STABILITY ENHANCEMENT OF POWER SYSTEM WITH WIND FARM USING A SERIES STATIC SYNCHRONOUS COMPENSATOR (SSSC)

NÂNG CAO ỔN ĐINH HÊ THỐNG ĐIÊN CÓ TÍCH HƠP NĂNG LƯƠNG GIÓ HÒA LƯỚI SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐỒNG BỘ TĨNH (SSSC)

Nguyễn Thị Mi Sa¹, Lương Thị Cẩm Tú²

¹Hochiminh City University of Technology and Education, Vietnam; misa@hcmute.edu.vn ²Tien Giang Vocational College; khoatu032007@gmail.com

Tóm tắt- Bài báo trình bày sự so sánh kết quả mô phỏng của lưới điện có tích hợp năng lượng gió sử dụng thiết bị bù đồng bộ tĩnh nối tiếp (SSSC). Để nâng cao tính ổn định của hệ thống, một bộ điều khiển vi tích phân tỉ lệ (PID) được thiết kế dựa trên phương phán gán cực. Kết quả mô phỏng trong miền thời gian dựa vào mô hình phi tuyến sẽ được trình bày. Có thể kết luận từ các kết quả mô phỏng rằng thiết bị bù đề xuất SSSC kết hợp với bộ điều khiển thiết kế có thể cung cấp hệ số giảm chấn tốt hơn cho hệ thống khi các điều kiện vận hành nghiêm trọng xảy ra.

Từ khóa – Máy phát điện đồng bộ (SG); Bộ điều khiển vi tích phân tỉ lệ (PID); Thiết bị bù đồng bộ tĩnh nối tiếp (SSSC); Nâng cao ổn định; Hệ thống điện.

1. Giới thiêu

Sự ổn định hệ thống điện được xem như là một vấn đề quan trọng đối với vận hành an toàn hệ thống điện từ những năm 1920 [1]. Nhiều sự cố mất điện lớn có nguyên nhân là do sự không ổn định của hệ thống điện đã mô tả sự quan trọng của vấn đề này [2]. Trong lịch sử, sự không ổn định do quá độ đã trở thành vấn đề chiếm ưu thế lớn của hầu hết các hệ thống điện. Khi các hệ thống điên đã phát triển tiến hóa thông qua một sự phát triển liên tục, từ các liên kết về điện, việc sử dụng các công nghệ mới, việc điều khiển và vận hành gia tăng trong các điều kiện sự cố, nên có rất nhiều dạng bất ổn định hệ thống khác nhau đã xuất hiện. Ví dụ như, sự ổn định điện áp, sự ổn định tần số và các dao động ở nhiều khu vực đã trở thành những vấn đề lớn hơn so với trong quá khứ. Điều khiển ổn đinh hệ thống điện là một nhiệm vụ quan trọng trong vận hành hệ thống điện [3]. Nhiều sự cố như là nhiễu loạn bên ngoài hay mô men cơ học bên trong cũng dễ dàng tác động đến sự ổn định hệ thống.

Với sự phát triển của các thiết bị bán dẫn công suất cao, các thiết bị Hệ Thống Truyền Tải AC linh hoạt (Flexible AC transmission systems) (FACTS) có hiệu suất cao trong việc cải thiện cả tính ổn định và việc giảm dao động của một hệ thống điện thông qua điều khiển động đường cong quan hệ giữa góc-công suất của các hệ thống được kết nối [4]. Do sự đáp ứng nhanh của nó, những thiết bị này được dùng để điều chỉnh tự động cấu hình mạng điện để nâng cao đặc tính ổn định tĩnh cũng như ổn định động [5]. Có nhiều dạng thiết bị FACTS khác nhau, một số được mắc nổi tiếp với đường dây và một số khác được mắc song song hoặc kết hợp giữa mắc song song và nối tiếp. Mô tả chi tiết của các thiết bị FACTS khác nhau bao gồm các nguyên tắc hoạt động có thể được tìm thấy trong [6,7]. Một trong những ứng dụng nổi bật của thiết bị FACTS chính là thiết bị SSSC (Bù Đồng Bộ Kiểu Tĩnh - Static Synchronous Series Compensator), SSSC điều khiển công suất phản kháng chảy qua điểm kết nối thông qua điều khiển biên độ, góc pha của điện áp nguồn, từ đó có thể đáp ứng được các chế độ vận hành khác nhau của hệ thống điện, đặc biệt là nâng cao khả năng truyền tải và điều khiển dòng công suất của đường dây. Vì vậy, việc lắp đặt SSSC ở một số điểm quan trọng trên đường dây truyền tải là giải pháp hữu hiệu để tăng khả năng

truyền tải và đồng thời giải quyết các bài toán kinh tế. Bài báo này tìm hiểu các thông số trên đường dây truyền tải điện và phương pháp điều khiển dòng công suất trên hệ thống điện có tích hợp năng lượng gió dùng SSSC.

2. Cấu hình của hệ thống nghiên cứu



Aggregated 200MW wind farm



Hình 1. cho thấy cấu hình của hệ thống nghiên cứu. Hệ thống này là sự thay đổi của hệ thống vô tuyến vô cấp một máy bằng cách kết nối một trang trại gió DFIG 200 MW trên bus 3 thông qua một đường dây truyền tải HVAC và các máy biến áp tăng áp. Do đó, hệ thống nghiên cứu bao gồm một SG và một DFIG tổng hợp cung cấp điện cho lưới điện hữu ích (bus vô hạn) thông qua hai đường truyền song song.

SG có công suất 2220 MVA. Nó đại diện cho mô hình của một nhà máy nhiệt điện truyền thống có bốn đơn vị 555 MVA. DFIG 200 MW tổng hợp được sử dụng để mô tả mô hình của một trang trại gió dựa trên DFIG gồm bốn máy phát điện tuabin gió có công suất là 5 MW.

Hơn nữa, một SSSC được coi là kết nối với Line 34-2, một trong hai đường truyền song song, nhằm mục đích điều khiển đường truyền và tăng cường độ ổn định. Lý do xác định SSSC tại tuyến 34-2 là do thực tế là trở kháng của Line 34-2 lớn hơn Line 34-1. Do đó, SSSC được sử dụng để bù cho trở kháng của Line 34-2 để công suất hoạt động thông qua đường truyền này có thể được tăng lên. Tần số hệ thống là 60 Hz và mức điện áp hệ thống được thể hiện trong hình.

2.1. Mô hình máy phát điện đồng bộ

Mô hình SG được thiết lập dựa trên các giả định sau:

 Mô hình được thiết lập trong khung tham chiếu trục dq được gắn cố định vào máy quay và quay ở tốc độ rotor;

(2) Rotor có hai cuộn dây trên mỗi trục, tức là một cuộn dây kích từ và một cuộc dây (damp : giảm xóc) quanh trục d và hai cuộn dây giảm chấn ở trục q;

(3) Độ lệch của stator và các ảnh hưởng của độ lệch tốc độ trong các phương trình điện áp stator được bỏ qua;

(4) Thời gian, góc quay, và tần số góc, tính bằng giây, radian và radian /giây.

Hệ thống kích từ với bộ điều chỉnh điện áp tự động (AVR) và bộ ổn định hệ thống điện (PSS) được trình bày trong Hình 2.



Hình 2. Mô hình PSS và kích từ

2.2 Cấu hình hệ thống Tuabin gió

Hình 3 cho thấy cấu hình của một hệ thống tuabin gió dựa trên DFIG. Cấu hình này sử dụng một máy phát điện cảm ứng rotor quay với các cuộn dây stator được nối trực tiếp vào lưới điện trong khi các cuộn dây rotor được cho qua một bộ chuyển đổi AC / DC / AC. Rôto của DFIG được ghép nối cơ học với trực của tuabin gió thông qua một hệ trực cơ, bao gồm trực tốc độ cao, trực tốc độ thấp và hộp số ở giữa.

Bộ chuyển đổi AC / DC / AC gồm có hai bộ chuyển đổi PWM dựa trên IGBT, bao gồn một bộ chuyển đổi RSC và một bộ chuyển đổi GSC kết nối bằng một liên kết DC thông thường.



Hình 3. Cấu hình hệ thống tuabin gió DFIG

2.3 Mô hình SSSC

Hình 4 là sơ đồ khối cơ bản của 1 SSSC. SSSC bao gồm một bộ chuyển đổi điện áp nguồn (VSI) để chuyển đổi điện áp DC thành điện áp AC 3 pha. Do đó, mô hình tương đương của SSSC bao gồm một nguồn điện áp ba pha có tần số cơ bản, một biến áp ghép nối tiếp, một tụ điện DC và một bộ điều khiển.



Hình 4. Sơ đồ khối của một SSSC

Bằng cách sử dụng khung tham chiếu dq, các thành phần điện áp nối tiếp có thể được biểu diễn như sau :

$$v_{dse} = n_c K_{inv} V_{dc-sssc} \cos(\alpha_{se}) \tag{1}$$

$$v_{qse} = n_c K_{inv} V_{dc-sssc} \sin(\alpha_{se})$$
⁽²⁾

Trong đó :

 n_c là tỷ lệ nghịch lưu của máy biến áp, $V_{dc-sssc}$ là điện áp DC của tụ, α_{sc} là góc pha của điện áp nối tiếp và K_{inv} là hằng số biến đổi giữa điện áp DC và điện áp AC. Từ sơ đồ mạch tương đương phía DC và bằng cách cân bằng công suất trao đổi giữa AC và DC, phương trình động của điện dụng DC C_{dc} được mô tả như sau:

$$\left(C_{dc}\right) p(V_{dc-sssc}) = n_c K_{inv} \left[i_d \cos\left(\alpha_{se}\right) + i_q \sin\left(\alpha_{se}\right)\right] - \frac{V_{dc-sssc}}{R_{dc}}$$

$$(3)$$

SSSC có thể hoạt động dưới chế độ điện cảm hoặc điện dung để tăng hoặc giảm lưu lượng điện qua đường truyền tương ứng. Chế độ điện dung của SSSC được sử dụng trong bài báo này.

Bộ điều khiển của SSSC được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Sơ đồ bộ điều khiển SSSC

Một khối đo lương lày các biên cản thiết đề xư lý trong quá trình điều khiển. Việc tính toán được điện kháng bơm vào bằng cách phân chia điện áp bơm vào bởi dòng điện đường dây (giá trị rms). Các điện kháng bơm vào được tính toán sau đó so sánh với các điện kháng tham chiếu X_{ref-pu} và sự khác biệt được đưa vào một bộ điều khiển PI (để điều khiển độ lớn) để điều khiển. Các đầu ra của bộ điều khiển PI sẽ điều chế biên độ của tín hiệu điều khiển. Các chỉ số điều chế được giới hạn bởi một giới hạn chuẩn để ngăn chặn việc quá giới hạn điều chế.

Một vòng khóa pha (PLL) được sử dụng để tách góc pha của dòng điện đường dây. Một góc $\pm \pi/2$ được bổ sung vào góc hệ thống cùng với Θ_{sys} , tùy thuộc vào chế độ hoạt động của SSSC. Nếu SSSC được yêu cầu để hoạt động như cảm kháng, $+\pi/2$ được thêm vào và điện áp bơm vào sớm pha hơn dòng điện 90°. Nếu - $\pi/2$ được thêm vào, điện áp bơm vào trễ pha hơn dòng điện đường dây 90° và SSSC hoạt động như một bộ bù điện dung.

3. Thiết kế bộ điều khiển giảm dao động cho SSSC

Cấu hình của PID thể hiện trong hình 5.1. Nó bao gồm một khối Washout và khối điều khiển PID. Tín hiệu đầu vào của PID là độ lệch công suất tác dụng Δ P34-2 qua Line 34-2, nơi SSSC được lấp đặt. Tín hiệu đầu ra của PID là tín hiệu giảm dao động (hoặc tín hiệu phụ) X_D được đưa vào cùng với tín hiệu tham chiếu X_c , theo yêu cầu điều khiển dòng công suất ở trạng thái ổn định của SSSC.Nhiệm vụ thiết kế là tìm các thông số T_W , K_P , và K_I .



Hình 6. Sơ đồ khối bộ PID của SSSC.

Phương pháp gán cực là sơ đồ đơn giản nhất để thiết kế bộ điều khiển giảm dao động trong một hệ thống điện. Khi các giá trị riêng mong muốn (s) hoặc cực được thay thế vào thuật toán gán cực, các thông số của bộ điều khiển giảm dao động có thể dễ đàng được xác định. Khi các tham số tính toán của bộ điều khiển được thay thế trong hệ thống vòng khép kín, người ta có thể thấy rõ rằng các giá trị riêng mong muốn (s) hoặc cực (s) đã được xác định chính xác ở vị trí trên mặt phẳng phức.

Khi hệ thống điều khiển là cấu hình một đầu ra - một đầu vào (SISO), trong đó ΔP_{34-2} được sử dụng như là một tín hiệu đầu vào và X_D được sử dụng như một tín hiệu đầu ra, chúng ta có thể xác định phương trình đặc trưng của hệ thống nghiên cứu sử dụng quy tắc Mason đơn giản như sau:

$$1 + G(s)H(s) = 0$$
 (4)

Trong đó G (s) là hàm truyền thuận của hệ thống nghiên cứu vòng mở và nó từ tín hiệu đầu vào X_D tới tín hiệu đầu ra $\Delta P_{34.2}$, H (s) là hàm truyền ngược của bộ điều khiển giảm dao động có tín hiệu đầu ra X_D , và s là một trong các giá trị riêng hoặc cực của hệ thống vòng kín.

Các phương trình phi tuyến xung quanh điểm vận hành trạng thái ổn định được chọn để có được một tập hợp các phương trình động hệ tuyến tính có thể được biểu diễn dưới dạng ma trận như sau :

$$\boldsymbol{X}(t) = \boldsymbol{A}\boldsymbol{X}(t) + \boldsymbol{B}\boldsymbol{U}(t)$$
(5)

$$Y(t) = CX(t) + DU(t)$$
(6)

Trong đó X (t) là vector trạng thái, Y (t) là vector đầu ra, U (t) là vector đầu vào; A, B, C, D là các ma trận cố định có kích thước

thích hợp, trong đó A là ma trận trạng thái, B là ma trận đầu vào, C là ma trận đầu ra, D là ma trận thể hiện tỷ lệ đầu vào xuất hiện trực tiếp trong đầu ra.

Do đó, các giá trị riêng của hệ thống vòng mở có thể được xác định từ phương trình đặc trưng sau:

$$\det(s\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A}) = 0 \tag{7}$$

Các giá trị riêng của hệ thống nghiên cứu không có và có SSSC được liệt kê trong các cột thứ hai và thứ ba của Bảng 2.

Trong các trị riêng này, ta thấy ($\Lambda_{10} - \Lambda_{11}$: -0.4835 ± 9.5104i) và ($\Lambda_{13} - \Lambda_{14}$: -0.7154 ± 1.4908i) là các giá trị của máy phát điện đồng bộ. Các trị riêng này có tần số dao động thấp (1,5136 và 0,23726) và có hệ số giảm dao động thấp (5,07% và 4, 32%). Đây là các trị riêng cần phải được cải thiện. Các trị riêng $\Lambda_{10} - \Lambda_{11}$, $\Lambda_{13} - \Lambda_{14}$ được nâng cao hệ số giảm dao động ở cột 3 của bảng 5.3 ($\Lambda_{10} - \Lambda_{11} : -1.5 \pm 9.5$ i) và ($\Lambda_{13} - \Lambda_{14} : -1.35 \pm 1.5$ i) với hệ số giảm dao động nâng lên (từ 5,07%) lên 15,5%) và (từ 43,2%) lên 66,8%) với tần số dao động như cũ.

Các thông số của bộ điều khiển giảm dao động được thiết kế cho SSSC được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Các tham số của PID

T_W	0.48669
K _P	-1035.2
K _I	-4307.1
K _D	15.474

Các giá trị riêng của hệ thống vòng kín được liệt kê trong cột thứ tư của Bảng 3. Rõ ràng là chế độ cơ điện của SG đã được di chuyển chính xác đến vị trí được chỉ định trên mặt phẳng phức mà độ dao động đã được cải thiện đáng kể.

Các ràng buộc chính cho việc chọn giá trị riêng ảo được chỉ định cho hệ thống vòng kín là: (a) tất cả các giá trị riêng của hệ thống vòng kín có thiết kế PID phải được đặt hoàn toàn ở nửa bên trái của mặt phẳng phức; (b) các thông số thu được của PID phải hợp lý, ví dụ như thiết kế PID phải có K_P và K_I nhỏ và K_D lớn.

MODE		Không có SSSC			C6 SSSC			SSSC + PID		
		Trị riêng	ς	f(Hz)	Trị riêng	ς	f(Hz)	Trị riêng	ς	f(Hz)
A		-1	1	-	-1	1		-1	1	1.1
Δs		-0.1	1	-	-0.1	1	-	-0.1	1	-
$\Lambda_2 - \Lambda_4$	SG	-301.79 ± 34432i	0.008765	5480	-301.79 ± 34432i	0.008765	5480	-301.79 ± 34432i	0.0087645	5480
$\Lambda_{0} - \Lambda_{0}$		-306.93 ± 33748i	0.009095	5371.1	-306.93 ± 33748i	0.009095	5371.1	-306.93 ± 33748i	0.0090946	5371.1
$\Lambda_{\tau},\Lambda_{s}$		-9.0326 ± 25.796i	0.33048	4.1056	-9.0328 ± 25.796i	0.33048	4.1056	-9.0312 ± 25.796i	0.3304300	4.1056
Λ,		-50	1	-	-50	1	-	-50	1	-
A10-A11		-0.26308 ± 9.2925i	0.028299	1.4789	-0.4835 ± 9.5104i	0.050774	1.5136	-1.5 ± 9.5i	0.1559600	1.512
Δ		-10	1	-	-10	1	-	-10	1	-
Δ12 - Δ14		-0.71509 ± 1.491i	0.43244	0.2373	-0.7154 ± 1.4908i	0.43265	0.2372	-1.35 ± 1.5i	0.6659600	0.23873
Δ.2		-5	1	-	-5	1	-	-5	1	-
Δ		-3.3333	1		-3.3333	1		-3.8571	1	
Δ.,		-2	1		-2	1	-	-1.4502	1	
A		-0.14286	1	-	-0.14286	1	-	-0.18775	1	-
$\Lambda_{10} - \Lambda_{00}$		-29.296 ± 4312.4i	0.006793	686.34	-29.296 ± 4312.4i	0.006793	686.34	-29.296 ± 4312.4i	0.0067932	636.34
$\Lambda_{\alpha_1}\cdot\Lambda_{\alpha\alpha}$	TL	-36.042 ± 3832.3i	0.009405	609.93	-36.042 ± 3832.3i	0.009405	609.93	-36.042 ± 3832.3i	0.0094045	609.93
Δ_22 - Δ_24	Wind	-75.419 ± 376.4i	0.19647	59.905	-75.419 ± 376.4i	0.19647	59.905	-75.419± 376.4i	0.1964700	59.905
$\Lambda_{aa} - \Lambda_{aa}$		-63.927 ± 123.5i	0.45971	19.655	-63.948 ± 123.48i	0.45987	19.653	-63.973 ± 123.49i	0.4599800	19.654
Δ		-597.92 ± 1i	1	0.1591	-597.92 ± 1i	1	0.1591	-597.92 ± 1i	1	0.15915
Δ		-44.521	1	-	-44.467	1	-	-44.48	1	
Δ		-35.531	1	-	-35.531	1	-	-35.534	1	-
An		-1370.7	1		-100	1		-100	1	-
Δ	SSSC	-0.23122	1	-	-3.2787	1		-152.52	1	-
A.,		-	-	-	-152.52	1		-0.97473 ±1.7517i	0.4862400	0.27879

Bảng 2. Trị riêng (rad/s) của hệ thống nghiên cứu không có SSSC, có SSSC và SSSC có PID

4. Mô phỏng hệ thống điện tích hợp năng lượng gió sử dụng SSSC

4.1 Ngắn mạch ba pha tại điện áp lưới

Điện áp tại bus lưới được minh họa trong Hình 7 với thời gian mô phỏng là 12 giây. Áp dụng ngắn mạch ba pha tại bus lưới (Bus vô hạn) bắt đầu từ t = 2 s, lúc đó điện áp bị sụt mạnh xuống với điện áp còn 0.5(p.u) và sau 2,1s điện áp lưới khôi phục



Hình 7. Điện áp lưới với lỗi ngắn mạch ba pha



Hình 7a. Điện áp đầu cực SG



Với trường hợp 7a, điện áp đầu cực máy phát ổn định khi chưa có sự cố. Khi có ngắn mạch xảy ra ở t = 2s, hệ thống dao động mạnh, điện áp đầu cực máy phát giảm xuống khoảng 25%. Sau khi sự cố được khắc phục ở t = 2,1s thì tín hiệu tiếp tục dao động cho đến khi trả về trạng thái xác lập ở t = 12s trong trường hợp không có PID và t = 6s trong trường hợp có PID.

Với trường hợp hình 7b thấy điện áp trên bus ổn định khi chưa có sự cố. Khi sự cố ngắn mạch xảy ra ở t = 2s, điện áp trên bus giảm xuống 16%. Ở thời điểm t = 2,1s sự cố được khắc phục, quan sát dạng sóng không có PID thì thấy rằng tín hiệu dao động mạnh cho đến khi trả về trạng thái xác lập ở t = 12s nhưng trong trường hợp có PID thì tín hiệu trở về trạng thái xác lập tại t = 6s.

4.2 Thay đổi tải

Tải cục bộ thay đổi trong thời gian mô phỏng là 12 giây. Trình tự của bước thay đổi trên tải cục bộ tại bus được vẽ trong hình 8, có thể được mô tả như sau:

Tại thời điểm bắt đầu mô phỏng, tải cục bộ tại bus được giả định là không hoạt động, có nghĩa là lúc đầu không có tải tại bus. Tại t = 2.0 s, một tải cục bộ có các dòng điện là 5.0 pu đột nhiên được kết nổi với bus của hệ thống. Tải cục bộ này đại diện cho một tải cảm ứng tiêu tốn năng lượng hoạt động khoảng 200 MW và công suất phản kháng khoảng 90 MVAR.

Giả định sau 2 giây, độ lớn tải cục bộ giảm đi như thể hiện trong hình 8. Hình 8a, 8b cho thấy sự so sánh phản ứng động mà không có PID và có PID dưới các bước thay đổi tải cục bộ được kết nối tại bus.



Hình 8. Hình ảnh tải nối vào hệ thống



Hình 8b. Công suất phản kháng SG

Quan sát hình 8a thấy rằng công suất tác dụng của SG ổn định khi chưa có sự cố. Tại thời điểm t = 2s, khi được nối thêm tải thì hệ thống dao động mạnh, công suất tác dụng máy phát cũng dao động. Tại thời điểm t = 4s, mặc dù đã ngắt tải ra khỏi hệ thống, nhưng công suất vẫn tiếp tục dao động. Hệ thống trở về trạng thái xác lập tại t = 12s khi không có PID và tại t = 7s trường hợp có PID.

Với trường hợp hình 8b, khi nối thêm tải thì hệ thống dao động mạnh, công suất phản kháng trên SG cũng dao động mạnh. Tải được ngắt ra khỏi hệ thống tại t = 4s nhưng hệ thống chưa trở về trạng thái ổn định. Trường hợp hệ thống không có PID thì hệ thống trở về trạng thái xác lập tại t = 12s và có PID thì xác lập ở t = 7s

Như vậy, thấy rằng khi có sự thay đổi đột ngột tải cục bộ nếu có hệ thống có PID thì hệ thống giảm dao động và trở về trạng thái xác lập nhanh hơn.

4.3 Thay đổi tốc độ gió

Trong hệ thống nghiên cứu, tốc độ gió cơ bản và tốc độ giật ngẫu nhiên luôn luôn giả định trong suốt thời gian mô phỏng. Hình 9 mô phỏng sự thay đổi tốc độ gió, một tín hiệu gió có tốc độ gió mạnh với đỉnh là 3 m / s được thêm vào ở t = 5 s nên tốc độ gió tăng từ 12 m/s lên 15 m / svà tại t = 15 s thì tốc độ gió giảm xuống 11 m/s, tốc độ gió trở về 12 m / s ở t = 20 s.



Hình 9b. Điện áp DFIG

Với trường hợp hình 9a và 9b, lúc đâu khi tốc độ gió ổn định 12 m/s, điện áp của SG cũng như DFIG ổn định. Tại thời điểm t = 5s tốc độ gió tăng lên 15 m/s thì điện áp của SG (DFIG) dao động mạnh và khi tốc độ gió giảm thì hệ thống dần trả về trạng thái xác lập, tại thời điểm t = 15s tốc độ gió giảm đến 11 m/s trong trường hợp không có PID thì điện áp dao động mạnh và trả về trạng thái xác lập tại t = 20s, trường hợp có PID thì hệ thống tỉ dao động và trả về trạng thái xác lập ở t = 17s. Như vậy, thấy rằng SSSC kết hợp PID có thể năng cao hiệu quả giám dao động của hệ thống nghiên cứu theo các biến động của tốc độ gió.

5. Kết luận

Bài báo đã sử dụng một thiết bị SSSC để đạt được sự cải tiến tính ổn định của một hệ thống điện bao gồm một nhà máy điện dựa trên SG thông thường được tích hợp với một trang trại gió dựa trên DFIG. Hệ thống nghiên cứu được kết nối với mạng lưới điện thông qua hai đường truyền song song, trong đó có một thiết bị SSSC đề xuất dùng để điều khiển dòng điện. Ngoài ra, phương pháp phân cực đã áp dụng cho việc thiết kế bộ điều khiển giảm dao động PID cho SSSC cải tiến độ ổn định của hệ thống nghiên cứu. Mô phỏng các phản ứng động của hệ thống nghiên cứu với các điều kiện nhiễu loạn khác nhau như nhiễu mô men, biến đổi tốc độ gió, thay đổi đối với tải, lỗi ngắn mạch ba pha vv...

Từ kết quả thu được, có thể kết luận rằng khi sử dụng SSSC có thể cải thiện độ dao động của hệ thống. Tuy nhiên, khi SSSC kết hợp với bộ điều khiến giảm dao động PID thì mức độ giảm daođộng hiệu quả hơn.

Tài liệu tham khảo

[1] PGS.TS Nguyễn Hoàng Việt , "Ngắn mạch và ổn định trong hệ thống điện".

[2] C. P. Steinmetz, "Power control and stability of electric generating stations," Trans. AIEE, vol. 39, no. 2, pp. 1215-1287, Jul. 1920.

[3] P. Kundur, J. Paserba, V. Ajjarapu, G. Andersson, A. Bose, C. Canizares, N. Hatziargyiou, D. Hill, A. Stankovic, C. Taylor, T. Cutsem, and V. Vittal, "*Definition and classification of power system stability*" IEEE Trans. PowerSystems, vol. 19, no. 2, pp. 1387-1401, May 2004.

[4] L. Gyugyi, 'Unified power-flow control concept for flexible AC transmission systems" IEE Proceedings - Generation, Transmission - Distribution, vol. 139, no. 4, pp. 323-331, Jul. 1992.

[5] D. P. He, C. Y. Chung, and Y. Xue, "An eigenstructurebased performance index and its application to control design for damping inter-area oscillations in power systems," IEEE Trans. Power Systems, vol. 26, no. 4, pp. 2371 -2380, Nov. 2011.

[6] N. G. Hingorani and L. Gyugyi, Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems, New York, USA: IEEE Press, 2000.

[7] X.-P. Zhang, C. Rehtanz, and B. Pal, Flexible AC Transmission Systems: Modelling and Control, Berlin, Germany: Springer, 2006.

BÀI BÁO KHOA HỌC THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC Sỹ Bài báo khoa học của học viên có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn



Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.