

CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ KHO ĐIỆN SỬ DỤNG SIÊU TỤ TÍCH HỢP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN ỐC ĐẢO NGUỒN PHÁT HỖN HỢP GIÓ - DIESEL CÓ SỬ DỤNG KHÂU LỌC THÔNG THẤP

LOW PASS FILTER APPLIED IN THE CLOSED LOOP CONTROL STRATEGY FOR THE SUPERCAPACITOR ENERGY STORAGE SYSTEM INTEGRATED IN HYBRID WIND-DIESEL ISOLATED POWER SYSTEMS

Nguyễn Tùng Lâm^{1,*}, Phạm Tuấn Anh²

TÓM TẮT

Điện năng ở những khu vực hải đảo (nơi mà lưới điện quốc gia không vươn tới) thường sinh ra bởi các tổ hợp phát điện diesel. Năng lượng gió được xem là tiềm năng để bổ sung cho hệ thống điện hải đảo - RAPS. Thiết bị kho điện (ESS) là một giải pháp khả thi giúp giảm nhẹ biến động công suất đầu ra của tua-bin phát điện sức gió (WT). Thiết bị kho điện sử dụng siêu tụ được điều khiển trao đổi công suất hai chiều giữa WT và ESS thông qua việc điều khiển các bộ biến đổi công suất. Mục đích ổn định ngắn hạn công suất tác dụng đầu ra của WT có thể được diễn đạt theo một cách khác là những biến động công suất có tần số lớn hơn tần số được lựa chọn sẽ được hấp thụ bởi thiết bị kho điện thông qua sử dụng khâu lọc thông thấp. Kết quả là biến động công suất đầu ra WT có tích hợp ESS sẽ chậm hơn, để từ đó cải thiện tính ổn định của tần số lưới trong RAPS.

Từ khóa: Hệ thống điện hải đảo, hệ thống phát điện sức gió, tổ hợp phát điện diesel, thiết bị kho điện.

ABSTRACT

Diesel-based power generation is popular on an island (where located far from the nation electrical grid). Wind energy is potential source contributed to remote area power systems (RAPS) on islands. A possible solution to mitigate the wind power fluctuations is integrated energy storage systems (ESS) to the wind turbine (WT). The supercapacitor ESS (SCESS) is able to smooth out the output power of wind turbine by exchanging bidirectional power between wind turbine and supercapacitor through power conversion system. In order to reduce the impact from these fluctuations a filter was implemented in the feed forward path of the control system. This filter cuts off the unwanted high frequency fluctuations from the output. Supercapacitor energy storage systems have the ability to stabilize grid frequency in RAPS via controlled bidirectional active power exchanging process. Simulations validate the effectiveness of the proposed control.

Keywords: Remote area power systems, wind energy conversion systems, diesel-generator set, energy storage systems.

¹Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

²Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email: lam.nguyentung@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 01/6/2017

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 21/12/2019

Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2020

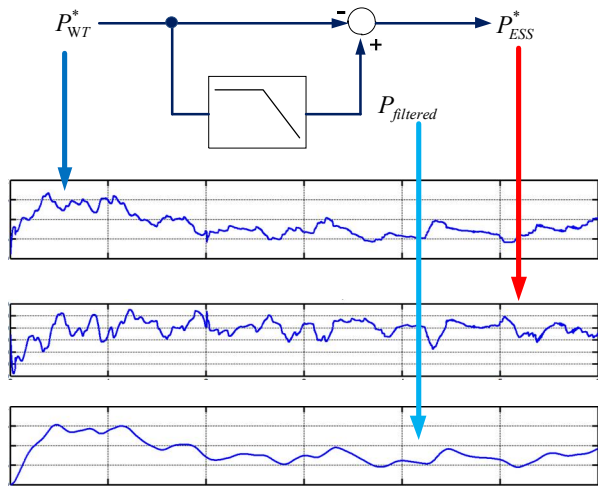
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Điện năng giữ một vai trò then chốt trong phát triển kinh tế xã hội. Nhưng hơn 1,3 tỷ người trên thế giới vẫn chưa được tiếp cận với điện [1, 2] ở những khu vực xa xôi như các hải đảo, vùng núi cao, vùng băng tuyết - những nơi mà lưới điện quốc gia không có khả năng vươn tới. Hệ thống điện ở những khu vực đó tạm gọi tên là hệ thống điện ốc đảo hay Remote Area Power Systems (RAPS)[3]. Nguồn điện trong RAPS sinh ra từ các tổ hợp phát điện diesel, quy mô phụ tải nhỏ và vừa, lưới điện có dung lượng hạn chế mang tính chất lưới yếu độc lập hoàn toàn với lưới điện quốc gia mang tính chất lưới cứng. Các nguồn năng lượng tái tạo đặc biệt là năng lượng gió được xem là một nguồn năng lượng tiềm năng để bổ sung cho hệ thống điện ốc đảo.

Hệ thống điện ốc đảo thông thường lấy nguồn năng lượng từ tổ hợp phát điện diesel làm nền, là nguồn cung cấp năng lượng chính, nguồn năng lượng từ hệ thống phát điện sức gió (PĐSG) được huy động để giảm thiểu lượng tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch [4, 5]. Hệ thống PĐSG có đặc điểm là công suất cơ sản sinh từ tua-bin gió biến động theo tốc độ gió (thấp thường, ngẫu nhiên và không thể điều khiển được) [6, 7]. Khi nguồn phát sức gió được huy động cùng với nguồn phát diesel, sự chia sẻ công suất tác dụng giữa các nguồn phát dẫn tới đòi hỏi điều chỉnh công suất liên tục đưa tới hệ thống điều khiển tốc độ của động cơ diesel để điều chỉnh công suất cơ của động cơ sơ cấp. Trong khi đó ở RAPS, nguồn phát diesel đóng vai trò hình thành lưới, tần số lưới tỷ lệ với tốc độ quay của động cơ sơ cấp diesel. Chính hiện tượng điều chỉnh liên tục công suất nguồn phát làm cho tần số lưới luôn biến động gây suy giảm nghiêm trọng chất lượng điện năng, ảnh hưởng tiêu cực đến sự hoạt động của các thiết bị điện cũng như chính bản thân tuổi thọ của động cơ diesel [5].

Giải pháp điều độ nguồn phát sức gió là không khả thi, thay vào đó người ta sử dụng giải pháp "vá - patch" những biến động của công suất tác dụng đầu ra hệ PĐSG bằng thiết bị kho điện: tích hợp kho điện tại từng turbine PĐSG

(bù phân tán) hoặc tích hợp kho điện tại bus chung của các nguồn phát (bù tập trung). Kho điện sẽ hấp thụ công suất khi nguồn sơ cấp dư thừa và giải phóng công suất khi nguồn sơ cấp thiếu hụt. Khả năng “vá” những khoảng lồi lõm đến đâu, trong thời gian bao lâu phụ thuộc vào mục tiêu điều độ cấp trên như: Ổn định ngắn hạn, ổn định theo đặc điểm phụ tải, ổn định theo mùa...



Hình 1. Giải pháp lọc công suất đầu ra WT

Mục đích ổn định ngắn hạn công suất tác dụng đầu ra của WT có thể được diễn đạt theo một cách khác là những biến động công suất có tần số lớn hơn tần số được lựa chọn sẽ được hấp thụ bởi thiết bị kho điện.

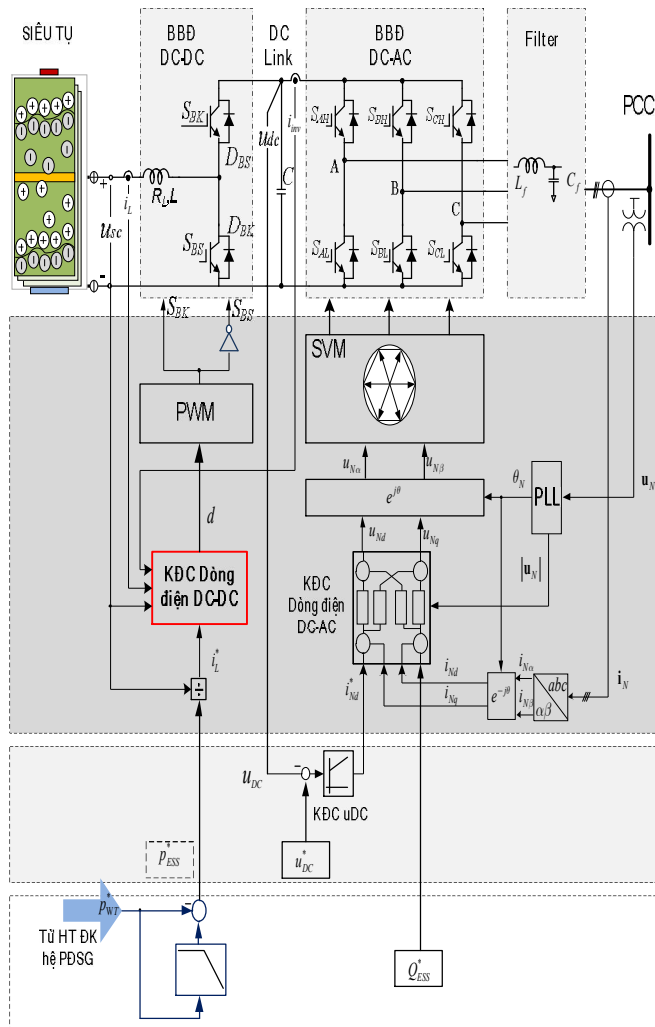
Giá trị công suất đặt P_{WT}^{ref} của một hệ PĐSG là kết quả của bài toán tracking công suất. Giá trị P_{WT}^{ref} do từ tầng điều khiển cấp hệ thống gửi đến tầng điều khiển tua-bin. Áp dụng thuật toán lọc thông thấp đối với P_{WT}^{ref} mang bản chất loại bỏ các thành phần công suất dao động tần số cao. Như vậy, tác động hấp thụ công suất dư thừa và bù đắp công suất khi thiếu hụt sẽ được quyết định khi so sánh giá trị giữa hai tín hiệu như minh họa ở hình 1.

Bài báo này sẽ giới thiệu một số kết quả nghiên cứu về vấn đề sử dụng thiết bị kho điện bù phân tán. Quá trình trao đổi công suất hai chiều giữa kho điện với lưới với cấu trúc điều khiển phù hợp giúp hỗ trợ ổn định tần số trong lưới điện hải đảo nguồn phát hỗn hợp gió-diesel.

2. CÁC VẤN ĐỀ ĐIỀU KHIỂN ESS

Trong hệ thống điện hải đảo phân chia thành nhiều cấp điều khiển, các nguồn phát có vai trò khác nhau trong hệ thống sẽ phải đáp ứng các yêu cầu về điều khiển khác nhau. Đối với RAPS nguồn phát hỗn hợp gió - diesel có tích hợp thiết bị kho điện:

- Nguồn phát diesel đóng vai trò thiết lập lưới cơ sở.
- Hệ PĐSG được điều khiển cấp năng lượng lên lưới.
- Kho điện đóng vai trò là một thiết bị phụ trợ thực hiện chức năng ổn định ngắn hạn công suất đầu ra của hệ PĐSG tránh lây lan các biến động công suất có thể dẫn tới nguy cơ mất ổn định hệ thống.



Hình 2. Cấu trúc điều khiển thiết bị kho điện sử dụng siêu tụ

Để thực hiện nhiệm vụ hấp thụ nhanh những biến động công suất đầu ra của hệ PĐSG, cấu trúc điều khiển được đề xuất như thể hiện trên hình 2 nhằm mục tiêu điều khiển độc lập hai thành phần công suất P và Q: Giá trị tham chiếu của thành phần công suất tác dụng P do vòng điều khiển bên ngoài đưa tới; Trong bài báo này giả thiết lượng đặt $Q_{ESS}^* = 0$ nghĩa là không trao đổi công suất phản kháng. SCESS tích hợp ngay ở đầu ra của WT nên giả thiết điện kháng đường dây từ WT đến SCESS có thể bỏ qua, không xuất hiện biến động điện áp tại điểm kết nối PCC.

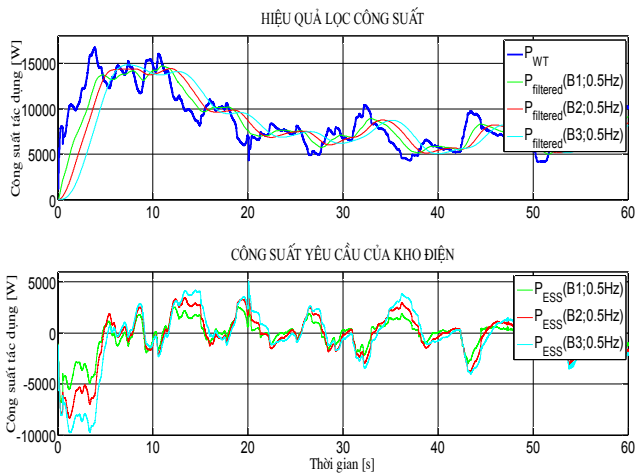
Công suất tác dụng trao đổi với lưới chính là công suất của DC-DC trao đổi với DC-link (nếu bỏ qua các loại tổn hao). Điều khiển dòng điện phóng/ nạp siêu tụ (hay là dòng điện chảy qua cuộn cảm) chính là điều khiển dòng công suất giữa siêu tụ với DC-link thông qua bộ biến đổi DC-DC. Cân bằng điện áp DC-link phản ánh cân bằng của quá trình trao đổi công suất giữa siêu tụ với lưới xoay chiều 3 pha. Trong bài báo này, vấn đề điều khiển ổn định điện áp một chiều trung gian do cấu trúc điều khiển phía DC-AC chịu trách nhiệm; Nhiệm vụ điều khiển chiều và độ lớn công suất tác dụng trao đổi với DC-Link do bộ điều khiển phía DC-DC thực hiện.

Lựa chọn dung lượng siêu tụ

Điện dung của dàn siêu tụ khi đó được lựa chọn như sau [8]:

$$C_{SC} = \frac{\frac{8}{3} P_{max-req} \Delta t_{max}}{\frac{1}{2} U_{SC-max}^2} \tag{1}$$

Cơ sở để lựa chọn được thực hiện như sau: Áp dụng thuật toán lọc thông thấp đối với P_{WT}^{ref} mang bản chất loại bỏ các thành phần công suất dao động tần số cao. Như vậy, tác động hấp thụ công suất dư thừa và bù đắp công suất khi thiếu hụt sẽ được quyết định khi so sánh giá trị giữa hai tín hiệu. Có nhiều thuật toán lọc thông thấp khác nhau, tuy nhiên vấn đề lựa chọn dạng thuật toán lọc nào không thuộc phạm vi quan tâm của bài báo. Vì vậy, để thuận tiện cho việc lập trình hàm trong môi trường MATLAB/Simulink, nhóm tác giả sử dụng khâu lọc thông thấp IIR kiểu Butterworth được MATLAB hỗ trợ dưới dạng hàm cho sẵn. Nhóm tác giả thực hiện khảo sát trên profile gió với các bộ lọc có bậc và tần số cắt thay đổi. Từ các kết quả thu được dưới dạng đồ thị và dữ liệu dạng số để lựa chọn bậc và tần số cắt sao cho đảm bảo khử được các biến động công suất bậc cao nhưng công suất yêu cầu của kho điện là nhỏ nhất.



Hình 3. Khảo sát hiệu quả của bộ lọc thông thấp khi thay đổi bậc

Với cùng một tần số cắt 0,5Hz, khi thay đổi bậc của bộ lọc thu được kết quả như hình 3. Bậc tăng lên thì hiệu quả lọc tốt hơn nhưng đồng nghĩa với việc tăng công suất của SCESS cũng như tăng khối lượng tính toán mà thiết bị điều khiển phải thực hiện. Khâu lọc bậc 2 với tần số cắt 0,5Hz cho đáp ứng lọc tốt hơn khâu bậc 1 và đòi hỏi yêu cầu tính toán cũng như yêu cầu về công suất phải đáp ứng thấp hơn khâu bậc 3. Công suất lớn nhất mà SCESS phải đáp ứng $P_{max-req} = 7,595 [kW]$. Vì vậy, trong luận án này, tác giả lựa chọn khâu lọc bậc 2 với tần số cắt 0,5Hz.

Điều khiển bộ biến đổi DC-AC

Nội dung thiết kế điều khiển bộ biến đổi DC-AC [8] với phương pháp điều khiển tựa hướng điện áp lưới (VOC) áp dụng theo [9].

Mô hình (2) được sử dụng như xuất phát điểm để thiết kế khâu điều chỉnh dòng điện phía lưới với:

- Hai thành phần e_{Nd} và e_{Nq} đóng vai trò là nhiễu cố định có thể loại bỏ được bằng khâu bù nhiễu.
- Biến điều khiển là điện áp đầu ra của bộ nghịch lưu.
- Các vector trạng thái là thành phần dòng i_{Nd} , i_{Nq}

$$\begin{cases} \mathbf{u}_N = R_D \mathbf{i}_N + L_D \frac{d\mathbf{i}_N}{dt} + \mathbf{e}_N \\ \mathbf{i}_N = \mathbf{i}_T + \mathbf{i}_F \end{cases}$$

$$\mathbf{i}_T(k+1) = \Phi_N \mathbf{i}_T(k) + \mathbf{H}_N \mathbf{u}_N(k) - \mathbf{H}_N \mathbf{e}_N(k)$$

$$\Phi_N = \begin{bmatrix} 1 - \frac{T}{T_D} & \omega_N T \\ -\omega_N T & 1 - \frac{T}{T_D} \end{bmatrix}; \mathbf{H}_N = \begin{bmatrix} \frac{T}{L_D} & 0 \\ 0 & \frac{T}{L_D} \end{bmatrix} \tag{2}$$

Cũng theo tài liệu [9], mục tiêu thiết kế khâu điều chỉnh dòng với đáp ứng dead-beat và đảm bảo tách kênh giữa hai thành phần dòng điện thì mô hình khâu điều chỉnh dòng có dạng như (3).

$$\mathbf{R}_{IN} = \frac{\mathbf{I} - z^{-1} \Phi_N}{1 - z^{-2}} \tag{3}$$

Sử dụng nguyên tắc cân bằng năng lượng trong hệ và giả thiết bỏ qua tổn hao thu được phương trình (4).

$$\frac{1}{2} C \frac{du_{DC}^2}{dt} = p_{inv} - p_{SC} \tag{4}$$

Đặt biến điều khiển $\eta = u_{DC}^2$ thì (4) viết lại như (5).

$$\frac{1}{2} C \frac{d\eta}{dt} = \frac{3}{2} u_{Nd} i_d - p_{SC} \tag{5}$$

Chuyển (5) sang miền Laplace thu được hàm truyền đạt của đối tượng như (6).

$$G_u(s) = \frac{k}{Cs} \frac{1}{1 + 2T_{RI}s} \tag{6}$$

$$k = 3u_{Nd}$$

Theo [10], thực hiện tổng hợp bộ điều khiển sử dụng phương pháp tối ưu đối xứng cho đối tượng ta thu được bộ điều khiển PI với các tham số như (7).

$$G_{Rudc}(s) = k_{pu} \left(1 + \frac{1}{T_u s} \right) \tag{7}$$

$$k_{pu} = \frac{C}{k} \frac{1}{4T_{RI}}; T_u = 8T_{RI}$$

Điều khiển bộ biến đổi DC-DC

Xuất phát từ mô hình động học bộ biến đổi DC-DC hai chiều không cách ly như (8) với Hệ số điều chế d chính là giá trị trung bình của tín hiệu chuyển mạch trong một chu kỳ chuyển mạch, các biến trạng thái là các giá trị trung bình của dòng điện chảy qua cuộn cảm $x_1 = \langle i_L \rangle_0$ và điện áp trên tụ DC-link $x_2 = \langle u_{DC} \rangle_0$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \frac{-R_L}{L}x_1 + \frac{1}{L}x_2d - \frac{u_{SC}}{L} \\ \dot{x}_2 = \frac{-1}{C}x_1d + \frac{i_{inv}}{C} \end{cases} \quad (8)$$

Mô hình (8) có đặc điểm quan trọng là khả năng chuyển tự nhiên (không cưỡng bức, không khóa chuyển) giữa chế độ nạp - xả của dòng điện thông qua tác động thay đổi hệ số điều chế. Vấn đề này đã được kiểm chứng trong [8]. Để thiết kế điều khiển sao cho dòng điện trung bình qua cuộn cảm tương ứng với biến trạng thái x_1 bám theo giá trị đặt i_{Lref} cả về dấu và độ lớn có thể áp dụng hai phương pháp: thiết kế điều khiển phi tuyến hoặc thiết kế tuyến tính dựa trên mô hình tuyến tính hóa quanh điểm làm việc. Bài báo này giới thiệu cách thiết kế điều khiển tuyến tính.

Khi thiết kế bộ điều khiển dòng điện, ta có thể giả thiết biến động của điện áp trên tụ là chậm hơn rất nhiều so với dòng điện chảy qua cuộn cảm. Thêm vào đó, giả sử bộ điều khiển ổn định điện áp trên DC-link trong cấu trúc điều khiển của DC-AC phát huy hiệu quả thì u_{DC} sẽ được duy trì là hằng số. Vì vậy, khi tuyến tính hóa quanh điểm làm việc đối với hệ (8) ta có các giả thiết biến động của điện áp DC-link bị bỏ qua ($\tilde{x}_2 = 0$). Thực hiện tuyến tính hóa phương trình đầu tiên của (8) quanh điểm làm việc (X_{1e}, X_{2e}) thu được:

$$\dot{\tilde{x}}_1 = \frac{-R_L}{L}\tilde{x}_1 + \frac{1}{L}X_{2e}\tilde{d} \quad (9)$$

Hàm truyền đạt giữa dòng điện chảy qua cuộn cảm và hệ số điều chế như sau:

$$G_{PIL}(s) = \frac{\tilde{x}_1(s)}{d(s)} = \frac{\frac{X_{2e}}{R_L}}{\frac{L}{R_L}s + 1} \triangleq \frac{K_C}{T_{CS} + 1} \quad (10)$$

Theo [10-12], (10) có dạng hệ bậc 1 nên cấu trúc điều khiển PI được sử dụng để đảm bảo sai lệch tĩnh triệt tiêu với mô tả toán học như (11), đáp ứng quá độ của hệ kín sẽ tốt nhất khi điểm không của bộ điều khiển gần như khur được điểm cực của đối tượng điều khiển.

$$G_{CIL}(s) = K_{PIL} + \frac{K_{iL}}{s} \quad (11)$$

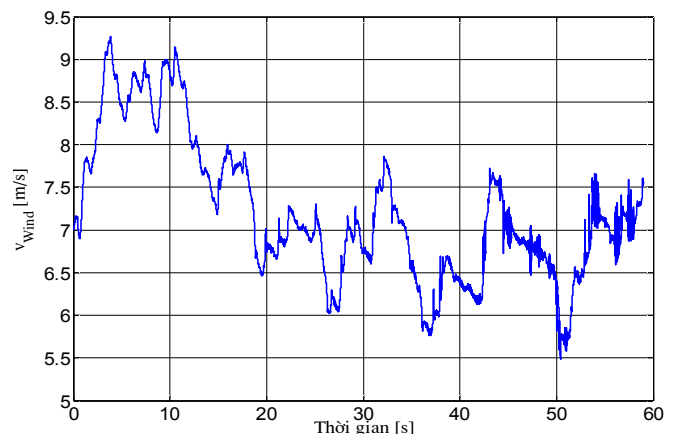
Chi tiết về các các vấn đề điều khiển SCESS trong hệ thống điện hải đảo nguồn phát hỗn hợp gió - diesel có thể tìm thấy ở [8].

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Nhóm tác giả sử dụng phần mềm MATLAB/Simulink/SimPowerSystems để kiểm tra hiệu quả ổn định ngắn hạn công suất tác dụng đầu ra turbine PĐSG trong hệ thống điện hải đảo nguồn phát hỗn hợp gió - diesel với cấu trúc điều khiển đã đề xuất. Trước hết các quá trình động học của hệ RAPS nguồn phát hỗn hợp gió - diesel được khảo sát. Sau đó, RAPS được tích hợp SCESS để kiểm chứng khả năng lọc các biến động công suất đầu ra hệ PĐSG.

Bảng 1. Tham số mô phỏng hệ thống

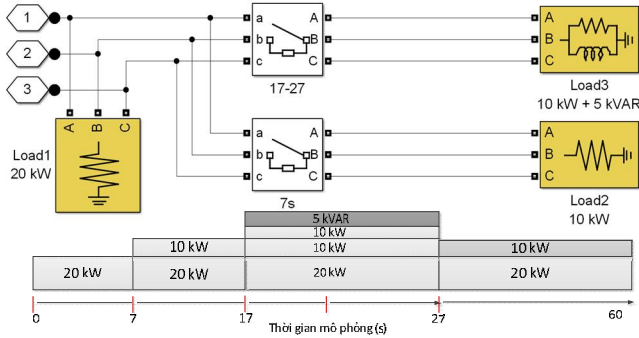
| | Tên tham số | Giá trị | Đơn vị |
|---|--------------------------------|---------|-------------------|
| <i>Tham số hệ phát điện sức gió</i> | | | |
| 1 | Bán kính cánh turbine | 5 | m |
| 2 | Tốc độ gió trung bình | 7 | m/sec |
| 3 | Chiều cao cột | 30 | m |
| 4 | Tốc độ gió "cut-in"; "cut-out" | 3; 25 | m/sec |
| 5 | Mật độ không khí | 1,25 | Kg/m ³ |
| 6 | Điện trở stator PMG | 0,1764 | Ω |
| 7 | Điện cảm phản ứng PMG | 4,24 | mH |
| 8 | Số đôi cực | 18 | |
| 9 | Công suất danh định máy phát | 20 | kW |
| <i>Tham số hệ phát điện Diesel</i> | | | |
| 10 | Công suất danh định | 60 | kVA |
| 11 | Điện áp danh định | 400 | V |
| 12 | Tần số danh định | 50 | Hz |
| 13 | Tốc độ danh định | 1500 | Rpm |
| <i>Tham số kho điện sử dụng siêu tụ</i> | | | |
| 14 | Điện dung siêu tụ | 41429 | F |
| 15 | Điện trở tương đương | 0,28 | Ω |
| 16 | Điện cảm mạch DC-DC | 1,4 | mH |
| 17 | Điện trở cuộn cảm mạch DC-DC | 0,05 | Ω |
| 18 | Điện dung tụ DC-link | 650 | μF |
| 19 | Điện cảm cuộn lọc DC-AC | 2 | mH |
| 20 | Điện trở cuộn lọc DC-AC | 0,05 | Ω |



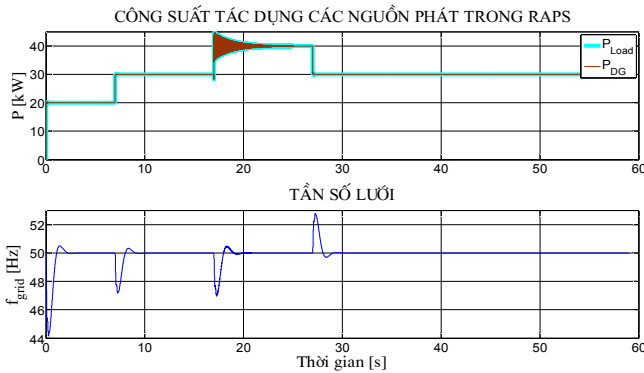
Hình 4. Profile gió sử dụng trong quá trình mô phỏng [13]

Nhóm tác giả sử dụng profile gió như minh họa trên hình 4 là dữ liệu thu được từ mô hình tạo gió ngẫu nhiên được nghiên cứu và phát triển bởi phòng thí nghiệm quốc gia về năng lượng tái tạo thuộc đại học kỹ thuật Đan mạch [13]. Kịch bản thay đổi tải như thể hiện trên hình 5 với tham số mô phỏng như thể hiện ở bảng 1. Hình 6 thể hiện kết quả mô phỏng động học của hệ thống điện ốc đảo khi chỉ có nguồn phát diesel. Khi có sự thay đổi tải làm cho trạng

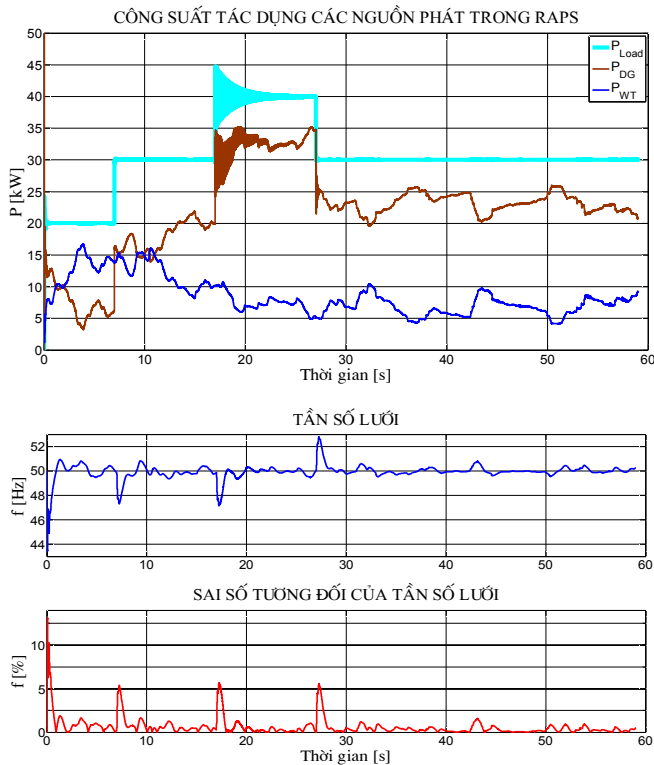
thái cân bằng giữa nguồn phát và tiêu thụ tức thời bị thay đổi dẫn tới tần số lưới bị biến động. Sau đó, bộ điều tốc sẽ tác động điều chỉnh công suất cơ cung cấp cho máy phát để đưa hệ thống trở lại trạng thái cân bằng, tần số lưới trở lại với giá trị định mức 50Hz.



Hình 5. Kịch bản thay đổi tải



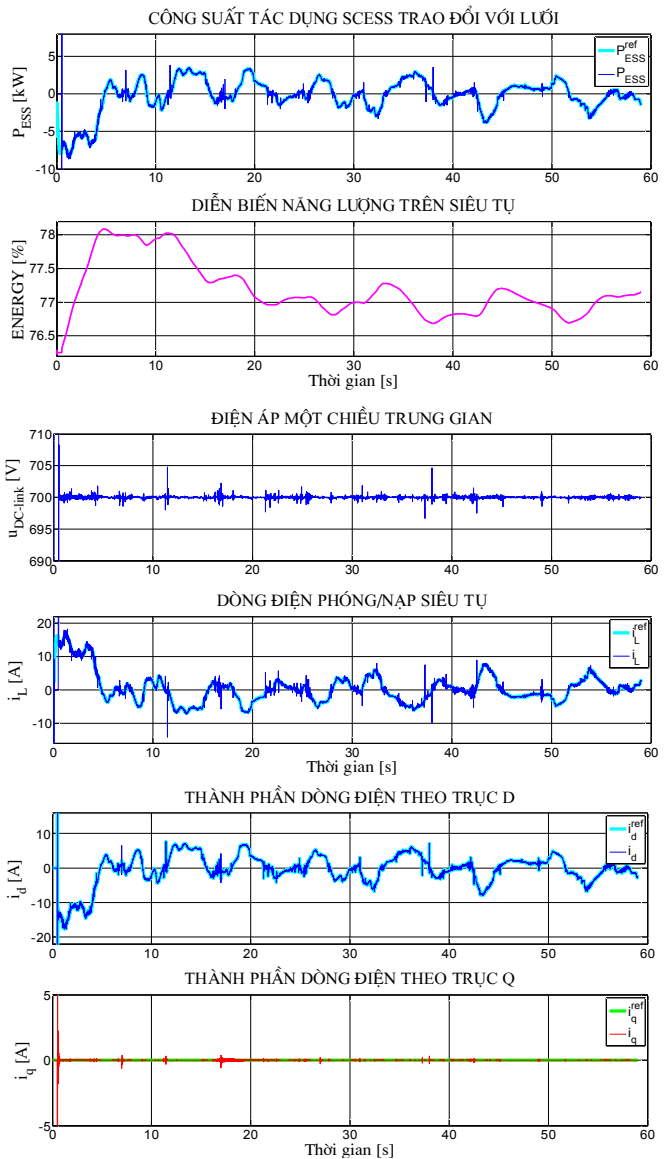
Hình 6. Động học của hệ RAPS chỉ có nguồn phát diesel



Hình 7. Động học của hệ RAPS nguồn phát gió - diesel

Khi có sự tham gia của nguồn phát sức gió, công suất tác dụng huy động từ nguồn phát diesel được giảm xuống như thể hiện trên hình 7. Tuy nhiên, vấn đề ổn định tần số hệ thống lúc này lại không còn được đảm bảo: tần số lưới liên tục biến động ngay cả khi không có sự thay đổi tải. Hiện tượng này xảy ra là do sự biến động liên tục của nguồn phát sức gió gây ra sự mất cân bằng liên tục giữa nguồn phát và phụ tải.

Nói cách khác, hệ thống luôn làm việc ở trạng thái động, mất cân bằng ngắn hạn. Như vậy, chất lượng điện năng không được đảm bảo, cần phải khắc phục hiện tượng mất cân bằng ngắn hạn đó bằng giải pháp sử dụng thiết bị kho điện sẽ được thể hiện ngay sau đây.

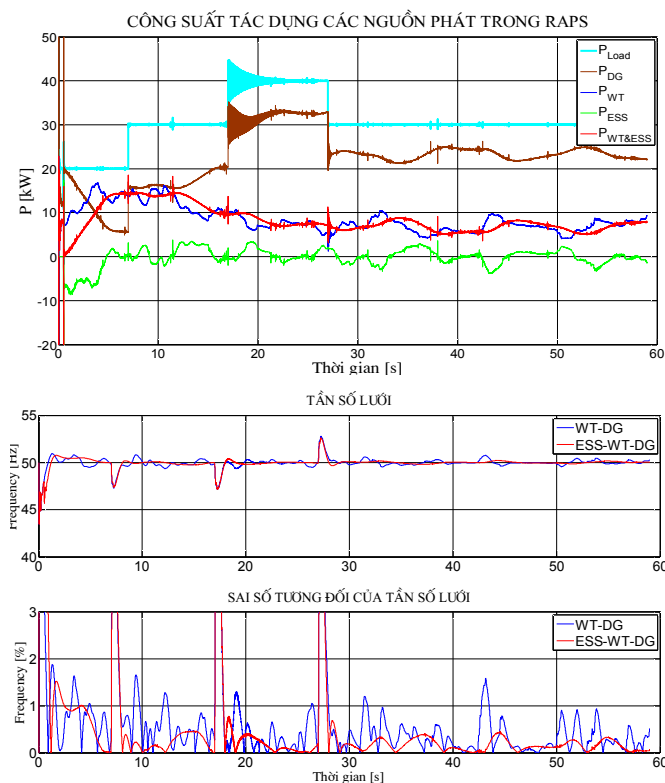


Hình 8. Một số quá trình động học của hệ SCESS

Công suất tác dụng đầu ra WT sẽ được ổn định ngắn hạn (làm trơn) nếu các thành phần công suất biến động tần số cao được hấp thụ bởi thiết bị kho điện. Thuật toán lọc thông thấp cho tín hiệu P_{WT}^* của quá trình điều khiển tuabin PĐSG để xác định lượng đặt công suất P_{ESS}^{ref} mà hệ

thống phải đáp ứng thông qua việc điều khiển các bộ biến đổi công suất DC-DC và DC-AC. Cấu trúc điều khiển SCESS chứng tỏ khả năng bám chính xác. Hình 8 cho thấy các đáp ứng động học của thiết bị kho điện SCESS tích hợp trong hệ thống điện ốc đảo nguồn phát hỗn hợp gió - diesel. Công suất tác dụng SCESS trao đổi với lưới được quy đổi thành giá trị dòng điện phóng nạp tụ đã bám chính xác theo giá trị đặt. Trong suốt quá trình trao đổi công suất, điện áp một chiều DC trung gian luôn được giữ ổn định ở giá trị định mức thể hiện đặc điểm ổn định động của quá trình trao đổi công suất hai chiều giữa SCESS với lưới. Bộ điều khiển Dead-beat đã phát huy tác dụng cho phép áp đặt thành công lượng đặt cho các thành phần dòng điện: Thành phần dòng điện i_d^* tỷ lệ với công suất tác dụng cần trao đổi; Thành phần dòng điện ngang trục được duy trì lượng đặt $i_q^* = 0$ nghĩa là không trao đổi công suất phản kháng với lưới.

Mục tiêu điều khiển cấp bộ biến đổi (cấp điều khiển thiết bị) đối với cả hai bộ biến đổi DC-DC và DC-AC được kiểm soát chính xác hoàn toàn là điều kiện đủ để có thể áp đặt đại lượng công suất tác dụng ở cấp điều khiển hệ thống (thuật toán xác định lượng đặt công suất) một cách chủ động, chính xác như thể hiện trên hình 9. SCESS đã tham gia tự động vào quá trình ổn định ngắn hạn công suất đầu ra của tuabin PĐSG đem lại hiệu quả ổn định tần số lưới. Lưu ý rằng, SCESS không hỗ trợ những biến động tần số do thay đổi phụ tải đột ngột, những biến động đó thuộc về trách nhiệm của hệ thống điều khiển tần số sơ cấp (Primary control) của hệ thống phát điện diesel.



Hình 9. Tác dụng ổn định ngắn hạn và hiệu quả ổn định tần số lưới trong hệ RAPS nguồn phát hỗn hợp gió - diesel khi tích hợp thiết bị kho điện SCESS

4. KẾT LUẬN

Thiết bị kho điện với cấu trúc điều khiển thích hợp và có hiệu quả đã đảm bảo khả năng ổn định ngắn hạn công suất tác dụng đầu ra của hệ phát điện sức gió. Nhờ đó, hiệu quả ổn định tần số lưới trong hệ thống điện hải đảo nguồn phát hỗn hợp gió - diesel đã được chứng minh thông qua mô phỏng. Một số kết quả được trình bày trong bài báo này có thể xem là tiền đề cho việc nghiên cứu tích hợp thiết bị kho điện vào một số hệ thống điện hải đảo nói riêng và vi lưới cô lập nói chung phù hợp với điều kiện Việt Nam giúp đảm bảo chất lượng điện năng, độ tin cậy vận hành, giảm thiểu sự tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài mã số T2016-PC-183 (Đại học Bách khoa Hà Nội).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. P. Generation, 2012. *Integrating renewables into remote or isolated power networks and micro grids Innovative solutions to ensure power quality and grid stability*. ABB.
- [2]. T. IRENA, 2012. *Electricity Storage and Renewables for Island Power - A Guide for Decision Makers*. International Renewable Energy Agency
- [3]. I.-T. E. E. S. P. Team, 2014. *Electrical Energy Storage*. The Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme.
- [4]. N. Bizon, H. Shayeghi, and N. M. Tabatabaei, 2013. *Analysis, Control and Optimal Operations in Hybrid Power Systems: Advanced Techniques and Applications for Linear and Nonlinear Systems*: Springer-Verlag London.
- [5]. J. K. Kaldellis, 2010. *Stand-alone and hybrid wind energy systems*. Woodhead Publishing Limited, 2010.
- [6]. P. M. Pardalos, S. Rebennack, M. V. F. Pereira, N. A. Iliadis, and V. Pappu, 2013. *Handbook of Wind Power Systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [7]. F. D. Bianchi, H. D. Battista, and R. J. Mantz, 2007. *Wind Turbine Control Systems: Principles, Modelling and Gain Scheduling Design*. Springer-Verlag London Limited.
- [8]. P. T. Anh, 2015. *Các phương pháp điều khiển thiết bị kho điện sử dụng trong hệ thống phát điện sức gió hoạt động ở chế độ ốc đảo*. Luận án tiến sĩ Điều khiển và tự động hóa, Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [9]. N. Quang, and J. Dittrich, 2008. *Vector control of three phase AC machine - System Development in the Practice*. Springer, Berlin - Heidelberg.
- [10]. N. D. Phước, 2007. *Lý thuyết điều khiển tuyến tính*. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [11]. M. S. FADALI, 2009. *Digital control engineering: Analysis and Design*. Elsevier Inc ISBN 13: 978-0-12-374498-2.
- [12]. A. M. LEÓN, 2005, *Advanced power electronic for wind power generation buffering*. Doctor of Philosophy, University of Florida.
- [13]. F. Iov, A. D. Hansen, P. Sørensen, and F. Blaabjerg, 2004. *Wind Turbine Blockset in Matlab/Simulink*. Institute of Energy Technology, Aalborg university.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Tung Lam¹, Pham Tuan Anh²

¹Hanoi University of Science and Technology

²Vietnam Maritime University