

MÔ PHỎNG VÀ SO SÁNH HOẠT ĐỘNG CỦA STATCOM VÀ SVC TRONG VIỆC ỔN ĐỊNH NHÀ MÁY ĐIỆN GIÓ NỐI LƯỚI

SIMULATION AND COMPARISON OF STATCOM AND SVC IN THE STABILITY OF GRID-CONNECTED WINDFARM

Nguyễn Duy Minh^{1,*}

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về ổn định của nhà máy điện gió nối lưới và nghiên cứu hoạt động của thiết bị bù tĩnh SVC (Static Var Compensator) và thiết bị bù tĩnh đồng bộ STATCOM (Static synchronous Compensator) trong việc tích hợp nhà máy điện gió vào lưới điện. Mô hình mô phỏng hệ thống nhà máy điện gió nối lưới có lắp đặt thiết bị bù tĩnh dạng SVC hoặc STATCOM đã được xây dựng và tiến hành mô phỏng cho một số kịch bản điển hình có xét đến các quy định về kết nối lưới các nhà máy điện gió hiện hành ở Việt Nam. Các kết quả chỉ ra rằng thiết bị bù SVC và STATCOM đều có khả năng cải thiện đáng kể sự ổn định của hệ thống trong và sau khi có nhiễu loạn xảy ra. So với thiết bị SVC cùng công suất, STATCOM cho thấy khả năng hoạt động tốt hơn, cung cấp nhiều hơn lượng công suất phản kháng hỗ trợ hệ thống khi sự cố.

Từ khóa: Nhà máy điện gió, ổn định, bù công suất phản kháng, SVC, STATCOM.

ABSTRACT

This paper studies the stability of grid-connected wind farm and operation of SVC (Static Var Compensator) and STATCOM (Static synchronous Compensator) system for wind farm integration. Wind farm models equipped with either SVC or STATCOM are developed and simulated for some typical cases by considering current Vietnam grid codes for wind farm integration. It is shown that both SVC and STATCOM considerably improve the system stability during and after disturbances. Compared to SVC, STATCOM shows a better dynamic performance and provides a better reactive power support to the grid.

Keywords: Wind farm, stability, reactive power compensation, SVC, STATCOM.

¹Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực

*Email: minhnd81@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 05/4/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/5/2022

Ngày chấp nhận đăng: 27/6/2022

1. MỞ ĐẦU

Nằm trong xu hướng dịch chuyển sang các nguồn năng lượng tái tạo trên toàn thế giới, trong vài năm gần đây, tỉ trọng công suất đặt từ các nguồn điện mặt trời và điện gió ở Việt Nam đã có sự gia tăng, phát triển mạnh mẽ thuộc hàng cao nhất khu vực. Tính riêng nguồn điện gió, theo kế hoạch đến cuối năm 2021 có 105 dự án với tổng công suất đặt 5671MW được đưa vào vận hành [1] và thực tế tính đến

ngày 01/11/2021 đã có 84 nhà máy với tổng công suất 3980,27MW hòa lưới thành công [2]. Tuy nhiên việc tích hợp các nhà máy điện gió vào lưới điện quốc gia đòi hỏi tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật chặt chẽ được quy định trong các thông tư hiện hành về hệ thống điện truyền tải [3, 4] trong đó có các quy định về khả năng điều chỉnh điện áp, dải thu phát công suất phản kháng đảm bảo nhà máy hoạt động ở hệ số công suất cho trước, khả năng vượt qua sự cố (loại sự cố, thời gian tồn tại sự cố)... Với xu hướng ngày càng gia tăng số lượng nhà máy điện gió kết nối vào lưới điện, các quy định, thỏa thuận kết nối theo đó sẽ ngày càng chặt chẽ hơn. Một số kết quả nghiên cứu đã trình bày về ứng dụng thiết bị bù SVC hoặc STATCOM trong nhà máy điện gió nhưng ở phạm vi từng thiết bị hoặc chưa đi vào phân tích với các quy định kết nối cụ thể [5, 6, 7]. Bài báo này trình bày nghiên cứu, đánh giá và so sánh việc sử dụng thiết bị SVC và STATCOM trong việc đảm bảo cho nhà máy đáp ứng được các quy định kỹ thuật khi kết nối lưới.

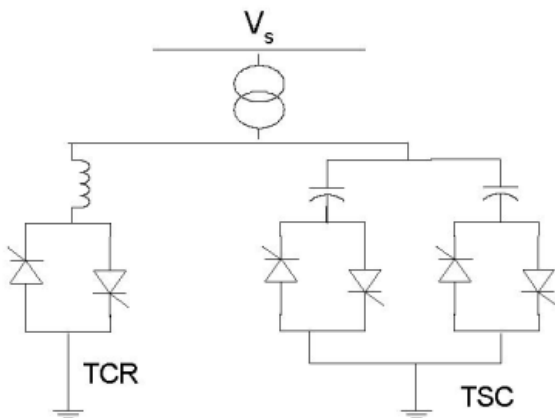
2. THIẾT BỊ BÙ SVC VÀ STATCOM TRONG VIỆC ĐÁP ỨNG CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG CHO NHÀ MÁY ĐIỆN GIÓ NỐI LƯỚI

Công suất phản kháng là một thành phần năng lượng chạy trên lưới điện. Quá nhiều công suất phản kháng dẫn đến kém hiệu quả trong truyền tải dòng công suất tác dụng, ngược lại thì có thể tạo ra các tình trạng mất cân bằng. Công suất phản kháng cũng được dùng để điều chỉnh điện áp hệ thống. Cấp thêm công suất phản kháng có thể nâng cao điện áp và ngược lại hấp thụ công suất phản kháng sẽ làm giảm điện áp tại các nút điện áp dâng cao. Lắp đặt thiết bị bù công suất phản kháng như SVC hoặc STATCOM [8, 9] tại điểm kết nối hệ thống (PCC - Point of Common Coupling) có thể giúp nhà máy điện gió điều khiển công suất phản kháng và đảm bảo khả năng tích hợp vào lưới điện đáp ứng các quy định hiện hành.

Các thành phần của thiết bị SVC điển hình được thể hiện trên hình 1. Một hệ thống SVC thường bao gồm một số bộ tụ điện đóng cắt bằng thyristor (TSC - Thyristor Switched Capacitors) đấu nối song song với một cuộn kháng điều khiển bằng thyristor (TCR - Thyristor Controlled Reactor); tất cả được đấu nối với lưới điện qua máy biến áp để đảm bảo tính an toàn và kinh tế do các thành phần của

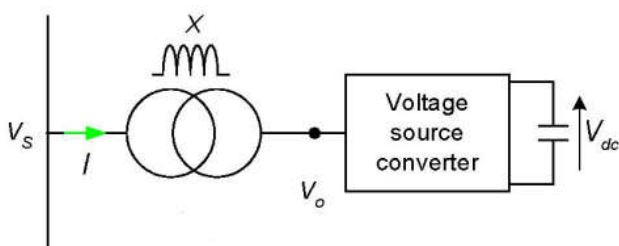
hệ thống SVC khó chế tạo để kết nối trực tiếp vào lưới điện áp truyền tải hàng trăm kV.

Thiết bị SVC có thể cung cấp hoặc hấp thụ công suất phản kháng phụ thuộc vào số lượng bộ tụ TSC được kích mở đi kèm với góc điều khiển điện kháng TCR và thường được điều khiển theo vòng kín điện áp. Trong chế độ điều khiển này, giá trị đo lường điện áp lưới tại điểm đấu nối sẽ được so sánh với điện áp tham chiếu từ đó đưa ra tín hiệu về độ lệch điện áp. Tín hiệu này chạy qua bộ điều khiển kiểu PI để tính ra dung dẫn cần thiết của bộ SVC rồi từ đó xác định góc điều khiển của bộ TCR cũng như số lượng bộ tụ TSC cần kích mở.



Hình 1. Thiết bị SVC

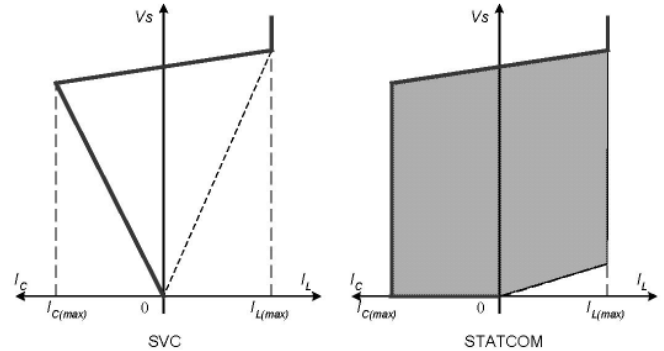
Mô hình thiết bị STATCOM được thể hiện trên hình 2, thiết bị này gồm có một bộ biến đổi nguồn áp (VSC - Voltage Source Converter) và máy biến áp đấu kiểu shunt vào lưới điện. Nguyên lý hoạt động của bộ STATCOM dựa trên điều khiển điện áp ở đầu ra của bộ biến đổi VSC để điều khiển dòng công suất phản kháng. Khi điện áp nút hệ thống V_s giảm, thiết bị STATCOM sẽ tạo ra điện áp đồng pha V_o có giá trị lớn hơn V_s do đó dòng công suất phản kháng sẽ chạy theo hướng từ STATCOM vào lưới và nâng điện áp nút lên và ngược lại khi điện áp nút hệ thống tăng cao thì thiết bị sẽ hút công suất phản kháng từ lưới. Tương tự như thiết bị SVC, thiết bị STATCOM cũng thường sử dụng bộ điều khiển kiểu vòng kín điện áp xoay chiều để đưa ra giá trị công suất phản kháng yêu cầu.



Hình 2. Thiết bị STATCOM

Đặc tính hoạt động của thiết bị SVC và STATCOM được so sánh trên hình 3. Có thể thấy rằng với SVC dòng điện điện kháng (mang tính dung I_C hoặc tính cảm I_L) lớn nhất do thiết bị sinh ra tỉ lệ tuyến tính với điện áp hệ thống V_s vì thế lượng công suất phản kháng tương ứng phát ra từ SVC

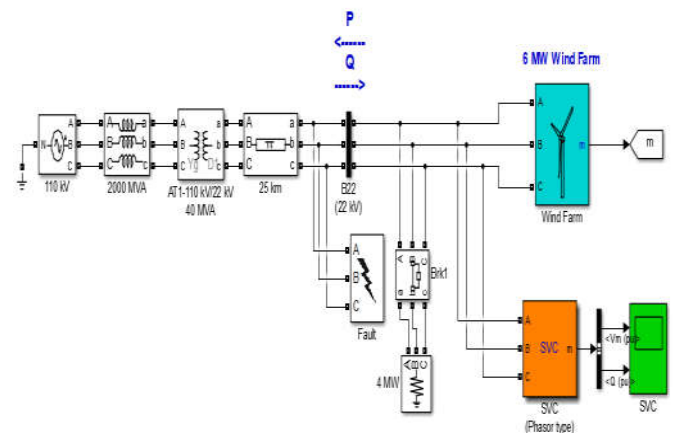
sẽ giảm theo bậc hai khi điện áp giảm. Trong khi đó với thiết bị STATCOM dòng điện này được xác định từ sự chênh lệch giữa điện áp nút lưới và điện áp tạo ra ở đầu ra bộ biến đổi VSC vì thế dòng điện điện kháng lớn nhất của STATCOM có thể phát ra chỉ phụ thuộc vào công suất của bộ biến đổi mà không phụ thuộc vào điện áp lưới. Do đó thiết bị STATCOM có khả năng sinh công suất phản kháng đáng kể ngay cả khi điện áp hệ thống rất thấp.



Hình 3. Đặc tính hoạt động của thiết bị SVC và STATCOM

3. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG

Để nghiên cứu hoạt động, so sánh và đánh giá hiệu quả của thiết bị SVC và STATCOM trong việc tích hợp nhà máy điện gió vào lưới điện, mô hình mô phỏng hệ thống điện gồm nhà máy điện gió kết nối lưới có lắp đặt thiết bị bù được xây dựng trong Matlab-Simulink như trên hình 4, 5 cụ thể gồm các phần sau:



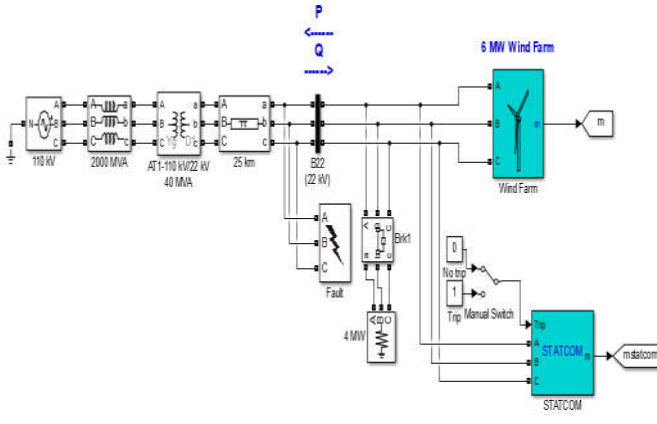
Hình 4. Mô hình mô phỏng với SVC

Nguồn điện từ hệ thống cấp cho phía cao áp của MBA AT1 (110kV/22kV) được thay thế bởi một nguồn ba pha có thể điều chỉnh để đánh giá đáp ứng của nhà máy điện gió nối lưới và thiết bị bù; công suất của hệ thống lấy bằng 2000MVA được tính toán từ công suất máy cắt đầu nguồn.

Máy biến áp AT1 là máy biến áp ba pha hai cuộn dây có công suất định mức 40MVA, phía cao áp nối với đường dây từ hệ thống còn phía hạ áp nối với đường dây 22kV kết nối các nhà máy điện gió và phụ tải địa phương cấp 22kV.

Đường dây 22kV từ trạm 110kV tới thanh cái đấu nối nhà máy điện gió dài 25km, cuối đường dây có đặt khối sự cố để mô phỏng các sự cố trên đường dây này.

Nhà máy điện gió mô phỏng có công suất 6MW gồm 2 cụm tua-bin, công suất mỗi cụm 3MW. Cấp điện áp máy phát 690V sau đó qua máy biến áp nâng lên 22kV đấu nối vào thanh cái trạm phân phối. Tại thanh cái 22kV này có phụ tải địa phương đấu nối vào với công suất có thể thay đổi được.



Hình 5. Mô hình mô phỏng với STATCOM

Thiết bị bù SVC hoặc STATCOM (hình 4 là SVC và hình 5 là STATCOM) có công suất định mức 3MVar cũng được đấu nối vào thanh cái 22kV. Thiết bị bù có khả năng giữ ổn định điện áp tại thanh cái kết nối nhà máy với lưới, đảm bảo duy trì kết nối trong thời gian quy định khi có dao động điện áp hay các sự cố thoát qua.

4. CÁC KỊCH BẢN MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ

Trong phần này của bài báo, kết quả mô phỏng cho một số kịch bản điển hình sẽ được trình bày và phân tích cụ thể là ở chế độ xác lập, khi điện áp lưới dao động (tăng, giảm) và khi có các sự cố ngắt mạch thoát qua. Các trường hợp mô phỏng đều xét nhà máy điện gió đang phát công suất định mức 6MW và phụ tải địa phương không đổi bằng 4MW.

4.1. Điện áp lưới dao động

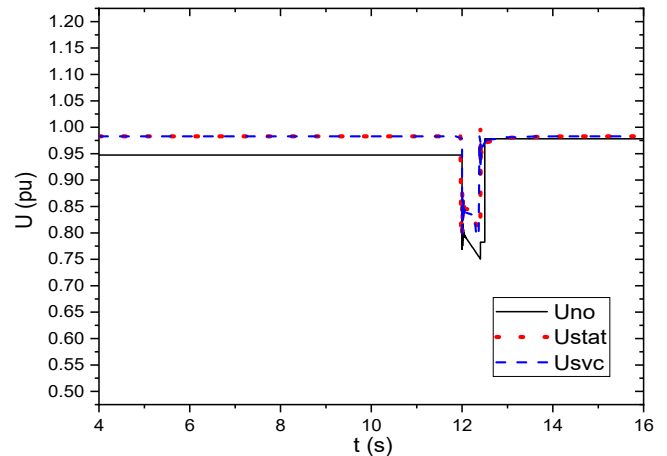
Các kết quả mô phỏng cho trường hợp điện áp lưới tại điểm đấu nối giảm thấp và tăng cao lần lượt được phân tích trong các phần dưới đây. Trong các minh họa kết quả, chú thích “no” tương ứng với việc không đưa thiết bị bù vào hoạt động còn “stat” và “svc” lần lượt là kết quả khi đưa thiết bị bù STATCOM hoặc SVC vào hoạt động.

4.1.1. Điện áp giảm

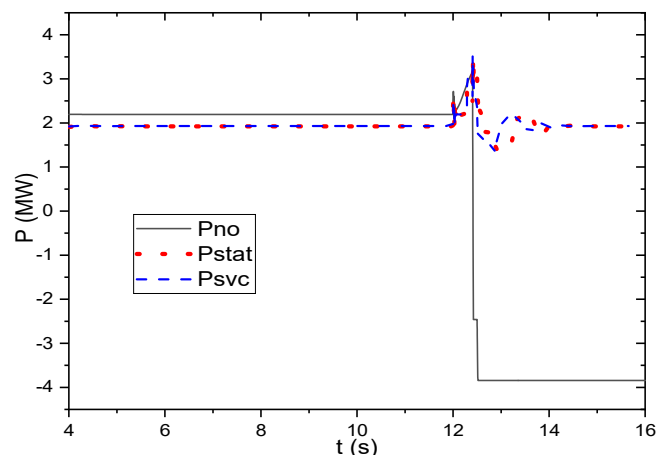
Kịch bản mô phỏng được thực hiện là khi hệ thống đang ở chế độ xác lập thì vào thời điểm $t = 12s$ điện áp lưới tại điểm đấu nối giảm xuống giá trị 0,8pu, thời gian tồn tại sự cố là 0,5s.

Kết quả mô phỏng điện áp tại điểm đấu nối (PCC) được thể hiện trên hình 6. Có thể thấy rằng ở chế độ xác lập trước sự cố, điện áp tại PCC khi không có thiết bị bù chỉ ở mức 0,945pu trong khi nếu đưa thiết bị bù vào thì điện áp tiến đến gần giá trị định mức hơn là 0,98pu. Trong thời gian tồn tại sự cố, việc đưa các thiết bị bù vào làm điện áp giảm ít hơn khoảng 0,5pu so với khi không có bù. So sánh điện

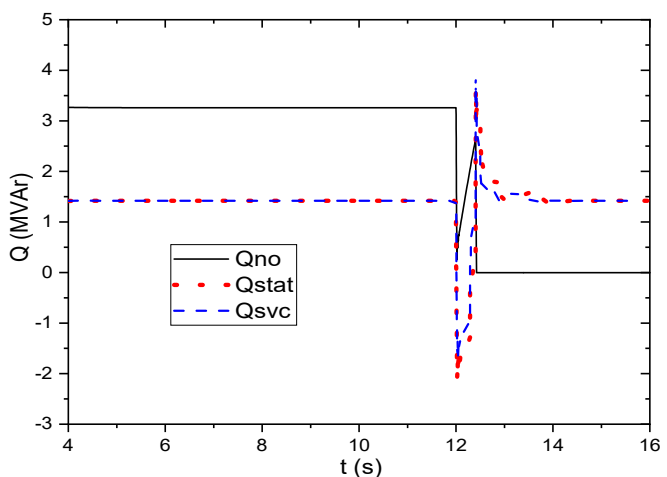
áp trong thời gian sự cố ta thấy với STATCOM điện áp giảm thấp hơn so với đặt SVC nhưng không đáng kể. Sau khi xảy ra nhiễu loạn, hệ thống trở về chế độ xác lập mới với điện áp đo được ở PCC vẫn là 0,98pu khi có đặt thiết bị bù và gần tới giá trị này khi không có bù. Giá trị điện áp tại PCC tăng lên khi không có thiết bị bù so với chế độ ban đầu có thể giải thích bởi việc nhà máy điện gió đã bị tách ra khỏi lưới sau sự cố. Chi tiết các dòng công suất được phân tích ở phần tiếp theo.



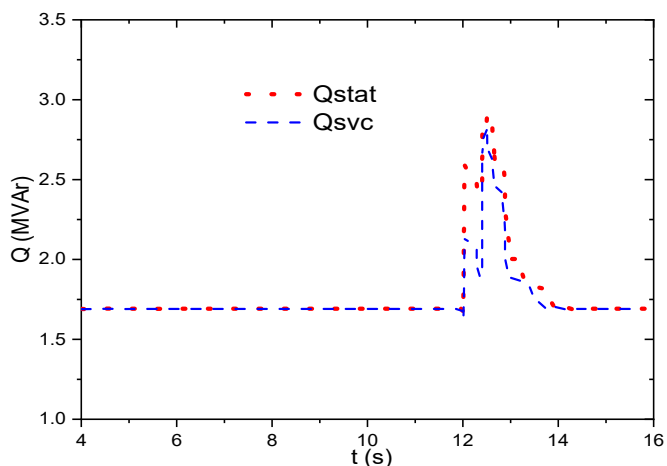
Hình 6. Điện áp tại điểm đấu nối



Hình 7. Công suất tác dụng trao đổi



Hình 8. Công suất phản kháng trao đổi



Hình 9. Công suất phản kháng thiết bị bù

Kết quả mô phỏng công suất tác dụng và công suất phản kháng trao đổi giữa hệ thống và nhà máy tại PCC lần lượt được thể hiện trên hình 7, 8; công suất phản kháng các thiết bị bù được mô phỏng trên hình 9.

Quan sát kết quả trên hình 7 ta thấy, ở chế độ xác lập trước sự cố, khi không có thiết bị bù công suất tác dụng truyền theo hướng từ nhà máy điện gió về hệ thống là 2MW tương ứng công suất phát định mức của nhà máy 6MW trừ đi 4MW cấp cho phụ tải địa phương, sau khi sự cố xảy ra dòng công suất đổi chiều với giá trị 4MW tức là toàn bộ phụ tải địa phương lúc này được cấp từ hệ thống và nhà máy điện gió đã bị tách ra khỏi lưới. Khi có thiết bị bù, chúng ta thấy trong và sau sự cố, có dao động về công suất nhưng sau đó vẫn duy trì chiều dòng công suất như chế độ xác lập ban đầu tức là nhà máy điện gió vẫn duy trì trạng thái kết nối lưới. Giá trị dòng công suất truyền về hệ thống ở chế độ xác lập nhỏ hơn một chút so với khi không có thiết bị bù do bản thân các thiết bị bù tiêu thụ một lượng nhỏ công suất tác dụng.

Minh họa dòng công suất phản kháng trên hình 8 cho thấy ở chế độ xác lập trước sự cố dòng công suất phản kháng truyền từ hệ thống về nhà máy 3,2MVAR do nhu cầu công suất phản kháng của các máy phát điện gió. Giá trị dòng công suất giảm xuống còn khoảng 1,5MVAR khi có đặt các thiết bị bù vì một phần nhu cầu công suất phản kháng đã được cấp tại chỗ bởi các thiết bị bù (khoảng 1,7MVAR - hình 9). Cũng quan sát trên hình 8 ta thấy, sau khi sự cố xảy ra, dòng công suất phản kháng giảm xuống bằng 0 trong trường hợp không đặt bù vì nhà máy đã bị tách ra.

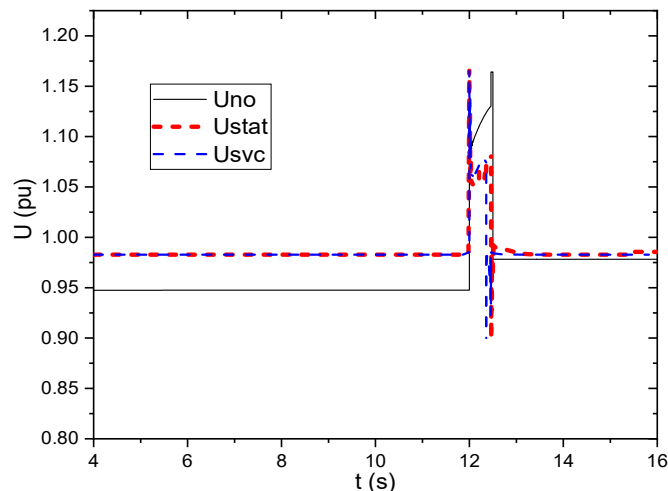
Kết quả mô phỏng trên hình 9 cho thấy, trong thời gian tồn tại sự cố, lượng công suất phản kháng phát ra từ các thiết bị tăng nhanh chóng lại sự sụt giảm điện áp. Cũng có thể thấy rằng lượng công suất phát ra bởi STATCOM lớn hơn SVC đáng kể trong giai đoạn đầu sự cố, điều này giải thích bởi vùng đặc tính hoạt động khác nhau của hai thiết bị như đã trình bày ở phần 2.

4.1.2. Điện áp tăng

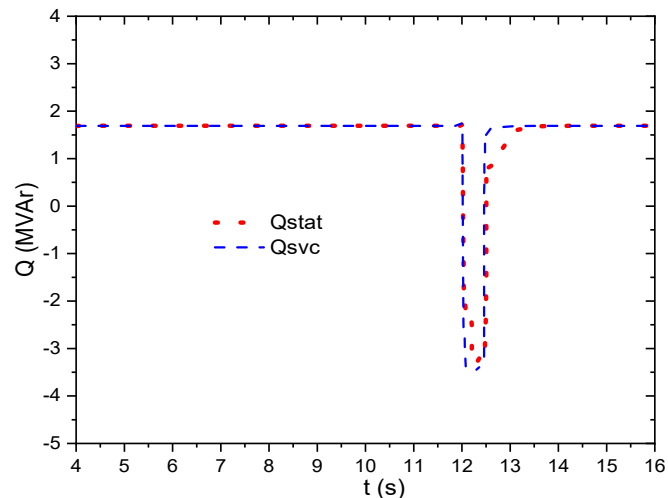
Thực hiện mô phỏng tiếp theo cho trường hợp điện áp lưới tăng cao lên đến giá trị 1,2pu; các thông số về thời

điểm bắt đầu sự cố vẫn giữ nguyên là $t = 12s$ và thời gian tồn tại sự cố là 0,5s. Kết quả mô phỏng tiếp tục cho thấy khi không có thiết bị bù, nhà máy điện gió bị tách ra khỏi lưới còn khi có thiết bị bù SVC hoặc STATCOM đều đảm bảo giữ kết nối nhà máy với lưới.

Minh họa kết quả mô phỏng điện áp tại PCC được biểu diễn trên hình 10 và hoạt động của bộ SVC và STATCOM được thể hiện ở hình 11.



Hình 10. Điện áp tại điểm đấu nối



Hình 11. Công suất phản kháng thiết bị bù

Theo mô phỏng điện áp ở hình 10 ta thấy, kết quả ở chế độ xác lập trước và sau sự cố tương tự như phần 4.1.1 đó là khi không có thiết bị bù thì điện áp sau sự cố ở mức cao hơn, tiến gần đến giá trị định mức do nhà máy điện gió đã bị tách ra khỏi lưới. Với hoạt động của thiết bị bù thì điện áp trước và sau sự cố được giữ ở mức 0,98pu. Trong giai đoạn tồn tại sự cố thì với việc đưa các thiết bị bù vào hoạt động, điện áp có tăng lên nhưng ở mức thấp hơn khoảng 0,7pu so với khi không có thiết bị bù.

Mô phỏng hoạt động của thiết bị bù trên hình 11 cho thấy, trong trường hợp này, dòng công suất phản kháng của thiết bị bù SVC và STATCOM đều đảo chiều ngay lập tức khi sự cố tăng điện áp xảy ra; từ đang phát công suất phản kháng 1,7MVAR vào nút lưới để bù một phần cho nhu

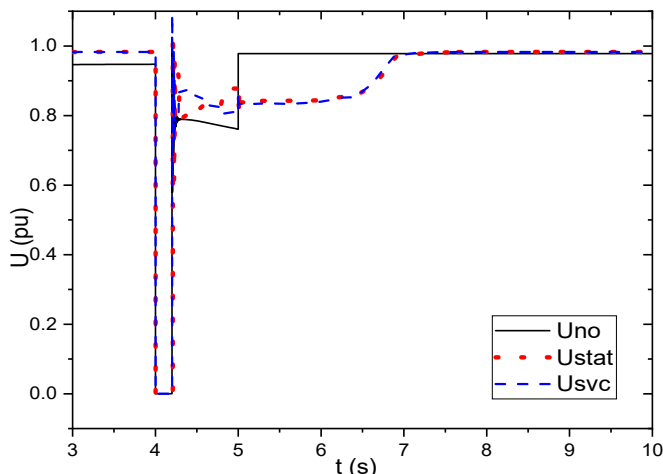
cầu công suất phản kháng nhà máy điện gió như đã phân tích ở phần 4.1.1 chuyển thành hút công suất phản kháng vượt công suất định mức của thiết bị ở giá trị 3,3MVAR để chống lại sự gia tăng điện áp đang diễn ra. Trong trường hợp này ta không thấy sự khác nhau về lượng công suất phản kháng giữa thiết bị STATCOM và SVC do khi điện áp tăng cao hơn giá trị định mức thì vùng đặc tính hoạt động của hai thiết bị là tương tự nhau. Sau khi hết sự cố thì hoạt động của cả hai thiết bị bù trở về như chế độ xác lập trước sự cố hay nói cách khác nhà máy vẫn duy trì kết nối lưới.

4.2. Sự cố ngắn mạch thoáng qua

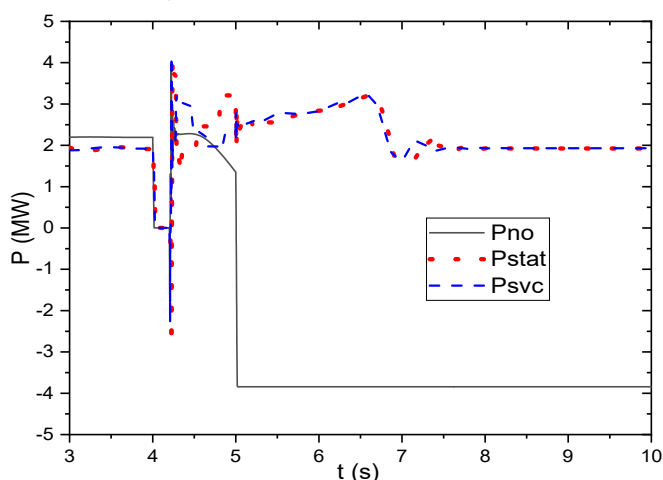
4.2.1. Ngắn mạch 3 pha

Trường hợp mô phỏng là xét ngắn mạch 3 pha trên đường dây kết nối với hệ thống; thời điểm xảy ra ngắn mạch là $t = 4s$ và cho thời gian tồn tại sự cố là $0,2s$. Theo quy định hiện hành về hệ thống điện truyền tải với trường hợp sự cố điện áp giảm xuống dưới $0,3pu$ thì thời gian duy trì tối thiểu là $0,15s$.

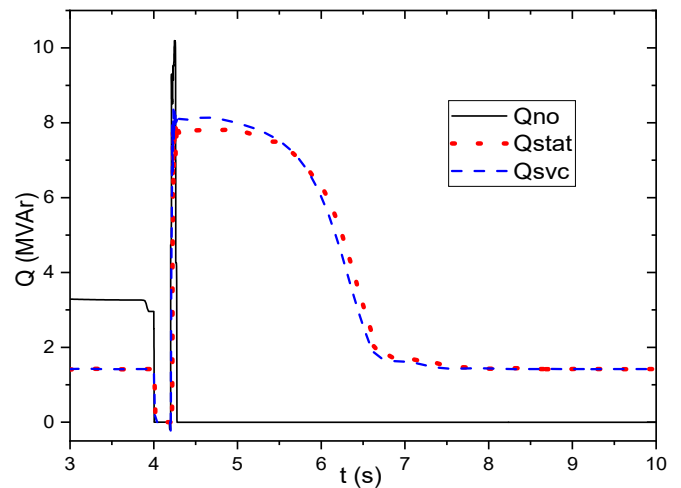
Kết quả mô phỏng điện áp được biểu diễn trên hình 12; công suất tác dụng và công suất phản kháng trao đổi giữa hệ thống và nhà máy tại PCC lần lượt được thể hiện trên hình 13, 14; công suất phản kháng các thiết bị bù được mô phỏng trên hình 15.



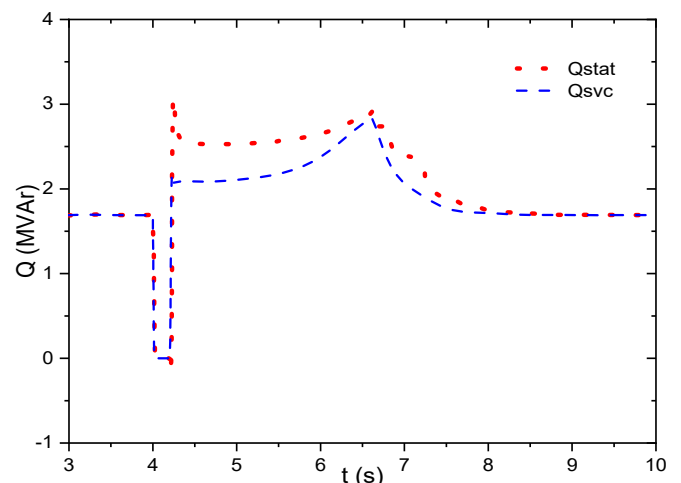
Hình 12. Điện áp tại điểm đấu nối



Hình 13. Công suất tác dụng trao đổi



Hình 14. Công suất phản kháng trao đổi



Hình 15. Công suất phản kháng thiết bị bù

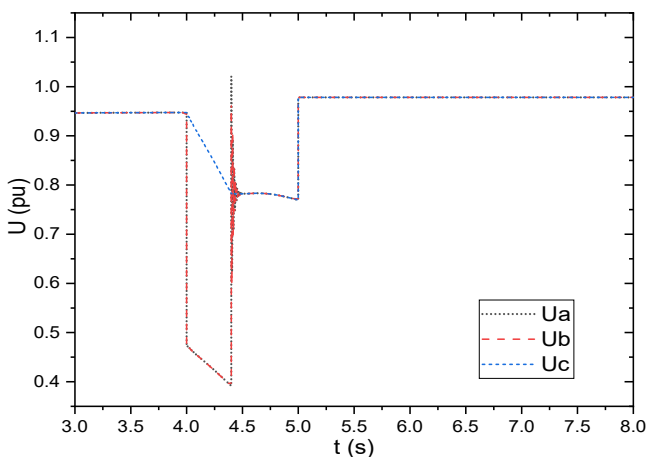
Phân tích kết quả mô phỏng điện áp (hình 12) ta thấy, trong cả ba trường hợp điện áp đều bị giảm đột ngột về 0 trong thời gian sự cố. Tuy nhiên sau sự cố, điện áp khi không đặt thiết bị bù trở lại chế độ xác lập mới sớm hơn khi có thiết bị bù ($t = 5s$) và với giá trị cao hơn ở chế độ xác lập trước sự cố đồng nghĩa với nhà máy điện gió đã bị tách ra khỏi lưới như đã thấy ở các phần trên. Điện áp khi đặt thiết bị bù STATCOM hoặc SVC dao động quanh mức $0,8pu$ ngay sau khi kết thúc sự cố và sau đó tiến tới giá trị xác lập mới bằng giá trị ở chế độ xác lập cũ tại $t = 7s$. Khoảng thời gian điện áp chưa ổn định này tương ứng với dao động công suất của nhà máy điện gió thể hiện rõ ở kết quả mô phỏng trên hình 13 và 14. Công suất tác dụng truyền về hệ thống dao động ở mức lớn hơn $2MW$ rồi tiến tới ổn định ở $2MW$ như trước sự cố sau thời điểm $t = 7s$. Công suất phản kháng truyền từ hệ thống về tăng rất cao lên mức $8MVAR$ tương ứng nhu cầu công suất phản kháng của nhà máy ngay sau thời điểm sự cố và cũng giảm dần để trở về mức ổn định $1,5MVAR$ như trước sự cố. Quan sát kết quả trên hai hình này ta cũng thấy rõ khi không có thiết bị bù nhà máy đã bị tách ra sau sự cố thể hiện ở công suất phụ tải địa phương $4MW$ được cấp hoàn toàn từ hệ thống và công suất phản kháng từ hệ thống bằng 0.

Quan sát hoạt động bộ STATCOM và SVC được mô phỏng trên hình 15, ta thấy rằng cả hai thiết bị đều bị giảm công suất phát đột ngột về 0 trong thời gian tồn tại sự cố. Sau đó thiết bị STATCOM thể hiện khả năng phát công suất tốt hơn SVC ở thời điểm ngay sau sự cố và hoạt động của cả hai thiết bị đều tiến tới mức ổn định như chế độ xác lập trước sự cố là phát 1,7MVAR cấp cho nhu cầu công suất phản kháng của nhà máy.

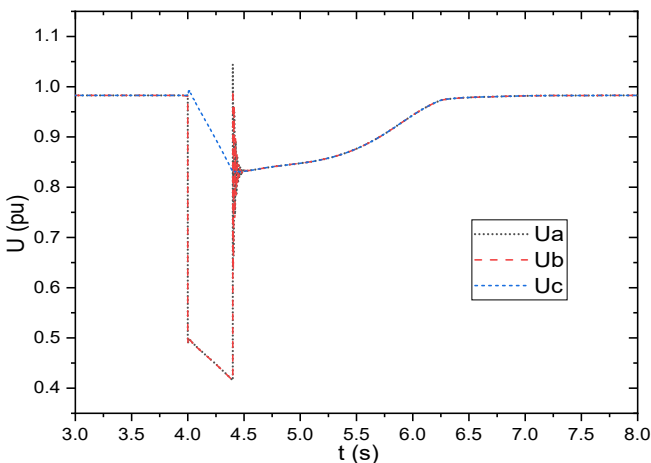
4.2.2. Ngắn mạch 2 pha

Tiếp tục thực hiện mô phỏng cho trường hợp ngắn mạch 2 pha (pha A và pha B), thời điểm xảy ra ngắn mạch vẫn là $t = 4s$ và thời gian tồn tại sự cố là $0,4s$ (do trường hợp ngắn mạch này không làm điện áp giảm về 0 như ngắn mạch 3 pha nên xét thời gian sự cố dài hơn). Kết quả mô phỏng cũng cho thấy khi không có thiết bị bù nhà máy điện gió bị tách khỏi lưới và do đó điện áp trở lại chế độ xác lập mới nhanh hơn khi có đặt thiết bị bù. Còn khi có đặt thiết bị bù STATCOM hoặc SVC thì sẽ có dao động sau khi kết thúc sự cố nhưng vẫn đảm bảo kết nối nhà máy với lưới điện.

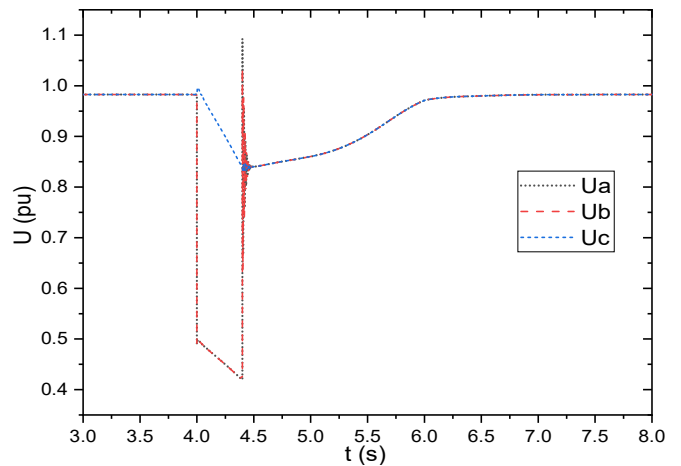
Kết quả mô phỏng điện áp khi không đặt bù, có đặt SVC và có đặt STATCOM được biểu diễn lần lượt trên hình 16, 17, 18; công suất phản kháng các thiết bị bù được mô phỏng trên hình 19.



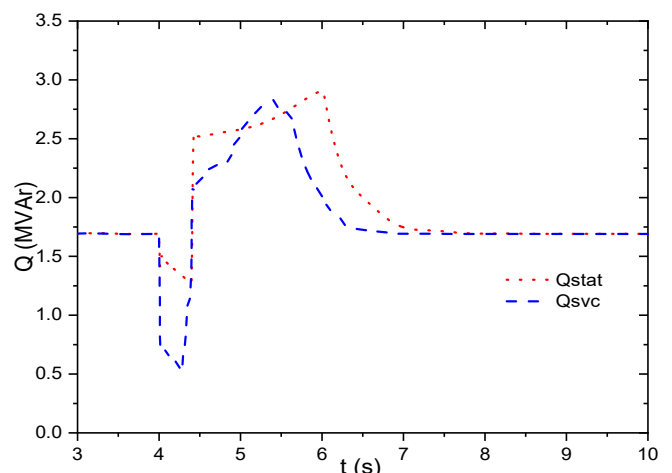
Hình 16. Điện áp không đặt bù



Hình 17. Điện áp với thiết bị SVC



Hình 18. Điện áp với thiết bị STATCOM



Hình 19. Công suất phản kháng thiết bị bù

Các điểm khác biệt và cần phân tích so với ngắn mạch 3 pha là ở kịch bản ngắn mạch này, điện áp không bị giảm về 0 mà chỉ giảm xuống khoảng 0,4pu ở cuối thời gian sự cố đối với cả ba trường hợp. So sánh điện áp mô phỏng khi đặt SVC (hình 17) và STATCOM (hình 18) ta thấy với STATCOM điện áp hồi phục về chế độ xác lập mới nhanh hơn ở $t = 6s$ so với $t = 6,35s$ đối với SVC. Thời gian này nhanh hơn so với trường hợp ngắn mạch 3 pha khi hệ thống trở lại ổn định sau thời điểm $t = 7s$. Quan sát kết quả mô phỏng công suất thiết bị bù (hình 19), ta thấy do điện áp sụt mạnh khi sự cố nhưng không bị giảm về 0 nên cả hai thiết bị SVC và STATCOM đều vẫn có khả năng công suất phản kháng hỗ trợ lưới điện trong thời gian tồn tại sự cố và nhanh chóng tăng lên sau khi kết thúc sự cố góp phần đảm bảo giữ kết nối nhà máy với hệ thống điện. Trong thời gian tồn tại và ngay sau khi kết thúc sự cố chúng ta cũng thấy được ưu điểm của STATCOM so với SVC về khả năng phát công suất phản kháng cao hơn, điều này cũng giải thích đặc tính điện áp khi có STATCOM trở về trạng thái ổn định nhanh hơn.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình nhà máy điện gió nối lưới với thiết bị bù kiểu SVC hoặc STATCOM và thực hiện mô phỏng cho một số trường hợp quá độ và sự cố trên lưới

điện để đánh giá hiệu quả của các thiết bị bù với nhà máy điện gió kết nối lưới. Các kết quả mô phỏng cho thấy rõ khi không có sự hỗ trợ của hệ thống bù SVC hoặc STATCOM nhà máy điện gió thường bị tách ra khỏi điểm đấu nối. Trong khi đó nếu đưa hệ thống bù vào hoạt động sẽ cải thiện sự ổn định điện áp trong và sau khi xảy ra sự cố; giúp các nhà máy điện gió duy trì kết nối lưới, đáp ứng các yêu cầu khi tích hợp vào lưới điện. Các kết quả mô phỏng cũng chỉ ra hiệu quả hoạt động của thiết bị STATCOM vượt trội hơn SVC trong một số trường hợp điện áp giảm thấp, cung cấp nhiều hơn lượng công suất phản kháng hỗ trợ hệ thống, nhanh chóng đưa hệ thống trở lại trạng thái bình thường. Trong thực tế hiện nay các nhà máy điện gió đa phần trang bị hệ thống STATCOM vì sự ưu việt trong khả năng đáp ứng và kích thước so với SVC, thiết bị SVC với cấu trúc từ thyristor có thể được sử dụng khi cần công suất lớn hoặc cực lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Official dispatch No 2617/EVN-TTĐ of Vietnam Electricity.
- [2]. <https://moit.gov.vn/tin-tuc/phan-trien-nang-luong/84-du-an-dien-gio-kip-van-hanh-thuong-mai-voi-tong-cong-suat-hon-3.980-mw.html>.
- [3]. Circular No 25/2016/TT- BCT dated November 30, 2016 of Ministry of Industry and Trade
- [4]. Circular No 30/2019/TT- BCT dated November 18, 2019 of Ministry of Industry and Trade.
- [5]. K. Sree Latha, M. Vijaya Kumar, 2014. *STATCOM for enhancement of voltage stability of a DFIG driven wind turbine*. 2014 Power and Energy Systems: Towards Sustainable Energy, pp. 1-5.
- [6]. M.G. Hemeida, H.R. Hussien, M.A. Wahab, 2015. *Stabilization of a Wind Farm Using Static VAR Compensators (SVC) Based Fuzzy Logic Controller*. Advances in Energy and Power vol. 3, pp. 61-74.
- [7]. B. Khan, M. Kassas, 2019. *FSIG-Based Wind Power Plant Transient Stability Margin Improvement, a STATCOM/SVC Comparison*. 2019 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC), pp. 1-6.
- [8]. M. Noorozian, et al., 2003. *Benefits of SVC and STATCOM for electric utility application*. Conference: Transmission and Distribution Conference and Exposition, 2003 IEEE PES, pp. 1143-1150, vol.3.
- [9]. M. Kuo, 2019. *Applying Reactive Power Compensators to Large Wind Farms to Improve the Stability of Isolated Power Systems*. 2019 IEEE/IAS 55th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp. 1-8.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Duy Minh

Faculty of Electrical Engineering, Electric Power University