

THIẾT KẾ HỆ THỐNG LƯỚI ĐIỆN SIÊU NHỎ TẠI CÁC VÙNG HẢI ĐẢO TẠI VIỆT NAM

Cao Văn Thọ, Nguyễn Xuân Phương
Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

Tóm tắt: Thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đang phải đối mặt với một vấn đề lớn ở cấp độ sản xuất điện do cuộc khủng hoảng năng lượng gây ra bởi sự thiếu hụt nhiên liệu hóa thạch và sự gia tăng của nhu cầu sử dụng năng lượng toàn cầu. Vì vậy, hầu hết các quốc gia đều coi các nguồn năng lượng tái tạo như một giải pháp hiệu quả cho cuộc khủng hoảng năng lượng toàn cầu. Tuy nhiên, những vấn đề chưa được giải quyết liên quan đến nguồn cung cấp điện không ổn định và hiệu quả tương đối thấp của các nguồn năng lượng tái tạo cũng là chủ đề đang được các quốc gia đặc biệt quan tâm. Ở Việt Nam, qua tìm hiểu thì việc cung cấp điện ở một số nơi vẫn còn khó khăn và phụ thuộc vào các nguồn năng lượng hóa thạch. Trong đó có đảo Thổ Chu, hiện được cung cấp điện chính phụ thuộc vào hệ thống diesel. Điều này dẫn đến tính ổn định trong việc cung cấp điện không cao, chi phí vận hành tốn kém, gây ảnh hưởng đến môi trường do phát thải CO₂ khi vận hành hệ thống diesel. Bài viết đề xuất sử dụng một hệ thống microgrid trên đảo Thổ Chu được tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo gồm hệ thống điện gió (WTG) và hệ thống điện mặt trời (PV), kết hợp với hệ thống máy phát điện diesel (DG) và hệ thống ắc quy lưu trữ năng lượng.

Từ khóa: Microgrid, PV, WTG

DESIGNING MICROGRID POWER SYSTEMS FOR ISLAND REGIONS IN VIETNAM

Abstract: The world in general and Vietnam in particular are facing a major problem at the electricity generation level due to the energy crisis caused by the shortage of fossil fuels and the increasing demand for energy global quantity. Therefore, most countries consider renewable energy sources as an effective solution to the global energy crisis. However, the unresolved problems related to unstable electricity supplies and the relatively low efficiency of renewable energy sources are also topics of special concern to countries. In Vietnam, through research, the electricity supply in some places is still difficult and depends on fossil energy sources. In which, Tho Chu island is currently supplied with electricity depending on the diesel system. This leads to low stability in power supply, expensive operating costs, and environmental impact due to CO₂ emissions when operating the diesel system. The paper proposes to use a microgrid system on the island integrated with renewable energy sources including wind power system (WTG) and solar power system (PV), combined with diesel generator system (DG) and energy storage battery system.

Keywords: Microgrid, PV, WTG

Nhận bài: 15/10/2025

Phản biện: 15/11/2025

Duyệt đăng: 18/11/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh khủng hoảng năng lượng toàn cầu, cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch và sức ép giảm phát thải khí nhà kính, việc bảo đảm cung cấp điện ổn định, bền vững cho các vùng hải đảo Việt Nam đặt ra yêu cầu cấp thiết về các mô hình hệ thống điện mới. Hiện nay, nhiều đảo xa bờ như Thổ Chu vẫn chủ yếu phụ thuộc vào các tổ máy diesel độc lập, dẫn đến chi phí vận hành cao, rủi ro gián đoạn cung cấp điện và tác động tiêu cực tới môi trường do phát thải CO₂. Trong khi đó, tiềm năng năng lượng tái tạo (gió, bức xạ mặt trời) tại các khu vực này là rất lớn nhưng chưa được khai thác hiệu quả, đặc biệt dưới dạng các hệ thống tích hợp tối ưu.

Microgrid (lưới điện siêu nhỏ) được xem là một giải pháp khả thi cho các vùng hải đảo, cho phép kết hợp linh hoạt các nguồn năng lượng tái tạo với nguồn diesel và hệ thống lưu trữ, nhờ đó nâng cao độ tin cậy cung cấp điện, giảm tổn thất và tối ưu vận hành. Tuy nhiên, việc thiết kế cấu hình công suất hợp lý, lựa chọn dung lượng các thành phần (PV, WTG, DG, ắc quy), xây dựng

chiến lược điều khiển và đánh giá độ tin cậy của microgrid trong điều kiện tải và nguồn biến thiên còn là vấn đề cần được nghiên cứu cụ thể cho từng địa bàn.

Xuất phát từ thực tiễn cung cấp điện tại đảo Thổ Chu, bài báo tập trung phân tích, đề xuất phương án thiết kế hệ thống microgrid công suất 1,8 MW tích hợp điện gió, điện mặt trời, máy phát diesel và hệ thống pin lưu trữ năng lượng. Trên cơ sở mô phỏng hoạt động của hệ thống trong các kịch bản tải và nguồn khác nhau, nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng bảo đảm độ tin cậy cung cấp điện, giảm phát thải và làm cơ sở khoa học cho việc nhân rộng mô hình microgrid tới các vùng hải đảo và khu vực xa lưới khác của Việt Nam.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan

2.1.1. Giới thiệu hệ thống lưới điện siêu nhỏ Microgrid (MG)

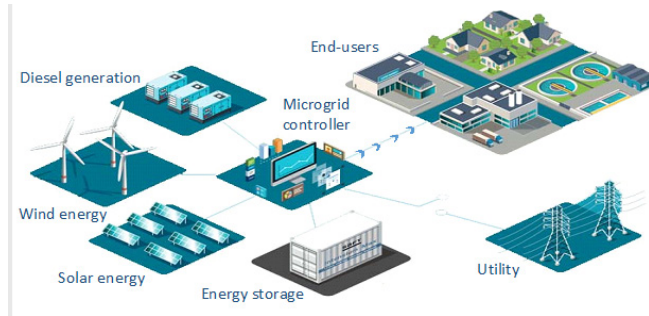
Gần đây, các microgrid (MG) đã được sử dụng để cung cấp điện cho các vùng nông thôn như hải đảo. MG có thể được tích hợp các nguồn năng

lượng tái tạo và năng lượng thông thường để đảm bảo tính ổn định cho hệ thống. Hệ thống MG có thể mang đến những lợi ích như nâng cao độ tin cậy, giảm tổn thất điện áp và kiểm soát điện áp cung cấp, tăng hiệu suất sử dụng điện.

MG có cấu trúc điều khiển phân cấp với các lớp khác nhau, yêu cầu sử dụng hiệu quả các kỹ thuật điều khiển tiên tiến ở tất cả các lớp điều

khiển. Hoạt động an toàn của MG ở các chế độ hoạt động được kết nối và quá trình ngắt kết nối hoặc kết nối lại thành công phụ thuộc vào các điều khiển của MG. Các bộ điều khiển phải đảm bảo rằng các quá trình diễn ra liền mạch và hệ thống đang hoạt động trong các điểm hoạt động được chỉ định

2.1.2. Chế độ hoạt động của microgrid

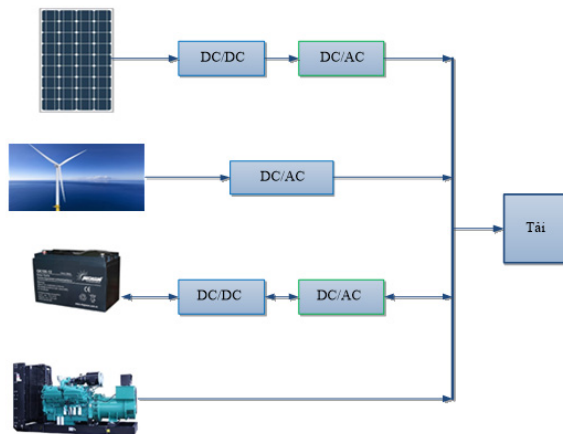


Hình 1. Sơ đồ hệ thống microgrid

Sơ đồ hệ thống microgrid cơ bản được thể hiện như Hình 1.

Hệ thống MG có thể kết nối với lưới điện chính thông qua hệ thống điều khiển. Ở trạng thái hệ thống MG hoạt động ổn định thì hệ thống đóng vai trò cung cấp nguồn năng lượng chính cho tải làm việc. Ngoài ra một phần năng lượng sẽ được

đưa lên tải thông qua bộ điều khiển. Bên cạnh đó, nếu hệ thống MG không ổn định việc cung cấp năng lượng cho tải thì khi đó nguồn năng lượng từ lưới điện chính sẽ cung cấp cho tải hoạt động. Bộ điều khiển hệ thống MG còn có chức năng giữ sự ổn định cho hệ thống MG do ảnh hưởng của các thành phần từ lưới điện chính.



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo hệ thống microgrid

* Nguyên lý hoạt động hệ thống microgrid:

Trong điều kiện bình thường thì tải sẽ được cung cấp năng lượng trực tiếp từ hệ thống năng lượng gió hoặc năng lượng mặt trời thông qua bộ biến tần. Một phần nguồn năng lượng sẽ được lưu trữ vào hệ thống ắc quy lưu trữ năng lượng.

Trường hợp nếu nguồn năng lượng gió và mặt trời không đủ cung cấp năng lượng điện cho tải hoạt động thì khi đó hệ thống diesel sẽ khởi động để đảm nhận vai trò cung cấp điện năng cho tải hoạt động. Máy phát điện diesel là nguồn liên tục và căn cứ vào dung lượng còn lại của các tổ ắc

quy dự phòng của hệ thống lưu trữ để quyết định. Thời gian cho phép máy vận hành liên tục là tùy theo công suất máy, hướng dẫn của nhà sản xuất cũng như tình trạng hiện tại của máy và điều kiện nhiệt độ môi trường sử dụng, nhưng nhìn chung về mùa hè cứ 4 giờ chạy máy thì nghỉ 30 phút, để đảm bảo độ bền bỉ và hoạt động lâu dài của máy phát điện.

Ngoài ra, trong trường hợp các hệ thống không thể hoạt động hoặc chờ khắc phục sự cố thì khi đó tải sẽ hoạt động dựa trên nguồn năng lượng từ hệ thống ắc quy lưu trữ.

2.2. Thiết kế hệ thống lưới điện siêu nhỏ cho đảo Thổ Chu tại Việt Nam

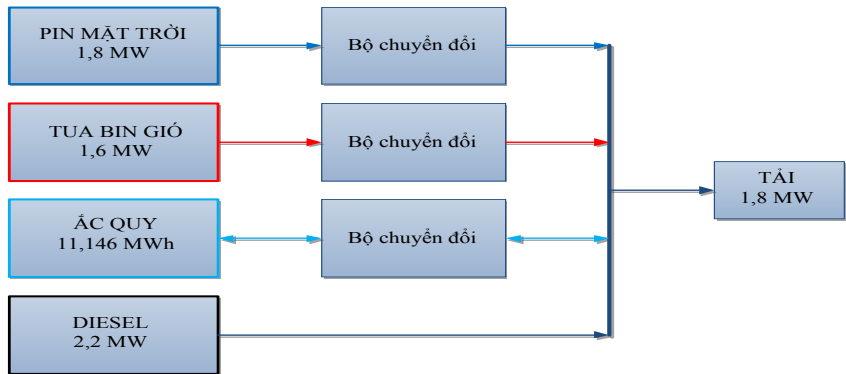
2.2.1. Phân tích số liệu hệ thống

Bài viết lựa chọn thiết kế một hệ thống

microgrid với công suất 1,8 MW để đảm bảo cho chất lượng cung cấp điện trong tương lai với các yêu cầu của từng thành phần của hệ thống như sau:

Bảng 1. Các thành phần trong hệ thống microgrid

MỤC	DUNG LƯỢNG	SỐ LƯỢNG
Máy phát điện tuabin gió	235 kW	7
Hệ thống quang điện	100 kW	18
Hệ thống pin lưu trữ	11460 MWh	1
Máy phát điện diesel	440 kW	5
Tải điện tối đa	1,8 MW	-



Hình 3. Sơ đồ khối hệ thống microgrid

2.2.2. Quản lý nguồn năng lượng của hệ thống Microgrid

Trong hệ thống microgrid nguồn năng lượng tái tạo sẽ có những lúc hoạt động không ổn định do ảnh hưởng của thời tiết. Ngoài ra, máy phát điện diesel không cung cấp năng lượng kịp thời cho phụ tải cũng là một vấn đề cần lưu ý. Bên cạnh đó cũng cần quan tâm đến trường hợp năng lượng tạo ra vượt hơn so với nhu cầu thì phải tính đến phương án để tiêu tán nguồn năng lượng dư thừa đó để bảo vệ pin lưu trữ. Vì vậy để hệ thống microgrid hoạt động ổn định và đảm bảo độ tin cậy cao thì cần dự đoán tính đến các trường hợp hoạt động của hệ thống:

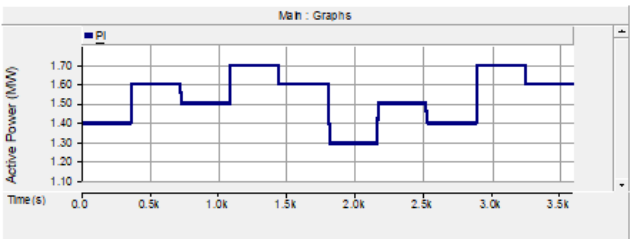
2.3. Kết quả mô phỏng

Kết quả chạy mô phỏng hoạt động hệ thống microgrid thể hệ qua kết quả mô phỏng ta có thể

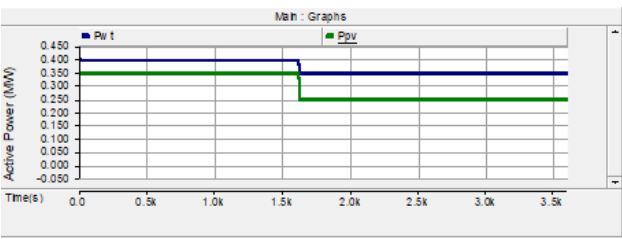
nhận thấy:

Công suất tải thay đổi theo các thời điểm từ 1,3 MW đến 1,8 MW như Hình 4a. Tuy nhiên, khi tải thay đổi công suất thì hệ thống các nguồn phát luôn đảm bảo cung cấp đủ công suất cho tải hoạt động.

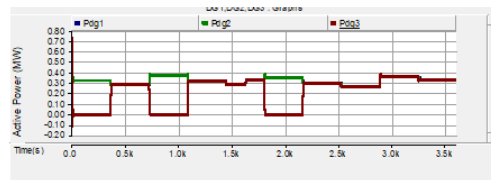
Theo Hình 4b, công suất của năng lượng gió và mặt trời giữ mức ổn định là $P^{wt} = 0,4$ MW và $P^{pv} = 0,35$ MW. Khi đến thời điểm 1620s thì công suất gió và mặt trời lần lượt giảm xuống $P^{wt} = 0,35$ MW và $P^{pv} = 0,25$ MW. Ở thời điểm hệ thống năng lượng tái tạo giảm xuống công suất tải $P_l = 1,6$ MW thì hệ thống DG sẽ thay đổi công suất để bù vào lượng công suất hao hụt cung cấp cho tải. Điều này cho thấy hệ thống diesel luôn đảm bảo công suất cho tải trong các trường hợp năng lượng tái tạo hoặc tải thay đổi.



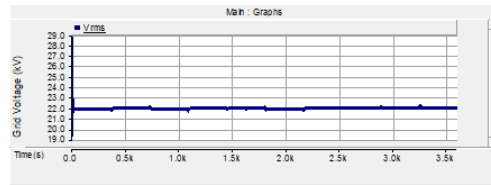
a. Công suất hệ thống tải



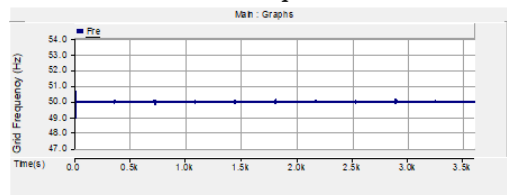
b. Công suất hệ thống gió và mặt trời



c. Công suất hệ thống diesel



d. Điện áp lưới



e. Tần số lưới

Hình 4. Hoạt động của hệ thống microgrid

III. KẾT LUẬN

Bài viết đã thể hiện sự nghiên cứu về cấu tạo, nguyên lý hoạt động của hệ thống, dựa vào các phương trình toán học và các thông số cơ bản để tính toán, thiết kế hệ thống microgrid. Trong quá trình nghiên cứu, cũng đã thể hiện rõ sự tham gia của nguồn năng lượng tái tạo, giảm thiểu phát thải CO₂ và độ tin cậy của microgrid hệ thống.

Kết quả chạy chương trình cũng chỉ ra rằng độ tin cậy của lưới điện siêu nhỏ luôn được đảm bảo trong suốt thời gian vận hành (LPSP = 0) trong hai trường hợp vận hành hệ thống DG hoạt động với

phạm vi công suất từ 0% - 100% và 30% - 100% công suất danh định.

Như vậy, qua các kết quả chạy chương trình và mô phỏng chứng tỏ rằng sự ổn định của lưới điện, hệ thống microgrid có thể được xây dựng, sử dụng với những vùng xa xôi, hải đảo ở nước ta là cần thiết và phù hợp.

- Có thể ứng dụng hệ thống microgrid vào thực tế để sử dụng điện năng đối với các hộ gia đình ở các vùng cách xa nguồn điện lưới. Mặt khác, đây là một giải pháp để nâng cao hiệu quả, độ tin cậy, kinh tế và tính bền vững của sản xuất và phân phối điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- H. Borhanazad, S. Mekhilef, V. G. Ganapathy, M. Modiri-Delshad, A. Mirtaheeri, "Optimization of micro-grid system using MOPSO". *Renewable Energy* 71; (2014) 295e306.
- K. Strunz, K. Brock, E. Stochastic, "Energy source access management: infrastructure-integrative modular plant for sustainable hydrogen-electric co-generation". *Int J Hydrogen Energy* 2006;31(9):1129e41.
- M. H. Nehrir, C. Wang, K. Strunz, H. Aki, R. Ramakumar, J. Bing, "A review of hybrid renewable alternative energy systems for electric power generation: configurations, control, and applications", *IEEE Trans Sustain Energy* 2011;2(4): 392e403.
- H. Bevrani, B. Francois, T. Ise, *Microgrid Dynamics and Control*, This edition first published 2017 © 2017 John Wiley & Sons, Inc. Sorensen, *Renewable Energy: Physics, Engineering, Environmental Impacts, Economics & Planning*, Elsevier. B. (2011)
- B. S. Borowy and Z. M. Salameh, "Methodology for Optimally Sizing the Combination of a Battery Bank and PV Array in a Wind/PV Hybrid System," *Energy Conversion, IEEE Trans, Jun.1996*, vol. 11, pp. 367-375
- Y. Dai, Y. Lou, X. Lu, "A Task Scheduling Algorithm Based on Genetic Algorithm and Ant Colony Optimization Algorithm with Multi-QoS Constraints in Cloud Computing," in *International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, 2015 7th
- H. Borhanazad, S. Mekhilef, V. Gounder Ganapathy, M. Modiri-Delshad and A. Mirtaheeri, "Optimization of Micro-Grid System Using MOPSO", *Renewable Emnergy*, Nov. 2014, vol. 71, pp. 295-306
- W. Jiang, Y. Zhang, R. Wang, "Comparative Study on Several PSO Algorithms," in *Electronic Information and Control Engineering college of Beijing University of Technology*, Beijing 100124.
- M. Fadaee, M. Radzi, "Multi-objective optimization of a stand-alone hybrid renewable energy system by using evolutionary algorithms: a review," *Renew Sustain Energy Rev* 2012;16(5):3364e9.
- L. Olatomiwa, S. Mekhilef, A. S. N. Huda, and K. Sanusi, "Techno-Economic Analysis of Hybrid PV-Diesel-Battery and PV-Wind-ieselBattery Power Systems for Mobile BTS: The Way Forward for Rural Development," *Energy Science and Engineering*, Jul. 2015, vol. 3, pp. 271-285.