

## NGHIÊN CỨU GIỚI HẠN ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP CỦA NGUỒN ĐIỆN PHÂN TÁN SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

**Trịnh Trọng Chương<sup>(1)</sup>, Trương Việt Anh<sup>(2)</sup>, Vũ Phan Tú<sup>(3)</sup>**

(1) Đại học Công nghiệp Hà Nội

(2) Đại học SPKT TP.HCM

(3) Đại học Quốc gia TP.HCM

*(Bài nhận ngày 27 tháng 07 năm 2012, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 29 tháng 05 năm 2013)*

**TÓM TẮT:** Hiện nay có rất nhiều nguồn điện phân tán (DG) sử dụng máy điện không đồng bộ (KĐB) đang kết nối lưới điện phân phối (LĐPP). Các máy điện loại này thường không phát công suất phản kháng, thậm chí tiêu thụ công suất phản kháng, cho nên chúng gây ảnh hưởng chung đến ổn định điện áp toàn lưới, đồng thời có thể gây mất ổn định tại chính bản thân nó bởi không còn cân bằng mômen làm việc. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu các vấn đề ổn định điện áp của máy điện KĐB của các tuabin gió làm việc trong LĐPP. Xuất phát từ mô hình tĩnh máy điện KĐB, bài báo sẽ áp dụng các tiêu chuẩn thực dụng để phân tích ổn định điện áp cho máy điện KĐB dựa trên kết quả của bài toán phân bố công suất (PBCS).

**Từ khóa:** ổn định điện áp, nguồn điện phân tán, lưới điện phân phối.

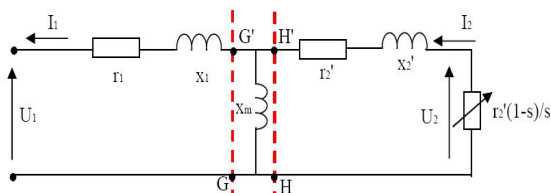
### 1. GIỚI THIỆU

Ở các LĐPP không có DG, hiện tượng mất ổn định điện áp thường xảy ra khi tăng tải mạnh hay thay đổi các điều kiện vận hành. Nhân tố chính gây mất ổn định điện áp là LĐPP không có khả năng đáp ứng nhu cầu công suất phản kháng. Các thông số có liên quan đến sụp đổ điện áp là dòng công suất tác dụng và phản kháng của mạng điện. Khi có kết nối DG thì vấn đề này lại trở nên phức tạp hơn do các DG thường tiềm ẩn nhiều yếu tố gây mất ổn định điện áp. Nếu các DG là máy phát đồng bộ thì nó có thể bị mất ổn định đồng bộ. Nếu DG là loại không đồng bộ (KĐB) thì nó không phát công suất phản kháng, cho nên DG có thể ảnh hưởng chung đến ổn định điện áp toàn lưới, đồng thời có thể gây mất ổn định tại

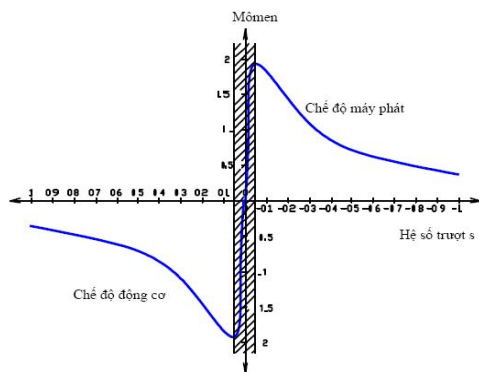
chính bản thân nó bởi không còn cân bằng mômen làm việc [1]. Đây chính là trường hợp LĐPP kết nối nguồn điện gió với các máy điện KĐB. Do vậy, việc nghiên cứu ổn định điện áp trong LĐPP có DG này gắn với việc tìm hiểu cơ chế gây mất ổn định điện áp, đồng thời phân tích độ tin cậy làm việc ổn định (đủ hệ số dự trữ ổn định) của bản thân các DG. Bài báo này nghiên cứu các vấn đề đảm bảo ổn định điện áp cho máy điện KĐB của các tuabin gió làm việc trong LĐPP. Trước hết, bài báo sẽ xây dựng mô hình LĐPP có máy điện KĐB, sau đó tìm điều kiện đầu, giải bài toán phân bố công suất (PBCS), để làm cơ sở cho phân tích ổn định điện áp máy điện KĐB trong LĐPP.

## 2. MÔ HÌNH TÍNH CỦA MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Sơ đồ thay thế của máy điện KDB được cho ở Hình.1. [2], quan hệ mômen theo hệ số trượt cho trong hình 2. Ở đây phụ tải là một điện trở giả tưởng  $\frac{r_2'(1-s)}{s}$ . Năng lượng tiêu tán trên điện trở giả tưởng tương đương với năng lượng điện biến đổi thành cơ năng trên trục của máy điện khi nó quay. Với máy điện KDB, do dòng từ hoá lớn, do đó điện kháng từ hoá  $x_m$  được giữ nguyên (bỏ qua điện trở  $r_m$ ), tổn hao sắt được tính gộp vào tổn hao cơ, tổn hao phụ. Ở hình này:  $U_1$  và  $I_1$  là điện áp và dòng điện của stato;  $U_2$  và  $I_2$  là điện áp và dòng điện phía rôto;  $r_1$  và  $x_1$  là điện trở và điện kháng dây quấn stato;  $r_2'$  và  $x_2'$  là điện trở và điện kháng rôto;



Hình 1. Mạch điện thay thế máy điện KDB



Hình 2. Quan hệ mômen và hệ số trượt của máy điện KDB

Từ mạch điện thay thế Hình.1. chúng ta có - [2]:

$$R(s) = \frac{x_m^2 \cdot (r_2' / s)}{(r_2' / s)^2 + (x_m + x_2')^2}; \quad (1)$$

$$X(s) = \frac{x_m^2 \cdot x_2' + x_m \cdot x_2'^2 + x_m \cdot (r_2' / s)^2}{(r_2' / s)^2 + (x_m + x_2')^2}$$

Kết hợp với tổng trở phía mạch stato máy phát sẽ tính được công suất máy điện [2]:

$$P_e(U, s) = \frac{-[r_1 + R(s)] \cdot U^2}{[r_1 + R(s)]^2 + [x_1 + X(s)]^2}, \quad (2)$$

$$Q_e(U, s) = \frac{-[x_1 + X(s)] \cdot U^2}{[r_1 + R(s)]^2 + [x_1 + X(s)]^2}. \quad (3)$$

Phương trình (2), (3) cho thấy: công suất của máy điện phụ thuộc chính vào 2 thông số: hệ số trượt và điện áp nút kết nối. Khi điện áp giảm thấp, đến một giá trị giới hạn có thể gây mất ổn định do không giữ được cân bằng mômen. Hơn nữa đặc tính mômen của máy điện ở trường hợp này có sự tương tự với động cơ KDB. Cụ thể: ở hình 2 nếu đổi dấu công suất (dấu dương với công suất phát) và tính hệ số trượt, ta sẽ có đặc tính hoàn toàn trùng với động cơ, công thức tính toán không thay đổi:

$$s = \left[ \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \right] \quad (4)$$

## 3. BÀI TOÁN PBCS TRONG LĐPP CÓ MÁY ĐIỆN KDB

Khi tính toán chế độ xác lập (CĐXL) thì đặc tính công suất của nguồn, phụ tải quyết định đến độ chính xác bài toán. Đối với riêng bài toán phân tích CĐXL trong LĐPP có máy điện KDB, hiện có khá nhiều nghiên cứu đã đề

cập và cũng có nhiều mô hình nghiên cứu khác nhau, phụ thuộc vào cấu trúc sơ đồ, thiết bị điều khiển, cấp điện áp của lưới điện xem xét và loại máy điện [3].

Mặc dù có nhiều cách tiếp cận khác nhau, nhưng cách thức chung nhất cho đến nay vẫn tuân theo nguyên tắc là: xác định hệ số trượt của máy điện để làm tiền đề xác định công suất phản kháng của chúng, mà cơ sở của nó là từ chính các mô hình toán của máy điện KĐB đã trình bày ở trên. Trong trường hợp tổng quát, hệ số trượt được xác định từ điều kiện cân bằng công suất cơ và công suất điện, được tính toán như động cơ KĐB từ phương trình sau [2], [4]:

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad (5)$$

trong đó  $x = \frac{r_2'}{s}$

$$a = P_{DG} (r_1^2 + K_3^2) - U_{DG}^2 \cdot r_1 \quad (6)$$

$$b = 2P_{DG} (r_1 K_1 + K_3 K_4) - U_{DG}^2 (K_2 + K_1 K_3) \quad (7)$$

$$c = P_{DG} (K_2^2 + K_4^2) - U_{DG}^2 K_1 K_4 \quad (8)$$

ở đây:  $K_1 = x_2' + x_m$ ,  
 $K_2 = -x_1 K_1 - x_2' x_m$ ,  $K_3 = x_1 + x_m$ ,  
 $K_4 = r_1 K_1$

Giải (5) đến (8) sẽ tìm được hệ số trượt. Các bước tìm điều kiện đầu như sau:

Bước 1: Từ vận tốc gió xác định, xác định được công suất tác dụng phát ra của tuabin gió (theo đường đặc tính công suất cho trước)

Bước 2: Cho trước một giá trị điện áp tại đầu cực máy điện DG.

Bước 3: Từ công suất tác dụng và điện áp máy phát, tính toán hệ số trượt theo (5).

Bước 4: Tính toán công suất phản kháng của máy điện KĐB theo (3).

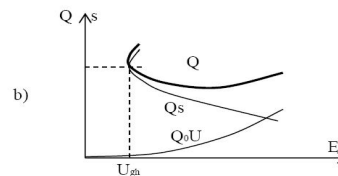
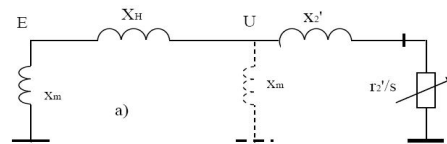
Bước 5: Giải bài toán PBCS, cập nhật lại giá trị điện áp ở đầu cực máy phát, lặp lại từ bước 3 cho đến khi hội tụ.

#### 4. TIÊU CHUẨN PHÂN TÍCH ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP MÁY ĐIỆN KĐB

##### 4.1. Tiêu chuẩn ổn định [1]

Với máy điện KĐB, đặc tính tĩnh là quan hệ:  $M_{tĩnh} = f(U, s)$  và đặc tính động:  $M_{động} = f(U, dU/dt, s, ds/dt)$ . Đây là quan hệ giữa mômen điện từ với điện áp cung cấp  $U$  và hệ số trượt  $s$ . Khi  $U$  và  $s$  thay đổi chậm ta có đặc tính tĩnh. Nếu gọi  $M_{gh}$  là trị số mômen giới hạn ứng với hệ số trượt  $s_{gh}$  thì quan hệ giữa đặc tính mômen tĩnh  $M(s)$  ứng với các điện áp cố định khác nhau của nút cung cấp có dạng:

$$M = \frac{2 M_{gh}}{\frac{s}{s_{gh}} + \frac{s_{gh}}{s}} \quad (9)$$



**Hình 3.** Mô hình xây dựng tiêu chuẩn ổn định cho máy điện KĐB kết nối LĐPP

Với điện áp cung cấp khác nhau, trị số  $M_{gh}$  thay đổi nhiều. Giá trị của  $M_{gh}$  và  $s_{gh}$  có thể xác định theo mô hình đẳng trị của máy điện KĐB (hình 3a). Ở đây tồn tại không tải của máy điện được mô tả gần đúng bằng cách dịch chuyển  $x_m$  về thanh cái nguồn cấp. Điện trở  $r_2'$  có thể xác định theo mômen tải khi mở máy.

Theo sơ đồ ta có: 
$$I = \frac{E}{\sqrt{x^2 + (r_2'/s)^2}}$$

với  $x = X_H + x_2'$ ; và

$$M \approx P = I^2 \frac{r_2'}{s} \frac{E^2 r_2' s}{(xs)^2 + r_2'^2}$$

Tìm cực trị theo s ta được:  $s_{gh} = \frac{R}{x}$ ,

còn  $M_{gh} = \frac{E^2}{2x}$ . Như vậy, nếu  $M > M_{gh}$  hay

$P > P_m$  sẽ không đảm bảo điều kiện cân bằng mômen của máy điện, điều kiện cần để hệ thống ổn định. Tương ứng với điều kiện này, giới hạn ổn định còn thường viết ở dạng

$$\frac{dP}{ds} = 0.$$

Điện áp trên thanh cái cung cấp

là:

$$U = I \cdot \sqrt{x_2'^2 + (r_2'/s)^2} = \frac{E \sqrt{(x_2' s)^2 + (r_2'/s)^2}}{\sqrt{(xs)^2 + (r_2'/s)^2}} = \gamma E$$

Ta cũng có biểu thức tính  $M_{gh}$ , tỉ lệ với bình phương điện áp nút cung cấp [5]:

$$M_{gh} \approx P_{gh} = \frac{U^2}{2(x_2' + X_H)} = \frac{E^2 \gamma^2}{2(x_2' + X_H)} \quad (10)$$

Máy điện sẽ mất ổn định nếu  $M_{cv} > M_{gh}$ . Cũng theo (10) dễ thấy: điện áp nút lưới nút cung cấp có ý nghĩa rất quan trọng, trong khi nó lại phụ thuộc phức tạp vào sơ đồ, đặc biệt là sự phụ thuộc vào chính công suất  $Q$  tiêu thụ của máy điện. Ta hãy thiết lập đặc tính tiêu thụ công suất phản kháng của máy điện. Để đơn giản ta coi xung quanh điểm làm việc có đặc tính công suất tác dụng  $P = \text{const}$ . Khi chưa xét đến tồn tại không tải ta có:

$$Q_s = I^2 x = \frac{I^2 r_2' s}{r_2' s} x = \frac{Ps}{r_2' s} x = \frac{P}{s_{gh}} s \quad (11)$$

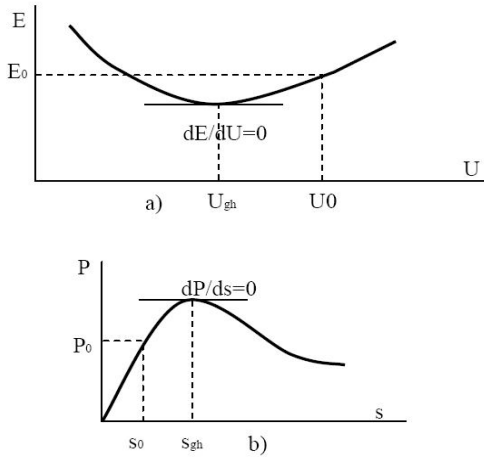
Như vậy  $Q_s$  tỷ lệ với hệ số trượt  $s$ , và ta có đặc tính quan hệ  $Q(U)$ . Từ phương trình (11) có thể tìm được các trị số  $s$  khi cho trước  $E$  các giá trị khác nhau (giải phương trình bậc 2). Từ đó xây dựng được quan hệ  $s = f(E)$  như Hình.3b. Đó cũng là dạng đặc tính công suất phản kháng  $Q_s(E)$  hay  $Q_s(U)$  (vì  $U = \gamma E$ ). Khi xét đến tồn tại không tải (tỷ lệ với bình phương điện áp) ta có đặc tính  $Q(U)$ . Dễ thấy, không tồn tại chế độ làm việc nếu  $U < U_{gh}$ . Giới hạn ổn định trong trường hợp này có thể

viết là:  $\frac{dQ}{dE} = -\infty$  hay  $\frac{dE}{dU} = 0$ . Hai tiêu

chuẩn này hoàn toàn tương đương với tiêu

chuẩn mômen giới hạn  $M_{cr} = M_{gh}$  hay  $\frac{dP}{ds} = 0$ . Với nút thuần túy có DG không đồng bộ, với mục đích kiểm tra điều kiện làm việc ổn định của DG thì có thể chỉ sử dụng tiêu chuẩn cân bằng mômen hoặc 2 tiêu chuẩn tương vừa nêu.

*Có thể phân tích như sau:* Với đặc tính mômen (hay công suất tác dụng) và đặc tính công suất phản kháng, như đã nêu ta có các tiêu chuẩn thực dụng đánh giá ổn định  $dP/ds$ ,  $dQ/dE < 0$ . Ở trạng thái giới hạn các điều kiện tương ứng là  $\frac{dP}{ds} = 0$  và  $\frac{dQ}{dE} = -\infty$ .



**Hình 4.** Tiêu chuẩn thực dụng phân tích ổn định điện áp

Ta có thể sử dụng tiêu chuẩn  $\frac{dE}{dU} = 0$  thay cho 2 tiêu chuẩn đã nêu. Cụ thể là: khi tiến đến chế độ giới hạn, các tiêu chuẩn  $\frac{dQ}{dE} = -\infty$  và

$\frac{dP}{ds} = 0$  diễn ra đồng thời, lúc đó trị số  $\frac{dE}{dU}$  sẽ

đi qua trị số 0 (Hình.4.). Từ sơ đồ hình 3 cũng dễ chứng minh điều này. Thật vậy:

$$U = \sqrt{\left(\frac{E - Q_F X_H}{E}\right)^2 + \left(\frac{P X_H}{E}\right)^2} \quad (12)$$

$$= E - \frac{Q_F X_H}{E}$$

với  $Q_F = I^2 \cdot x_H + Q$  là công suất phản kháng từ đầu nguồn.

Đạo hàm biểu thức U theo E, nhận được:

$$\frac{dU}{dE} = 1 - \frac{(E \frac{dQ_F}{dE} - Q_F) X_H}{E^2}$$

Như vậy khi  $\frac{dQ_F}{dE} \rightarrow -\infty$  thì

$\frac{dU}{dE} \rightarrow \infty$  hay  $\frac{dE}{dU} \rightarrow 0$ ; nghĩa là 3 tiêu

chuẩn hoàn toàn tương đương nhau. Ngoài ra người ta còn hay sử dụng tiêu chuẩn tương đương khác ở dạng  $\frac{d\Delta Q}{dU} = 0$  ( $\Delta Q$  là biểu thức

tính tổng đại số công suất phản kháng tại nút U). Tiêu chuẩn này có thể suy ra từ tiêu chuẩn  $\frac{dE}{dU}$ . Công suất phản kháng từ nguồn đưa đến

nút U là  $Q_{Fl}(E, U)$ , biểu thức này hoàn toàn xác định bởi các thông số E và U đã cho, không phụ thuộc vào sơ đồ phía sau. Thật vậy:

$$Q_{Fl}(E, U) - Q(U) \equiv 0;$$

$$\frac{\partial Q_{Fl}}{\partial E} dE + \frac{\partial Q_{Fl}}{\partial U} dU - \frac{dQ}{dU} dU \equiv 0;$$

hay:

$$dE / dU \equiv \frac{\frac{\partial Q_{Ft}}{\partial U} - \frac{dQ}{dU}}{\frac{\partial Q_{Ft}}{\partial E}} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial Q_{Ft}}{\partial U} - \frac{dQ}{dU} = 0$$

$$\text{hay : } \frac{d\Delta Q}{dU} = 0 \quad \Delta Q = Q_{Ft} - Q$$

Hệ thống ổn định khi  $\frac{d\Delta Q}{dU} < 0$ . Tiêu

chuẩn này trùng với tiêu chuẩn thực dụng phân tích ổn định điện áp của nút bất kỳ trong LDPP. Sử dụng tiêu chuẩn này thuận tiện hơn 2 tiêu chuẩn còn lại bởi quan hệ  $Q$  với  $U$  là xác định khi biết đặc tính công suất tại nút  $U$ .

#### 4.2. Giới hạn ổn định điện áp của máy điện KDB trong LDPP

Với máy điện KDB, dựa vào chính đặc tính công suất của chúng, chúng ta có thể tìm được các giới hạn ổn định điện áp. Chế độ làm việc giới hạn của máy điện KDB có thể đạt được theo 2 kịch bản: Thứ nhất: coi sơ đồ là biết trước, xem xét trường hợp khi máy điện KDB đang làm việc thì trạng thái làm việc cách xa giới hạn công suất là bao nhiêu. Thứ hai là quan tâm đến các nguyên nhân (do các thay đổi trong HTD) làm cho điện áp nút cung cấp bị giảm xuống. Với LDPP có máy điện KDB thì kịch bản hai có nhiều khả năng xảy ra hơn bởi các kích động ngẫu nhiên xảy ra trong hệ thống điện. Khi điện áp giảm thì  $P_{DGmax}$  cũng giảm theo và đến giới hạn nào đó thì DG sẽ mất ổn định. Xuất phát từ (10), chúng ta có:

$$U_{gh} = \sqrt{2(x_2' + X_H)P_{DG}} \quad (13)$$

Khi máy điện vận hành tự nhiên, không có thiết bị bù hoặc thiết bị điều chỉnh điện áp thì  $U_{gh}$  được xác định như (13). Khi có tụ bù ta phải tính đẳng trị thiết bị bù này (thành điện kháng  $X_{dt}$ ) và đẳng trị nguồn (thành áp đẳng trị  $U_{HTdt}$ ). Cụ thể:

$$X_{dt} = \frac{-x_m X_C}{x_m - X_C} \quad (14)$$

$$U_{HTdt} = \frac{-U_{HT} X_C}{x_m - X_C} \quad (15)$$

Từ đó suy ra:

$$U_{gh} = \sqrt{2.P_{DG} (x_2' + X_{dt})} \quad (16)$$

Từ giá trị  $U_{gh}$  ở trên sẽ xác định được độ dự trữ ổn định theo điện áp tại nút kết nối [1]:

$$K_{dt} = \left[ \frac{U_0 - U_{gh}}{U_0} \right] 100\% \quad (17)$$

Như vậy: khi điện áp trên nút kết nối máy điện giảm thấp có thể gây mất ổn định của chính máy điện do không giữ được cân bằng mômen. Các bước tính toán giá trị  $U_{gh}$  như sau:

**Bước 1:** Tính điện áp nút kết nối máy điện KDB khi biết trước một giá trị E nguồn (hoặc điện áp nút hệ thống).

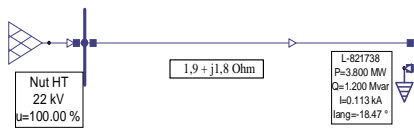
**Bước 2:** Xác định hệ số trượt của máy điện KDB và tính công suất phản kháng của máy điện phát ra (hoặc tiêu thụ).

**Bước 3:** Giải bài toán PBCS, cập nhật lại giá trị điện áp đầu cực máy điện. Lặp lại từ bước 2 cho đến khi hội tụ.

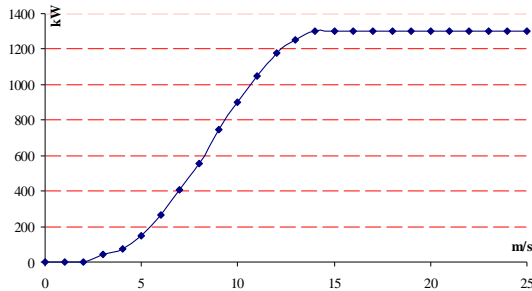
**Bước 4:** Từ giá trị điện áp ở CDXL điện áp giới hạn  $U_{gh}$ , tính toán độ dự trữ ổn định  $K_{dt}$ .

**4.3. Kết quả tính toán**

Tìm giới hạn ổn định điện áp cho máy điện tuabin gió KĐB rôto lồng sóc kết nối LĐPP 22kV (Hình.5.). Chiều dài đường dây 5km.



**Hình 5.** Sơ đồ LĐPP có kết nối tuabin gió



**Hình 6.** Đặc tính công suất của tuabin gió

Công suất định mức tuabin gió là 1,3 MW, nối với LĐPP qua MBA tăng áp 0,69/22kV

công suất 2,0 MVA. Thông số chi tiết của máy phát và MBA cho trong [4]. Đặc tính công suất của tuabin gió cho trong Hình.6.

**Lời giải:** Chọn  $S_{cb} = 10MVA$  và  $U_{cb} = 22kV$ . Giả thiết tính ở vận tốc gió  $v = 10 m/s$ , tra theo đường đặc tính công suất có được công suất tuabin bằng 0,9 MW. Điện áp nút hệ thống giữ không đổi bằng 1pu. Với các thông số cho, áp dụng công thức (12) tìm được điện áp  $U_T = 0,993pu$ . Từ (5) đến (8) ta tìm được phương trình bậc 2 của hệ số trượt như sau:

$$0.30872x^2 - 3.3008x - 0.00687 = 0$$

Phương trình này cho 2 nghiệm  $s_1 = 0,000308$  và  $s_2 = -1,59$  (loại). Từ giá trị  $s_1$  ta tìm được  $Q = -0,0508pu$  theo phương trình (3). Ứng dụng chương trình NEPLAN [5] để giải bài toán PBCS với điều kiện đầu vừa thiết lập ở trên. Sau 4 lần lặp, kết quả tính toán với các vận tốc gió khác nhau theo đặc tính công suất của tuabin gió được cho ở bảng 1 (bắt đầu tính từ vận tốc 7m/s). Giả thiết ở mỗi thời điểm tính toán, tốc độ gió không thay đổi. Điện áp  $U_{gh}$ , hệ số  $K_{dt}$  được tính theo (13) và (17).

**Bảng 1.** Kết quả tính toán PBCS và trị số giới hạn ổn định điện áp khi  $U_{HT} = 1pu$

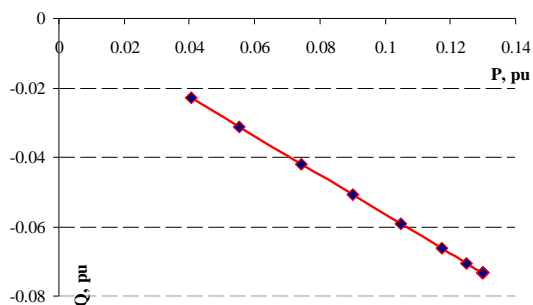
vận tốc gió, m/s	$P_{cos}$ , pu	$P_{điện}$ , pu	$Q$ , pu	s	$U_{xác\ lập}$ , pu	$U_{gh}$ , pu	$K_{dt}$ , %
7	0,0405	0.04047	-0.02286	0,0001373	0.994	0.395	60.2
8	0,0555	0.05545	-0.03132	0,0001890	0.994	0.463	53.4
9	0,0745	0.07444	-0.04205	0,0002545	0.994	0.536	46.1
10	0,0900	0.08993	-0.05079	0,0003085	0.993	0.589	40.7
11	0,1050	0.10492	-0.05926	0,0003604	0.993	0.637	35.9
12	0,1175	0.11741	-0.06631	0,0004037	0.993	0.673	32.2
13	0,1250	0.12490	-0.07055	0,0004296	0.993	0.695	30.1
14	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
15	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6

vận tốc gió, m/s	$P_{\cos}$ , pu	$P_{\text{điện}}$ , pu	$Q$ , pu	$s$	$U_{\text{xác lập}}$ , pu	$U_{\text{gh}}$ , pu	$K_{\text{đt}}$ , %
16	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
17	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
18	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
19	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
20	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
21	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
22	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
23	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
24	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6
25	0,1300	0.12990	-0.07337	0,0004477	0.992	0.708	28.6

Có thể thấy góc hệ số công suất tạo bởi công suất P và Q luôn âm, nghĩa là nút kết nối máy điện loại này luôn mang tính cảm. Ở các vận tốc gió khác nhau trên đường đặc tính công suất sẽ có tương ứng một giới hạn khác nhau của điện áp hay công suất tác dụng. Như vậy, với mỗi giá trị vận tốc gió ta sẽ tìm được một giá trị s mới và công suất điện mới. Hình.7. là kết quả mô phỏng đặc tính phát công suất P và tiêu thụ công suất Q của tuabin gió trong CĐXL, có thể thấy đặc tính quan hệ 2 đại lượng này gần như tuyến tính. Khi công suất phát P tăng, lượng công suất Q nhận về tăng theo và góc hệ số công suất gần như không thay đổi (chỉ thay đổi từ 29,40-29,50).

Nếu giả thiết xảy ra một kích động ngẫu nhiên phía hệ thống làm điện áp nút hệ thống bị

suy giảm, khi đó điện áp nút kết nối DG cũng sẽ suy giảm theo. Bảng.2. là kết quả tính toán ở CĐXL, cũng như điện áp giới hạn và hệ số dự trữ ổn định theo điện áp khi điện áp nút hệ thống giảm 5%. Kết quả cho thấy: công suất phát của máy điện giảm, hệ số trượt tăng. Công suất phản kháng nhận về bị giảm làm hệ số dự trữ giảm nhanh.



**Hình 7.** Quan hệ giữa công suất tác dụng, phản kháng của tuabin gió trong CĐXL



**Bảng 2.** Kết quả tính toán PBCS và trị số giới hạn ổn định điện áp khi  $U_{HT} = 0,95pu$ 

vận tốc gió, m/s	$P_{cơ}, pu$	$P_{điện}, pu$	$Q, pu$	$s$	$U_{xác lập}, pu$	$U_{gh}, pu$	$K_{đt}, \%$
7	0,0405	0.040065	-0.02056	0,000153	0.943	0.393	58.29
8	0,0555	0.055053	-0.02820	0,000210	0.943	0.461	51.10
9	0,0745	0.073936	-0.03787	0,000283	0.943	0.534	43.33
10	0,0900	0.088923	-0.04576	0,000342	0.943	0.586	37.86
11	0,1050	0.104010	-0.05335	0,000400	0.943	0.634	32.79
12	0,1175	0.116921	-0.05977	0,000450	0.943	0.672	28.74
13	0,1250	0.124493	-0.06353	0,000481	0.942	0.693	26.39
14	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
15	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
16	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
17	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
18	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
19	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
20	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
21	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
22	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
23	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
24	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07
25	0,1300	0.128989	-0.06608	0,000499	0.942	0.706	25.07

Để tìm giới hạn ổn định điện áp ở mỗi thời điểm có thể thực hiện bằng cách cho tăng dần công suất tác dụng phát của tuabin gió từ giá trị ban đầu. Xét thời điểm tốc độ gió ổn định ở mức 15m/s, thời điểm đầu là  $P = 0,1299pu$ ; bước tăng là 0,0002pu. Điện áp UHT được giữ bằng 1pu. Ở lần lặp thứ nhất,  $P_1 = 0,1301pu$ , có được  $U_{xác lập} = 0,993pu$ . Từ đó có phương trình bậc 2 của hệ số trượt:

$$0,5574x^2 - 3,4266.x - 0,006286 = 0$$

Suy ra  $s = 0,00054$ . Thay vào phương trình (3) tìm được:  $Q = -0,074pu$ . Từ đó tính được

$U_{gh} = 0,73pu$ . Tính tương tự cho các bước lặp tiếp theo. Đến lần lặp thứ 8, khi cho P tăng đến 0,14pu, khi đó cả 2 nghiệm đều không phù hợp:  $s_1 = 14$  và  $s_2 = -0,0029$  (bắt đầu đổi dấu). Đó là thời điểm máy điện bắt đầu mất ổn định.

Như vậy tại một thời điểm xác định, sau khi đã giải bài toán PBCS, giới hạn ổn định điện áp có thể được tìm bằng cách cho tăng dần công suất tác dụng. Khi đó công suất Q máy điện nhận về cũng tăng theo tỷ lệ tương ứng, hệ số công suất biến động không nhiều trong phạm vi ổn định. Một cách gần đúng có thể coi

nút kết nối như một nút PQ với công suất tác dụng ngược chiều (phát công suất vào lưới) [5].

## 5. NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích các giới hạn ổn định điện áp của máy điện KĐB bằng tiêu chuẩn thực dụng. Các kết quả nghiên cứu đã cho thấy:

LĐPP có kết nối tuabin gió sử dụng máy điện KĐB tiềm ẩn nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng điện áp, trong đó có nguy cơ mất ổn định điện áp của chính bản thân nó. Nút kết nối các máy điện loại này cần được ưu tiên xem xét trước tiên vì chúng thường là nút yếu nhất. Chất lượng điện áp tại nút kết nối cần được quan tâm nhất để đề xuất biện pháp cải thiện.

Khi xét đến chỉ tiêu ổn định thì đặc tính máy điện KĐB (loại rôto lồng sóc, rôto dây quấn...) và thông số lưới điện có ảnh hưởng rất đáng kể đến giới hạn ổn định điện áp. Các giải pháp cải thiện ổn định như: bù công suất phản kháng; sử dụng MBA có điều chỉnh dưới tải hay tăng công suất ngắn mạch phía hệ thống... là biện pháp tốt để cải thiện mức ổn định điện áp của máy điện KĐB trong LĐPP.

Sử dụng công cụ tính toán ổn định, thiết lập và phân tích các chỉ tiêu khác nhau về ổn định của LĐPP có máy điện KĐB, kết hợp với các chỉ tiêu thực dụng có thể xác định được mức dự trữ ổn định (độ xa so với giới hạn mất ổn định của máy điện KĐB).

## TO STUDY THE VOLTAGE STABILITY LIMITS OF DISTRIBUTED GENERATION USING INDUCTION MACHINE IN DISTRIBUTION NETWORKS

Trinh Trong Chuong<sup>(1)</sup>, Truong Viet Anh<sup>(2)</sup>, Vu Phan Tu<sup>(3)</sup>

(1) Hanoi University of Industry

(2) University of Technical Education Ho Chi Minh City

(3) VNU-HCM

**ABSTRACT:** *There are now a lot of distributed generation (DG) using asynchronous machines are connected to power distribution grid. These machines do not usually generate reactive power, even consume reactive power, so they generally affect the voltage stability of whole power grid, and can cause instability in itself it is no longer balanced by the torque to work. In this paper, we investigate the voltage stability problem of the asynchronous machine of wind turbines used in power distribution networks. From the static model of the asynchronous machine, this paper will apply the pragmatic criteria to analysis the voltage stability of the asynchronous machine based on the results of the power flow in power distribution network.*

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Lã Văn Út, *Phân tích và điều khiển ổn định hệ thống điện*, NXB Khoa học kỹ thuật (2000).
- [2]. P. Aree, Load Flow Solution with Induction Motor, *Songklanakarın J. Sci. Technol.*, 28, 1, 157-168 (2006).
- [3]. RISØ, *Feasibility Assessment and Capacity Building for Wind Energy Development in ASEAN* (2006).
- [4]. J. G. Slootweg, *Wind Power: Modelling and Impact on Power System Dynamics*, PhD thesis - Universiteit Delft (2003).
- [5]. NEPLAN 5.0 Hilfe, [www.neplan.ch](http://www.neplan.ch)