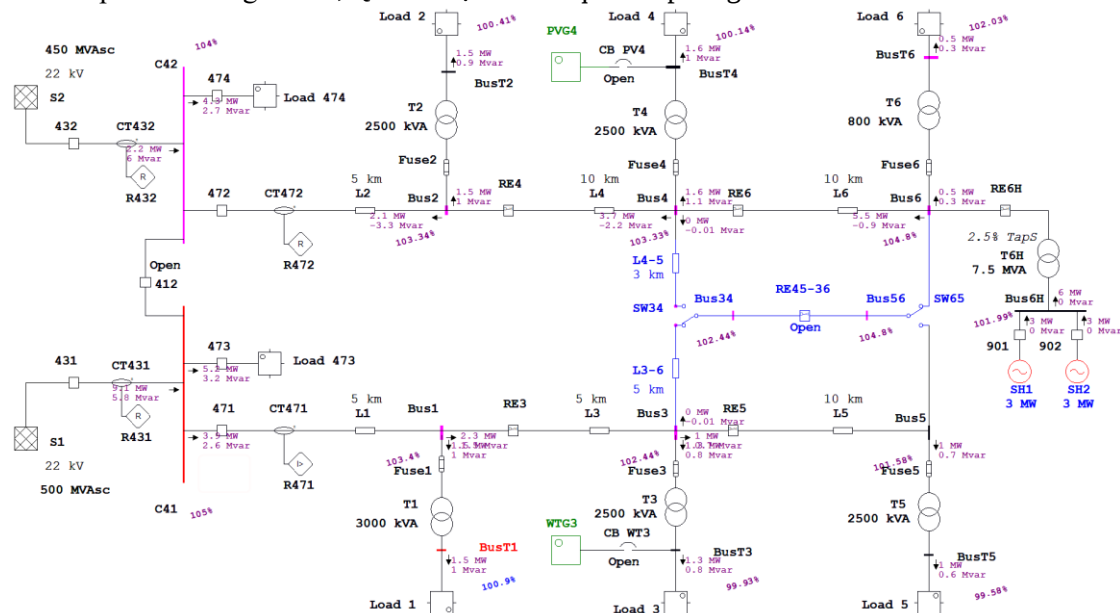
a) Cài đặt chế độ máy phát (Mvar Control)



b) Cài đặt công suất phát

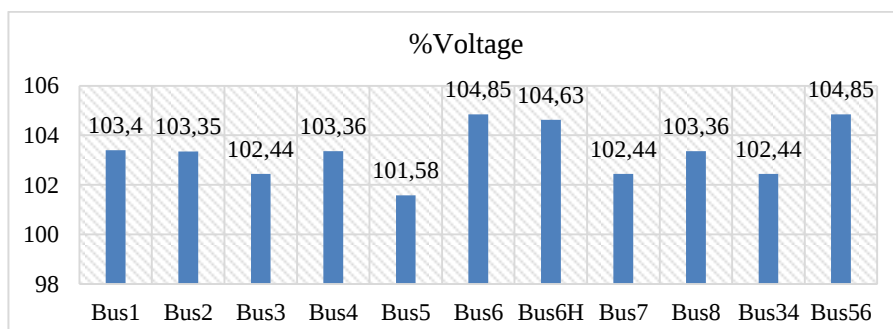
Hình 4. Cài đặt chế độ vận hành máy phát thủy điện trong ETAP

Kịch bản 1 (SHP kết nối gần): SHP kết nối trong lưới MP-02 với độ dài của đoạn đường dây L6 là 10 km. Kết quả giải tích lưới bằng phần mềm ETAP thu được các giá trị điện áp các bus chính và phân bố công suất P , Q hiển thị trên kết quả mô phỏng hình 5 và hình 6.



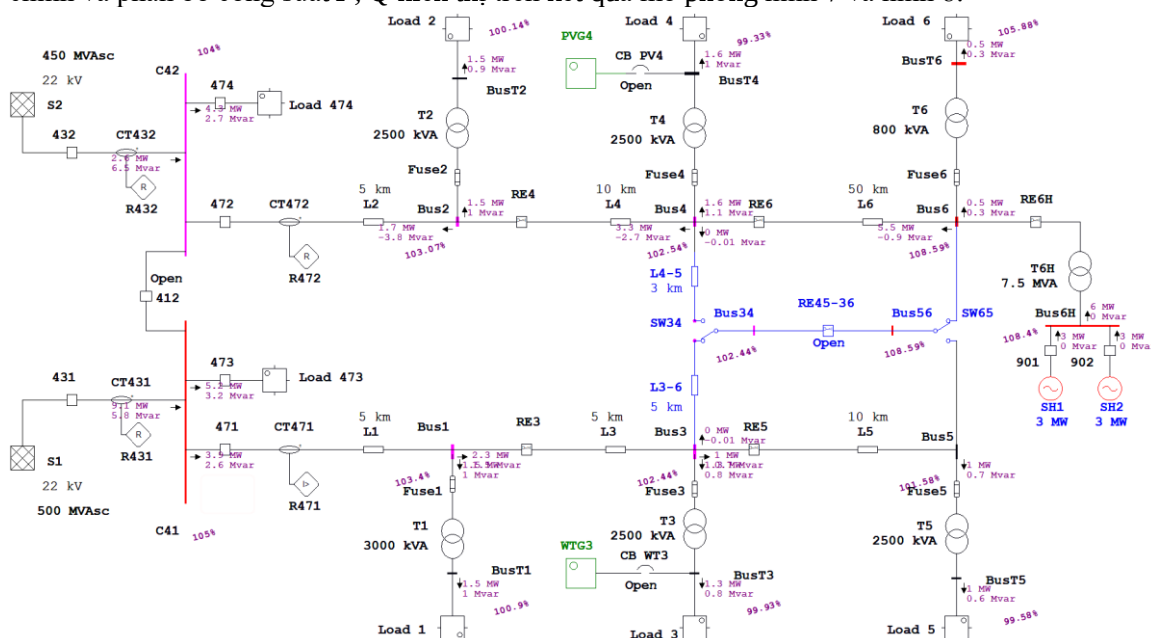
Hình 5. Kết quả giải tích kịch bản 1 hiển thị trên sơ đồ mô phỏng

Từ kết quả giải tích cho thấy: các giá trị điện áp tại các bus chính đều nằm trong phạm vi cho phép, $U_{\max} \approx 105\%$ tại bus56 và $U_{\min} \approx 101\%$ tại bus5. Có thể kết luận đây là một trạng thái vận hành an toàn, đảm bảo chất lượng.

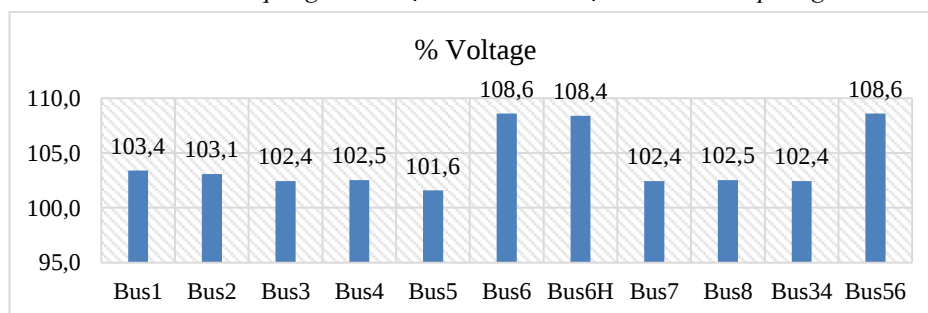


Hình 6. Kết quả giải tích trường hợp 1 báo cáo dạng biểu đồ Excel

Kịch bản 2 (SHP kết nối xa): SHP kết nối trong lưới MP-02 với độ dài của đoạn đường dây L6 là 50 km. Kết quả giải tích lưới bằng phần mềm ETAP thu được các giá trị điện áp các bus chính và phân bố công suất P , Q hiển thị trên kết quả mô phỏng hình 7 và hình 8.



Hình 7. Kết quả giải tích kịch bản 2 hiển thị trên sơ đồ mô phỏng



Hình 8. Kết quả giải tích trường hợp 2 báo cáo dạng biểu đồ Excel

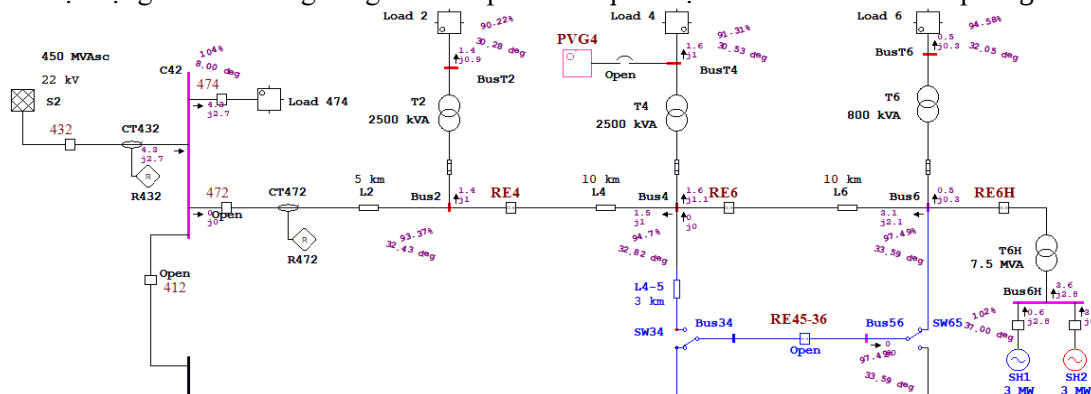
Từ kết quả giải tích cho thấy: các giá trị điện áp tại một số bus tăng cao, $U_{\max} \approx 108,6\%$ tại bus56 và bus6,... trong khi đó $U_{\min} \approx 101,6\%$ tại bus5. Có kết luận đây là một trạng thái vận hành không an toàn.

Đối diện với những bất cập trên đây, một số giải pháp được đề xuất lúc này nhằm hạ thấp điện áp tại bus56 hay bus6 về phạm vi cho phép, đồng thời điều chỉnh cân đối giá trị điện áp tại các bus khác bằng cách điều khiển SHP áp dụng chế độ vận hành vừa phát P đồng thời thu Q. Hoặc một đề xuất khác là đóng RE45-36 kết nối giữa Bus6 với Bus3 để điều chỉnh lại phân bố công suất sang lộ 471, rút ngắn bán kính truyền tải công suất của SHP.

3.3. Nghiên cứu vận hành mạng điện cô lập lộ 472 và chỉ có 1 nguồn là SHP

Trong trường hợp mất kết nối nguồn hệ thống bởi lý do sự cố hay cắt điện thao tác sửa chữa, các máy phát của SHP rơi vào trạng thái không ổn định do mất cân bằng thu phát. Giải pháp được đề xuất lúc này là nhanh chóng điều khiển, điều chỉnh chế độ vận hành và mức công suất phát các máy phát SH1 và SH2 thuộc SHP. Kịch bản được đề xuất của bài báo này thực hiện qua qua 3 bước sau đây.

Bước 1. Điều khiển chuyển chế độ vận hành máy phát. Trong khi cả SH1 và SH2 đang vận hành chế độ điều áp, cần phải chuyển SH1 (hoặc SH2) về chế độ điều tần nhằm thiết lập nhanh nhất một trạng thái cân bằng công suất thu phát. Kết quả được chỉ ra trên sơ đồ mô phỏng hình 9.



Hình 9. Mô phỏng trạng thái cân bằng thu phát công suất

Tuy nhiên, sau bước 1 cho thấy điện áp các bus trên lộ 472 có thể chưa thỏa mãn các tiêu chuẩn quy định [4]. Cụ thể là: giá trị điện áp tại Bus2 chỉ đạt 93,37%, tại Bus4 là 94,7%. Như vậy, cần có giải pháp tiếp theo nhằm nâng cao chất lượng điện áp.

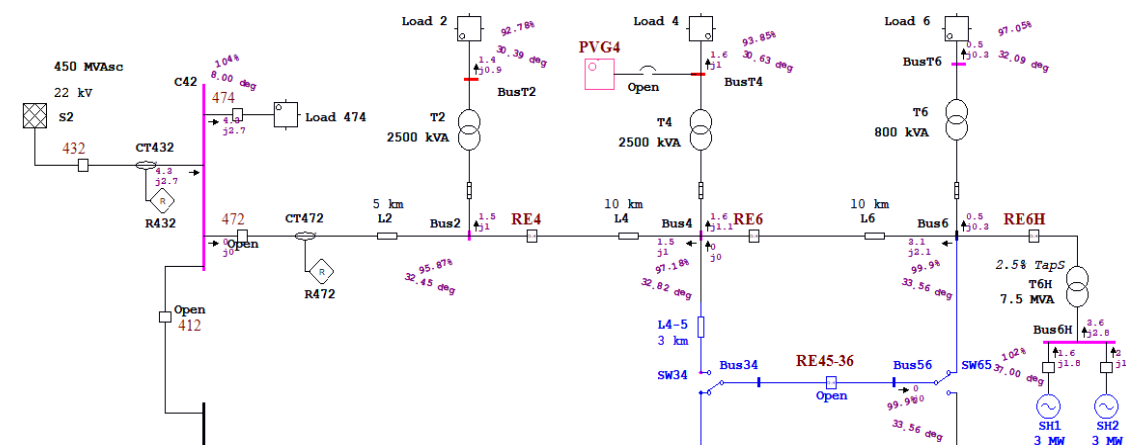
Bước 2. Điều chỉnh nâng cao chất lượng điện áp:

Trong khoảng thời gian khắc phục sự cố, điện áp các bus trên lộ 472 được phép sai lệch trong phạm vi tiêu chuẩn. Chính vì vậy, có thể áp dụng một số giải pháp thông dụng như điều chỉnh OLTC của máy biến áp T6H, giảm tải đối với một số khách hàng không đòi hỏi cao về tính liên tục cung cấp điện. Trong thực tế, cả hai giải pháp trên đều có những nhược điểm nhất định. Một giải pháp có tính chiến lược được đề xuất đó là điều chỉnh các thành phần công suất (P và Q) của 2 máy phát.

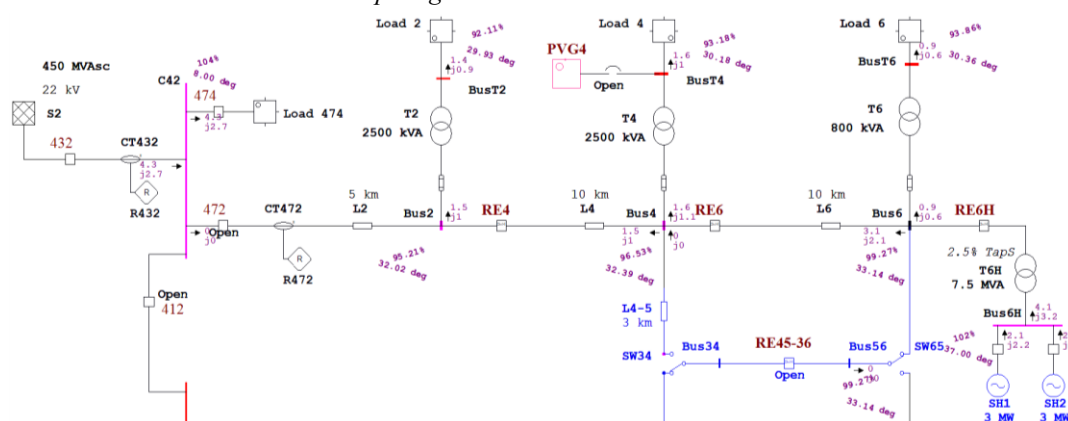
Bước 3. Chiến lược điều chỉnh công suất 2 máy phát:

Điều chỉnh SH2 phát giảm công suất tác dụng, tăng phát công suất phản kháng. Tương ứng các thành phần công suất phát của SH1 sẽ được tự động điều chỉnh lại. Kết quả thu được như thể hiện trên sơ đồ mô phỏng hình 10, công suất phát của SH2 là (2 MW + 1 MVar) và của SH1 là (1,6 MW + 1,8 MVar).

Trong khi vận hành chế độ này các thành phần công suất phát của SH2 có thể được điều chỉnh bởi người trực vận hành còn các thành phần công suất phát ra từ SH1 sẽ được tự động điều chỉnh để đảm bảo công suất thu phát trong mạng điện cô lập luôn được cân bằng trước các thách thức thay đổi của phụ tải. Ví dụ, phụ tải tại Load6 đóng thêm công suất ($425kW + j263kVar$). Toàn bộ tải đóng thêm được cung cấp bởi SH1, hình 11. Theo nguyên tắc này, các nguồn điện tái tạo nếu luôn vận hành với công suất dưới tiềm năng của nguồn năng lượng sơ cấp tức thời sẽ đảm bảo nâng cao tính ổn định hệ thống điện nói chung, đối với mạng cô lập nói riêng.



Hình 10. Mô phỏng điều chỉnh san tải đối với SH1 và SH2



Hình 11. Kết quả SH1 bù động khi tăng tải Load6

Trên đây là một quy trình thao tác để có được chế độ vận hành mạng điện cô lập với nguồn DG là một SHP. Để khôi phục trạng vận hành kết nối lưới như ban đầu, trình tự các thao tác được thực hiện như sau:

Bước 1: thao tác mở máy cắt Re6H để ngắt kết nối của SHP, thao tác trở về trạng thái bình thường cho các phân áp của máy biến áp của T6H, thao tác cắt RE45-36 và đóng trả lại các phụ tải trên lộ 471 đã bị sa thải trước đó. Phần mạng điện cô lập tạm thời bị mất điện.

Bước 2: Kết nối lưới bằng cách đóng trở lại theo đúng quy trình quy phạm các thiết bị đóng cắt trước đây được cắt ra. Kiểm tra trạng thái vận hành thông qua hệ thống đo lường, cảnh báo.

Bước 3: Hòa đồng bộ trở lại cho SHP và điều khiển điều chỉnh vận hành lưới để có được trạng thái vận hành phù hợp nhất.

4. Kết luận

Bài báo này đã xây dựng được một DS tổng quát, được gọi là lưới điện MP-02, có khả năng đáp ứng nhiều mục tiêu nghiên cứu khác nhau, trong đó các lớp bài toán điều khiển vận hành cho FDS đã được chỉ ra chi tiết. Lưới điện này được sử dụng để đánh giá các chiến lược vận hành nhà máy thủy điện nhỏ khi xét đến khoảng cách truyền tải và mất nguồn lưới.

Thông qua các kết quả mô phỏng trên phần mềm ETAP, các thông số chế độ của lưới điện đã được xác định chính xác tương ứng với các trạng thái vận hành khác nhau của lưới. Cụ thể, trong trường hợp xét đến trường hợp SHP kết nối gần và kết nối xa đã được đánh giá chi tiết thông qua việc mô phỏng xác định luồng công suất và điện áp các nút. Khi không có nguồn lưới và vận hành độc lập nhánh 472, các giải pháp vận hành máy phát đáp ứng cân bằng thu phát công suất, chất lượng điện áp nút cũng đã được đề xuất mà mô phỏng đánh giá chi tiết để minh chứng hiệu quả.

Các kết quả thu được từ bài báo đã làm rõ những ý tưởng vận hành cho một nhà máy thủy điện nhỏ trong lưới điện phân phối với những kịch bản thường xảy ra. Nghiên cứu này có thể tiếp tục được phát triển những ý tưởng chuyên sâu cho FDS với những ứng dụng của AI và các kỹ thuật dự báo để nâng cao khả năng đáp ứng các tiêu chuẩn hiện hành, nhanh chóng đưa ra những quyết định gợi ý cho người vận hành khi đưa ra những ứng dụng thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/REFERENCES

- [1] H. Laaksonen, C. Parthasarathy, H. Hafezi, M. Shafie-khah, and H. Khajeh, "Flexible control and management methods for future distribution networks," *IET under the Creative Commons Attribution License*, vol. 2020, no. 1, pp. 66–69, 2020.
- [2] H. Laaksonen, H. Khajeh, C. Parthasarathy, M. Shafie-khah, and N. Hatzigiorgiou, "Towards Flexible Distribution Systems: Future Adaptive Management Schemes," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 8, pp. 1–29, 2021.
- [3] J. Xiao, Y. Wang, F. Luo, L. Bai, F. Gang, R. Huang, and X. Jiang, "Flexible distribution network: definition, configuration, operation, and pilot project," *The Institution of Engineering and Technology*, vol. 12, no. 20, pp. 4492–4498, 2018.
- [4] W. Cao, J. Wu, N. Jenkins, C. Wang, and T. Green, "Operating principle of soft open points for electrical distribution network operation," *Appl. Energy*, vol. 164, pp. 245–257, 2016.
- [5] W. Cao, J. Wu, N. Jenkins, C. Wang, and T. Green, "Benefits analysis of soft open points for electrical distribution network operation," *APPL. Energy*, vol. 165, pp. 36–47, 2016.
- [6] Senate and House of Representatives of the United States of America, "Energy Independence and Security Act of 2007," *Public Law 110-140*, 110th Congress, 2007.
- [7] T. P. L. and D. M. Ngo, "Research on Designing an Energy Management System for Isolated PV Source," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 13, pp. 29–36, 2014.
- [8] N. D. Vo, N. P. D. Nguyen, T. M. T. Pham, H. M. T. Nguyen, T. T. Tran, Q. M. Huynh, Q. V. Huynh, N. N. Nguyen, T. K. Dang, D. A. K. Pham, and D. T. V. Le, *ETAP and applications in power systems*, Ho Chi Minh National Publisher, 2017.
- [9] M. U. Hashmi, A. Koirala, H. Ergun, and D. V. Hertem, "Perspectives on distribution network flexible and curtailable resource activation and needs assessment," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 59, no. 3, pp. 2995 – 3008, 2023.
- [10] Mònica Aragüés-Peñalba and Andrea Sumper, *Microgrids*, MPDI Publisher, Switzerland, 2019.
- [11] Son La Power Company - Vietnam Electricity (EVN), "General Report 2020," (in Vietnamese), 2020.
- [12] T. P. Le, D. M. Ngo, T. T. Ha, and T. T. T. Nguyen, *Distribution Systems*, Technology and Science Publisher (in Vietnamese), 2022.
- [13] B. Wang, X. Hu, P. Shen, W. Ji, Y. Cao, and J. Tang, "A Flexible Load Control Strategy for Distribution Network to Reduce the Line Losses and to Eliminate the Transmission Congestion," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2017, pp. 1–16, 2017.
- [14] D. Borkowski and M. Majdak, "Small Hydropower Plants with Variable Speed Operation—An Optimal Operation Curve Determination," *Energies*, vol. 13, no. 23, 2020, Art. no. 6230, doi: 10.3390/en13236230.
- [15] A. A. A. Baker, M. P. Y. Al-Kababji, and S. S. Al-Juboori, "Optimal Location of Small Hydro Power Plants (SHPPS) at Distribution System by Using Voltage Sensitivity Index," *International Journal of Energy and Power Engineering*, vol. 5, no. 2-1, pp. 13–17, 2016.