

XÂY DỰNG CẤU TRÚC HỆ THỐNG VÀ MÔ PHỎNG HOẠT ĐỘNG HỆ NGUỒN LAI (PVg - Wg) ÁP DỤNG TRONG MẠNG ĐIỆN PHÂN TÁN

Ngô Minh Đức, Ngô Đức Minh*, Đặng Danh Hoàng
 Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Hiện tại, trên thế giới các nguồn điện sử dụng năng lượng tái tạo đang phát triển mạnh mẽ và ở Việt Nam cũng đã bước đầu áp dụng. Các loại mô hình khai thác được phát triển khá phong phú, trong bài viết này đề cập đến một mô hình nguồn điện lai gồm: Pin mặt trời và máy phát điện sức gió đồng thời có kể đến việc sử dụng kho năng lượng một chiều ắc quy kết nối tại bus một chiều trung gian. Thiết kế cấu trúc hệ nguồn lai, phù hợp với đặc thù của mạng điện phân tán, có khả năng tận dụng tối đa tài nguyên sẵn có tại chỗ. Mô hình hóa mô phỏng hoạt động của hệ nguồn lai, phân tích rõ quá trình trao đổi năng lượng giữa các khối, tác động của các khối nguồn đến hiệu quả khai thác thiết bị và hiệu suất vận hành hệ thống.

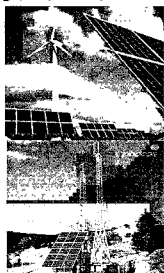
Từ khóa: Hệ nguồn lai, DFIG, Converter 1, Converter 2, BxMT, PVg-Wg-BESS, PV-DFIG-B.

PHẦN MỞ ĐẦU

Mỗi dạng năng lượng tái tạo (NLTT) được áp dụng theo một công nghệ riêng để tạo ra một nguồn điện là công việc đi trước của những Nhà khoa học phát minh. Sau đó, vấn đề sử dụng các nguồn điện đó như thế nào? Áp dụng vào đâu? Còn đòi hỏi rất nhiều những đóng góp khoa học của các nhà nghiên cứu thuộc nhiều lĩnh vực khác nhau. Với một địa phương có nguồn gió dồi dào sẽ là thích hợp cho xây dựng những cánh đồng phát điện turbine gió (WF); hay những dòng chảy trên đất liền cũng như đại dương sẽ là nơi thích hợp cho thủy điện, những lãnh thổ vùng xích đạo sẽ là nơi thích hợp cho xây dựng cánh đồng pin mặt trời, nhà máy điện mặt trời, V.V. Tuy nhiên, còn nhiều nơi khác lại không có được sự ưu đãi như vậy, mỗi dạng NLTT thường không có đủ khả năng đáp ứng thích hợp cho nhu cầu tại chỗ của phụ tải.

Ví dụ, những xóm bản hay các trạm thu phát sóng viễn thông (BTS) thường ở những vị trí trên núi cao, nơi mà nguồn điện cung cấp từ lưới quốc gia có chất lượng thấp, không ổn định thậm chí là không có. Trong khi đó, nguồn NLTT tại chỗ cũng không dồi dào. Như vậy, mô hình hệ nguồn lai sử dụng phối hợp một vài dạng NLTT được đề xuất sẽ có ý

nghĩa khoa học và rất thực tiễn trong trường hợp này. Trên thế giới cũng đã có một số ứng dụng tương tự được thể hiện như trên hình 1 [1].



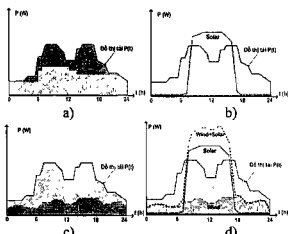
Hình 1. Hệ nguồn lai PVg-Wg [1]

Tuy nhiên, có thể giống nhau về cấu trúc nhưng mỗi mô hình lại có thể áp dụng những thiết bị khác nhau, hệ điều khiển khác nhau và phương thức vận hành khác nhau. Ý tưởng của bài báo là xây dựng một hệ nguồn lai áp dụng trong mạng điện phân tán, mô hình hóa mô phỏng để làm rõ một số quá trình trao đổi năng lượng giữa các khối nhằm giúp ích cho vận hành hệ nguồn tránh được những chế độ bất lợi gây ảnh hưởng tới tuổi thọ của thiết bị, hiệu suất của hệ nguồn và đưa ra những đề xuất mới.

* Email: ngoduocminh@ntut.edu.vn

HỆ NGUỒN LẠI TRONG MẠNG ĐIỆN PHÂN TÁN

Giả thiết xây dựng một hệ nguồn lại áp dụng tại một địa phương có đặc điểm được điện giải thích qua các biểu đồ năng lượng xét cho một ngày điển hình như trên hình 2.a,b,c,d.



Hình 2. Biểu đồ năng lượng

Trên hình 2.a, thể hiện đồ thị phụ ngày;

Trên hình 2.b, thể hiện năng lượng mặt trời chỉ có vào ban ngày;

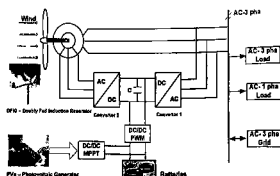
Trên hình 2.c, thể hiện năng lượng gió (NLG) có trong suốt 24h nhưng mức độ không đáp ứng đầy đủ nhu cầu phụ tải điện;

Trên hình 2.d, thể hiện kết hợp sử dụng cả hai nguồn từ NLMT và NLG tạo nên một hệ nguồn lại giữa Pin mặt trời (PVg) và máy phát điện sức gió (Wg). Tuy nhiên, mối quan hệ cân bằng giữa công suất phát và công suất thu không có được một sự đảm bảo chắc chắn. Bởi lẽ:

- Về phía nguồn thì phụ thuộc các yếu tố tự nhiên luôn thay đổi theo thời gian, bao gồm: thời tiết, khí hậu, vị trí mặt trời, V.V

- Về phía tải thì biến đổi theo tính chất đồ thị phụ tải, ngoài ra còn phải kể đến sự thay đổi đột biến khi có động cơ khởi động hay sự cố đứt dây.

Để khắc phục vấn đề này, trong hệ nguồn được bổ sung một kho điện ắc quy làm nhiệm vụ phòng, nạp cho mỗi khi cần thiết, nhằm hoàn thiện một cấu trúc hệ nguồn lainhư trên hình 3.

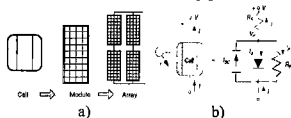


Hình 3. Cấu trúc nguồn lại PVg-Wg-BESS

Trong đó, các khối được mô tả như sau:

Pin mặt trời [2-4]

Tùy theo cấu hình hệ nguồn, để có được điện áp và công suất thích hợp mà các module pin mặt trời sẽ được ghép nối theo nguyên tắc cơ bản như thể hiện trên hình 4a [2].

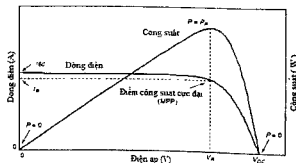


Hình 4a,b. Nguyên tắc ghép nối nguồn pin mặt trời [2]

Trong đó, đơn vị nghiên cứu nhỏ nhất của pin là một cell hay còn gọi là PV cell. Một PV cell được mô tả bằng sơ đồ thay thế như trên hình 4a và biểu thức toán học (1):

$$I = I_{sc} - I_0 \left\{ \exp \left[\frac{q(V + IR_s)}{kT} \right] - 1 \right\} - \frac{V + IR_s}{R_p} \quad (1)$$

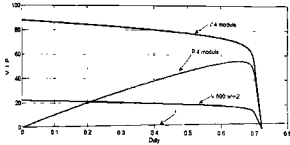
và đồ thị đặc tính I-V, P-V như như trên hình 5 [4]



Hình 5. Đặc tính của PV cell

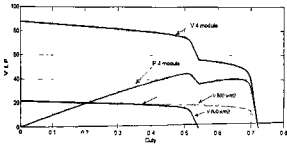
Trên hình 5, tại một mức cường độ BXMT và giá trị nhiệt độ T không đổi thì đặc tính làm việc của PV chỉ có duy nhất một điểm cực trị có giá trị công suất cực đại Pmax tương ứng, dòng và áp tại giá trị này được gọi là Imax và Vmax.

Xét một PV array gồm 04 module nối tiếp có thông số như sau: $V_0=22,2V$; $I_N=5,45A$; $I_{max}=4,95A$; $V_{max}=17,2V$; Trường hợp cả 04 module nhận được BXMT là $800w/m^2$. Giả thiết cho dòng làm việc tăng từ 0 đến 6A trong khoảng thời gian từ 0 đến 1s. Sử dụng Matlab để mô phỏng các đặc tính của PV, kết quả thu được như trên hình 6a.



Hình 6. Các đặc tính của PV khi BXMT đồng đều

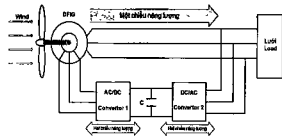
Trong thực tế, do hiện tượng che khuất và một số nguyên nhân tương tự làm cho các modul nhận được BXMT không đồng đều nên đường đặc tính công suất tổng P xuất hiện nhiều điểm cực trị khác nhau, như mô phỏng như trên hình 7. Điều này gây khó khăn cho các thuật toán xác định điểm cực đại trong những điểm cực trị đó, thuật toán P&O và INC đã quen thuộc không còn thích hợp nữa. Từ kết quả phân tích này, vấn đề đặt ra là cần thiết xây dựng những thuật toán mới cho việc xác định điểm cực đại.



Hình 7. Các đặc tính của PV khi BXMT không đồng đều

Máy phát điện sức gió [5,6]

Lịch sử phát triển của máy phát điện sức gió có rất nhiều loại. Ngày nay, loại máy phát điện cảm ứng từ hai phía DFIG tỏ ra chiếm ưu thế nên trong trường hợp này, tác giả sử dụng loại DFIG có mô hình cấu trúc và những thông tin mô tả nguyên lý hoạt động như trên hình 8.



Hình 8. Mô hình cấu trúc và chiều biến đổi năng lượng của DFIG

Trong đó, điểm khác biệt quan trọng nhất so với các loại máy phát điện khác là ở chỗ DFIG có hai bộ biến đổi Converter 1 và Converter 2 tựa lưng vào nhau theo kiểu back to back. Phần này sẽ được phân tích kỹ lưỡng nhằm làm sáng tỏ các quá trình trao đổi năng lượng của hệ nguồn lai nói chung và DFIG nói riêng.

Phương thức điều khiển/điều chỉnh (ĐKĐC) DFIG gồm có hai phần: phần phía máy phát với Converter 2 và phần phía lưới với thiết bị Converter 1.

ĐKĐC bộ biến đổi phía máy phát Converter 2 [6]

Đối với Converter 2, trước hết có nhiệm vụ ĐKĐC cách ly hai đại lượng m_m và $\cos\phi$. Để giải quyết vấn đề đặt ra, ta phải đi tìm các đại lượng ĐKĐC - còn gọi là đại lượng chủ đạo - dẫn m_m và $\cos\phi$.

Nhiệm vụ chính ở đây là thiết kế thành công một khâu điều chỉnh dòng (ĐCD) cho phép áp đặt nhanh và chính xác i_{rd} , đầu ra của khâu điều chỉnh mômen (ĐCMM) có thể được sử dụng để cung cấp giá trị chủ đạo - giá trị cần - cho dòng i_{rd} .

Ngoài ra: do ψ_s gần như không đổi, mọi biến động của i_r đều trực tiếp tác động đến i_s . Để làm sáng tỏ điều này, ta hãy xem biểu thức (2) [6]:

$$\begin{cases} \psi'_{sd} = \frac{L_s}{L_m} i_{sd} + i_{rd} \approx 0 \\ \psi'_{sq} = \frac{L_s}{L_m} i_{sq} + i_{rq} \approx |\psi'_s| \end{cases} \quad (2)$$

Với $\frac{L_s}{L_m} \approx 1$, (2) được đơn giản hóa như sau:

$$\begin{cases} i_{sd} + i_{rd} \approx 0 \\ i_{sq} + i_{rq} \approx |\psi'_s| = \psi'_{sq} \end{cases} \quad (3)$$

ĐKDC bộ biến đổi phía lưới Converter 1 [6]

Nhiệm vụ quan trọng của phần ĐKDC phía lưới là lấy năng lượng từ lưới để cung cấp cho mạch một chiều ở chế độ dưới đồng bộ hoặc hoàn năng lượng từ mạch một chiều lên lưới ở chế độ trên đồng bộ. Trong cả hai quá trình đó, điện áp một chiều trung gian U_{DC} phải được giữ ổn định không đổi.

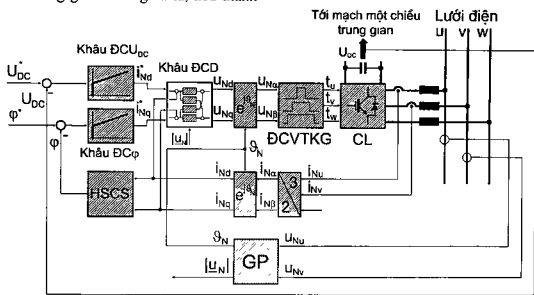
Yêu cầu kể trên có thể được thực hiện một cách đơn giản. Quan sát dòng i_N ở đầu ra phía lưới của CL trên hệ tọa độ THDAL, ta có:

$$i_N = i_{Nd} + j i_{Nq} \quad (5)$$

Trong dòng kể trên, thành phần i_{Nd} có tác dụng sản sinh công suất hữu công, i_{Nq} sản sinh công suất vô công. Vì vậy, dòng i_{Nd} có thể được sử dụng làm dòng nạp hoặc xả mạch một chiều trung gian. Có nghĩa là, nếu thành

công trong việc áp đặt nhanh và chính xác dòng i_{Nd} nhờ một khâu ĐCD, đầu ra của khâu điều chỉnh U_{DC} ($ĐCU_{DC}$) có thể được sử dụng để cung cấp giá trị cần cho dòng i_{Nd} .

Theo điển giải trên, thành phần i_{Nq} dường như không có vai trò quan trọng và vì vậy có thể đặt bằng không. Tuy vậy, vai trò sản sinh công suất vô công có thể được tận dụng để ĐKDC hệ số công suất (ví dụ: HSCS của toàn hệ) và đầu ra của khâu ĐCφ có thể được sử dụng để cung cấp giá trị cần cho i_{Nq} . Lúc này, khâu ĐCφ thứ hai giữ vai trò như một tụ bù. Giống như ĐKDC phía MP, HSCS được điều chỉnh gián tiếp qua điều chỉnh $\sin\phi$. Đến đây ta đã có thể xây dựng cấu trúc ĐKDC cho phía lưới như trong hình 11 [6].



Hình 11. Cấu trúc ĐKDC phía lưới của DFIG [6]

Đến đây ta đã biết: ở cả hai phần ĐKDC phía lưới và phía MP, khâu ĐCD đều giữ vai trò quyết định đối với sự thành bại của toàn bộ giải pháp. Nhiệm vụ tiếp theo là thiết kế khâu điều khiển dòng (ĐCD). Phần đã được giới thiệu rất tường tận trong tài liệu [6].

Kho năng lượng một chiều ắc quy [2-4]

Một ắc quy lý tưởng nghĩa là điện áp luôn không đổi cho dù công suất phát ra bất kể là bao nhiêu. Như vậy, đặc tính V-I là một đường thẳng đứng qua trục điện áp V tại giá trị danh định và song song với trục dòng điện I, hình 12.

$$V = V_B + R, I \quad (6)$$

Trên mô hình nghiên cứu gồm những phần tử chính sau:

- Máy phát điện sức gió kiểu DFIG.
- Hai bộ biến đổi Converter 1 và Converter 2 nối kiểu Back to Back (AC/DC-DC/AC).
- Khối một chiều trung gian bus có kết nối với pin nguồn pin mặt trời và battery.
- Khối tạo tín hiệu gió thay đổi, các khối đo lường.
- Tải của máy phát được thể hiện bằng phụ tải tập trung và có kết nối lưới.

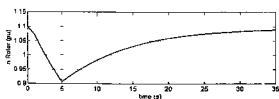
Mô phỏng hoạt động hệ nguồn lai

Mục tiêu mô phỏng nhằm làm rõ nguyên lý hoạt động của hệ nguồn lai, tương tác giữa các nguồn và các quá trình trao đổi năng lượng trong hệ, tính năng và điều khiển của hai bộ biến đổi Converter 1, Converter 2, vv.

Mô phỏng tốc độ turbine thay đổi theo tốc độ gió thay đổi: Giả thiết tốc độ gió thay đổi theo kịch bản sau:

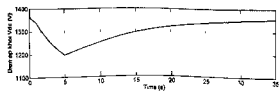
Thời gian (s)	0	1	3	5	35
Tốc độ gió (m/s)	8	4	4	10	10

dẫn đến tốc độ turbine thay đổi và các thông số vận hành thay đổi theo. Kết quả mô phỏng thu được trên hình 15.

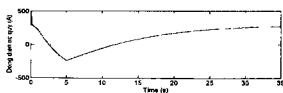


Hình 15. Mô phỏng tốc độ turbine thay đổi

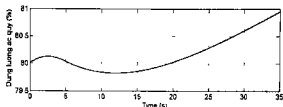
Mô phỏng hoạt động khối một chiều, các quá trình trao đổi năng lượng giữa nguồn pin mặt trời và DFIG với ắc quy. Khi BXMT tăng cao cũng như khi tốc độ máy phát lớn trên đồng bộ, điện áp trên ắc quy tăng, đặc tính nạp ắc quy nghiêng về bên phải (hình 13a), đồng thời dung lượng tăng, và ngược lại. Kết quả mô phỏng như trên hình 16a,b,c



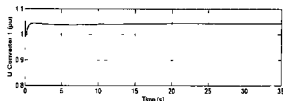
Hình 16a. Điện áp một chiều trên ắc quy



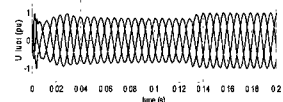
Hình 16b. Dòng điện phóng nạp của ắc quy



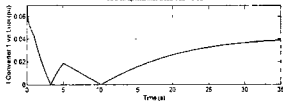
Hình 16c. Dung lượng ắc quy thay đổi theo chế độ tích phóng năng lượng trao đổi tại khối một chiều
Mô phỏng hoạt động của Converter 1 cho thấy sự trao đổi năng lượng với lưới như trên các hình 17a,b,c,d



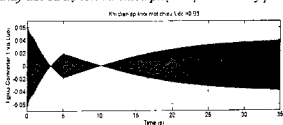
Hình 17a. Điện áp trên đầu ra Converter 1 nối với lưới



Hình 17b. Điện áp Converter 1 phát luôn có biên dạng sin và ổn định ngay sau 0,14s kể từ khi khởi động

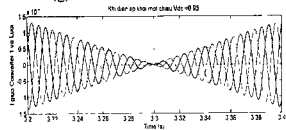


Hình 17c. Dòng điện Converter 1 trao đổi với lưới thay đổi cả độ lớn và chiều phụ thuộc tốc độ máy phát

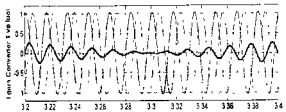


Hình 17d. Dòng điện (trị tức thời) trao đổi giữa Converter 1 và lưới

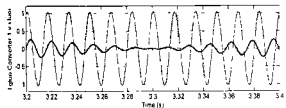
Tại các thời điểm (3,3s và 10,2s) tốc độ máy phát trôi qua điểm đồng bộ, dùng qua Converter 1 đổi chiều như mô phỏng trên các hình 17e,g,h:



Hình 17e. Mô phỏng dòng 3 pha đổi chiều tại 3,3s

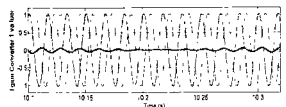


Hình 17g. Mô phỏng dòng và áp 3 pha giữa Converter 1 với lưới để thấy rõ sự đổi chiều dòng điện tại 3,3s



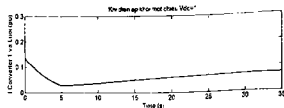
Hình 17h. Mô phỏng dòng và aptách riêng pha a giữa Converter 1 với lưới để thấy rõ sự đổi chiều dòng điện

Tương tự cho thấy sự đổi chiều của dòng điện qua converter 1, khi tốc độ máy phát từ dưới đồng bộ lên trên đồng bộ tại thời điểm 10,2s như trên hình 17k.

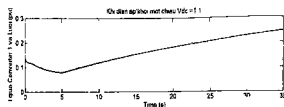


Hình 17k. Dòng điện giữa Converter 1 và lưới đổi chiều tại thời điểm 10,2s

Mô phỏng ảnh hưởng của điện áp khối một chiều: Để Converter 1 luôn phát công suất vào lưới có thể được thực hiện bằng cách tăng điện áp khối một chiều. Giả thiết tăng điện áp một chiều 10%, kết quả thu được như mô phỏng trên hình 18a,b:



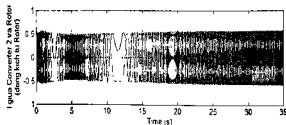
Hình 18a. Khi $V_{dc}=1$ (pu), dòng điện qua Converter 1 phát vào lưới không có đổi chiều



Hình 18b. Khi tăng $V_{dc}=1,1$ (pu), dòng điện qua Converter 1 phát vào lưới tăng lên

Mô phỏng hoạt động của Converter2, tính năng tạo dòng kích từ luôn đảm bảo cho DFIG phát ổn định tần số trên mạch Stator. Kết quả mô phỏng thu được như trên các hình 19a,b,c.

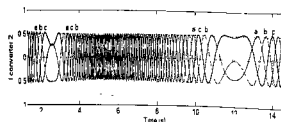
- Tại các thời điểm tốc độ máy phát đi qua điểm đồng bộ, dòng kích từ giảm tần số và suy biến thành một chiều, như hình 19a,b:



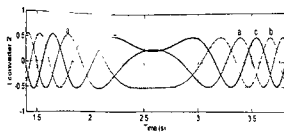
Hình 19a. Dòng Converter 2 (dòng kích từ) thay đổi tần số khi tốc độ máy phát thay đổi

Dòng kích từ thay đổi thứ tự pha khi tốc độ máy phát thay đổi. Trên hình 19b,c chỉ rõ:

- Khi trên đồng bộ thứ tự pha dòng điện là: abc
- Khi trên đồng bộ thứ tự pha dòng điện là: acb



Hình 19b. Dòng Converter 2 (dòng kích từ) thay đổi thứ tự pha khi tốc độ máy phát thay đổi



Hình 19c. Dòng Converter 2 thay đổi thứ tự pha abc-acb

KẾT LUẬN

Đồng góp của bài báo thể hiện qua một số vấn đề chính sau:

Mô hình hệ nguồn lai được kết hợp từ hai dạng nguồn điện sử dụng NLTT phổ biến nên có thể áp dụng được tại nhiều nơi trong mạng mạng điện phân tán.

Các quá trình trao đổi năng lượng giữa các khối trong hệ được phân tích kỹ lưỡng giúp cho người quan tâm hiểu rõ cấu trúc và nguyên lý làm việc của hệ nói chung và từng khối thành phần nói riêng, đặc biệt là của DFIG.

Kết quả mô phỏng cho thấy rõ DFIG được Converter 2 điều khiển thay đổi thứ tự pha dòng kích từ (abc - acb) khi tốc độ máy trôi qua điểm đồng bộ. Trong khi đó, Converter 1 lai thực hiện đổi chiều dòng điện để đổi chiều công suất giữa DFIG và lưới, vì điện áp được giữ nguyên.

Khi tăng điện áp khối một chiều ($V_{dc}=1,1pu$), đồng nghĩa với chế độ dư thừa gió làm gia tăng tốc độ DFIG hay dư thừa BXMT cho nguồn PV. Lúc này, công suất phát vào lưới qua Converter 1 tăng lên (hình 18b). Chế độ này có ý nghĩa làm tăng hiệu suất cũng như hiệu quả khai thác hệ nguồn lai vì mạch biến đổi năng lượng được rút ngắn, đặc biệt khi có sự tham gia của kho dự trữ năng lượng ắc quy (battery).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. http://pohnovel.en.alibaba.com/productgroup/220589212/Solar_Wind_Systems.html
2. Gilbert M. Masters. *Renewable and Efficient Electric Power Systems*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, ISBN 0-471-28060-7. 2004.
3. Leon Freris, David Infield, *Renewable Energy in Power Systems* John Wiley & Sons, Ltd, ISBN 978-0-470-01749-4. 2008
4. Mukund R. Patel, Ph.D. *Wind and Solar Power Systems* P.E. U.S. Merchant Marine Academy Kings Point, New York.
5. BYS. MÜLLER, M. DEICKE, & RIKW. DE DONCKER. *Doubly Fed Induction Generator Systems for Wind Turbines*. IEEE Industry applications Magazine May-June 2002. WWW. IEEE.ORG/IAS
6. Nguyễn Phùng Quang, *Máy điện dị bộ nguồn kép dùng làm máy phát trong hệ thống phát điện chạy sức gió Các thuật toán điều chỉnh bảo đảm phân ly giữa mômen và hệ số công suất*. VICA3-1998.
- 7 Matlab-Simulink, DRdemo.

SUMMARY

DESIGN THE STRUCTURE AND SIMULATE THE OPERATION OF A HYBRID PHOTOVOLTAIC-WIND GENERATION SYSTEM APPLIED IN DISTRIBUTION GRID

Ngô Minh Đức, Ngô Đức Minh*, Đặng Danh Hoàng
College of Technology - TNU

Electrical sources used renewable energy are developing strongly at the present in the world and in Viet Nam. There are many types of model to exploit them, this paper uses a hybrid model including: photovoltaic and wind generations, battery storage connected at the DC bus. Design the structure for this hybrid system, conform it to the characteristic of distribution grid and have the ability to take maximum available resources in site. Simulate the operation of this hybrid system, analyze clearly the process of energy exchange between blocks, affect of source blocks to the efficiency of devices and operating system.

Keyword: *hybrid generation, Hệ nguồn lai, DFIG, Converter 1, Converter 2, BXMT, PVg-Wg-BESS, PV-DFIG-B.*

Ngày nhận bài 28/12/2015; Ngày phản biện 25/2/2016; Ngày duyệt đăng. 15/3/2016

Phân biên khoa học: TS. Vũ Văn Thắng – Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐHTN

* Email. ngoducminh@tnu.edu.vn