

NGHIÊN CỨU CÁC ĐẶC TRƯNG SỤP ĐỔ ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN CÓ KẾT NỐI NHÀ MÁY ĐIỆN GIÓ

Trịnh Trọng Chương

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT: Số lượng các nhà máy điện gió đang ngày càng gia tăng ở nước ta, tổng công suất lắp đặt tính đến cuối năm nay dự kiến đạt 50 MW. Với mức gia tăng ngày càng lớn vào hệ thống điện, trong công tác quy hoạch và vận hành cần thiết phải có các nghiên cứu về ảnh hưởng của chúng đến các hệ thống điện, do đặc điểm của nguồn điện này khá khác biệt so với các nguồn điện truyền thống khác, trong đó các cấp điện áp phân phối khi kết nối với điện gió sẽ có những ảnh hưởng đáng kể nhất. Nội dung chính của bài báo này là khảo sát mức độ ổn định của lưới điện kết nối các nguồn điện gió tại nút kết nối chung (PCC) khi thay đổi lượng công suất tác dụng và phản kháng của máy phát điện gió cho đến khi diễn ra hiện tượng sụp đổ điện áp để xác định các điều kiện làm việc giới hạn. Giới hạn làm việc ổn định của điện gió được nghiên cứu dựa trên các tiêu chuẩn ổn định, từ đó xác định các khâu yếu cần quan tâm: nhánh, nút... để đề xuất giải pháp nâng cao ổn định và làm việc tin cậy của hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ).

Từ khóa: sụp đổ điện áp, điện gió, ổn định tĩnh

1. GIỚI THIỆU

Khả năng làm việc ổn định của nhà máy điện gió (WP) trong các Hệ thống cung cấp điện (HTCCĐ) phụ thuộc các điều kiện như: công nghệ máy phát điện gió, dung lượng và công nghệ thiết bị bù công suất phản kháng của điện gió, "độ mạnh" của lưới điện mà chúng kết nối...Vấn đề này được đặt ra liên quan đến sự phát triển ngày càng mạnh mẽ, đa dạng của WP và các lưới điện. Với các nút nằm gần WP, điện áp có thể sẽ có nguy cơ giảm thấp và dao động mạnh, dẫn đến sụp đổ điện áp. Đã có rất nhiều nghiên cứu về ảnh hưởng của WP đến ổn định điện áp và chất lượng điện năng trong HTCCĐ [5, 7, 8], tuy nhiên các nghiên cứu đó chưa thực sự đề cập đến các đặc trưng ổn định

và giới hạn vận hành của các phần tử đóng vai trò quan trọng trong HTCCĐ. Trong bài báo này tác giả tập trung nghiên cứu các chỉ tiêu đánh giá mức độ ổn định điện áp, để từ đó xác định các khâu "yếu", và đề xuất biện pháp nâng cao ổn định điện áp trong hệ thống điện có kết nối WP.

2. MỘT SỐ CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP NÚT

Đối với HTCCĐ, việc đánh giá được xây dựng trên giả thiết thanh cái nguồn cung cấp có công suất vô cùng lớn. Giả thiết này có ý nghĩa khi xây dựng mô hình của điện gió, theo đó các ảnh hưởng "nhiều" như: chập chờn điện áp (do hiệu ứng cột tháp), dao động điện áp (do thay đổi tốc độ gió)...phát sinh từ tuabin gió không

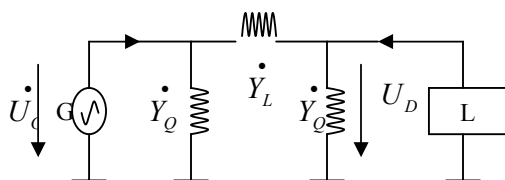
ảnh hưởng nhiều đến sự hoạt động bình thường và chất lượng điện áp của hệ thống điện và phụ tải. Để phân tích chế độ vận hành mất ổn định của chúng có thể sử dụng các tiêu chuẩn về sụp đổ điện áp như: phân tích độ nhạy, phương pháp liên tục, phân tích giá trị riêng, phân tích trào lưu công suất....Trong bài báo này, tác giả sẽ tập trung nghiên cứu ứng dụng các tiêu chuẩn thực dụng, xây dựng miền ổn định điện áp trên mặt phẳng công suất để đánh giá giới hạn sụp đổ điện áp trong các HTCCĐ có kết nối WP.

2.1. Chỉ số sụt áp L (L - indicator)

Một hệ thống điện 2 nút như hình 1, trong đó có một nút nguồn (G) và một nút tải (L). Để có phương trình viết ở dạng đồng nhất, công suất tại nút L vẫn được tính theo chiều đi vào nút G nhưng mang dấu âm. Chỉ số L được định nghĩa như sau [1]:

$$L = \left| 1 + \frac{\dot{V}_0}{\dot{V}_D} \right| = \left| \frac{\dot{S}_1}{V_D^2 \dot{Y}_{11}} \right| = \frac{S_1}{V_D^2 Y_{11}} \quad (1)$$

Trong trường hợp tổng quát một hệ thống điện có nhiều nút nguồn và nhiều nút tải, các nút này được thể hiện ở 1 trong 2 dạng: nút PV (đối với các nút nguồn) và nút PQ (đối với các nút tải). Điện áp tại nút thứ j ảnh hưởng bởi công suất và điện áp của nguồn điện tương đương và cách biểu diễn là tương tự với trường hợp ở hình 1.



Hình 1. Hệ thống điện 2 nút

Chỉ số ổn định điện áp tại nút tải thứ j được cho bởi:

$$L_j = \left| 1 + \frac{\dot{U}_{0j}}{\dot{U}_j} \right| = \left| \frac{\dot{S}'_j}{U_j^2 \dot{Y}_{jj}} \right| = \frac{S'_j}{U_j^2 Y_{jj}} \quad (2)$$

Điều kiện ổn định của hệ thống là $L_j < 1$. Chỉ số ổn định tại nút tải L_j trong công thức (2) cũng phản ánh mức độ ổn định tại một nút đang xem xét và các nút lân cận. Chỉ tiêu này dùng để đánh giá mức độ sụt áp trong lưới điện phân phối là rất hợp lý, mức độ ổn định điện áp hệ thống được lấy là $L = \max(L_j)$. Nhược điểm của chỉ số L là cần xác định ma trận hệ số phức, khối lượng tính toán lớn. Chỉ số L chỉ đặc trưng cho khả năng mất ổn định trên phương diện sụt áp, vì vậy trong nhiều hệ thống (có các nhà máy điện xa trung tâm) chỉ tiêu này không phải là đặc trưng. Khi phụ tải tại nút bất kỳ thay đổi sẽ ảnh hưởng đến chỉ số L của các nút lân cận, điều đó có nghĩa là trong một phạm vi nhất định, vấn đề ổn định điện áp có ảnh hưởng rộng lớn hơn. Giá trị của L_j thay đổi giữa giá trị “0” và “1”. Hệ thống càng ổn định nếu tất cả các giá trị này càng gần “0”, tức là khoảng cách giữa giá trị chỉ thị và giá trị “0” là nhỏ.

Cũng để xác định mức độ ổn định điện áp nút, trong [2] đề xuất xây dựng chỉ số VCPI (voltage collapse prediction index) để đánh giá mức độ sụt áp nút:

$$VCPI_k = \left| 1 - \frac{\sum_{\substack{m=1 \\ m \neq k}}^N U'_m}{U_k} \right| \quad (3)$$

trong đó U'_m có giá trị:

$$U'_m = \frac{Y_{km}}{\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^N Y_{kj}} U_m \quad (4)$$

với: U_k là điện áp pha tại nút k ; U_m là điện áp pha tại nút m ; Y_{km} là tổng dẫn giữa nút k và nút m ; Y_{kj} là tổng dẫn giữa nút k và nút j ; m là nút có nối với nút k . Giá trị của VCPI nằm trong phạm vi từ 0 đến 1, nếu VCPI_{*i*} của một nút nào đó bằng 1 thì nút đó xem như mất ổn định điện áp. Giá trị VCPI khá thuận lợi cho việc xác định các nút "yếu" trong HTĐ.

2.2. Các chỉ tiêu đánh giá ổn định điện áp nút khi tính bằng chương trình

2.2.1. Các chỉ tiêu chung

a. Độ dự trữ ổn định theo kịch bản điển hình

Một trong những kịch bản thường hay xảy ra: là sự gia tăng tỉ lệ công suất phụ tải các nút, phân bố vào các máy phát theo đặc tính điều chỉnh tĩnh. Nếu trong chế độ hiện hành tổng công suất tải là $P_{\Sigma 0}$, đến giới hạn tải có trị số là $P_{\Sigma gh}$ thì hệ số dự trữ được định nghĩa bởi [6]:

$$K_{dt} = \frac{P_{\Sigma gh} - P_{\Sigma 0}}{P_{\Sigma 0}} 100\% \quad (5)$$

Chỉ tiêu này có thể dễ dàng xác định được bằng các chương trình tính toán giới hạn ổn định.

b. Độ dự trữ ổn định theo các kịch bản quan tâm

+ *Kịch bản theo các yêu cầu vận hành*

Hệ thống có thể vận hành theo các phương thức khác nhau theo yêu cầu huy động công suất. Để tìm giới hạn ổn định cần làm thay đổi

từ từ các thông số từ chế độ hiện hành sang phương thức mới. Hệ số dự trữ ổn định có dạng [6]:

$$K_{dt} = \frac{P_{i gh} - P_{i 0}}{P_{i 0}} 100\% \quad (6)$$

Ở đây công suất P_i là thông số quan tâm, thay đổi trong phương thức vận hành mới.

+ *Kịch bản nguy hiểm nhất*

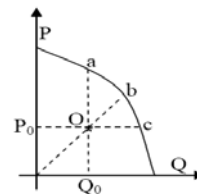
Về lý thuyết, từ một trạng thái hiện hành có một kịch bản nguy hiểm nhất đó là kịch bản đi theo đường ngắn nhất đến biên giới miền ổn định. Nếu biết đường đi ngắn nhất này có thể định nghĩa hệ số dự trữ [6]:

$$K_{dt} = \frac{L_{i gh} - L_{i 0}}{L_{i 0}} 100\% \quad (7)$$

L_i là thông số đặc trưng cho hướng đi ngắn nhất đến giới hạn ổn định. Trong trường hợp chung, việc xác định hướng đi nguy hiểm nhất là bài toán khá phức tạp, vì thế chỉ tiêu này thường sử dụng cho các trường hợp riêng.

c. Miền ổn định các nút

Giả sử xây dựng được đường đặc tính giới hạn ổn định hợp với hệ trục tọa độ xác định được miền làm việc cho phép trên mặt phẳng công suất như hình 2.



Hình 2. Miền ổn định trên mặt phẳng công suất

Ở đây $O(Q_0, P_0)$ là một điểm làm việc ổn định (công suất nút tải). Căn cứ vào khoảng

cách từ O đến đường giới hạn cho phép xác định được độ dự trữ ổn định, oa là độ dự trữ công suất tác dụng khi giữ Q không đổi, oc là độ dự trữ công suất phản kháng khi giữ P không đổi và ob là độ dự trữ ổn định khi giữ hệ số công suất không đổi. Để xác định được đường đặc tính giới hạn tại một nút phụ tải, có thể sử dụng phần mềm tính toán giải tích mạng điện và phương pháp làm nặng chế độ. Giữ cố định giá trị P , tăng dần Q cho đến khi hệ thống chuyển từ trạng thái ổn định sang trạng thái mất ổn định, tại đó xác định được một điểm trên đặc tính giới hạn, thay đổi P và tính toán tương tự sẽ tìm được tập hợp điểm nằm trên đặc tính giới hạn, nối các điểm này lại xác định được miền làm việc cho phép của công suất phụ tải theo điều kiện giới hạn ổn định. Dựa theo các chỉ tiêu đánh giá giới hạn ổn định, sẽ tìm được chế độ xác lập, miền làm việc cho phép theo giới hạn ổn định tĩnh.

2.2.2. Các chỉ tiêu riêng

Ngoài các chỉ tiêu phân tích mức độ ổn định chung cho hệ thống, để phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến tính ổn định người ta còn đưa ra các chỉ tiêu riêng [6].

a. Hệ số sụt áp các nút (độ nhạy dao động điện áp)

$$k_U \% = \frac{U_0 - U_{gh}}{U_0} 100\% \quad (8)$$

trong đó U_0 và U_{gh} tương ứng là trị số điện áp nút ở chế độ đang xét và ở chế độ giới hạn. Với cùng một kịch bản nút có $k_U\%$ lớn là các nút yếu.

b. Hệ số biến thiên công suất nhánh

$$k_P \% = \frac{P_{gh} - P_0}{P_0} 100\% \quad (9)$$

với P_0 và P_{gh} tương ứng là trị số công suất truyền tải trên nhánh ở chế độ đang xét và ở chế độ giới hạn. Với cùng kịch bản nhánh có $k_P\%$ lớn là nhánh nguy hiểm.

2.2.3. Nhận xét chung

Chỉ tiêu tổng hợp như hệ số dự trữ (k_{dt}) theo kịch bản điển hình có thể dùng để đánh giá độ mạnh của toàn lưới về phương diện ổn định, có ý nghĩa kiểm tra riêng cho tính huống tăng tải đột ngột hay có đột biến công suất phát của điện gió (đóng/cắt tuabin ra khỏi lưới). Tuy nhiên các nguồn điện gió có công suất thường không lớn, khó có thể gây ra đột biến cho hệ thống, do vậy việc sử dụng chỉ tiêu này đánh giá cho hệ thống có kết nối nguồn điện gió sẽ cho ý nghĩa đặc trưng cho độ tin cậy ổn định không thật rõ ràng.

Các chỉ tiêu riêng k_U , k_P tỏ ra phù hợp hơn, nó cho phép xác định nhanh các nút yếu, nhánh yếu để đề xuất biện pháp cải tạo. Mỗi phương thức vận hành và mức phát công suất khác nhau của điện gió sẽ đưa ra một giá trị chỉ tiêu xác định. Chỉ tiêu ổn định điện áp nút L_j được sử dụng nhiều đối với các hệ thống điện nhiều dạng nguồn phát khác nhau, rất phù hợp đối với lưới điện phân phối; cho phép xác định giá trị giới hạn tối đa của tải hay khả năng phát công suất cực đại của WP vào hệ thống. Miền ổn định là chỉ tiêu riêng có thể cho biết một nút có thể phát hay nhận tối đa bao nhiêu công suất. Do vậy khảo sát miền ổn định theo không gian công suất nút cũng có thể đưa ra nhiều

thông tin có lợi để đánh giá mức độ ổn định hệ thống. Chỉ tiêu này có thể được áp dụng trong các hệ thống điện có kết nối máy phát không đồng bộ như WP, theo đó sẽ cho biết khả năng phát triển phụ tải của HTCCĐ.

3. MÔ HÌNH CÔNG SUẤT CỦA WP

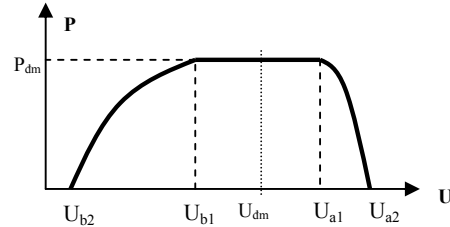
Trong trường hợp chung, các nút kết nối WP có thể được mô tả như một nút PQ hay nút PV, công suất phát phụ thuộc điện áp. Trong [3] đã mô tả công suất phát của WP dưới dạng:

$$P_{WP} = P_n \left[C_{sp} + C_{ip} \cdot \frac{U}{U_n} + C_{zp} \cdot \frac{U^2}{U_n^2} \right] \quad (10)$$

ở đây các hệ số C_{sp} , C_{ip} , C_{zp} biểu diễn tỷ trọng thành phần $P(U)$ của WP khi coi chúng tương ứng với công suất hằng, dòng điện hằng hay tổng trở hằng; U_{dm} , P_{dm} là các giá trị định mức của điện áp, công suất tác dụng. R_U là hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc các điều kiện khác nhau.

Thông thường khi có dao động tốc độ gió và điện áp lưới điện thay đổi thì công suất phát cũng dao động. Từ khi bắt đầu khởi động tuabin (khi chưa đạt đến giá trị định mức) công suất phát bắt đầu tăng dần, điện áp máy phát cũng thay đổi từ giá trị khởi điểm U_{b2} lên đến giá trị U_{b1} , trong đó điện áp U_{b1} là giá trị mà tốc độ gió và công suất phát xấp xỉ giá trị định mức. Trong khoảng giá trị $[U_{b1}; U_{a1}]$ tuabin gió làm việc ổn định, các giá trị điện áp và công suất đạt giá trị định mức. Khi tốc độ gió vượt qua giá trị "cut out", ứng với giá trị điện áp $U > U_{a1}$ thì tuabin sẽ được cắt ra khỏi lưới điện. Điện áp U trên hình 3 cũng được xem xét khi U là điện áp phía lưới điện. Nếu giá trị này sụt

giảm sẽ làm giảm công suất phát tác dụng $P(U)$ của điện gió và tăng lượng công suất phản kháng mà máy phát sẽ nhận từ lưới điện.



Hình 3. Đặc tính công suất của WP phụ thuộc điện áp

Do vậy trong thực tế một hệ số hiệu chỉnh R_U sẽ được thêm vào mô hình phát công suất của điện gió $P(U)$ theo tốc độ gió và điện áp máy phát. Ứng với đường đặc tính công suất tuabin gió, nếu $U > U_{a1}$ hay $U < U_{b1}$ thì R_U sẽ có giá trị nằm trong khoảng từ 1 đến 0 tùy theo giá trị của vận tốc gió ("cut in" hay "cut out") và tương ứng sẽ có các giá trị công suất P_{dm} của WP. Với một tập hợp nhiều tuabin gió trong WP cung cấp công suất định mức P_{dm} thì R_U có giá trị xấp xỉ bằng 1. Trong đa số các trường hợp, thực nghiệm đã cho kết quả: $U_{a1} = 1,2pu$; $U_{a2} = 1,3pu$; $U_{b1} = 0,7pu$; $U_{b2} = 0,1 pu$. Theo hình 3, trong [3] đã xác định quan hệ giữa R_U và điện áp U như sau:

$$\begin{aligned} U < U_{b1} & \quad R_U = \max \left[1 - \left(\frac{U_{b1} - U}{U_{b1} - U_{b2}} \right)^2 ; 0 \right] \\ U_{b1} \leq U \leq U_{a1} & \quad R_U = 1 \\ U > U_{a1} & \quad R_U = \max \left[1 - \left(\frac{U_{a1} - U}{U_{a1} - U_{a2}} \right)^2 ; 0 \right] \end{aligned} \quad (11)$$

Các thông số $U_{a1}, U_{a2}, U_{b1}, U_{b2}$ có nghĩa quyết định đến hệ số hiệu chỉnh R_U , cùng với các hệ số $C_{sp}, C_{ip}, C_{sq}, C_{iq}$ biểu diễn sự thay đổi công suất phát của máy phát (WP), trong đó: $C_{ip} + C_{sp} + C_{zp} = 1$. Theo đó phương trình công suất được biểu diễn bởi:

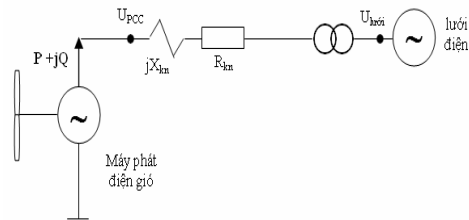
$$P = P_n \left[R_v C_{sp} + R_v C_{ip} \frac{U}{U_n} + C_{zp} \frac{U^2}{U_n^2} \right] = P_n (R_v C_{sp} C_{ip} C_{zp} U U_n) \quad (12)$$

Tương tự cũng có thể xây dựng được mối quan hệ giữa Q của điện gió với điện áp của lưới điện như sau:

$$Q = Q_n \left[R_v C_{sq} + R_v C_{iq} \frac{U}{U_n} + C_{zq} \frac{U^2}{U_n^2} \right] = Q_n (R_v C_{sq} C_{iq} C_{zq} U U_n) \quad (13)$$

ở đây $C_{iq} + C_{sq} + C_{zq} = 1$. Như vậy ứng với một tốc độ gió xác định sẽ tìm một giá trị điện áp và công suất phát tương ứng của điện gió. Biểu thức (12) và (13) có tính tổng quát, thể hiện được nhiều tình huống làm việc của điện gió khi tốc độ gió và điện áp thay đổi. Gọi U_{PCC} là điện áp tại nút kết nối máy phát WP với lưới điện (hình 4) và $Z_{kn} = R_{kn} + jX_{kn}$ là tổng trở đường dây kết nối, m là tỷ số biến áp. Nếu bỏ qua tổn thất năng lượng và tổn thất điện áp của MBA ta sẽ tìm được quan hệ giữa công suất WP với điện áp lưới điện như sau:

$$\frac{P + jQ}{U_{PCC}} = - \frac{U_{lưới} - (U_{lưới} / m)}{R_{kn} + jX_{kn}} \quad (14)$$

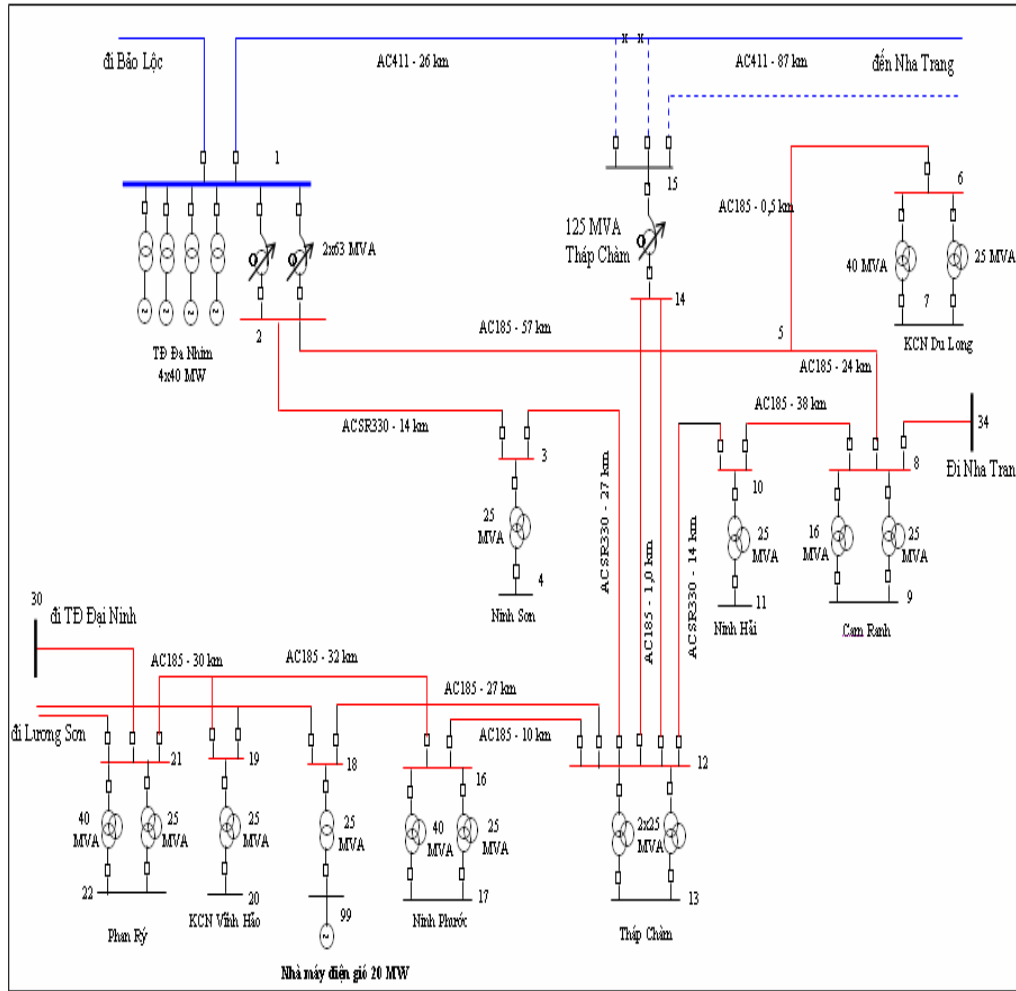


Hình 4. Mô hình kết nối WP với hệ thống cung cấp điện

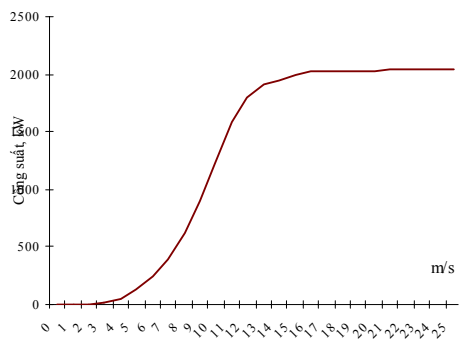
Theo (14) thấy rằng khi điện áp tại điểm kết nối suy giảm mạnh thì lúc này WP sẽ hoạt động như một động cơ không đồng bộ và nhận công suất từ phía hệ thống về, điều này dễ gây mất ổn định điện áp và ảnh hưởng lớn đến khả năng phát công suất của chúng. Giải pháp thường áp dụng trường hợp này là sử dụng các thiết bị có điều chỉnh như SVC, STATCOM [8].

4. ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN

Lưới điện khu vực Ninh Thuận năm 2015 có một WP công suất 20 MW nối lưới điện 22 kV, sau đó kết nối với lưới điện 110 kV như hình 5 [4]. Máy phát sử dụng là loại máy điện không đồng bộ nguồn kép DFIG (của hãng VESTAS-Đan Mạch). Công suất định mức mỗi tuabin máy phát là 2 MW kết nối với lưới điện phân phối 22 kV qua máy biến áp 0,69/22 kV - 2MVA. Số hiệu các nút cho trong hình 5. Đặc tính công suất máy phát theo tốc độ gió cho trong hình 6.



Hình 5. Lưới điện Ninh Thuận năm 2015

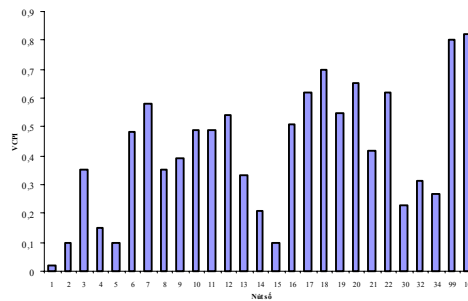


Hình 6. Đặc tính công suất của máy phát DFIG (VESTAS) - 2 MW

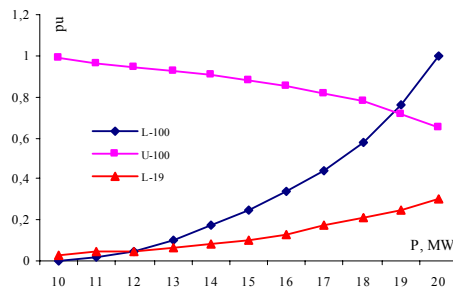
Giả thiết tất cả các tuabin gió tại thời điểm tính toán đều nhận được một năng lượng gió như nhau. Mật độ không khí bằng $1,125 \text{ kg/m}^3$, độ cao cột tháp 60m. Với biến thiên tốc độ gió trung bình ở Ninh Thuận từ 10 m/s đến 16 m/s thì ở dải giá trị này công suất phát khoảng 1,5 MW. Khi tốc độ gió nằm trong khoảng 16 m/s đến 25 m/s thì $U_{MF} = U_{a1} = 1,2 \text{ pu}$ và công suất phát ổn định ở mức 2,03 MW. Khi tốc độ gió vượt quá 25m/s, tuabin gió sẽ được cắt ra khỏi lưới điện.

Đánh giá ổn định điện áp nút qua các chỉ tiêu

Từ mô hình công suất của máy phát điện gió, tại giá trị tốc độ gió $v = 16$ m/s ứng với đường đặc tính công suất, xác định được công suất phát của mỗi máy phát trong chế độ xác lập ($R_U = 1$). Chế độ *ơ bản* là WP chi phát công suất tác dụng P theo mô hình (12), tiến hành xác định giá trị điện áp giới hạn tại mỗi nút, theo đó tìm được chỉ số VCPI tính theo công thức (3) thông qua giá trị điện áp và tổng dẫn nút. Theo kết quả tính toán trong hình 7 (nút 1 là nút cân bằng); có thể nhận thấy các nút 18, 99, 100 và từ 101 đến 110 là các nút có chỉ số VCPI lớn, đây là các nút yếu trên phương diện ổn định điện áp. Một số nút cũng có chỉ số VCPI khá cao: nút 17, nút 20 - đây là những nút nằm lân cận nút kết nối WP.



Hình 7. Chỉ số VCPI các nút của lưới điện Ninh Thuận



Hình 8. Ảnh hưởng của quá trình mất ổn định điện áp nút 100 đến nút 19

Kết quả tính toán chỉ số ổn định điện áp nút L cho nút 100 ở hình 8 cho thấy: nút này sẽ mất ổn định tại giá trị công suất 22,5 MW (lúc này $L = 1$), điện áp giới hạn $U_{gh} = 0,61$ pu. Khi nút kết nối các máy phát điện gió mất ổn định cũng làm ảnh hưởng đáng kể đến chế độ làm việc của các nút khác, thông số chỉ thị L ở một số nút lân cận có xu hướng gia tăng. Trong hình 8 cũng mô tả ảnh hưởng của chỉ số L nút 100 đến nút 19 (thay đổi thông số nút 100 cho đến khi mất ổn định, trong khi giữ nguyên công suất nút 19). Tại giá trị sụp đổ điện áp của nút 100, thông số chỉ thị L của nút 19 tăng từ giá trị ban đầu $L = 0,05$ lên giá trị $L = 0,2$, kết quả biểu diễn trên hình 8.

Với thông số chế độ vận hành năm 2015, tổng phụ tải của P_0 của Ninh Thuận là 251MW. Giả thiết tăng đồng thời phụ tải các nút (cùng tỷ lệ), công suất máy phát tăng theo hệ số điều chỉnh tĩnh sẽ tìm được chế độ giới hạn tương ứng với P_{gh} . Sử dụng chương trình CONUS (Bộ môn Hệ thống điện - Đại học BK HN), mô tả công suất phát của WP theo công thức (12) và (13) kết hợp với mô hình lưới điện Ninh Thuận năm 2015 tìm được hệ số dự trữ ổn định bằng 57,7%. Bảng 1 là kết quả tính toán chỉ số sụt áp của các nút tải của lưới điện Ninh Thuận. Từ bảng này thấy rằng các nút có chỉ số sụt áp khác nhau, ngoài ra còn thể hiện trị số điện áp nút trước khi hệ thống mất ổn định. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả xác định các nút

yếu bằng chỉ số L. Nút kết nối với WP (nút 99) có chỉ số sụt áp lớn nhất, các nút khác (từ nút 100 đến nút 110) là nút kết nối máy phát điện tuabin gió với lưới điện địa phương (thanh cái 22 kV trạm Phước Ninh) đều có chỉ số sụt áp > 20%. Có thể hiểu các nút đó yếu về phương diện ổn định điện áp (nút đánh dấu "*").

Bảng 1. Chỉ số sụt áp các nút

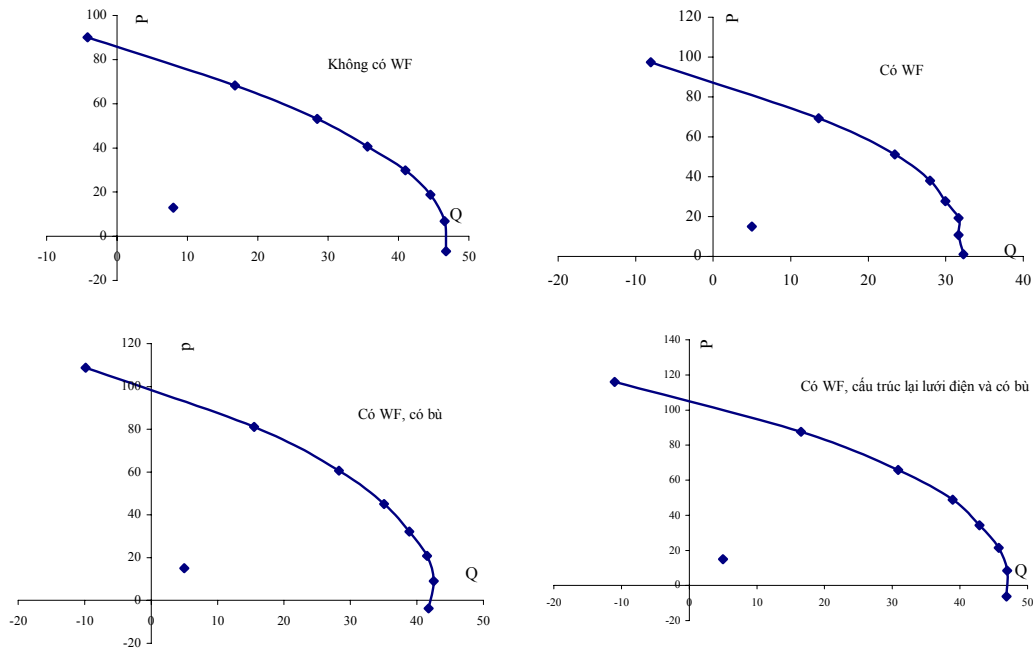
Nút	U _{vn} , kV	U _{đh} , kV	k _v ,%	Nút	U _{vn} , kV	U _{đh} , kV	k _v ,%
1	220	220	0	20	22.877	20.052	12.34
2	114.219	110.535	3.22	21	113.178	101.762	10.08
3	112.958	107.466	4.86	22	23.47	20.771	11.49
4	23.221	21.642	6.79	30	114.272	110.604	3.2
5	110.973	102.979	7.2	32	112.668	104.228	7.49
6	110.942	102.925	7.22	34	116.974	106.918	8.59
7	23.009	21.045	8.49	99	22.011	17.125	22.19 *
8	111.004	102.315	7.82	100	24.317	19.082	21.52 *
9	23.030	20.93	9.11	101	0.77	0.609	20.9 *
10	111.117	102.524	7.73	102	0.77	0.609	20.9 *
11	22.738	20.393	10.31	103	0.77	0.609	20.9 *
12	111.878	103.913	7.11	104	0.77	0.609	20.9 *
13	22.946	20.792	9.38	105	0.77	0.609	20.9 *
14	111.961	104.122	7.00	106	0.77	0.609	20.9 *
15	220.037	216.716	1	107	0.77	0.609	20.9 *
16	111.236	102.089	8.22	108	0.77	0.609	20.9 *
17	23.009	20.751	9.81	109	0.77	0.609	20.9 *
18	109.546	97.731	10.78	110	0.77	0.609	20.9 *
19	111.67	100.787	9.74				

Bảng 2. Độ nhạy biến thiên công suất nhánh

Nhánh	P, MW	P _{đh} , MW	k _p ,%	Nhánh	P, MW	P _{đh} , MW	k _p ,%
1-15	-33.702	-50.124	48.72	12-14	-31.156	-50.054	60.65
1-2	34.265	63.059	84.03	12-16	14.361	24.794	72.64
2-3	22.478	43.357	92.80	12-18	9.272	22.808	145.98
2-5	16.277	27.354	68.05	12-13	21.034	33.112	57.42
2-30	-4.499	-8.35	85.59	14-15	-56.171	-90.77	61.59
2-11	9.165	21.18	131.09	16-19	-10.791	-15.758	46.02
3-4	13.045	20.633	58.16	16-17	25.027	39.449	57.62
5-6	17.101	15.511	-9.29	18-99	-3.926	1.084	-127.61
5-8	-1.075	-0.933	-13.2	19-21	-20.953	-31.899	52.24
6-7	17.014	26.785	57.42	19-20	10.032	15.846	57.95
8-10	-4.275	-5.86	37.07	21-34	-39.235	-61.029	55.54
8-32	-11.904	-18.756	57.56	21-22	18.017	28.31	57.12
8-9	15.023	23.67	57.55	99-100	-16.951	-19.438	14.67
10-12	-16.417	-25.09	52.82	100-101	-1.986	-2.973	49.69
10-11	12.043	19.023	57.95	100-102	-1.986	-2.973	49.69

Trong bảng 2 trình bày kết quả xác định độ nhạy biến thiên công suất nhánh để phát hiện các nhánh yếu trong điều kiện có WP. Kết quả cho thấy các nhánh kết nối với WP đều rất dễ mất ổn định nếu xảy ra biến động đột ngột của phụ tải hay khi tăng công suất truyền tải của nhánh kết nối. Qua bảng 2 cho thấy nhánh 12 - 18 và nhánh 3-12 có các hệ số k_p% lớn nhất và cách biệt so với các nhánh khác, đây là những nhánh "yếu" về mặt ổn định tĩnh, cần có biện pháp cải tạo để nâng cao mức ổn định.

Một bộ bù tĩnh công suất 10 MVAR giả thiết lắp đặt tại nút 99, giải pháp này được so sánh với trường hợp cấu trúc lại lưới điện gần khu vực WP. Giải pháp cấu trúc lại lưới điện được thực hiện là: do vị trí địa lý của trạm biến áp Vĩnh Hảo và trạm biến áp Ninh Phước đi qua khu vực WP, do đó thay thế đường dây liên lạc giữa 2 nút này bằng cách: xây dựng đường dây 110 kV kết nối 2 trạm biến áp này với trạm biến áp 110 kV Phước Ninh (nút PCC) tạo thành các mạch kép. Tại nút PCC sẽ có 4 xuất tuyến liên lạc với hệ thống, trong hình 9 trình bày hiệu quả các giải pháp nâng cao ổn định của lưới điện Ninh Thuận.



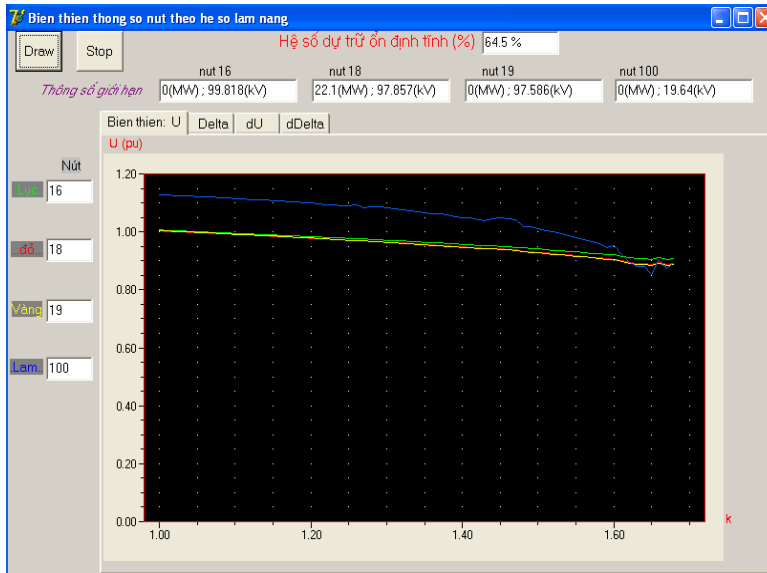
Hình 9. Miền ổn định nút 99 trên mặt phẳng công suất trong các phương án

Kết quả tính toán cho thấy hệ số dự trữ ổn định của hệ thống tăng từ 57,7% (trường hợp cơ bản) lên 75,7% khi có đặt bộ bù tĩnh. Đường cong biến thiên điện áp các nút trong hệ thống cũng được cải thiện rõ rệt, miền ổn định điện áp nút 18 được tăng thêm đáng kể. Trong trường hợp cơ bản khi không bù công suất phản kháng nếu tiến hành cải tạo nhánh 12 -18

bằng cách thay dây dẫn AC 185 bằng dây dẫn ACSR 330, mức dự trữ ổn định hệ thống tăng thêm 6,8%, đạt giá trị 64,5% như hình 10, đồng thời điện áp các nút được cải thiện, hệ số sụt áp nút 99 giảm từ 22,19% xuống còn 19,69%. Mức mang tải các nút tăng từ giá trị $k = 1,57$ lên $k = 1,63$.



a)



b)

Hình 10. Miền ổn định điện áp các nút trước (a) và sau cải tạo (b)

Trong bảng 3 trình bày kết quả xác định các thông số chế độ tại nút số 18 trong các điều kiện: không có kết nối WP (điều kiện A); có kết nối WP nhưng không đặt thiết bị bù (điều

kiện B) và có kết nối WP, đồng thời có đặt bộ bù tĩnh 10 MVAR (điều kiện C).

Bảng 3. Thông số nút 18 trong các điều kiện vận hành khác nhau

Điều kiện	Điện áp khởi điểm U_0 , kV	Điện áp giới hạn U_{gh} , kV	Chỉ số sụt áp nút, %	Dự trữ ổn định hệ thống, %
A	111,37	90,03	19,1	104,2
B	109,69	95,36	13,06	57,7
C	113,23	98,92	12,64	75,7

Có thể thấy khi có sự tham gia của nguồn điện gió, điện áp tại nút kết nối cũng như các nút khác được cải thiện, tuy nhiên mức dự trữ ổn định điện áp thấp hơn do khả năng phát công suất phản kháng hạn chế của WP. Khi có sự tham gia của WP và khi đặt tụ bù, điện áp vận hành và điện áp giới hạn được nâng lên nhưng có giá trị khá gần với điện áp khởi điểm và điện áp giới hạn. Điều này cũng có thể được giải thích bằng mô tả toán học là: Trị số dung dẫn của tụ điện sẽ được tính cộng thêm vào trị số phần tử tổng dẫn Y . Như vậy khi xét về quan hệ toán học sẽ làm giảm tính trội của ma trận tổng dẫn nút, tức là làm giảm khả năng xác định nghiệm điện áp mô phỏng trạng thái xác lập của hệ thống.

Một đặc điểm cũng dễ nhận thấy là: khi mô tả điện gió như một nguồn phát công suất tác dụng thì khi công suất phát càng gia tăng sẽ đồng nghĩa với việc công suất phản kháng mà WP nhận về từ hệ thống càng tăng, điều này sẽ gây giảm điện áp ở các nút lân cận và làm tăng nguy cơ mất ổn định điện áp. Như vậy chỉ số L thực chất là chỉ tiêu riêng đánh giá mức độ ổn định điện áp nút nhưng vẫn có thể xem xét Nút kết nối với WP có chỉ số sụt áp lớn nhất, kể đến là các nút kết nối máy phát điện tuabin gió với

lưới điện địa phương. Điều này hoàn toàn phù hợp thực tế là: khi gia tăng công suất tại nút PCC, lượng công suất phản kháng mà máy phát nhận từ phía hệ thống tăng lên [7, 8], các nút lân cận có nguy cơ bị giảm thấp điện áp. Đặc biệt nguy hiểm khi có sự cố ngắn mạch tại nút thanh cái 22 kV, điện áp tại đây sẽ bị suy giảm mạnh, làm mất cân bằng công suất phản kháng trong WP, nếu không có giải pháp ngăn chặn sẽ dẫn đến sụp đổ điện áp.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích các chỉ tiêu đánh giá ổn định điện áp trong hệ thống cung cấp điện, từ đó lựa chọn chỉ tiêu trong trường hợp hệ thống cung cấp điện có các nguồn điện gió tham gia. Với các chỉ tiêu đã lựa chọn này cho phép xác định được các nút yếu, nhánh yếu trong hệ thống điện có kết nối nhà máy điện gió sử dụng loại máy phát không đồng bộ và đề xuất các biện pháp nâng cao ổn định điện áp.

Các WP công suất lớn khi kết nối hệ thống điện, trong quá trình vận hành có gây ảnh hưởng nhất định đến ổn định điện áp của lưới điện. Việc mất ổn định điện áp của chúng có thể gây ảnh hưởng đến một số nút lân cận. Việc ứng dụng các tiêu chuẩn ổn định điện áp nút để đánh giá mức độ ổn định của hệ thống điện có kết nối nguồn điện gió đóng vai trò quan trọng trong quá trình thiết kế, cải tạo hay quy hoạch mạng điện, trong đó có các khâu yếu cần quan tâm: các nút kết nối (PCC), các nhánh có nối với nhà máy....Giải pháp bù công suất phản kháng luôn được chú trọng để bù vào phần công suất mà WP nhận về từ phía hệ thống, góp phần nâng cao chất lượng điện áp.

STUDY OF VOLTAGE COLLAPSE CHARACTERISTICS IN GRID CONNECTED WIND POWER PLANT

Trinh Trong Chuong

HaNoi University of Industry

ABSTRACT: *The scale of wind power plants is increasing continuously in Vietnam. The installed capacity of the largest wind farm is about 50MW by the end of this year. Therefore, power system planners will need to study their impact on the power system in more detail. Wind energy conversion systems are very different in nature from conventional generators. Therefore dynamic studies must be addressed in order to integrate wind power into the power system. The impact of this wind power on voltage distribution levels has been addressed in the literatures. The majority of this work deals with the determination of the maximum active and reactive power that is possible to be connected on a system load bus, until the voltage at that bus reaches the voltage collapse point. This article introduces the methods of research standards, evaluation criteria of stable electricity supply; it identifies the centers of loads and focuses on the branch is "weak" in small signal stability to improve operational efficiency, reliability in electricity power supply.*

Key words: *voltage collapse, wind power, small signal stability*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Kessel; *Estimating the Voltage Stability of a Power System*; IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.1, No. 3, July (1986).
- [2]. Stefan Johansson; *Voltage collapse in power systems-The influence of generator current limiter, on-load tap-changers and load dynamics*; Licentiate thesis Chalmers University of Technology (1995).
- [3]. I.A. Hiskens; *Voltage stability enhancement via model predictive control of load*; Intelligent Automation and Soft Computing, Vol. 12, No. X, pp. 1-8, (2006).
- [4]. *Feasibility Assessment and Capacity Building for Wind Energy Development in Cambodia, Philippines and Vietnam*; RISØ - November (2006).
- [5]. J.G. Slootweg; *Wind Power: Modelling and Impact on Power System Dynamics*; PhD thesis ; Technische Universiteit Delft; (2003).
- [6]. Веников В.А; *Переходные электротехнические процессы в электрических системах*; Вышшая школа, Москва, (1981).
- [7]. Trinh Trong Chuong; *Power quality Investigation of Grid connected Wind turbines*; GMSARN International Journal; No 3 (2009), pp 1 - 6.

[8]. Trinh Trong Chuong; *Voltage quality Improving of Phuoc Ninh (Vietnam) Wind farm by using Static Synchronous*

Compensator; The International Conference on Electrical Engineering 2008, No. O-055.

MỤC LỤC CÁC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU

		Trang
Phạm Văn Trung	Nghiên cứu khả năng biến dạng của tấm composite nền nhựa	5
Võ Văn Cương	niệt dẻo khi gia công bằng SPIF	
Lê Khánh Điền		
Nguyễn Văn Nang		
Phan Đình Tuấn		
Nguyễn Thanh Nam		
Phan Đình Tuấn	Ứng dụng công nghệ ISF gia công mẫu chi tiết vỏ ô tô	13
Nguyễn Thiên Bình		
Lê Khánh Điền		
Phạm Hoàng Phương		
Nguyễn Thành Huy	Hợp chất siêu dẫn sắt từ UCoGe	21
Đào Đức Cường		
Vũ Thanh Thu		
Bùi Tử An		
Nguyễn Hữu Niếu	Tính chất cơ học của composit nền nhựa polypropylen được	29
Phan Thanh Bình	gia cường bằng sợi dứa (Sisal) Việt Nam	
Huỳnh Sáu		
Đình Đức Anh Vũ	Paid - một khung sườn cho việc thiết kế và mô phỏng vi	37
	mạch bất đồng bộ	
Phạm Trần Vũ	Biểu diễn và so sánh động hồ sơ cá nhân trong các mạng	46
	khoa học	
Trần Ngọc Thịnh	So trùng mẫu dựa trên Cuckoo Hashing ứng dụng cho Nids	53
Huỳnh Hữu Lộc	Nhận dạng chữ viết tay dùng rút trích thông tin theo chiều và	62
Lưu Quốc Hải	mạng nơron	
Đình Đức Anh Vũ		
Dương Tuấn Anh	Tổng quan về tìm kiếm tương tự trên dữ liệu chuỗi thời gian	71
Trịnh Trọng Chương	Nghiên cứu các đặc trưng sụp đổ điện áp trong lưới điện có	80
	kết nối nhà máy điện gió	

CONTENTS

		Page
Pham Van Trung	Deformation ability of single point incremental forming for	5
Vo Van Cuong	themo-plastic composite materials	
Le Khanh Dien		
Nguyen Van Nang		
Phan Dinh Tuan		
Nguyen Thanh Nam		
Phan Dinh Tuan	Applying the ISF technology to produce the car part models	13
Nguyen Thien Binh		
Le Khanh Dien		
Pham Hoang Phuong		
Nguyen Thanh Huy	On discovery of the ferromagnetic superconductor UCoGe	21
Dao Duc Cuong		
Vu Thanh Thu		
Bui Tu An		
Nguyen Huu Nieu	Mechanical properties of the Viet Nam sisal fibre reinforced	29
Phan Thanh Binh	polypropylene composite	
Huynh Sau		
Dinh Duc Anh Vu	PAID – A novel framework for design and simulation of	37
	asynchronous circuits	
Pham Tran Vu	Dynamic profile representation and matching in distributed	46
	scientific networks	
Tran Ngoc Thinh	CPM: Cuckoo-based pattern matching applied for NIDs	53
Huynh Huu Loc	Modified direction feature and neural network based	62
Luu Quoc Hai	technique for handwriting character recognition	
Dinh Duc Anh Vu		
Duong Tuan Anh	An overview of similarity search in time series data	71
Trinh Trong Chuong	Study of voltage collapse characteristics in grid connected	80
	wind power plant	