

GIẢI PHÁP HOẠT ĐỘNG HỖN HỢP GIÓ - DIESEL ĐẢO PHÚ QUÝ

ThS. Võ Hồng Thái¹, TS. Nguyễn Đức Huy², TS. Trần Nam Trung³

¹Viện Dầu khí Việt Nam

²Đại học Bách khoa Hà Nội

³Tập đoàn Điện lực Việt Nam

Tóm tắt

Hệ thống cung cấp điện độc lập từ các nguồn phân tán cho các vùng không có lưới điện Quốc gia đang được quan tâm. Trong bài báo này, nhóm tác giả giới thiệu một số vấn đề cần giải quyết trong quá trình vận hành hệ thống lai ghép 3 turbine gió và 6 tổ máy phát diesel trên đảo Phú Quý. Từ đó, nhóm tác giả đề xuất giải pháp nhằm nâng cao khả năng huy động công suất của các turbine gió, đảm bảo sự ổn định của hệ thống điện trên đảo và giảm giá thành sản xuất điện.

Từ khóa: Nguồn phân tán, turbine gió, hệ thống lai ghép, lưới cô lập, mức độ thâm nhập, chất lượng điện năng.

1. Giới thiệu

1.1. Thực trạng hệ thống điện gió - diesel trên đảo Phú Quý

Dự án Phong điện Phú Quý được Tổng công ty Điện lực Dầu khí Việt Nam/Tập đoàn Dầu khí Việt Nam đầu tư xây dựng tại đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận, với tổng công suất 6MW, cao hơn tổng công suất nhà máy điện diesel (3MW). Công suất của mỗi turbine gió lớn (2MW/turbine). Máy phát điện gió là loại DFIG do đó phải có máy phát diesel phát cùng. Nếu máy phát điện gió là loại đồng bộ kích thích vĩnh cửu thì có thể phát độc lập, không phụ thuộc nhiều vào diesel.

Trong khi đó, máy phát diesel trên đảo Phú Quý đã vận hành hơn 10 năm, thời gian đáp ứng yêu cầu của hệ thống chậm. Công suất phát bị hạn chế, mỗi máy phát diesel chỉ phát điện trong khoảng 165 - 420kW.

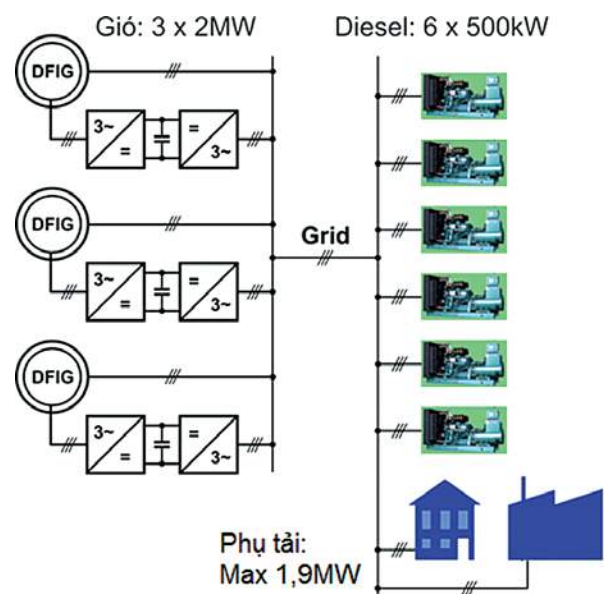
Phụ tải trên đảo lớn nhất khoảng 1,9MW, thấp hơn nhiều so với nguồn phát (9MW) [1]. Thừa công suất tác dụng (P) và thiếu công suất phản kháng (Q). Đặc biệt, khi tỷ lệ thâm nhập P của turbine gió tăng cao thì thiếu Q trầm trọng, hệ số cosφ của trạm diesel có khi xuống đến 0,6.

Tỷ lệ phát điện gió - diesel thường là 50/50. Trong trường hợp phụ tải nhỏ hơn 1.100kW và tốc độ gió lớn hơn 7,2m/s thì tỷ lệ gió - diesel cho phép đạt đến tỷ lệ 70/30. Trong trường hợp gió mạnh và phụ tải thấp, 7,2 m/s < vận tốc gió < 17,8 m/s và phụ tải < 665kW hoặc 17,8 m/s < vận tốc gió < 25 m/s và phụ tải < 965kW thì không thể vận hành được turbine gió [2].

Thời gian phát điện trên đảo Phú Quý hiện nay không liên tục, chỉ 16 giờ mỗi ngày (từ 7 giờ 30 phút đến 23 giờ 30 phút). Hiện tại chỉ có một cột turbine gió phát điện kết hợp với các máy phát diesel. Trong trường hợp gió thấp và phụ tải cao thì có thể phát được 2 cột turbine gió. Rất khó

để phát được đồng thời 3 cột turbine gió do phụ tải thấp (mặc dù có thể cho 3 turbine gió cùng phát điện khi vận tốc gió thấp từ 4 - 6m/s).

Thực tế qua 10 tháng vận hành thương mại tốc độ gió khác rất nhiều các thông số đo được trước khi lập dự án. Sự khác biệt trên có thể do chưa khảo sát triệt để về gió, hoặc thời gian khảo sát đã quá lâu (sau gần 10 năm khảo sát), sự thay đổi về khí hậu dẫn đến thay đổi về tốc độ, hướng gió trong ngày (có những ngày vào mùa gió Bắc, gió giật rất mạnh, dao động lớn). Điều này ảnh hưởng đến việc nâng cao tỷ lệ phát của turbine gió. Trong trường hợp này, vận hành viên phải đặt công suất dự phòng nóng diesel rất cao, các diesel vận hành non tải. Bên cạnh đó dự đoán sự tăng trưởng phụ tải trong thuyết minh dự án đầu tư Nhà máy Phong điện Phú Quý chưa chính xác (thực tế phụ tải hiện tại thấp hơn). Thiết



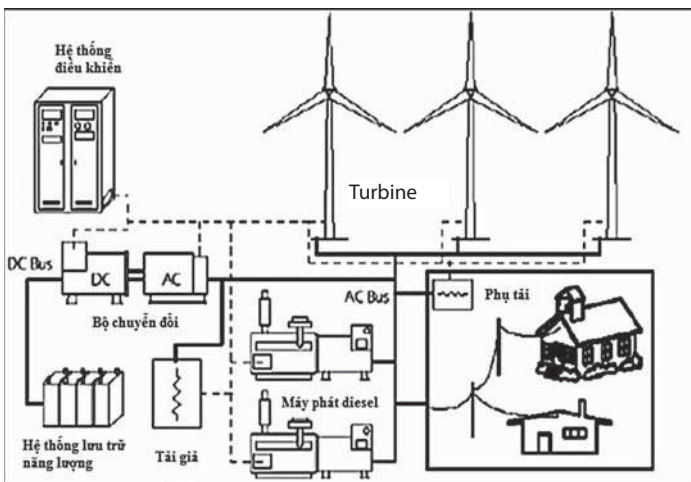
Hình 1. Hệ thống hỗn hợp gió - diesel đảo Phú Quý

bị turbine chưa được thực hiện phát công suất phản kháng Q, chưa có giải pháp lắp đặt tụ bù hợp lý, cosφ diesel thấp. Giá điện trên đảo cao.

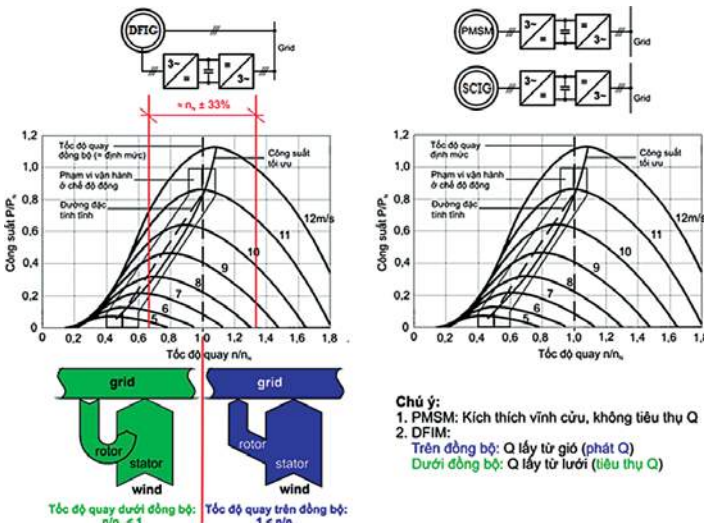
Đối với điều kiện thời tiết khắc nghiệt trên đảo, nhất là vào mùa gió Bắc, Công ty Điện lực Phú Quý thường xuyên cắt điện để rửa sứ, FCO để chống muối bám, chống phóng điện. Do đó, công tác vận hành hệ thống hỗn hợp gió - diesel gặp nhiều khó khăn, do turbine cần được đảm bảo vận hành ổn định. Trên thực chính nổi, Phong điện Phú Quý đang sử dụng các bộ FCO để đóng cắt phân đoạn đường dây 22kV, do vậy chỉ cần sự cố nhỏ sẽ dẫn đến đứt chì FCO và gây rã lưới...

1.2. Hệ thống điện gió - diesel lớn điển hình

Mức độ thâm nhập tức thời = $\frac{\text{Công suất phát của điện gió}}{\text{Công suất yêu cầu phụ tải}}$
 Mức độ thâm nhập trung bình = $\frac{\text{Sản lượng phát của điện gió (kWh)}}{\text{Sản lượng tiêu thụ của phụ tải}}$



Hình 2. Sơ đồ hệ thống điện gió - diesel lớn điển hình



Hình 3. So sánh giữa DFIG và PMSG/SCIG

Các hệ thống điện có sử dụng năng lượng gió có thể được phân loại theo mức độ thâm nhập của điện gió, được định nghĩa như sau [5]:

Theo cách phân loại nói trên, National Renewable Energy Laboratory (NREL) định nghĩa về các hệ thống hỗn hợp diesel gió [5]:

- Hệ thống thâm nhập thấp (mức độ thâm nhập tức thời < 50%, mức độ thâm nhập trung bình < 20%): Với hệ thống này, các máy phát diesel phải vận hành liên tục (8.760 giờ), năng lượng sinh ra từ các turbine gió được cấp trực tiếp cho phụ tải. Với mức độ thâm nhập thấp, không cần thiết phải có một hệ thống điều khiển hỗn hợp.

- Hệ thống thâm nhập vừa (mức độ thâm nhập tức thời từ 50 - 100%, mức độ thâm nhập trung bình từ 20 - 50%): Với hệ thống này, các máy phát diesel cũng phải vận hành liên tục. Khi tốc độ gió cao, công suất phát của diesel giảm, cần có thiết bị phụ trợ để đảm bảo mức tải tối thiểu cho diesel, hoặc các turbine gió phải giảm công suất. Với mức độ thâm nhập trung bình, cần có hệ thống điều khiển hỗn hợp với mức độ phức tạp vừa phải.

- Hệ thống thâm nhập cao (mức độ thâm nhập tức thời từ 100 - 400%, mức độ thâm nhập trung bình 50 - 150%): Với mức độ thâm nhập này, các tổ máy diesel có thể dừng khi tốc độ gió đủ lớn nên cần có các thiết bị phụ trợ để điều khiển điện áp và tần số, đồng thời cần một hệ thống điều khiển hỗn hợp phức tạp.

1.3. Các loại máy phát điện sử dụng trong các turbine gió hiện nay

Hiện có 3 nguyên lý sử dụng máy phát điện trong các turbine gió nổi lưới chủ yếu (Hình 3) [2]:

- Máy phát đồng bộ kích thích vĩnh cửu (Permanent magnet excited synchronous generator - PMSG): Loại máy phát này được điều khiển hòa với lưới nhờ thiết bị biến đổi điện tử công suất nằm xen giữa stator và lưới. Thiết bị gồm 2 phần chính: nghịch lưu phía lưới (frontend converter) và nghịch lưu phía máy phát (generator-side converter). Dòng năng lượng khai thác từ gió sẽ được lấy qua turbine tới stator, sau đó chảy qua thiết bị biến đổi lên lưới.

- Máy phát không đồng bộ rotor lồng sóc (Squirrel-cage induction generator - SCIG): Tương tự máy phát đồng bộ kích thích vĩnh cửu, loại máy phát

Bảng 1. So sánh giữa các loại máy phát điện gió [2]

TT		Máy phát điện gió loại SCIG, PMSG (nối lưới gián tiếp)	Máy phát điện gió loại DFIG (nối lưới trực tiếp)	Đánh giá
1	Giá thành toàn hệ thống	Khá đắt Thiết bị điện tử công suất nằm xen giữa stator và lưới nên có công suất đúng bằng công suất máy phát	Tương đối thấp Thiết bị điện tử công suất nằm ở phía rotor (xen giữa rotor và lưới) nên có công suất cỡ bằng 1/3 công suất máy phát.	Giá thành toàn hệ thống của máy phát điện gió loại DFIG rẻ hơn so với loại SCIG & PMSG
2	Khả năng tận dụng năng lượng gió	Toàn dải tốc độ gió Thiết bị điện tử công suất nằm xen giữa stator và lưới nên tốc độ đồng bộ không do lưới quyết định	Dải tốc độ gió bị giới hạn Stator nối trực tiếp với lưới nên tốc độ đồng bộ là do tần số lưới quyết định và DFIG chỉ có thể hoạt động trong phạm vi $\pm 33\%$ xung quanh tốc độ đồng bộ	Khả năng tận dụng năng lượng gió của máy phát điện gió loại DFIG kém hơn so với loại SCIG & PMSG
3	Điều khiển máy phát	Khá đơn giản Thiết bị điện tử công suất nằm xen giữa stator và lưới nên việc điều khiển máy phát ít phụ thuộc lưới. Dễ đáp ứng yêu cầu ride-through	Khá phức tạp Stator nối trực tiếp với lưới nên việc điều khiển máy phát rất phụ thuộc lưới, đặc biệt khi phía lưới có sự cố. Khó đáp ứng yêu cầu ride-through	Khả năng điều khiển máy phát của loại DFIG phức tạp hơn loại SCIG & PMSG và khó đáp ứng yêu cầu ride-through hơn
4	Sử dụng hòa lưới quốc gia	Cần cân nhắc Điều khiển đơn giản, có thể khai thác gió tối đa nhưng giá thành cao	Rất nên Điều khiển không quá khó (do được bám lưới cứng) mà giá thành rất thấp	Nên sử dụng loại DFIG để hòa lưới quốc gia
5	Sử dụng ngoài đảo	Rất nên Điều khiển đơn giản nên dễ bảo đảm ổn định ngắn hạn và dài hạn. Đây là ưu điểm mang tính quyết định khi vận hành với lưới công suất nhỏ	Không nên Điều khiển rất khó (vì không có lưới cứng để bám) nên khó bảo đảm ổn định ngắn hạn và dài hạn. Đặc biệt khó khăn khi phải vận hành với lưới công suất nhỏ	Nên sử dụng loại SCIG hoặc PMSG để sử dụng hòa lưới độc lập (ngoài đảo)

Bảng 2. Sự khác biệt giữa có và không nối lưới quốc gia

TT	Hòa lưới quốc gia	Không hòa lưới quốc gia
1	Lưới quốc gia là lưới cứng (công suất vô cùng lớn, điện áp và tần số ổn định)	Lưới ốc đảo là lưới mềm (công suất nhỏ - rất nhỏ, điện áp và tần số kém ổn định)
2	Công suất phát P không phụ thuộc mức tiêu thụ	Công suất phát P phụ thuộc mức tiêu thụ (phát nhiều có nguy cơ phải đốt bỏ trên dumpload)
3	Không cần phát Q	Bắt buộc phải phát Q
4	Cần khả năng ride-through	Bắt buộc phải có khả năng ride-through
5	Không cần hệ thống phụ trợ	Cần phải có hệ thống phụ trợ (diesel tải thấp, tải giả, kho điện...)
6	Cần SCADA (điều khiển giám sát) để điều độ lưới	Bắt buộc phải có SCADA để điều độ lưới

không đồng bộ rotor lồng sóc được điều khiển hòa với lưới nhờ thiết bị biến đổi điện tử công suất nằm xen giữa stator và lưới.

- Máy phát không đồng bộ nguồn kép (Doubly-fed induction generator - DFIG): Dòng năng lượng khai thác từ gió được lấy qua turbine tới stator, sau đó chảy trực tiếp lên lưới. Việc điều khiển dòng năng lượng đó được thực hiện gián tiếp nhờ thiết bị biến đổi nằm ở phía mạch điện rotor.

2. So sánh và đánh giá giữa lý thuyết với thực tế

Nhóm tác giả so sánh và đánh giá các loại máy phát điện gió giữa lý thuyết với thực tế trong Bảng 1, 2, 3.

3. Hệ thống hỗn hợp gió - diesel và các giải pháp kỹ thuật

3.1. Các yêu cầu kỹ thuật đối với hệ thống hỗn hợp gió - diesel

3.1.1. Điều khiển tần số

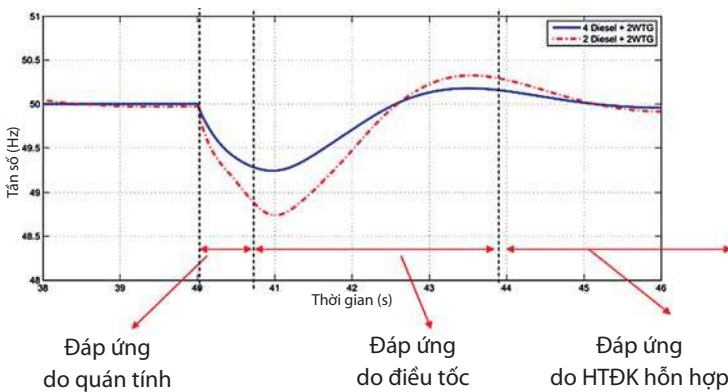
Khi hệ thống chịu một tác động nào đó, việc duy trì ổn định tần số sẽ được thực hiện qua các bước sau:

- Tại thời điểm đầu tiên khi bộ điều tốc chưa tác động, các biến động trên lưới được phản ánh bằng sự thay đổi đột ngột moment điện tác động lên trục máy phát và sự thay đổi tốc độ quay rotor phụ thuộc vào quán tính của rotor và hệ thống động cơ [3].

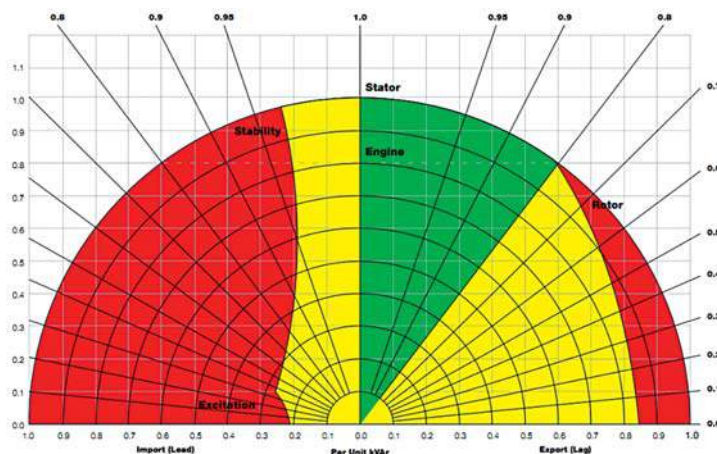
- Sau một thời gian nhất định (0,5 - 2 giây), bộ điều

Bảng 3. So sánh, đánh giá giữa các dự án phát điện độc lập

TT		Cấu hình	Nguyên lý nối lưới	Hệ thống phụ trợ sử dụng	Đánh giá
I	Lý thuyết	Turbine gió + diesel + hệ thống lưu trữ năng lượng + tải giả	Nền sử dụng máy phát điện loại SCIG hoặc PMSG nối lưới gián tiếp	Hệ thống lưu trữ năng lượng và tải giả	Hệ thống ổn định và có thể đạt mức thâm nhập cao (mức độ thâm nhập tức thời từ 100 - 400%, mức độ thâm nhập trung bình 50 - 150%)
II	Thực tế				
1	Phú Quý	Turbine gió (3 x 2MW) + diesel (6 x 0,5MW)	DFIG, nối lưới trực tiếp	Không có	Hoạt động chưa thực sự ổn định, tỷ lệ thâm nhập điện gió chưa cao, chưa khai thác được hết 3 turbine gió
2	Bạch Long Vĩ	Turbine gió (800kW) + máy phát diesel (2 x 414kVA)	SCIG nối lưới gián tiếp	Không có	Vận hành hệ thống hỗn hợp gió - diesel rất phức tạp. Không đảm bảo được công tác vận hành, bảo dưỡng, sửa chữa dẫn đến ngừng hoạt động
3	Đắc Hà	Turbine gió (1,8kW) + pin mặt trời (6,72kW) + ắc quy (1200Ah) + tải giả	SCIG nối lưới gián tiếp	Ắc quy và tải giả	Hệ thống hỗn hợp pin mặt trời, turbine gió kết hợp với tải giả, ắc quy cùng với bộ chuyển đổi và hệ thống điều khiển ở quy mô công suất nhỏ đảm bảo cung cấp điện ổn định, hiệu quả
4	Ross Island	Turbine gió (3 x 330kW) + diesel (6 x 500kW) + Bánh đà (500kW)	PMSG nối lưới gián tiếp	Bánh đà	Tỷ lệ thâm nhập điện gió đỉnh đạt tới 65%. Bánh đà có thể lưu trữ hoặc cung cấp công suất 500kW trong vòng 30 giây để duy trì tần số hệ thống khi gió thay đổi đột ngột
5	Coral Bay	Turbine gió (3 x 275kW) + diesel tải thấp (7 x 320kW) + Bánh đà (500kW)	SCIG nối lưới gián tiếp	Diesel tải thấp và bánh đà	Tỷ lệ thâm nhập điện gió cao, tới 93%. Việc kết hợp sử dụng bánh đà và các máy phát diesel tải thấp cùng với các turbine gió làm cho hệ thống phát điện ổn định và tin cậy



Hình 4. Đáp ứng tần số của hệ thống gió - diesel



Hình 5. Đặc tính công suất phát của máy phát diesel Cummin

tốc cảm nhận được sự thay đổi tốc độ và sẽ điều chỉnh đầu ra của nó nhằm đưa tốc độ về giá trị định mức. Trong lĩnh vực vận hành hệ thống điện, đây được gọi là hệ thống điều tần cấp I. Vì bộ điều tốc của máy diesel được thiết kế để vận hành độc lập, nó sẽ tác động để đưa tần số về giá trị định mức (điều tần cấp II).

- Sau thời gian 10 - 15 giây tiếp theo, hệ thống điều khiển hỗn hợp sẽ tác động và phân chia lại công suất của gió - diesel theo phương thức định trước. Đây được gọi là mức điều tần cấp III.

3.1.2. Điều khiển điện áp và công suất phản kháng

Các máy phát diesel nhìn chung có khả năng phát công suất phản kháng tương đối tốt, với hệ số công suất định mức ở mức 0,8 - 0,85. Khi hệ số cosφ thấp hơn 0,8 (chế độ phát Q), công suất của máy diesel bị hạn chế thêm bởi phát nóng của rotor.

Qua các báo cáo chạy tin cậy, hệ số công suất của máy phát điện gió trên đảo Phú Quý luôn được đặt bằng 0,98 - 1. Điều này có nghĩa, trong chế độ vận hành bình thường, tổ máy điện gió không tham gia vào cung cấp công suất phản

kháng cho lưới điện. Mặc dù theo đặc tính công suất phát của máy phát V80 (Hình 6) thì V80 có thể phát được công suất phản kháng.

3.1.3. Khả năng trụ lưới khi có sụt điện áp

Khả năng trụ lưới khi có sụt điện áp là cho phép máy phát điện giữ duy trì tình trạng nối lưới, đồng thời cung cấp công suất phản kháng cho lưới nhằm góp phần khôi phục điện áp. Trong tổ máy phát Vestas V80, chức năng trụ lưới khi có sụt điện áp và bảo vệ chống quá áp mạch DC được thực hiện bởi khối AGO2 [4].

3.1.4. Dự phòng nóng

Dự phòng nóng (hay dự trữ quay - spinning reserve) là sự thay đổi công suất mà các máy phát điện đang vận hành có thể đáp ứng được khi có các thay đổi của tải. Để đảm bảo dự phòng nóng, một số máy phát trong hệ thống sẽ không được phép vận hành ở mức đầy tải [9].

3.2. Kết quả tính toán chế độ xác lập lưới điện trên đảo Phú Quý

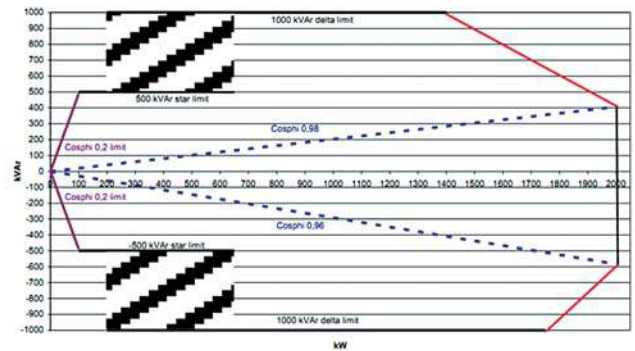
Các tính toán trào lưu công suất được thực hiện bằng phần mềm PSS/ADEPT. Đây là phần mềm được sử dụng rộng rãi để mô phỏng lưới điện phân phối với 3 pha không cân bằng. Kết quả mô phỏng trào lưu công suất tháng 1/2012 là không có quá tải đường dây, máy biến áp mang tải cao nhất là máy biến áp Tam Thanh 2 (78%), tổn thất trên lưới là 1,2%. Kết quả mô phỏng khớp với kết quả đo của Điện lực Phú Quý.

Kết quả mô phỏng sự cố phía đầu xuất tuyến 471 và tuyến 472 tháng 1/2012 là tổn thất của lưới tăng lên 2,58%, điện áp cuối đường dây giảm xuống còn 21,5kV, giá trị cosφ của máy phát diesel không đổi (0,92).

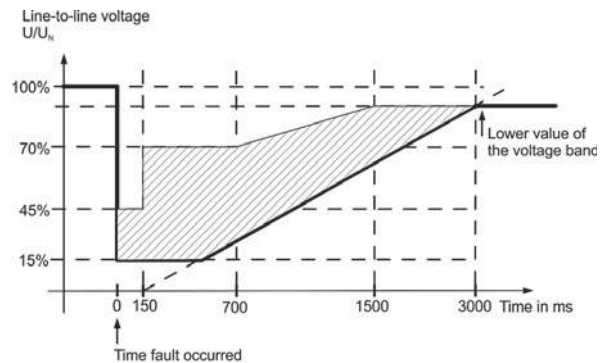
Kết quả mô phỏng đóng thử nghiệm turbine gió T3 (tháng 12/2011) (mức độ thâm nhập điện gió 40%) tổn thất giảm còn 1,11%, cosφ của nhà máy diesel giảm xuống còn 0,82, trục 471 không có sự thay đổi nào so với khi vận hành không có điện gió.

Kết quả mô phỏng thử nghiệm turbine gió T3 (tháng 12/2011) (mức độ thâm nhập điện gió 80%) là chênh lệch điện áp giữa đầu cực điện gió và điểm cuối xuất tuyến 471 (Ngũ Phụng) là 0,3kV. Tổn thất tăng lên 1,5%. Cosφ của nhà máy diesel giảm xuống còn 0,46.

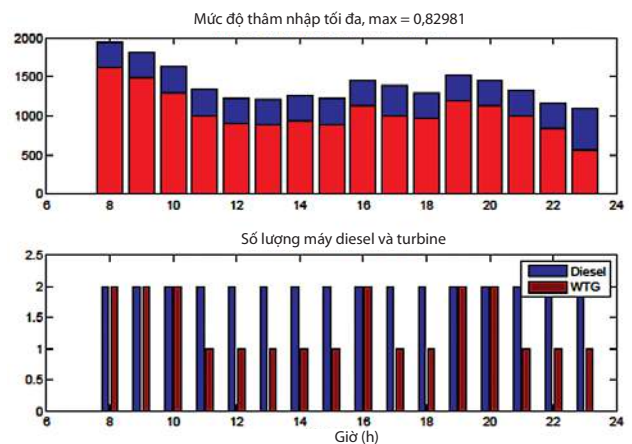
Kết quả mô phỏng năm 2013, mạch hở và mạch kín, mức độ thâm nhập điện gió 80% là không có đường dây hay máy biến áp nào ở mức quá tải.



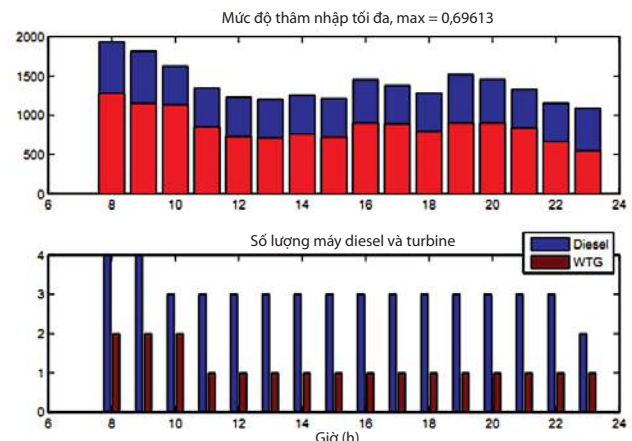
Hình 6. Đặc tính công suất phát của máy phát V80 [4]



Hình 7. Quy định về khả năng trụ lưới khi có sụt điện áp của Đức



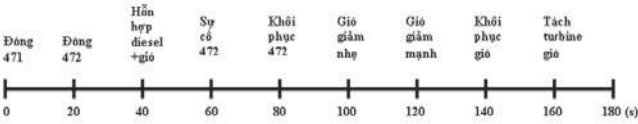
Hình 8. Chế độ vận hành hiện tại khi không khống chế mức độ thâm nhập



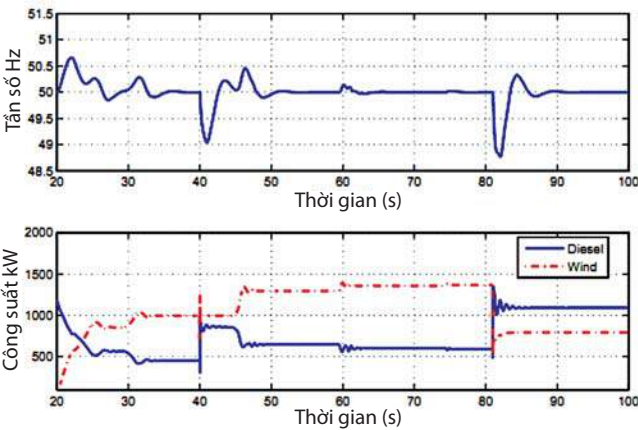
Hình 9. Chế độ vận hành đề xuất

3.3. Xác định mức thâm nhập tối đa dựa trên quy trình vận hành hiện tại

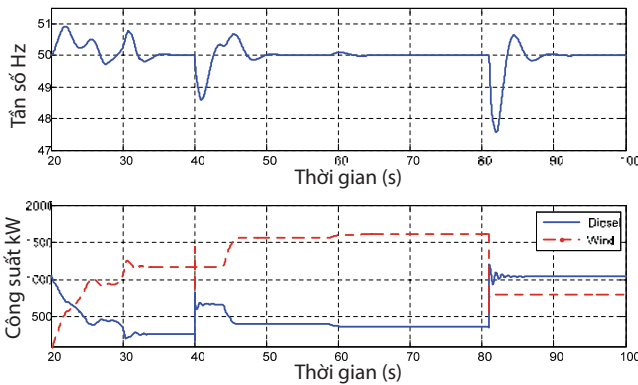
Các ràng buộc kỹ thuật:



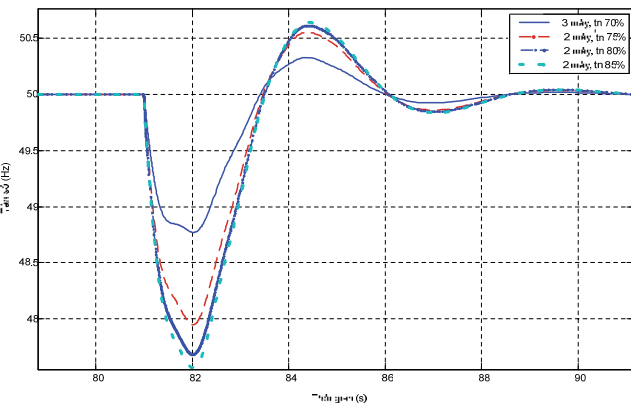
Hình 10. Kịch bản mô phỏng để xem xét tính ổn định lưới điện Phú Quý



Hình 11. Kết quả mô phỏng ngắn mạch khi phát 2 turbine gió, 3 diesel, mức độ thâm nhập 70%



Hình 12. Kết quả mô phỏng với 2 máy diesel, thâm nhập 85%



Hình 13. So sánh ổn định tần số của các kịch bản thâm nhập trên 70%

Cân bằng công suất tác dụng: Tổng công suất phát ra của diesel và gió bằng công suất tải tiêu thụ.

Cân bằng công suất phản kháng. Khi không có thiết bị phụ trợ, các máy phát diesel sẽ phát công suất phản kháng lên lưới. Khi phụ tải trên 1.100kW, tỷ lệ phát điện được giữ cố định 50/50. Khi phụ tải dưới 1.100kW, điện gió phát cố định 550kW. Cho phép mức độ thâm nhập tăng đến tối đa 70%.

Công suất tác dụng diesel $P_{diesel} \geq 165$ kW. Công suất biểu kiến của tổ máy không quá 600kVA.

Dự phòng của hệ thống diesel, nếu vận tốc gió > 7,2m/s được tính như sau:

Số máy diesel vận hành x $P_{maxdiesel}$ - tổng công suất phát diesel ≥ 150 kW.

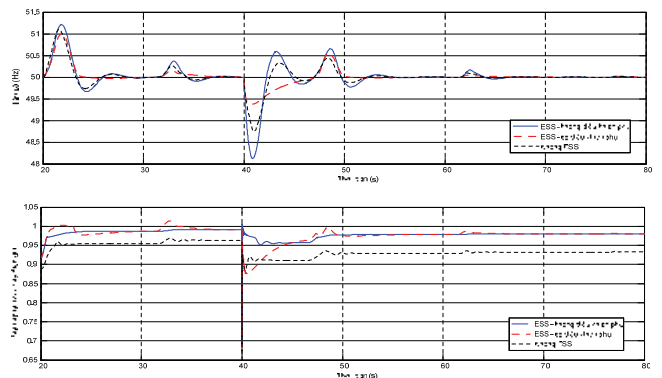
Ở chế độ vận hành hiện tại khi không khống chế mức độ thâm nhập thì không đảm bảo độ tin cậy do hiện tượng sụt giảm quán tính và thiếu hụt dự phòng nóng.

3.4. Chế độ vận hành đề xuất

Mức độ thâm nhập tối đa đạt được dao động từ 0,5 - 0,69 trong ngày. Mức độ thâm nhập có thể đạt được trên 60% trong hầu hết các giờ. Trên nguyên tắc diesel đảm nhiệm toàn bộ dự phòng nóng, mức độ thâm nhập tối đa đạt được sẽ là 70%. Tuy nhiên, trên thực tế ở nhiều mức phụ tải, sẽ không đạt được mức thâm nhập tối đa do các máy diesel tham gia vận hành không thể phát thấp hơn công suất tối thiểu (165kW). Để tăng mức độ thâm nhập, có thể đặt mức dự phòng nóng âm, bằng cách cho phép sa thải một số phụ tải khi điện gió bị cắt ra.

3.5. Kịch bản và kết quả mô phỏng

Qua các kết quả mô phỏng ở trên có thể thấy hệ thống đảm bảo được ổn định với các kịch bản đã nghiên cứu. Hệ thống có thể vận hành ổn định ở mức thâm



Hình 14. Kết quả mô phỏng ổn định khi có và không có hệ thống lưu trữ năng lượng (ESS)

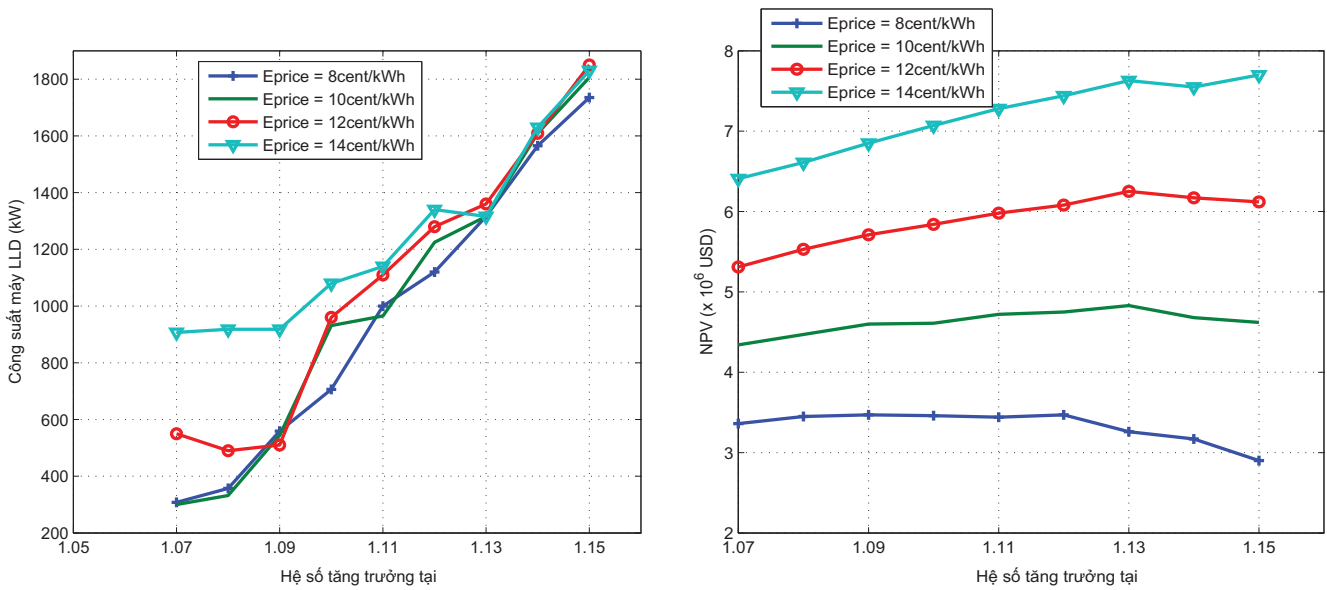
nhập 70%. Tuy nhiên, để đảm bảo hệ thống vận hành thực sự ổn định ở mức độ thâm nhập này cần kiểm tra lại cài đặt của các role tần số và đảm bảo quy tắc dự phòng nóng.

So sánh các kết quả ở trên có thể thấy, với 2 máy diesel vận hành, độ sụt tần số khi điện gió bị cắt ra cao hơn hẳn so với khi có 3 máy diesel (hiện tượng sụt giảm quán tính). Nếu giữ nguyên 2 máy diesel và thay đổi

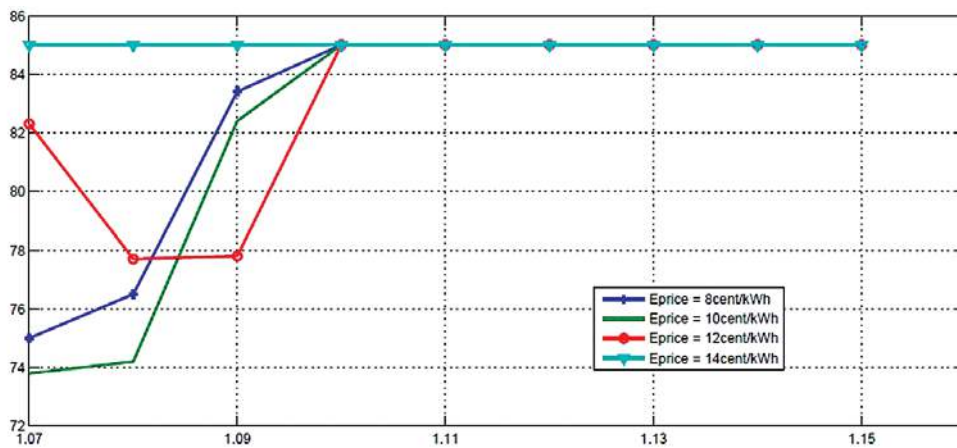
mức thâm nhập, mức sụt tần số khi điện gió bị cắt ra cũng có xu hướng tăng nhẹ theo mức thâm nhập tại thời điểm trước khi turbine gió bị cắt. Do chỉ có 2 máy diesel khi mức thâm nhập trên 70 và tăng mức thâm nhập của điện gió lên khoảng 80% có thể thấy chênh lệch về độ sụt tần số là khá lớn so với trường hợp giữ mức thâm nhập ở 70% và 3 máy diesel vận hành. Độ sụt tần số chênh nhau hơn 1Hz.

Bảng 4. So sánh kinh tế, kỹ thuật các giải pháp phụ trợ [6, 7, 8, 10]

TT	So sánh		Cân bằng P	Phát Q	Ổn định tần số	Ổn định điện áp	Tăng độ thâm nhập	Ứng dụng chính	Dự án áp dụng	Giá tham khảo
	Thiết bị phụ trợ									
1	Diesel tải thấp		Phát P từ 5% Pđịnh mức	Phát Q	Tốt	Tốt	Tăng 20% đến 25% khi thay thế diesel thông thường	Tăng thâm nhập và tăng ổn định	Rottneat Island, Hopetoun, Bremer Bay, Denham	1.200USD/kW
2	Tải giả		Tiêu thụ P	Không	Tương đối tốt	Không	Không	Tăng ổn định		70.000 - 100.000USD/200 - 500kW
3	Bánh đà		Bù đắp P tức thời	Không	Rất tốt	Không	Không	Tăng ổn định	Ross Island	
4	Siêu tụ		Bù động P	Bù động Q	Tốt	Tốt	Không	Tăng ổn định		300.000 Euro/1MW
5	Ắc quy		Cân bằng P	Phát Q	Tốt	Tốt	Tăng thâm nhập khi thời gian lưu trữ dài	Tăng thâm nhập và tăng ổn định	King Island	
6	Pin nhiên liệu		Cân bằng P	Phát Q	Tốt	Tốt	Tăng thâm nhập khi thời gian lưu trữ dài	Tăng thâm nhập và tăng ổn định		
7	Thủy điện tích năng		Cân bằng P	Phát Q	Tốt	Tốt	Tăng thâm nhập khi thời gian lưu trữ dài	Tăng thâm nhập và tăng ổn định		
8	Tụ bù		Không	Phát Q	Không	Tương đối tốt	Không	Bù Q		50.000 USD/600KVA
9	Tải giả + Tụ bù		Tiêu thụ P để cân bằng P	Phát Q	Tốt	Tương đối tốt	Không	Bù Q và tăng ổn định		
10	Tải giả + ắc quy		Cân bằng P	Phát Q	Rất tốt	Tốt	Tăng thâm nhập khi thời gian lưu trữ dài	Tăng thâm nhập và tăng ổn định	Wales Alaska	
11	Tải giả + siêu tụ		Cân bằng P	Bù động Q	Rất tốt	Tốt	Không	Tăng ổn định		
12	Tải giả + diesel tải thấp		Cân bằng P	Phát Q	Rất tốt	Tốt	Tăng 20% đến 25% khi thay thế diesel thông thường	Tăng thâm nhập và tăng ổn định		893.000 Euro/800kW diesel + 1.000kWe tải giả
13	Bánh đà + diesel tải thấp		Cân bằng P	Phát Q	Tốt nhất	Rất tốt	Tăng thâm nhập	Tăng thâm nhập và tăng ổn định	Coral Bay	
14	Siêu tụ + diesel tải thấp		Cân bằng P	Phát Q	Rất tốt	Rất tốt	Tăng thâm nhập	Tăng thâm nhập và tăng ổn định		



Hình 15. Kết quả tính toán với diesel đảm nhiệm 100% dự phòng nóng, thời gian xét 7 năm



Hình 16. Mức độ thâm nhập tối đa của điện gió, với thời gian xét 7 năm, diesel đảm nhận 100% dự phòng nóng

các máy diesel tải thấp và máy diesel hiện hữu (gồm ràng buộc công suất lớn nhất, công suất tối thiểu); mức độ dự phòng nóng; mức độ thâm nhập tối đa cho phép của điện gió (tối đa 85% nếu có máy phát diesel tải thấp vận hành).

Bài toán tối ưu hóa được tính toán với các giá bán điện khác nhau và với các giả thiết về hệ số tăng trưởng tải khác nhau. Hình 15 thể hiện mức công suất

Các mô phỏng trên thực hiện với giả thiết tốc độ gió lớn. Vì vậy, khi mất một turbine gió ở chế độ tải cực đại, turbine còn lại vẫn phát được ~800kW và các máy diesel phát ~1000kW vẫn trong giới hạn làm việc. Nếu tốc độ gió thấp hơn và bị mất một turbine gió thì sẽ dẫn đến hiện tượng rã lưới do máy diesel không thể cung cấp đủ công suất. Như vậy, với hệ thống hiện tại thì mức thâm nhập trên 70% không đảm bảo vận hành ổn định, an toàn và tin cậy.

4. Phân tích kinh tế, kỹ thuật các giải pháp phụ trợ cho dự án Phong điện Phú Quý

4.1. So sánh kinh tế, kỹ thuật các giải pháp phụ trợ

4.2. Phân tích kinh tế giải pháp sử dụng diesel tải thấp

Các ràng buộc kỹ thuật chính bao gồm: cân bằng công suất tác dụng và phản kháng; đặc tính công suất phát của

tối ưu cho máy phát diesel tải thấp, ứng với các giá bán điện khác nhau và mức độ tăng trưởng phụ tải khác nhau, với thời gian xét của dự án là 7 năm. Diesel đảm nhận 100% dự phòng nóng.

Từ dữ liệu trên, kết quả tính toán cho thấy chỉ nên đầu tư thêm diesel tải thấp ở mức độ tối thiểu (300kW) và chỉ khi giá bán điện tăng lên 14UScent/kWh, việc đầu tư diesel tải thấp mới có hiệu quả. Mức độ thâm nhập tối đa của điện gió ứng với các kết quả tính toán trên được trình bày trên Hình 16. Tùy theo kịch bản (mức độ tăng trưởng tải và giá điện, mức độ thâm nhập tối đa có thể đạt được dao động từ 74 - 85%). Kết quả tính toán cho thấy mức thâm nhập tối đa có thể đạt được là 85%, với trường hợp xét thời gian đầu tư 7 năm.

4.3. Tính toán đầu tư thiết bị phụ trợ

Nhóm tác giả sử dụng các thông số đầu vào để tính toán: giá bán điện 7,8UScent/kWh; phụ tải trung bình/ngày theo số liệu thực tế trên đảo Phú Quý 1.400kW/ngày; số ngày phát điện 350 ngày/năm. Thâm nhập của điện gió khi phát tỷ lệ thông thường 50/50 và 70/30 khi gió thấp, phụ tải cao: 35%. Thâm nhập của điện gió khi phát tỷ lệ thông thường 70/30 theo thực tế và nội suy: 40%. Thâm nhập của điện gió khi phát tỷ lệ thông thường 85/15 theo thực tế và nội suy: 45%. Suất đầu tư máy phát diesel tải thấp 1.200USD/kW. Chi phí chạy máy phát diesel tải thấp: 0,25USD/kW. Chi phí đầu tư hệ thống lưu trữ năng lượng 1.000kW bằng siêu tụ: 300.000 Euro. Chi phí đầu tư 800kW diesel tải thấp và 1.000kWe tải giả mà Danvest chào: 893.000 Euro.

Kết quả tính toán đầu tư thiết bị phụ trợ khi thời gian phát điện trên đảo Phú Quý là 16 giờ/ngày.

- Khi nâng tỷ lệ phát điện từ 50/50 lên thành 70/30, doanh thu sẽ tăng thêm 642 triệu đồng/năm.
- Chỉ nên đầu tư 300kW diesel tải thấp khi giá bán điện đạt 12UScent/kWh và phụ tải tăng 20% hoặc giá bán điện 14UScent/kWh.
- Chỉ nên đầu tư 1000kW siêu tụ khi giá bán điện đạt 14UScent/kWh và phụ tải tăng 15%.
- Chỉ nên đầu tư 800kW diesel tải thấp và 1.000kWe tải giả khi giá bán điện 12UScent/kWh và phụ tải tăng 20% hoặc giá bán điện đạt 14UScent/kWh và phụ tải tăng 5%.

Kết quả tính toán đầu tư thiết bị phụ trợ khi thời gian phát điện trên đảo Phú Quý là 24 giờ/ngày.

- Khi nâng tỷ lệ phát điện từ 50/50 lên thành 70/30 sẽ thu được thêm 858 triệu đồng mỗi năm.
- Chỉ nên đầu tư 300kW diesel tải thấp khi giá bán điện đạt 10UScent/kWh và phụ tải tăng 20% hoặc giá bán điện đạt 14UScent/kWh và phụ tải tăng 15%.
- Chỉ nên đầu tư 1.000kW siêu tụ khi phụ tải tăng 20% hoặc giá bán điện 10UScent/kWh và phụ tải tăng 15% hoặc giá bán điện đạt 12UScent/kWh.
- Chỉ nên đầu tư 800kW diesel tải thấp và 1.000kWe tải giả khi giá bán điện đạt 10UScent/kWh và phụ tải tăng 15% hoặc giá bán điện đạt 12UScent/kWh và phụ tải tăng 10% hoặc giá bán điện đạt 14UScent/kWh.

5. Kết luận

- Đối với các dự án phong điện phát điện độc lập, không nối lưới Quốc gia cần lưu ý: lưới ốc đảo là lưới

mềm (công suất nhỏ - rất nhỏ, điện áp và tần số kém ổn định); công suất phát (P) phụ thuộc mức tiêu thụ (phát nhiều có nguy cơ phải đốt bỏ trên dumpload); bắt buộc phải phát Q; bắt buộc phải có khả năng ride-through. Đặc biệt, nên lựa chọn máy phát điện gió là loại máy phát không đồng bộ rotor lồng sóc (SCIG) hoặc máy phát đồng bộ kích thích vĩnh cửu (PMSG) để điều khiển đơn giản, bảo đảm ổn định ngắn hạn và dài hạn. Đây là ưu điểm mang tính quyết định khi vận hành với lưới công suất nhỏ. Cần phải có các hệ thống phụ trợ để tăng mức độ thâm nhập của điện gió cũng như ổn định hệ thống điện độc lập; bắt buộc phải có hệ thống điều khiển giám sát (SCADA) để điều độ lưới.

- Đối với dự án Phong điện Phú Quý, cần làm việc với Vestas để sử dụng các chức năng điều khiển của máy phát V80 như: điều khiển công suất phản kháng, chức năng trụ lưới khi có sụt áp thông qua mạch AGO2, chức năng điều khiển tần số. Hệ thống điều khiển hỗn hợp cần bổ sung thêm một số chức năng sau: Xác định điểm làm việc của máy phát theo cả công suất P và Q so sánh với đặc tính công suất cho phép lâu dài của máy phát; chức năng tính toán mức độ thâm nhập tối đa của điện gió theo các ràng buộc kỹ thuật. Các mô phỏng và báo cáo chạy tin cậy hiện thời cho thấy hệ thống gió - diesel trên đảo có thể đảm bảo ổn định tần số. Vì vậy, việc đầu tư các thiết bị phụ trợ để tăng ổn định (như bánh đà, tải dumpload có điều khiển nhanh) chưa thực sự cần thiết.

Trong số các giải pháp phụ trợ, việc đầu tư máy phát diesel tải thấp có khả năng đem lại lợi ích kinh tế cao nhất ở thời điểm hiện tại. Máy phát diesel tải thấp sẽ cho phép điện gió tăng mức thâm nhập, do đó có thể thường xuyên phát được 2 turbine, thay vì 1 turbine như hiện tại. Nếu phía mua điện (EVN SPC) và nhà đầu tư (PV Power) có thể thống nhất được phương thức vận hành cho phép mức thâm nhập trên 70% và các máy diesel làm việc ở hệ số công suất thấp (khoảng 0,45 - 0,5), thì nên cân nhắc việc đầu tư lắp đặt máy phát diesel tải thấp.

Với hệ thống hiện tại (khi chưa đầu tư thêm thiết bị phụ trợ), hệ thống có thể đạt tỷ lệ phát điện của turbine gió/diesel là 70/30 mà vẫn đảm bảo các tiêu chí kỹ thuật an toàn, tin cậy và ổn định. Với phụ tải trên đảo Phú Quý < 2MW và giá bán điện 7,8UScent/kWh như hiện nay thì đầu tư thêm thiết bị phụ trợ sẽ không hiệu quả.

Với thực tế của đảo Phú Quý, nếu phải lựa chọn đầu tư thêm thiết bị phụ trợ để tăng khả năng thâm nhập điện gió, tăng thêm ổn định và đem lại lợi ích kinh tế cho chủ đầu tư thì chỉ đầu tư thêm máy phát diesel tải thấp với

công suất tối thiểu là 300kW. Khi đó, tỷ lệ thâm nhập điện gió tối đa sẽ lớn hơn 70% và ổn định hơn so với hệ thống hỗn hợp turbine gió - diesel hiện tại. Ngoài ra, có thể xem xét đầu tư thêm các thiết bị phụ trợ để nâng cao độ ổn định với thứ tự ưu tiên: (1) bánh đà hoặc siêu tụ; (2) tải giả và (3) thiết bị lưu trữ.

- Trên cơ sở nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất chủ đầu tư (Tập đoàn Dầu khí Việt Nam/PV Power/PV Power RE) cần đề nghị với EVN SPC để nâng tỷ lệ phát công suất gió/diesel lên thành 70/30; tăng thời gian phát điện từ 16 giờ/ngày lên 24 giờ/ngày đảm bảo hệ thống vận hành ổn định, liên tục. Đồng thời, chủ đầu tư cần xem xét đầu tư thêm máy phát diesel tải thấp để tăng thêm mức độ thâm nhập của điện gió; kiến nghị tỉnh Bình Thuận giảm giá bán điện để sản xuất cũng như sinh hoạt trên đảo về mức gần bằng với giá bán điện chung cả nước; khuyến khích tăng phụ tải trên đảo.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty CP Tư vấn Xây dựng điện 3. *Thuyết minh dự án đầu tư Nhà máy Phong điện Phú Quý*. 2010.
2. PV Power RE. *Quy trình phối hợp vận hành hỗn hợp gió - diesel trên đảo Phú Quý*. 2012.

3. Nguyễn Phùng Quang. *Bùng nổ số lượng dự án phong điện: Liệu Việt Nam đã thực sự sẵn sàng?* Tạp chí Tự động hóa Ngày nay. 2013; 146.

4. Vestas Control Systems A/S. *V80 944653 - control systems*. www.vestas.com.

5. National Renewable Energy Laboratory. www.nrel.gov.

6. Power Systems Engineering Research Center (PSERC). *Impact of increased DFIG wind penetration on power systems and markets*. 2009.

7. Beacon Power. *About flywheel energy storage*. www.beaconpower.com.

8. ABB in Vietnam. *Flywheel energy systems*. www.abb.com.vn.

9. Roger Peters, Linda O'Malley. *Storing renewable power: Primer*. Pembina Institute. 2008.

10. Danvest Energy A/S. *Danvest energy system*. www.danvest.com. 2011.

Solution for wind - diesel hybrid system in Phu Quy island

Vo Hong Thai¹, Nguyen Duc Huy², Tran Nam Trung³

¹Vietnam Petroleum Institute

²Hanoi University of Science and Technology

³Vietnam Electricity

Summary

Isolated supply systems distributing sources for areas without national grid have received more attention in recent years. This paper presents some problems in the actual operation of a hybrid system which has 3 wind turbines (3 x 2MW) and 6 diesel units (6 x 0,5MW) on Phu Quy island. The authors analysed and simulated some solutions for maximising the penetration of wind power to keep the system stable on the island and reduce the production cost of electricity.

Key words: Distributed energy, wind turbine, hybrid system, isolated grid, penetration, electrical quality.