

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**



CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐỘNG CỦA HỆ
THỐNG TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG GIÓ, NĂNG
LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG NHIỆT ĐIỆN**

MÃ SỐ: T2015-33Đ



Tp. Hồ Chí Minh, tháng 2/2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐỘNG CỦA HỆ
THỐNG TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG GIÓ, NĂNG
LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG NHIỆT ĐIỆN**

Mã số: T2015-33Đ

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Mi Sa

TP. HCM, 02/2016

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH
KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ**

**BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐỘNG CỦA HỆ
THỐNG TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG GIÓ, NĂNG
LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG NHIỆT ĐIỆN**

Mã số: T2015-33TĐ

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Mi Sa

Thành viên đề tài: TS. Ngô Văn Thuyên

TS. Trương Đình Nhơn

TP. HCM, 02/2016

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN – ĐIỆN TỬ

BÁO CÁO TỔNG KẾT

ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐỘNG CỦA HỆ
THỐNG TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG GIÓ, NĂNG
LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG NHIỆT ĐIỆN**

Mã số: T2015-33TĐ

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Mi Sa

Thành viên đề tài: TS. Ngô Văn Thuyên

TS. Trương Đình Nhơn

TP. HCM, 02/2016

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

**BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KH&CN CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM**

**NGHIÊN CỨU NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐỘNG CỦA HỆ
THỐNG TÍCH HỢP NĂNG LƯỢNG GIÓ, NĂNG
LƯỢNG MẶT TRỜI VÀ NĂNG LƯỢNG NHIỆT ĐIỆN**

Mã số: T2015-33TD

Chủ nhiệm đề tài: TS. Nguyễn Thị Mi Sa

TP. HCM, 02/2016

Mục lục

Chương 1: Mở đầu	Error! Bookmark not defined.
1.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài ở trong và ngoài nước	Error! Bookmark not defined.
1.2. Tính cấp thiết	Error! Bookmark not defined.
1.3. Mục tiêu	Error! Bookmark not defined.
1.4. Cách tiếp cận.....	Error! Bookmark not defined.
1.5. Phương pháp nghiên cứu	Error! Bookmark not defined.
1.6. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu, nội dung nghiên cứu.	Error! Bookmark not defined.
Chương 2: Ổn định hệ thống điện	Error! Bookmark not defined.
2.1. Các khái niệm cơ bản.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. Hệ thống điện (HTĐ) và chế độ của HTĐ...	Error! Bookmark not defined.
2.1.2. Khái niệm về ổn định HTĐ.....	Error! Bookmark not defined.
2.1.3. Phân loại ổn định HTĐ	Error! Bookmark not defined.
2.2. Các tiêu chuẩn đánh giá ổn định tĩnh.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Tiêu chuẩn năng lượng	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Phương pháp dao động bé.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Các tiêu chuẩn đánh giá ổn định động	Error! Bookmark not defined.
2.3.1. Phương pháp diện tích	Error! Bookmark not defined.
2.3.2. Tiêu chuẩn cân bằng diện tích	Error! Bookmark not defined.
2.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định động	Error! Bookmark not defined.
Chương 3: Máy phát điện năng lượng gió và Pin mặt trời	Error! Bookmark not defined.
3.1 Máy phát điện năng lượng gió	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Tuabin gió	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Bộ chuyển đổi công suất máy phát điện năng lượng gió đồng bộ nam châm vĩnh cửu	Error! Bookmark not defined.
3.2. Pin mặt trời.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Giới thiệu về pin mặt trời	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Đặc tính làm việc của pin mặt trời	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Tầm năng lượng mặt trời	Error! Bookmark not defined.

3.2.4 Cách ghép nối các tấm pin năng lượng mặt trời.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.5 Hệ quang điện làm việc với lưới.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.6 Các bộ biến đổi trong hệ PV	Error! Bookmark not defined.
Chương 4: Thiết kế bộ điều khiển cho bộ nghịch lưu.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Giới thiệu về hệ thống điện sử dụng trong nghiên cứu.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Thiết kế PID bằng phương pháp gán điểm cực	Error! Bookmark not defined.
4.3 Tính toán thiết kế PID cho bộ nghịch lưu.....	Error! Bookmark not defined.
Chương 5: Mô phỏng ảnh hưởng của bộ điều khiển PID trong bộ nghịch lưu.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Sự cố ngắn mạch 3 pha	Error! Bookmark not defined.
5.2 Sự cố đứt đường dây DC	Error! Bookmark not defined.
Chương 6: Kết luận và Kiến nghị	Error! Bookmark not defined.
6.1. Kết luận.....	Error! Bookmark not defined.
6.2. Kiến nghị.....	Error! Bookmark not defined.
Tài liệu tham khảo.....	Error! Bookmark not defined.

Danh mục bảng biểu

Bảng 4.1. Trị riêng của hệ thống**Error! Bookmark not defined.**

Danh mục hình

- Hình 2.1: Hệ thống điện đơn giản và sơ đồ tương đương **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.2: Miền làm việc ổn định của hệ thống điện đơn giản (đậm) **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.3: Mô hình một máy phát nối với thanh cái vô cùng lớn **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.4: Biểu diễn hệ thống bằng mô hình máy phát cổ điển. . **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.5: Sơ đồ hệ thống và sơ đồ thay thế khi ngắn mạch **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.6: Đồ thị đặc tính công suất**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.7: Sơ đồ tương đương của hệ thống sau khi cắt ngắn mạch ..**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.8: Mối quan hệ góc – công suất**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.9: Đáp ứng đối với sự thay đổi công suất cơ**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.10: Sự cố ngắn mạch xảy ra tại F (a) và mạch tương đương (b) **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 2.11: Minh họa hiện tượng ổn định động**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.1: Hệ thống máy phát đồng bộ - PMG.....**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.2: Sơ đồ bộ chuyển đổi công suất với máy phát PMSG . **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.3: Đường đặc tính làm việc $U - I$ của pin mặt trời..... **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.4: Sơ đồ tương đương pin mặt trời**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.2.5: Sự phụ thuộc của đặc trưng VA của pin mặt trời **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.6: Sự phụ thuộc của đường đặc tính của pin mặt trời vào nhiệt độ của pin
.....**Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.7: Đường đặc tính tải và đặc tính của pin mặt trời **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.5: Ghép nối tiếp hai môđun pin mặt trời (a)**Error! Bookmark not defined.**
và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b) **Error! Bookmark not defined.**
- Hình 3.6: Ghép song song hai môđun pin mặt trời (a) **Error! Bookmark not defined.**

và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b) **Error! Bookmark not defined.**

Hình 4.1: Sơ đồ cấu trúc của hệ thống nghiên cứu**Error! Bookmark not defined.**

Hình 4.2: Sơ đồ điều khiển góc kích của bộ nghịch lưu DC-AC **Error! Bookmark not defined.**

Hình 5.1: Đáp ứng của các thông số khi so sánh 2 trường hợp có và không có bộ điều khiển thiết kế PID**Error! Bookmark not defined.**

Hình 5.2: Đáp ứng của hệ thống khi sự cố xảy ra ở giữa bus DC**Error! Bookmark not defined.**

Danh mục các chữ viết tắt

STT	Ký Hiệu	Ghi Chú
1.	ω	Vận tốc góc
2.	Λ	Trị riêng
3.	PMG	Máy phát điện nam châm vĩnh cửu
4.	PV	Tấm pin năng lượng mặt trời
5.	SG	Máy phát điện đồng bộ
6.	PID	Bộ điều khiển tỷ lệ tích phân vi phân

Tp. HCM, Ngày 28 tháng 02 năm 2016

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: **NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THIẾT BỊ BÙ NGANG SVC ĐỂ NÂNG CAO ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN CÓ MÁY PHÁT ĐIỆN GIÓ**
- Mã số: T2015-33TĐ
- Chủ nhiệm: TS. Nguyễn Thị Mi Sa
- Cơ quan chủ trì: Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM
- Thời gian thực hiện:

2. Mục tiêu:

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển cho bộ nghịch lưu trong hệ thống điện có tích hợp hệ thống năng lượng gió, năng lượng mặt trời và năng lượng từ nhà máy nhiệt điện nhằm nâng cao tính ổn định của hệ thống

3. Tính mới và sáng tạo:

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển PID cho bộ nghịch lưu để nâng cao tính ổn định của hệ thống điện kết hợp giữa năng lượng gió, năng lượng mặt trời và nhiệt điện.

4. Kết quả nghiên cứu:

Đánh giá mức độ đáp ứng của hệ thống khi có bộ điều khiển PID thiết kế cho bộ nghịch lưu.

5. Sản phẩm:

Báo cáo tổng kết và Chương trình mô phỏng trên Matlab

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

Làm cơ sở cho các nghiên cứu ứng dụng tiếp theo và là tài liệu tham khảo cho các học viên cao học làm đề tài tốt nghiệp.

Trưởng Đơn vị
(ký, họ và tên)

Chủ nhiệm đề tài
(ký, họ và tên)

TS. Nguyễn Thị Mi Sa

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

Project title: Stability Enhancement of an Integrated Wind/Solar Energy Generation and Traditional Power System

Code number: T2015-33TĐ

Coordinator: Nguyen Thi Mi Sa, PhD

Implementing institution: University of Technology and Education Hochiminh City

Duration: from to

2. Objective(s):

Study of designing PID damping controller for inverter to enhance the dynamic stability of the wind- solar connected to power system.

3. Creativeness and innovativeness:

Design PID damping controller for inverter to improve stability of the power system with wind power connected.

4. Research results:

Estimating the effective of the studied system with and without PID controller for inverter.

5. Products:

Report and Matlab program.

6. Effects, transfer alternatives of reserach results and applicability:

It can be used as a reference for master students to perform their thesis.

Chương 1: Mở đầu

1.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu thuộc lĩnh vực đề tài ở trong và ngoài nước

Tích hợp nguồn năng lượng gió và năng lượng mặt trời với lưới điện đang là xu hướng phát triển hiện nay của các quốc gia trên thế giới nhằm khai thác triệt để nguồn năng lượng sạch, giảm thiểu ô nhiễm môi trường và phá hủy môi trường sinh thái. Tuy nhiên, các hệ thống tích hợp này thường được áp dụng trong các hệ thống nhỏ, công suất vài chục mvar [1-4]. Ngày nay, với sự phát triển vượt bậc của khoa học công nghệ, các hệ thống tích hợp này đã được triển khai trong các ứng dụng có công suất lớn, khoảng vài trăm mvar [5-6]. Hơn nữa, việc hòa lưới và kết hợp với các nguồn năng lượng có công suất lớn từ các nhà máy thủy điện, nhiệt điện là xu hướng tất yếu. Trong [7-8], năng lượng gió, năng lượng mặt trời tích hợp với các máy phát điện phân tán đã được nghiên cứu và phân nào khẳng định được tính thiết thực trong xu hướng trên. Với những hệ thống phát điện tích hợp này, việc thiết kế các bộ điều khiển nhằm giảm dao động và nâng cao độ ổn định hệ thống đóng vai trò rất quan trọng. Vì dao động này có thể xuất phát từ sự thay đổi liên tục, ngẫu nhiên của tốc độ gió, từ sự thay đổi cường độ của ánh sáng mặt trời hay từ các nhiễu tác động trực tiếp lên các máy phát điện. Trong đó, bộ điều khiển PID sử dụng kỹ thuật gán cực là một trong những phương pháp đơn giản và mang lại hiệu quả cao. Với kỹ thuật này, các cực quan trọng của hệ thống được gán chính xác ở các vị trí mong muốn trên mặt phẳng phức nhằm tăng tính ổn định của hệ thống [9]. Trong [9], bộ điều khiển PID nhằm nâng cao độ ổn định hệ thống được đặt ngay tại bộ chỉnh lưu trong đường dây truyền tải điện 1 chiều điện áp cao.

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu ứng dụng hệ thống tích trữ năng lượng nhiệt mặt trời [10] và năng lượng điện gió [11-12] trong hệ thống điện đã được triển khai. Tuy nhiên các kết quả nghiên cứu của hệ thống tích hợp các dạng năng lượng này với các máy phát điện đồng bộ cũng chưa tạo được sự thu hút đặc biệt. Ngoài ra, việc nghiên cứu thiết kế các bộ điều khiển nhằm nâng cao ổn định của các hệ thống điện tích hợp này cũng chưa được triển khai. Trong trường hợp này, sử dụng bộ điều khiển PID dùng kỹ thuật gán cực là một trong những phương pháp đơn giản và mang lại hiệu quả cao, thiết bị này cũng phù hợp về giá thành cũng như tính năng điều khiển mà nó mang lại.

1.2. Tính cấp thiết

Ngày nay phần lớn điện năng được sản xuất bởi các máy phát điện đồng bộ. Nguồn cơ năng sơ cấp kéo các máy phát điện đồng bộ này có thể là các động cơ tua bin hơi, tua bin nước hoặc tuabin vận hành qua năng lượng nhiệt qua quá trình đốt cháy các nhiên liệu hóa thạch (như than, khí thiên nhiên hay dầu mỏ tại các nhà máy nhiệt điện).

Bên cạnh đó, năng lượng gió, năng lượng mặt trời-là nguồn năng lượng sạch và vô hạn cũng chiếm vai trò quan trọng trong lưới điện quốc gia, góp phần tránh được các hậu quả có hại đến môi trường. Hiện nay có rất nhiều các dự án điện gió và điện mặt trời đang đầu tư và triển khai ở Việt Nam nhằm bổ sung điện cho hệ thống điện.

Tích hợp nguồn năng lượng sạch này với các nhà máy phát điện lớn đang là xu hướng phát triển hiện nay của lưới điện quốc gia.

Với những hệ thống phát điện tích hợp này, việc thiết kế các bộ điều khiển nhằm giảm dao động và nâng cao độ ổn định hệ thống đóng vai trò rất quan trọng. Trong đó, bộ điều khiển PID sử dụng kỹ thuật gián tiếp là một trong những phương pháp đơn giản và mang lại hiệu quả cao. Với kỹ thuật này, các cực quan trọng của hệ thống được gán chính xác ở các vị trí mong muốn trên mặt phẳng phức nhằm tăng tính ổn định của hệ thống.

1.3. Mục tiêu

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển cho bộ nghịch lưu trong hệ thống điện có tích hợp hệ thống năng lượng gió, năng lượng mặt trời và năng lượng từ nhà máy nhiệt điện nhằm nâng cao tính ổn định của hệ thống.

1.4. Cách tiếp cận

Dựa trên các công trình đã được công bố như sách chuyên ngành, bài báo khoa học.

1.5. Phương pháp nghiên cứu

Xây dựng mô hình toán học và mô phỏng trên phần mềm Matlab.

1.6. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu, nội dung nghiên cứu.

Thiết bị điều khiển dùng PID và ảnh hưởng của máy phát điện gió, của điện mặt trời, của máy phát điện đồng bộ nhiệt điện đến hệ thống điện.

Chương 2: Ổn định hệ thống điện

2.1. Các khái niệm cơ bản

2.1.1. Hệ thống điện (HTĐ) và chế độ của HTĐ

2.1.1.1 Hệ thống điện (HTĐ)

HTĐ là tập hợp các phần tử tham gia vào quá trình sản xuất, truyền tải và tiêu thụ năng lượng.

Các phần tử của HTĐ được chia thành hai nhóm:

- Các phần tử tự lực làm nhiệm vụ sản xuất, biến đổi, truyền tải, phân phối và sử dụng điện năng như máy phát, đường dây tải điện và các thiết bị dùng điện.
- Các phần tử điều chỉnh làm nhiệm vụ điều chỉnh và biến đổi trạng thái HTĐ như điều chỉnh kích từ máy phát đồng bộ, điều chỉnh tần số, bảo vệ rơle, máy cắt điện...

Mỗi phần tử của HTĐ được đặc trưng bởi các thông số, các thông số này được xác định về lượng bởi tính chất vật lý của các phần tử, sơ đồ liên lạc giữa chúng và nhiều sự gián ước tính toán khác. Ví dụ: tổng trở, tổng dẫn của đường dây, hệ số biến áp, hệ số khuếch đại của bộ phận tự động điều chỉnh kích thích... Các thông số của các phần tử cũng được gọi là các thông số của HTĐ.

Nhiều thông số của HTĐ là các đại lượng phi tuyến, giá trị của chúng phụ thuộc vào dòng công suất, tần số... như là X , Y , độ từ hoá... trong phần lớn các bài toán thực tế có thể coi là hằng số và như vậy ta có hệ thống tuyến tính. Nếu tính đến sự biến đổi của các thông số ta có hệ thống phi tuyến, đây là một dạng phi tuyến của HTĐ, dạng phi tuyến này chỉ phải xét đến trong một số ít trường hợp như khi phải tính đến độ bão hoà của máy phát, máy biến áp trong các bài toán ổn định.

2.1.1.2 Chế độ của HTĐ

Chế độ của HTĐ là tập hợp các quá trình xảy ra trong HTĐ và xác định trạng thái làm việc của HTĐ trong một thời điểm hay một khoảng thời gian nào đó.

Các quá trình nói trên được đặc trưng bởi các thông số U , I , P , Q , f , δ ... tại mọi điểm của HTĐ. Đó là các thông số chế độ, các thông số này khác với các thông số hệ thống ở chỗ nó chỉ tồn tại khi HTĐ làm việc. Các thông số chế độ xác định hoàn toàn trạng thái làm việc của HTĐ.

Các thông số chế độ quan hệ với nhau thông qua các thông số HTĐ, nhiều mối quan hệ này có dạng phi tuyến. Ví dụ $P = U^2/R$.

Đó là dạng phi tuyến thứ hai của HTĐ, dạng phi tuyến này không thể bỏ qua trong các bài toán điện lực.

Các chế độ của HTĐ được chia thành hai loại:

– Chế độ xác lập (CĐXL) là chế độ các thông số của nó dao động rất nhỏ xung quanh giá trị trung bình nào đó, thực tế có thể xem như các thông số này là hằng số.

Trong thực tế không tồn tại chế độ nào mà trong đó các thông số của nó bất biến theo thời gian vì HTĐ bao gồm một số vô cùng lớn các phần tử, các phần tử này luôn luôn biến đổi khiến cho các thông số của chế độ cũng biến đổi không ngừng.

CĐXL được chia thành:

- CĐXL lập bình thường là chế độ vận hành bình thường của HTĐ.
 - CĐXL sau sự cố xảy ra sau khi đã loại trừ sự cố.
 - Chế độ sự cố xác lập là chế độ sự cố duy trì sau thời gian quá độ ví dụ như chế độ ngắn mạch duy trì...
- Chế độ quá độ là chế độ mà các thông số biến đổi rất nhiều. Chế độ quá độ gồm có:
- Chế độ quá độ bình thường là bước chuyển từ CĐXL bình thường này sang CĐXL bình thường khác.
 - Chế độ quá độ sự cố xảy ra sau sự cố.

2.1.1.3 Yêu cầu đối với các chế độ của HTĐ

❖ *CĐXL bình thường, các yêu cầu là:*

– Đảm bảo chất lượng điện năng: điện năng cung cấp cho các phụ tải phải có chất lượng đảm bảo, tức giá trị của các thông số chất lượng (điện áp và tần số) phải nằm trong giới hạn được quy định bởi các tiêu chuẩn.

– Đảm bảo độ tin cậy: các phụ tải được cung cấp điện liên tục với chất lượng đảm bảo. Mức độ liên tục này phải đáp ứng được yêu cầu của các hộ dùng điện và điều kiện của HTĐ.

– Có hiệu quả kinh tế cao: chế độ thoả mãn độ tin cậy và đảm bảo chất lượng điện năng được thực hiện với chi phí sản xuất điện, truyền tải và phân phối điện năng nhỏ nhất.

– Đảm bảo an toàn điện: phải đảm bảo an toàn cho người vận hành, người dùng điện và thiết bị phân phối điện.

❖ *CĐXL sau sự cố, yêu cầu là:*

Các yêu cầu mục a được giảm đi nhưng chỉ cho phép kéo dài trong một thời gian ngắn, sau đó phải có biện pháp hoặc là thay đổi thông số của chế độ hoặc là thay đổi sơ đồ hệ thống để đưa chế độ này về về CĐXL bình thường.

❖ *Chế độ quá độ (CĐQĐ), yêu cầu là:*

– Chấm dứt một cách nhanh chóng bằng CĐXL bình thường hay CĐXL sau sự cố.

– Trong thời gian quá độ các thông số biến đổi trong giới hạn cho phép như: giá trị của dòng điện ngắn mạch, điện áp tại các nút của phụ tải khi ngắn mạch...

– Các yêu cầu của HTĐ được xét đến khi thiết kế và được bảo đảm bằng cách điều chỉnh thường xuyên trong quá trình vận hành HTĐ.

2.1.2. *Khái niệm về ổn định HTĐ*

2.1.2.1 *Cân bằng công suất*

Điều kiện cần để CĐXL có thể tồn tại là sự cân bằng công suất tác dụng (CSTD) và công suất phản kháng (CSPK). Công suất do các nguồn sinh ra phải bằng công suất do các phụ tải tiêu thụ cộng với tổn thất công suất trong các phần tử của HTĐ.

$$P_F = P_{pt} + \Delta P = P \quad (2.1)$$

$$Q_F = Q_{pt} + \Delta Q = Q \quad (2.2)$$

Giữa CSTD và CSPK có mối quan hệ:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (2.3)$$

Cho nên các điều kiện cân bằng công suất (2.1) và (2.2) không thể xét một cách độc lập mà lúc nào cũng phải xét đến mối quan hệ giữa chúng.

Tuy vậy trong thực tế tính toán và vận hành HTĐ một cách gần đúng có thể xem sự biến đổi của CSTD và CSPK tuân theo các quy luật riêng biệt ít ảnh hưởng đến nhau.

Đó là:

– Sự biến đổi CSTD chỉ có ảnh hưởng đến tần số của HTĐ, ảnh hưởng của nó đến điện áp không đáng kể. Như vậy tần số có thể xem là chỉ tiêu để đánh giá sự cân bằng CSTD.

– Sự biến đổi của CSPK ảnh hưởng chủ yếu đến điện áp của HTĐ. Như vậy có thể xem điện áp là chỉ tiêu để đánh giá sự cân bằng CSPK.

Trong khi vận hành HTĐ các điều kiện cân bằng công suất (2.1) và (2.2) được đảm bảo một cách tự nhiên. Các thông số của chế độ luôn giữ các giá trị sao cho các điều kiện cân bằng công suất được thoả mãn.

Ví dụ, khi xuất phát từ một vị trí cân bằng nào đó ta tăng CSTD của nguồn lên lập tức tần số sẽ tăng lên làm cho công suất tiêu thụ của phụ tải cũng tăng lên theo cho tới khi cân bằng với công suất của nguồn. Hay khi đóng thêm một phụ tải CSPK thì lập tức điện áp toàn hệ thống sẽ giảm làm cho các phụ tải phản kháng khác sẽ giảm đi cho tới khi đạt lại sự cân bằng CSPK. Tất nhiên sự điều chỉnh này chỉ thực hiện được trong phạm vi cho phép.

Các điều kiện cân bằng công suất (2.1) và (2.2) và (2.3) là các cơ sở xuất phát để tính toán các chế độ của HTĐ. Từ các điều kiện ấy ta tính được các thông số của chế độ U, I, P, Q...

Để đảm bảo sự làm việc đúng đắn của phụ tải điện và HTĐ, quy định các giá trị cân bằng cho CSTD và CSPK như sau:

- Công suất tác dụng là cân bằng khi tần số của hệ thống bằng tần số đồng bộ f (50 hay 60 Hz) hoặc là nằm trong giới hạn cho phép: $f_{cp\ min} \leq f \leq f_{cp\ max}$.
- Công suất phản kháng là cân bằng khi điện áp tại các nút của HTĐ nằm trong giới hạn cho phép: $U_{cp\ min} \leq U \leq U_{cp\ max}$.

Khi điện áp và tần số lệch khỏi các giá trị cho phép thì xem như sự cân bằng công suất không đảm bảo và cần có biện pháp để bảo đảm chúng.

Sự cân bằng CSTD có tính chất toàn hệ thống. Vì ở tất cả các điểm trên hệ thống tần số luôn có giá trị chung. Việc đảm bảo tần số do đó dễ thực hiện, chỉ cần điều chỉnh công suất tại một nhà máy nào đó.

Trái lại, sự cân bằng CSPK mang tính chất cục bộ thừa chỗ này thiếu chỗ khác. Việc điều chỉnh CSPK phức tạp không thể thực hiện chung cho toàn bộ hệ thống được.

Trong HTĐ, máy phát điện (MP) là phần tử quyết định sự làm việc của toàn hệ thống, vì vậy sự cân bằng CSTD trên trục roto của các MP đóng vai trò quan trọng quyết định sự tồn tại của CĐXL. Đây là sự cân bằng Cơ - Điện, nghĩa là sự cân bằng giữa công suất cơ học của tuabin P_{TB} và công suất điện P_{MP} do MP phát ra: $P_{TB} = P_{MP}$.

Như trên đã nói, sự cân bằng CSTD có tính chất toàn hệ thống cho nên bất cứ sự mất cân bằng nào xảy ra ở bất cứ đâu cũng đều tức khắc tác động lên MP và gây ra sự mất cân bằng cơ điện ở đây.

Đối với CSPK sự cân bằng ở các nút phụ tải lớn có ý nghĩa quan trọng hơn cả.

Còn đối với các phụ tải quay cũng có sự cân bằng cơ điện công suất điện của lưới P_{PT} và công suất cơ P_C của các máy công cụ: $P_C = P_{PT}$.

2.1.2.2 Khái niệm ổn định HTĐ

Thực tế trong hệ thống điện tồn tại vô số kích động (nhiều) tác động lên hệ thống. Hệ thống phải đảm bảo được tính ổn định khi chịu các kích động này. Ổn định hệ thống điện là khả năng trở lại vận hành bình thường hoặc ổn định sau khi chịu các kích động mà điều kiện cân bằng công suất không bị phá hủy.

Các kích động đối với chế độ HTĐ được chia làm 2 loại: các kích động nhỏ và các kích động lớn.

- Kích động nhỏ (nhiều nhỏ) là những tác động xảy ra liên tục và có biên độ nhỏ trong khi hệ thống vận hành do sự thay đổi công suất phụ tải.

- Các kích động lớn xảy ra ít hơn so với kích động nhỏ nhưng có biên độ khá lớn. Các kích động lớn có thể được hiểu như:

- Ngắn mạch trên các phần tử của lưới điện
- Đóng cắt đột ngột các phụ tải lớn
- Cắt đường dây tải điện hoặc máy điện đang mang tải.

Trong các dạng kích động nói trên thì ngắn mạch là nguy hiểm hơn cả, vì vậy ổn định động của HTĐ được xét cho trường hợp xảy ra ngắn mạch.

Các loại ngắn mạch gồm có: 1 pha chạm đất; hai pha; hai pha chạm đất; ba pha.

Thống kê cho thấy rằng 70 - 90% tổng số ngắn mạch là ngắn mạch một pha chạm đất, 5 - 15% ngắn mạch hai pha các loại, còn ngắn mạch ba pha chỉ xảy ra có 5 - 10%. Tuy ít xảy ra nhưng ngắn mạch ba pha nguy hiểm hơn cả vì nó làm cho mối liên hệ giữa nhà máy và phụ tải, giữa các nhà máy điện với nhau hoàn toàn gián đoạn, độ giảm công suất đạt giá trị cực đại làm cho MP dao động mạnh. Sau ngắn mạch ba pha là ngắn mạch hai pha chạm đất.

Ổn định động của HTĐ được tính với ngắn mạch 3 pha, 2 pha chạm đất và 1 pha. Một điều cần nhắc lại và nhấn mạnh là khi xét quá trình quá độ cơ điện xảy ra với các

kích động lớn, chừng nào mà HTĐ vẫn chưa mất ổn định thì tốc độ góc thay đổi rất nhỏ và thực tế vẫn xem như tốc độ góc bằng tốc độ đồng bộ.

2.1.3. Phân loại ổn định HTĐ

2.1.3.1 Ổn định tĩnh

Ổn định tĩnh là khả năng hệ thống điện phục hồi được chế độ ban đầu hoặc rất gần chế độ ban đầu sau những kích động nhỏ (nhiều nhỏ)

Các kích động nhỏ tác động lên roto của máy phát, phá hoại sự cân bằng công suất ban đầu làm cho CĐXL tương ứng bị dao động. CĐXL muốn duy trì thì phải chịu được các kích động nhỏ này, có nghĩa là sự cân bằng công suất phải được khôi phục sau các kích động nhỏ, trong trường hợp này ta nói hệ có ổn định tĩnh.

Như vậy ổn định tĩnh là điều kiện để một CĐXL tồn tại trong thực tế.

2.1.3.2 Ổn định động

Ổn định động là khả năng hệ thống điện khôi phục lại chế độ làm việc ban đầu hoặc rất gần chế độ ban đầu sau những kích động lớn (nhiều lớn) [1]

Các kích động lớn tác động làm cho cân bằng công suất cơ – điện bị phá vỡ đột ngột, CĐXL tương ứng bị dao động rất mạnh. Nếu hệ thống điện chịu được các kích động này mà CĐXL không bị phá hoại thì ta nói hệ có tính ổn định động.

Như vậy ổn định động là điều kiện để cho chế độ của hệ thống điện tồn tại lâu dài.

2.2. Các tiêu chuẩn đánh giá ổn định tĩnh

2.2.1. Tiêu chuẩn năng lượng

❖ Định nghĩa ổn định theo năng lượng

Một hệ ở chế độ xác lập khi có sự cân bằng giữa năng lượng phát và năng lượng tiêu thụ. Mỗi chế độ xác lập sẽ tương thích với các thông số xác định trạng thái hệ. Nếu có nhiễu (kích động) làm các thông số này thay đổi theo hướng khuếch đại thì hệ sẽ không ổn định. Điều này xảy ra khi năng lượng phát lớn hơn năng lượng tiêu tán. Tiêu chuẩn năng lượng về ổn định hệ được mô tả qua bất đẳng thức sau:

$$\frac{\Delta W}{\Delta \Pi} < 0 \quad (2.4)$$

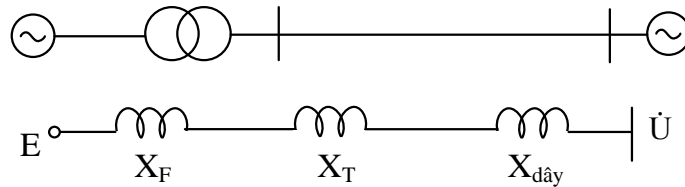
Với: $\Delta \Pi$ – gia số thông số

ΔW – năng lượng dư và $\Delta W = \Delta W_F - \Delta W_t$

$\Delta W_F, \Delta W_t$ – số gia năng lượng phát và tiêu tán

Xét hệ thống điện trên hình 2.1, theo tiêu chuẩn năng lượng thì hệ sẽ ổn định nếu:

$$\frac{\Delta P_T - \Delta P(\delta)}{\Delta \delta} < 0$$



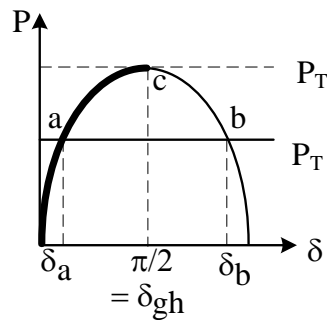
Hình 2.1: Hệ thống điện đơn giản và sơ đồ tương đương

Tham số trạng thái ở đây là góc δ , năng lượng phát là công suất cơ P_T (công suất tuabin) còn năng lượng tiêu tán chính là công suất máy phát đổ về hệ thống. Do chấp nhận giả thiết công suất P_T không đổi nên biểu thức trên được viết lại:

$$\frac{-\Delta P(\delta)}{\Delta \delta} < 0 \leftrightarrow \frac{dP}{d\delta} > 0 \quad (2.5)$$

Có thể kiểm định (2.5) bằng cách lập luận từ hình 2.2 sau:

Giả sử lúc đầu hệ thống ở chế độ xác lập (điểm a) tương ứng góc δ_a . Do kích động nào đó δ_a tăng lên một lượng thì do $P > P_T$ nên rôto bị hãm lại, hệ quả là góc δ quay về vị trí δ_a . Ngược lại, khi δ giảm thì do $P < P_T$ nên rôto sẽ tăng tốc và kết quả là góc δ về lại vị trí δ_a . Vậy điểm a là điểm cân bằng và ổn định.



Hình 2.2: Miền làm việc ổn định của hệ thống điện đơn giản (đậm)

Tại điểm b, giả sử góc δ tăng lên tới trị $\delta_b + \Delta \delta$ thì do $P < P_T$ nên rôto sẽ tăng tốc và kết quả là góc δ tiếp tục tăng lên. Như vậy điểm b là điểm cân bằng nhưng không ổn định.

Nếu hệ thống làm việc tại điểm c thì, giả sử góc δ_c tăng tới $\delta_c + \Delta\delta$, khi đó do $P < P_T$ nên góc δ tiếp tục tăng. Còn nếu δ_c giả sử giảm đi một lượng $\Delta\delta$, do $P > P_T$ nên góc δ sẽ tăng và quay về trị δ_c . Như vậy điểm c là điểm giới hạn ổn định.

Đại lượng $C_{Eq} = \left. \frac{\partial P_{Eq}}{\partial \delta} \right|_{\delta=\delta_0}$ được gọi là hệ số công suất đồng bộ. Chỉ số E_q ở đây tương ứng với công suất được tính theo E_q và tương ứng với trường hợp máy phát không có tự động điều chỉnh kích từ.

Góc tương ứng với điểm c cho thấy công suất cơ sẽ cắt công suất điện từ tại một điểm duy nhất và do vậy với hệ thống đã cho thì không thể nâng công suất cơ lên được nữa vì sẽ không tồn tại chế độ làm việc của hệ. Công suất điện từ tại điểm c là: $P_{gh} = P_{max}$

Miền làm việc ổn định của hệ tương ứng với nửa bên trái của đường cong trên (từ góc $0 \div \pi/2$).

2.2.2. Phương pháp dao động bé

Một hệ thống thường được mô tả bởi hệ phương trình vi phân sau:

$$\dot{x} = f(x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_r, t)$$

Với x – vector trạng thái; u – vector ngõ vào của hệ (nhiều).

Khai triển phương trình trên vào chuỗi Taylor và bỏ qua các đạo hàm bậc cao

$$\Delta \dot{x}_i = \frac{\partial f_i}{\partial x_1} \Delta x_1 + \dots + \frac{\partial f_i}{\partial x_n} \Delta x_n + \frac{\partial f_i}{\partial u_1} \Delta u_1 + \dots + \frac{\partial f_i}{\partial u_r} \Delta u_r$$

hay viết dưới dạng ma trận: $\Delta \dot{x} = A \Delta x + B \Delta u$

Khi $\Delta u = 0$, có phương trình mô tả chuyển động tự do: $\Delta \dot{x} = A \Delta x$

Giá trị riêng của ma trận thường được gán bởi các giá trị của tham số λ khi không có lời giải tầm thường cho phương trình: $A \Phi = \lambda \Phi$

Trong đó

A là ma trận $n \times n$ (đối với hệ thống vật lý như hệ thống điện)

Φ là vector $n \times 1$

Tìm trị riêng của $A \Phi = \lambda \Phi$ theo phương trình: $(A - \lambda I) \Phi = 0$

Khi nghiệm là không tầm thường thì: $\det(A - \lambda I) = 0$

Việc khai triển định thức cho ra phương trình đặc trưng, m nghiệm $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ gọi là những trị riêng của A .

Quan hệ giữa nghiệm phương trình đặc trưng và ổn định:

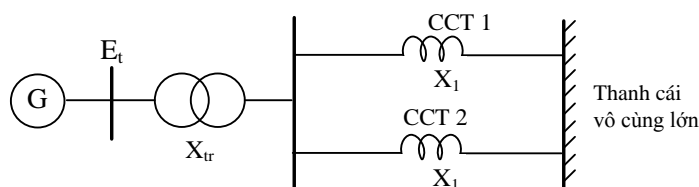
- Khi nghiệm là thực sẽ có trạng thái không dao động. Nếu nghiệm là thực dương tương ứng với mất ổn định không chu kỳ.
- Khi nghiệm là phức thì chúng sẽ xuất hiện dưới dạng cặp liên hợp và sẽ có trạng thái dao động. Nếu nghiệm có phần thực dương sẽ cho ra mất ổn định dao động.

2.3. Các tiêu chuẩn đánh giá ổn định động

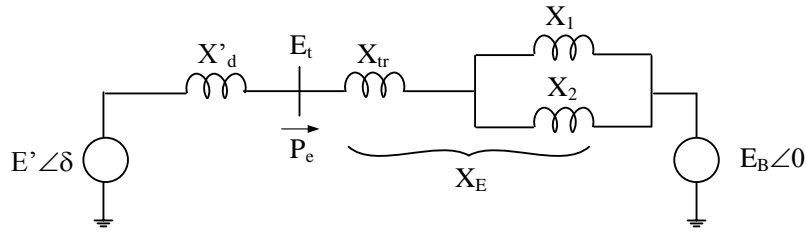
2.3.1. Phương pháp điện tích

Xét hệ thống điện gồm một máy phát nối với thanh cái vô cùng lớn qua hai đường dây truyền tải. Như đã trình bày ở trên, thanh cái vô cùng lớn đại diện cho một nguồn điện áp có biên độ và tần số không đổi.

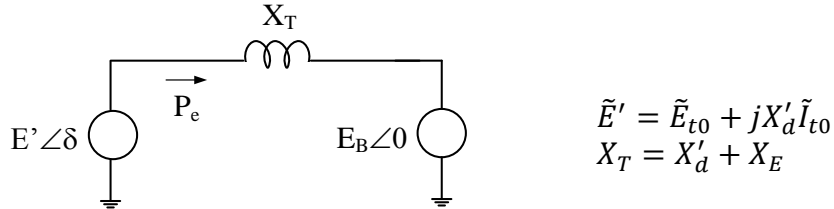
Chúng ta sẽ tìm hiểu các khái niệm cơ bản và nguyên lý của ổn định động bằng cách phân tích đáp ứng hệ thống với các kích động lớn, sử dụng mô hình đơn giản. Bỏ qua điện trở của các phần tử. Hệ thống tương ứng được biểu diễn trên hình 2.3, mô hình tương đương (hình 2.4a) và dạng rút gọn của mô hình hệ thống (hình 2.4b). Điện áp sau điện kháng quá độ (X'_d) là E' . Góc rotor δ là góc sớm pha của E' so với E_B . Khi hệ thống bị kích động, biên độ của E' không đổi so với lúc trước khi bị sự cố và δ thay đổi khi tốc độ rotor máy phát lệch khỏi tốc độ đồng bộ ω_0 .



Hình 2.3: Mô hình một máy phát nối với thanh cái vô cùng lớn



(a) Mô hình mạch tương đương



(b) Mạch tương đương rút gọn

Hình 2.4: Biểu diễn hệ thống bằng mô hình máy phát cơ điện.

Toàn bộ quá trình quá độ cơ điện xảy ra khi ngắn mạch gồm 3 giai đoạn, trước khi ngắn mạch, trong khi ngắn mạch và sau khi ngắn mạch. Để có thể khảo sát ổn định động ta phải xây dựng các đường đặc tính công suất tương ứng.

❖ Đặc tính công suất trước khi ngắn mạch

Công suất điện ngõ ra máy phát là:

$$P_e = P_I = \frac{E' \cdot E_B}{X_T} \sin \delta = P_{\max} \sin \delta \quad (2.6)$$

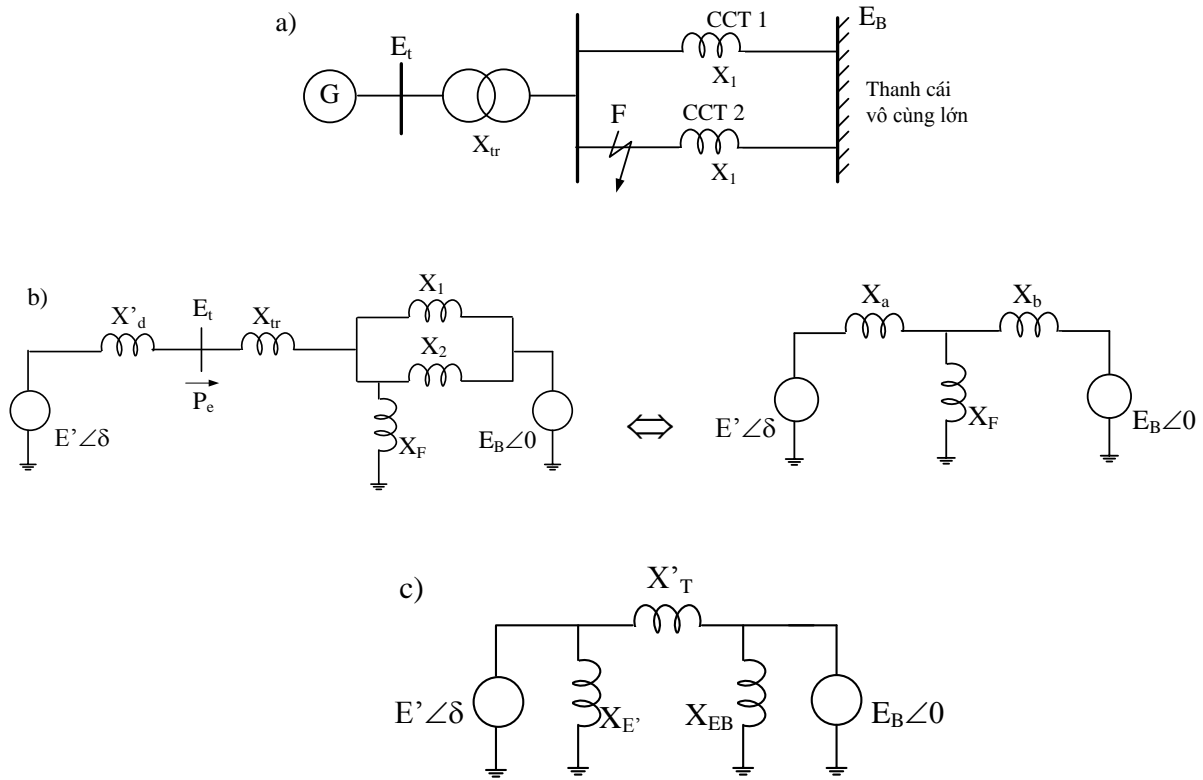
Trong đó

$$P_{\max} = \frac{E' \cdot E_B}{X_T} \quad (2.7)$$

Bởi vì chúng ta bỏ qua điện trở stator nên P_e đại diện cho công suất khe hở không khí hay công suất đầu cực.

Đặc tính công suất trước khi ngắn mạch sử dụng để tính chế độ ban đầu. Khi biết công suất tải P , Q , E_B ta phải tính E' , δ_0 (góc giữa E' và E_B) và CSTD do máy phát phát ở chế độ ban đầu P_0 .

❖ Đặc tính công suất khi ngắn mạch



- a) Sơ đồ hệ thống khi bị ngắn mạch tại F,
 b) Sơ đồ thay thế tương đương,
 c) Sơ đồ tương đương rút gọn

Hình 2.5: Sơ đồ hệ thống và sơ đồ thay thế khi ngắn mạch

Trong sơ đồ thay thế tương đương, tại điểm ngắn mạch F có thêm điện kháng ngắn mạch X_F (bỏ qua điện trở) phụ thuộc vào dạng ngắn mạch.

Để có thể tính được đường đặc tính công suất, phải biến đổi sơ đồ 2.5b về dạng rút gọn là sơ đồ 2.5c bằng phương pháp biến đổi sao – tam giác.

Ta có:
$$X'_T = X_a + X_b + \frac{X_a X_b}{X_F}$$

Đường đặc tính công suất sẽ là

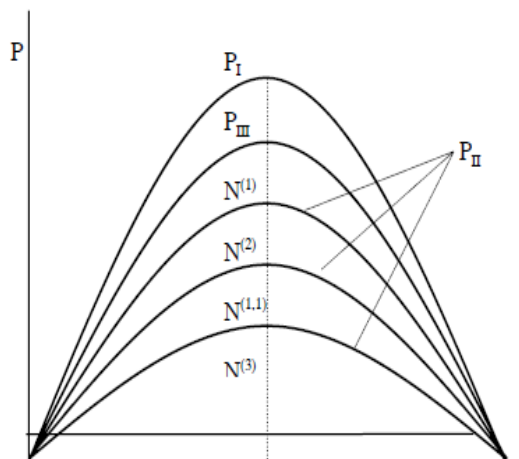
$$P_{II} = \frac{E' \cdot E_B}{X'_T} \sin \delta \quad (2.8)$$

Từ (2.8) có thể nhận thấy ảnh hưởng của các dạng ngắn mạch đến đường đặc tính công suất.

Khi ngắn mạch 3 pha $X_F = 0$ do đó $X'_T = \infty$ khi đó $P_{II} = 0$, như vậy có nghĩa là khi ngắn mạch 3 pha công suất điện phát ra bằng 0, liên lạc giữa máy phát và thanh cái nhận điện bị cắt đứt hoàn toàn. Trên đồ thị ta thấy khi ngắn mạch 3 pha thực ra P_{II} sẽ không bằng 0 mà còn có giá trị rất nhỏ, đó là tổn thất CSTD do điện trở của stator máy phát,

máy biến áp và đường dây từ máy phát đến chỗ ngắn mạch. Khi ngắn mạch 2 pha chạm đất, sự liên lạc có song rất kém nên đường đặc tính công suất có biên độ thấp hơn so với ngắn mạch 2 pha hoặc 1 pha chạm đất (hình 2.5).

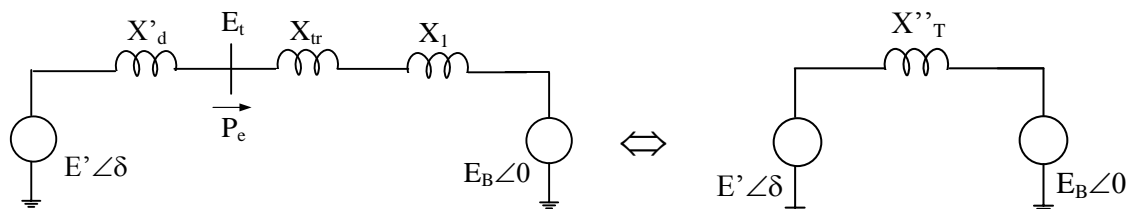
So sánh P_{II} và P_I ta thấy $P_{I\max} > P_{II\max}$ vì $X_T < X'_T$.



Hình 2.6: Đồ thị đặc tính công suất

❖ Đường đặc tính công suất sau khi cắt ngắn mạch

Sau khi cắt ngắn mạch, đường dây bị ngắn mạch được cắt ra khỏi hệ thống, đường dây tải điện chỉ còn lại 1 lộ (hình 2.7).



Hình 2.7: Sơ đồ tương đương của hệ thống sau khi cắt ngắn mạch

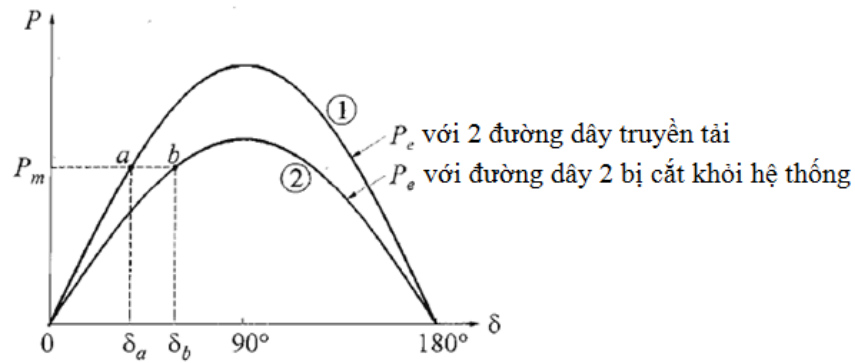
Đường đặc tính công suất:

$$P_{III} = \frac{E' \cdot E_B}{X''_T} \sin \delta \quad (2.9)$$

Trong đó $X''_T = X'_d + X_{tr} + X_l$

Biên độ của P_{III} sẽ nằm giữa P_I và P_{II}

Xét một hệ thống đang làm việc ổn định với hai đường dây truyền tải như hình 2.5(a), mối quan hệ góc – công suất được thể hiện trên đường cong 1 hình 2.8. Với công suất cơ ngõ vào P_m bằng công suất điện ngõ ra P_e , điểm làm việc ổn định được biểu diễn bởi điểm a trên đường cong và góc rotor tương ứng là δ_a .



Hình 2.8: Mối quan hệ góc – công suất

Nếu một trong hai đường dây bị cắt khỏi hệ thống, điện kháng X_T sẽ lớn hơn. Mối quan hệ góc – công suất được thể hiện trên đường cong 2 ở hình 2.8. Công suất cực đại bị giảm thấp hơn. Với công suất cơ ngõ vào P_m , góc rotor lúc này là δ_b tương ứng với điểm làm việc b trên đường cong 2; với giá trị điện kháng lớn hơn, góc rotor cũng lớn hơn để truyền tải cùng một lượng công suất.

Trong thời gian bị sự cố, góc δ thay đổi nhưng độ biến thiên tốc độ ($\Delta\omega_r = d\delta/dt$) rất nhỏ so với tốc độ đồng bộ ω_0 . Do đó thực tế tốc độ máy phát coi như bằng ω_0 và momen đầu cực máy phát tính trong hệ đơn vị tương đối (pu) được xem như bằng công suất đầu cực máy phát (pu). Vì vậy chúng ta sử dụng momen và công suất thay đổi qua lại cho nhau khi đề cập đến phương trình chuyển động rotor.

❖ Phương trình chuyển động rotor.

$$\frac{2H d^2\delta}{\omega_0 dt^2} = P_m - P_{\max} \sin\delta \quad (2.10)$$

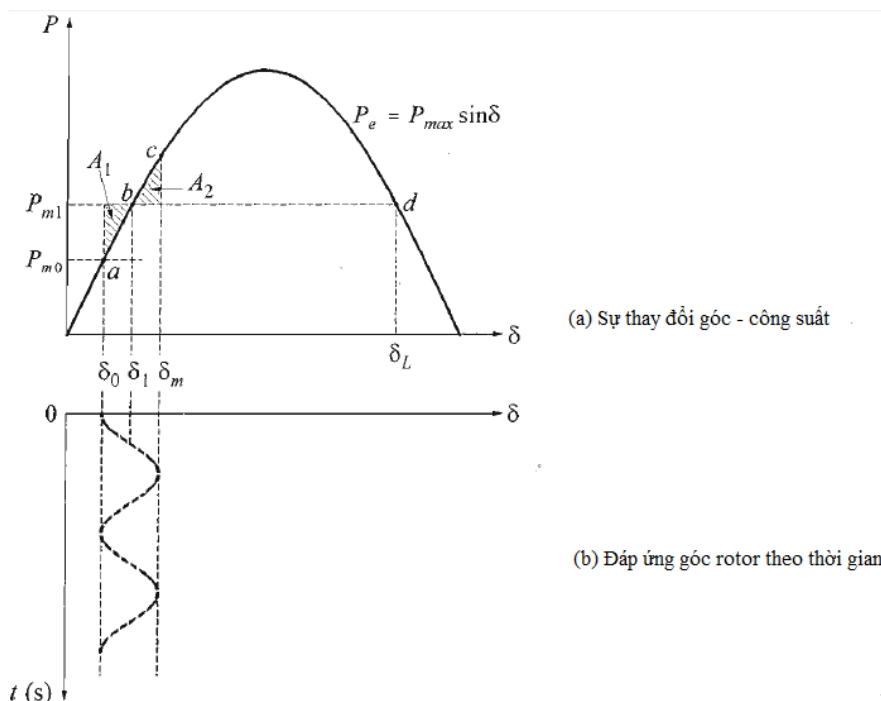
Trong đó

- P_m = công suất cơ (pu)
- P_{\max} = công suất điện cực đại (pu)
- H = hằng số quán tính (MWs/ MVA)
- δ = góc rotor (rad)
- t = thời gian (s)

❖ Đáp ứng đối với sự thay đổi công suất cơ P_m

Với hệ thống đang làm việc ổn định với hai đường dây truyền tải, chúng ta sẽ tìm hiểu chế độ quá độ của hệ thống bằng cách tăng công suất cơ đột ngột từ giá trị ban đầu P_{m0} tới P_{m1} (hình 2.9a). Do quán tính của rotor nên góc rotor không thể thay đổi một cách tức thời từ giá trị ban đầu δ_0 tới δ_1 ứng với điểm cân bằng mới là b mà tại đó $P_e =$

P_{m1} . Lúc này công suất cơ lớn hơn công suất điện. Momen tăng tốc sẽ làm cho rotor tăng tốc từ điểm làm việc ban đầu là a tới điểm cân bằng mới b , trượt theo đường cong $P_e - \delta$ theo một tỉ lệ được xác định bằng phương trình chuyển động. Độ chênh lệch giữa P_{m1} và P_e ở một thời điểm bất kỳ được gọi là công suất tăng tốc.



Hình 2.9: Đáp ứng đối với sự thay đổi công suất cơ

Khi tiến tới điểm b , công suất tăng tốc bằng 0, nhưng tốc độ rotor vẫn cao hơn tốc độ đồng bộ ω_0 . Do đó góc rotor tiếp tục tăng. Đối với các giá trị của δ lớn hơn δ_1 , P_e cao hơn P_{m1} và vì thế rotor giảm tốc. Khi góc rotor đạt giá trị cực đại δ_m tại điểm c , tốc độ rotor bằng tốc độ đồng bộ ω_0 nhưng $P_e > P_{m1}$ nên rotor tiếp tục giảm tốc độ xuống dưới ω_0 , điểm làm việc trượt theo đường cong $P_e - \delta$ từ c đến b rồi sau đó tới a . Góc rotor dao động không xác định xung quanh góc cân bằng mới với biên độ không đổi như trên đồ thị thời gian của δ ở hình 2.9b.

Theo phân tích ở trên, chúng ta bỏ qua tất cả điện trở và các nguồn dập tắt, sử dụng mô hình máy phát cổ điển. Vì thế rotor vẫn dao động sau nhiễu loạn. Thực tế, có nhiều nguồn dập tắt tích cực bao gồm sự thay đổi từ thông kích từ và các cuộn cảm rotor. Do đó nếu xét hệ thống với ổn định tín hiệu nhỏ thì dao động sẽ bị dập tắt.

2.3.2. Tiêu chuẩn cân bằng điện tích

Đối với mô hình hệ thống trên, không nhất thiết phải giải phương trình chuyển động để xác định góc rotor tăng không xác định hay dao động xung quanh vị trí cân

bằng. Chúng ta có thể sử dụng đồ thị góc – công suất ở hình 1.6 để biết được góc tới hạn δ_m và giới hạn ổn định. Mặc dù phương pháp này không thể áp dụng cho hệ nhiều máy với mô hình chi tiết về máy đồng bộ nhưng nó giúp chúng ta hiểu được các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến ổn định động của một hệ thống bất kỳ.

Mối quan hệ giữa góc rotor và công suất tăng tốc:

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_0}{2H} (P_m - P_e) \quad (2.11)$$

P_e là một hàm không tuyến tính của δ vì vậy phương trình trên không thể giải một cách trực tiếp. Nếu nhân hai vế cho $2d\delta/dt$ thì

$$2 \frac{d\delta}{dt} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\omega_0(P_m - P_e)}{H} \frac{d\delta}{dt} \quad (2.12)$$

Hay

$$\frac{d}{dt} \left[\frac{d\delta}{dt} \right]^2 = \frac{\omega_0(P_m - P_e)}{H} \frac{d\delta}{dt} \quad (2.13)$$

Tích phân cho ra

$$\left[\frac{d\delta}{dt} \right]^2 = \int \frac{\omega_0(P_m - P_e)}{H} d\delta \quad (2.14)$$

Độ biến thiên tốc độ $d\delta/dt$ ban đầu bằng 0. Khi có nhiễu loạn nó sẽ thay đổi. Trong điều kiện vận hành ổn định, độ biến thiên góc δ phải được giới hạn, nó tiến đến một giá trị cực đại và sau đó đổi chiều. Như vậy để đạt được sự ổn định độ biến thiên tốc độ $d\delta/dt$ phải bằng 0 ở một thời điểm nào đó sau nhiễu loạn. Do đó ta có tiêu chuẩn ổn định như sau:

$$\int_{\delta_0}^{\delta_m} \frac{\omega_0}{H} (P_m - P_e) d\delta = 0 \quad (2.15)$$

Trong đó δ_0 là góc rotor ban đầu và δ_m là góc tới hạn (hình 1.6). Trong hình 2.13 để thỏa mãn tiêu chuẩn ổn định theo phương trình (1.10) thì diện tích A_1 phải bằng diện tích A_2 . Động năng tích lũy bởi rotor trong quá trình tăng tốc khi δ thay đổi từ δ_0 đến δ_1 . Năng lượng tích lũy là:

$$E_1 = \int_{\delta_0}^{\delta_1} (P_m - P_e) d\delta = \text{diện tích } A_1 \quad (2.16)$$

Năng lượng mất đi trong quá trình giảm tốc khi δ thay đổi từ δ_1 đến δ_m là:

$$E_2 = \int_{\delta_1}^{\delta_m} (P_e - P_m) d\delta = \text{diện tích } A_2 \quad (2.17)$$

Bỏ qua các tổn hao, năng lượng tích lũy bằng với năng lượng được giải phóng, vì vậy diện tích A_1 bằng diện tích A_2 . Đây là điều cơ bản của tiêu chuẩn cân bằng diện tích. Nó giúp chúng ta có thể xác định được biên độ dao động của δ và vì vậy xác định sự ổn định của hệ thống.

Tiêu chuẩn này có thể được sử dụng để xác định độ tăng công suất cơ P_m lớn nhất cho phép đối với hệ thống trên. Sự ổn định được duy trì chỉ khi diện tích A_2 ít nhất phải bằng diện tích A_1 . Nếu $A_1 > A_2$ thì $\delta_m > \delta_L$ và hệ thống sẽ mất ổn định. Đó là vì khi $\delta > \delta_L$ thì $P_{m1} > P_e$ và momen sẽ có xu hướng tăng tốc.

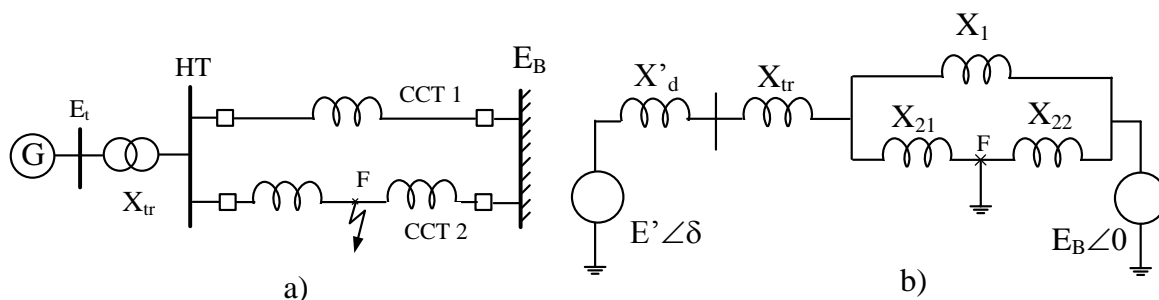
Tiếp theo chúng ta sẽ tìm hiểu đáp ứng của hệ thống đối với sự cố ngắn mạch trên đường dây truyền tải, đây là một dạng sự cố mà chúng ta thường xét đến khi nghiên cứu ổn định động.

❖ Đáp ứng đối với sự cố ngắn mạch

Xét đáp ứng của hệ thống đối với một sự cố ngắn mạch 3 pha xảy ra tại vị trí F trên đường dây truyền tải số 2. Mạch tương đương tương ứng, giả thiết theo mô hình máy phát cổ điển. Sự cố được xóa sau khi mở máy cắt ở hai đầu của đường dây 2, thời gian xóa sự cố phụ thuộc vào thời gian tác động của rơ le và máy cắt.

Nếu vị trí sự cố F ở đầu đường dây (thanh cái HT) thì công suất truyền tải đến thanh cái vô cùng lớn sẽ bằng 0. Dòng ngắn mạch từ máy phát sẽ chảy qua điện kháng thuần đến vị trí sự cố. Vì vậy, chỉ có công suất phản kháng chảy còn công suất tác dụng P_e và momen điện tương ứng T_e ở khe hở không khí đều bằng 0 trong thời gian bị sự cố. Nếu tính cả điện trở stator máy phát và máy biến áp trong mô hình thì P_e sẽ có một giá trị nhỏ, đó là tổn thất CSTD do điện trở.

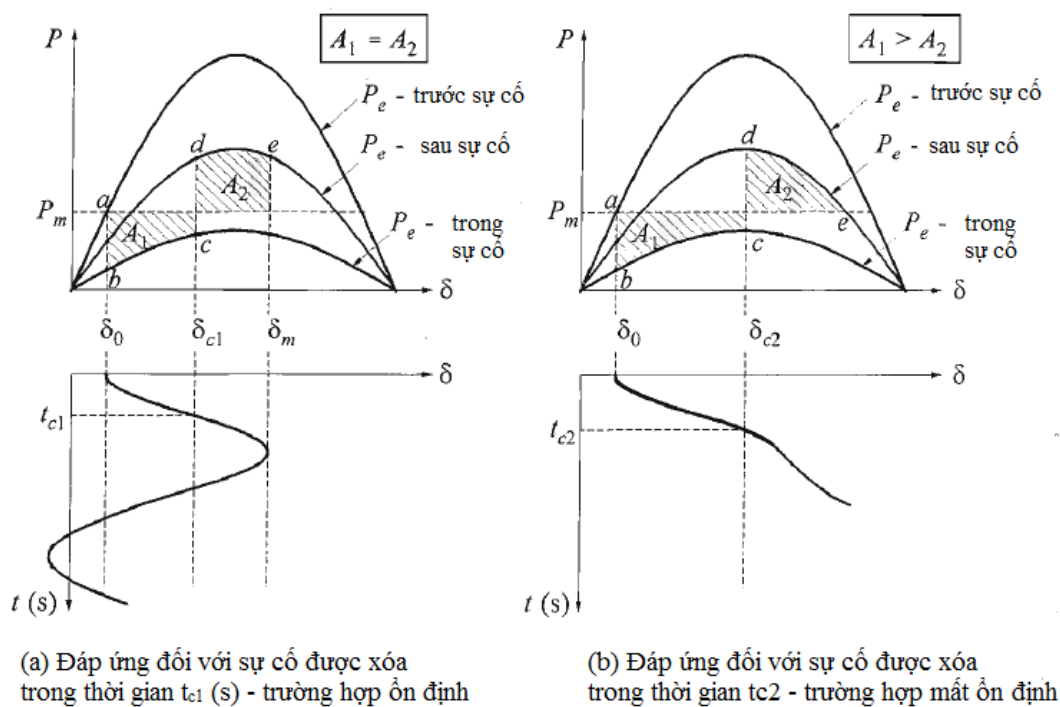
Nếu vị trí sự cố F ở một khoảng cách nào đó xa đầu thanh cái HT như ở hình 1.7(a) và (b) thì vẫn có CSTD truyền đến thanh cái vô cùng lớn trong thời gian bị sự cố.



Hình 2.10: Sự cố ngắn mạch xảy ra tại F (a) và mạch tương đương (b)

Hình 2.10(a) và (b) biểu diễn đồ thị $P_e - \delta$ trong ba trường hợp: trước sự cố (hai đường dây làm việc bình thường), trong khi bị sự cố (ngắn mạch 3 pha tại F), và sau sự cố (đường dây 2 được cắt ra khỏi hệ thống). Hình 2.10(a) xét hoạt động của hệ thống với thời gian xóa sự cố là t_{c1} , ứng với trường hợp ổn định. Hình 2.10(b) xét hoạt động của hệ thống với thời gian xóa sự cố lâu hơn là t_{c2} , ứng với trường hợp hệ thống mất ổn định. Giả thiết P_m không đổi trong hai trường hợp trên.

- Trường hợp ổn định ở hình 2.10(a)



Hình 2.11: Minh họa hiện tượng ổn định động

Ban đầu hệ thống hoạt động bình thường do đó $P_e = P_m$ và $\delta = \delta_0$. Khi sự cố xảy ra, do quán tính của rotor góc δ chưa kịp thay đổi tức thời mà vẫn giữ giá trị δ_0 nhưng công suất điện giảm thấp nên điểm làm việc rơi từ điểm a xuống b. Lúc này do $P_m > P_e$ nên rotor sẽ tăng tốc cho đến khi điểm làm việc tiến đến c, đó là khi sự cố được xóa bằng cách cắt đường dây 2 ra khỏi hệ thống. Sự cố được khắc phục nên công suất điện tăng lên, điểm làm việc dịch tới d. Lúc này $P_e > P_m$ nên rotor giảm tốc. Tuy nhiên tốc độ rotor vẫn còn lớn hơn tốc độ đồng bộ nên δ tiếp tục tăng cho đến khi động năng tích lũy trong quá trình tăng tốc (diện tích A_1) được tiêu thụ hết qua việc truyền tải năng lượng đó vào hệ thống. Điểm làm việc chuyển từ d tới e để cho diện tích A_2 bằng diện tích A_1 . Tại điểm e, tốc độ bằng ω_0 và δ tiến đến giá trị cực đại δ_m . Do P_e vẫn lớn hơn P_m nên rotor tiếp tục giảm tốc xuống dưới tốc độ ω_0 . Góc δ giảm và điểm làm việc trượt từ e về

d theo đường cong $P_e - \delta$ đối với hệ thống sau sự cố. Giá trị cực tiểu của δ vì vậy thỏa mãn tiêu chuẩn cân bằng diện tích cho hệ thống sau sự cố. Nếu không xét bất cứ nguồn dập tắt nào thì rotor sẽ tiếp tục dao động với biên độ không đổi

- *Trường hợp mất ổn định ở hình 2.10(b)*

Với thời gian cắt sự cố lâu hơn, hình 2.10(b), diện tích A_2 trên P_m nhỏ hơn A_1 . Khi điểm làm việc tiến đến e, động năng tích lũy trong quá trình tăng tốc chưa được tiêu thụ hoàn toàn do đó tốc độ rotor vẫn còn lớn hơn ω_0 và δ tiếp tục tăng. Qua khỏi điểm e, $P_e < P_m$ nên rotor bắt đầu tăng tốc trở lại. Tốc độ rotor và góc δ tiếp tục tăng dẫn đến mất đồng bộ.

2.3.3. Các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định động

Qua phân tích ở trên và tham khảo hình 2.10, chúng ta có thể kết luận rằng ổn định động của máy phát phụ thuộc các yếu tố sau:

- a) Tải của máy phát
- b) Ngõ ra máy phát trong thời gian sự cố. Điều này phụ thuộc vị trí sự cố và loại sự cố.
- c) Thời gian cắt sự cố
- d) Điện kháng hệ thống truyền tải sau sự cố.
- e) Điện kháng máy phát. Điện kháng thấp sẽ làm tăng công suất cực đại và làm giảm góc rotor ở thời điểm ban đầu.
- f) Quán tính máy phát. Quán tính càng lớn, tỉ lệ thay đổi góc rotor càng nhỏ. Nó sẽ giúp giảm động năng tích lũy trong thời gian sự cố, cụ thể là giảm diện tích A_1 .
- g) Biên độ điện áp bên trong máy phát (E'). Điều này phụ thuộc vào kích từ.
- h) Biên độ điện áp ở thanh cái vô cùng lớn E_B .

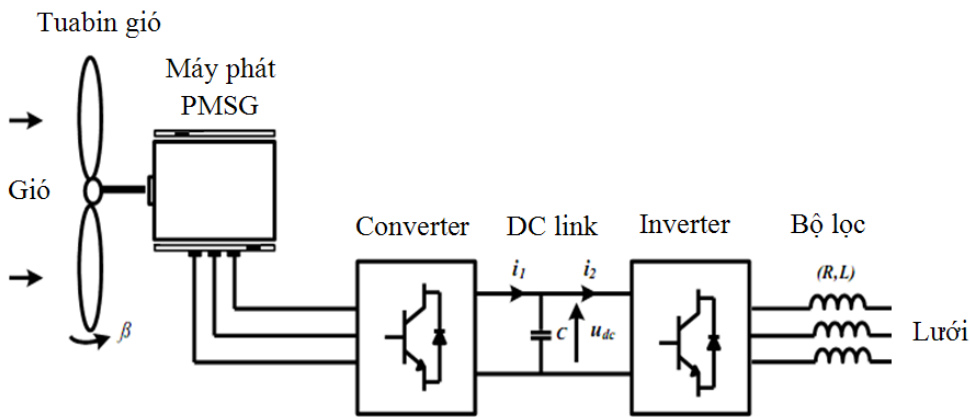
Để hiểu được các khái niệm cơ bản, chúng ta chỉ xem xét một hệ thống có những đặc tính đơn giản biểu diễn bằng một mô hình đơn giản. Điều này giúp chúng ta có thể phân tích ổn định bằng cách dùng đồ thị. Mặc dù đồ thị góc rotor là một hàm theo thời gian nhưng thực sự chúng ta không tính toán chúng vì vậy tỉ lệ thời gian không được xác định trên các đồ thị này. Thực tế công suất hệ thống có một cấu trúc mạng lưới rất phức tạp. Việc phân tích chính xác hiện tượng ổn định động đòi hỏi các mô hình chi tiết hơn cho máy phát và các thiết bị khác. Hiện tại, phương pháp hiệu quả thực tế nhất dùng

để phân tích ổn định động là mô phỏng miền thời gian trong đó các phương trình vi phân không tuyến tính được giải bằng kỹ thuật tích phân số phân đoạn liên tiếp.

Chương 3: Máy phát điện năng lượng gió và Pin mặt trời

3.1 Máy phát điện năng lượng gió

Hình 3.1 trình bày sơ đồ cấu trúc cơ bản của một máy phát điện gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMG (Permanent Magnet Generators) khi kết nối với lưới điện. Máy phát điện sử dụng hộp số nối với lưới điện chính thông qua bộ biến đổi công suất. Bộ chuyển đổi này được đặt giữa máy phát và lưới điện xoay chiều nên hoàn toàn không phụ thuộc vào tần số lưới.



Hình 3.1: Hệ thống máy phát đồng bộ - PMG

3.1.1 Tuabin gió

Công suất được tạo ra bởi một tua bin gió, P_{mw} từ động năng của gió và lệ thuộc vào hệ số công suất C_p theo biểu thức sau [9]:

$$P_{mw} = \frac{1}{2} \rho \cdot A_r \cdot V_w^3 \cdot C_p(\lambda, \beta_w) \quad (3.1)$$

Trong đó P_{mw} là công suất cơ rút ra bởi tua bin gió theo W , ρ là mật độ không khí kg/m^3 , $A_r = \pi R^2$ là bề mặt bị bao phủ bởi cánh quạt gió có bán kính R (m^2), V_w là tốc độ gió ở (m/s), C_p là hệ số công suất của tuabin gió, C_p có thể được biểu diễn bởi một hàm gần đúng của tỷ số tốc độ tại đầu cánh quạt t và góc cánh quạt β_w (độ) như sau

$$C_p(\lambda, \beta_w) = c_1 \left(\frac{c_2}{\lambda_i} - c_3 \beta_w - c_4 \beta_w^{c_5} - c_6 \right) \exp\left(\frac{-c_7}{\lambda_i}\right) \quad (3.2)$$

$$\text{Với } \frac{1}{\lambda_i} = \frac{1}{\lambda + c_3 \beta_w} - \frac{c_9}{\beta_w^3 + 1} \quad (3.3)$$

Tỷ số tốc độ đầu cánh quạt được xác định theo

$$\lambda = \frac{\omega_{tw} R_{blade}}{V_w} \quad (3.4)$$

Trong đó ω_{tw} là tốc độ theo rad/s và R_{blade} là độ dài cánh quạt hay bán kính tuabin (m) của tuabin gió.

3.1.2 Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu

Các phương trình toán học đặc trưng cho máy phát điện trên hệ tọa độ quay:

$$v_{qswp} = -r_{swp} i_{qswp} + \frac{p\psi_{qwp}}{\omega_b} + \frac{\omega_{rwp}}{\omega_b} \psi_{dwp} \quad (3.5)$$

$$v_{dswp} = -r_{swp} i_{dswp} + \frac{p\psi_{dwp}}{\omega_b} - \frac{\omega_{rwp}}{\omega_b} \psi_{qwp} \quad (3.6)$$

trong đó

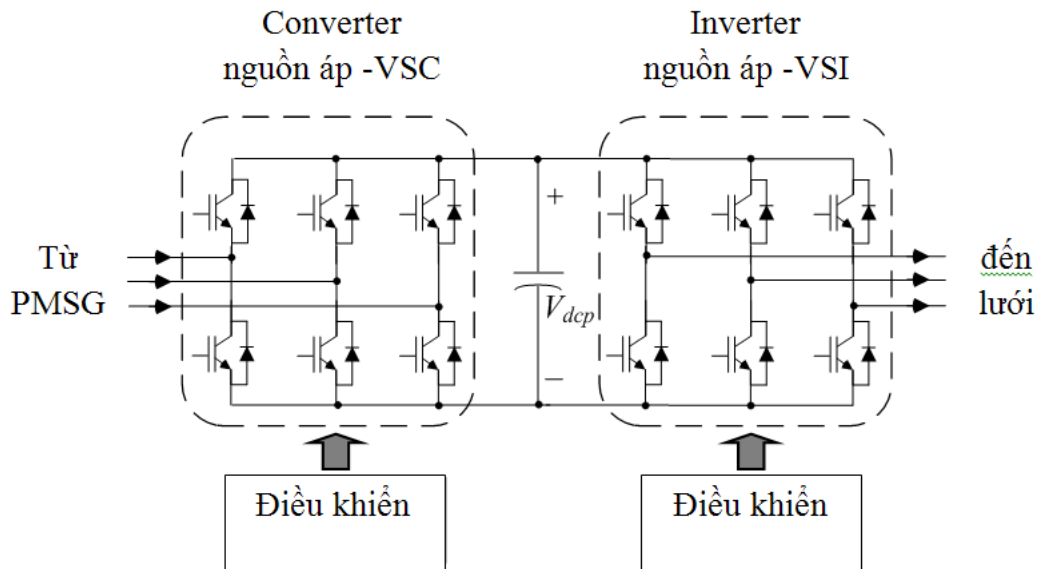
$$\psi_{qwp} = -(X_{qmwp} + X_{lswp}) i_{qswp} = -X_{qwp} i_{qswp} \quad (3.7)$$

$$\psi_{dwp} = -(X_{mwpd} + X_{lswp}) i_{dswp} + X_{mwpd} i'_{mwp} = -X_{dwp} i_{dswp} + X_{mwpd} i'_{mwp} \quad (3.8)$$

ψ_{wp} là từ thông, X_{mwp} là điện kháng từ hóa, X_{lswp} là điện kháng rò, i'_{mwp} là dòng điện từ hóa, ω_{rwp} là tốc độ quay, v_{swp} và i_{swp} là dòng điện và điện áp stator.

3.2.3 Bộ chuyển đổi công suất máy phát điện năng lượng gió đồng bộ nam châm vĩnh cửu

Bộ chuyển đổi công suất chỉnh lưu – nghịch lưu (VSC và VSI) được mô tả như hình 3.1, cấu tạo của mỗi VSC và VSI gồm 6 bộ đóng ngắt IGBT.



Hình 3.2: Sơ đồ bộ chuyển đổi công suất với máy phát PMSG

Vì tốc độ gió luôn thay đổi theo thời gian, để tuabin gió vận hành tối ưu với vận tốc gió nhất định thì hệ thống rotor phải có chức năng tự điều chỉnh theo sự thay đổi của vận tốc và hướng gió. Máy phát PMG đáp ứng yêu cầu này, vì từ thông luôn tồn tại sẵn nhờ hệ thống nam châm vĩnh cửu dán trên bề mặt rotor. Máy phát điện này hoạt động với tốc độ vòng quay thấp nhưng nguồn điện năng sản xuất cao, đây là ưu điểm chính khi tuabin gió sử dụng máy phát PMG. Ngoài ra để điều khiển nối lưới, ta dùng 2 bộ nghịch lưu, nghịch lưu phía máy phát điện (VSC) dùng điều chỉnh hòa đồng bộ cho các máy phát điện cũng như tách máy phát điện ra khỏi lưới khi cần thiết, giữ ổn định điện áp một chiều DC. Nghịch lưu phía lưới (VSI), thông qua bộ điều khiển sẽ biến đổi dòng một chiều DC thành dòng điện xoay chiều đưa đến máy biến áp.

3.2. Pin mặt trời

3.2.1 Giới thiệu về pin mặt trời

Pin mặt trời còn gọi là pin quang điện là thiết bị ứng dụng hiệu ứng quang điện trong bán dẫn (thường gọi là hiệu ứng quang điện trong – quang dẫn) để tạo ra dòng điện một chiều từ ánh sáng mặt trời. Loại pin mặt trời thông dụng nhất hiện nay là loại sử dụng Silic tinh thể. Tinh thể Silic tinh khiết là chất bán dẫn điện rất kém vì các điện tử bị giam giữ bởi liên kết mạng, không có điện tử tự do. Khi bị ánh sáng hay nhiệt độ kích thích, các điện tử bị bứt ra khỏi liên kết, hay là các điện tử tích điện âm nhảy từ

vùng hoá trị lên vùng dẫn và để lại một lỗ trống tích điện dương trong vùng hoá trị. Lúc này chất bán dẫn mới dẫn điện.

Có 3 loại pin mặt trời làm từ tinh thể Silic:

- Một tinh thể hay đơn tinh thể module. Đơn tinh thể này có hiệu suất tới 16%. Loại này thường đắt tiền do được cắt từ các thỏi hình ống, các tấm đơn thể này có các mặt trống ở góc nối các module.
- Đa tinh thể làm từ các thỏi đúc từ Silic nung chảy, sau đó được làm nguội và làm rắn. Loại pin này thường rẻ hơn loại đơn tinh thể, nhưng lại có hiệu suất kém hơn. Tuy nhiên chúng có thể tạo thành các tấm vuông che phủ bề mặt nhiều hơn loại đơn tinh thể bù cho hiệu suất thấp của nó.
- Dải Silic tạo từ các miếng phim mỏng từ Silic nóng chảy và có cấu trúc đa tinh thể. Loại này thường có hiệu suất thấp nhất nhưng cũng là loại rẻ nhất trong các loại vì không cần phải cắt từ thỏi Silicon.

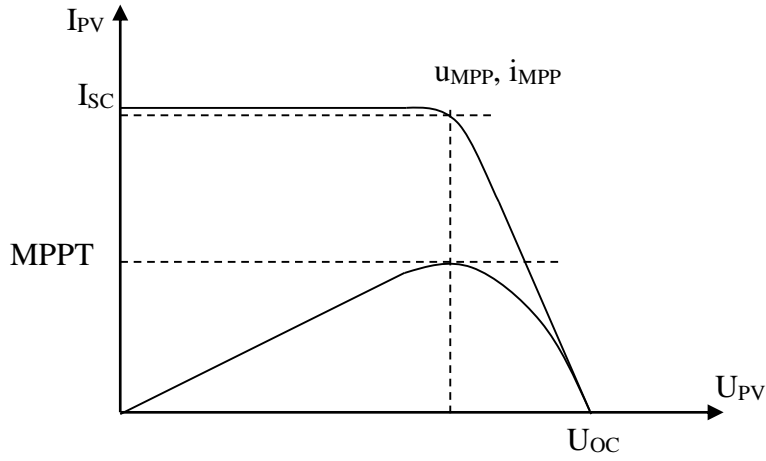
Về bản chất pin quang điện là một điốt bán dẫn bao gồm hai tấm bán dẫn loại P và loại N đặt sát cạnh nhau, khác ở chỗ pin quang điện có diện tích bề mặt rộng và có lớp N cực mỏng để ánh sáng có thể truyền qua. Trên bề mặt của pin quang điện có một lớp chống phản xạ vì khi chiếu ánh sáng vào pin quang điện, sẽ có một phần ánh sáng bị hấp thụ khi truyền qua lớp N và một phần ánh sáng sẽ bị phản xạ ngược lại còn một phần ánh sáng sẽ đến được lớp chuyển tiếp, nơi có các cặp electron và lỗ trống nằm trong điện trường của bề mặt giới hạn. Với các bước sóng thích hợp sẽ truyền cho electron một năng lượng đủ lớn để thoát khỏi liên kết. Khi thoát khỏi liên kết, dưới tác dụng của điện trường, electron sẽ bị kéo về phía bán dẫn loại N, còn lỗ trống bị kéo về phía bán dẫn loại P. Khi đó nếu nối hai cực vào hai phần bán dẫn loại N và P sẽ đo được một hiệu điện thế. Giá trị của hiệu điện thế này phụ thuộc vào bản chất của chất làm bán dẫn và tạp chất được hấp phụ.

3.2.2 Đặc tính làm việc của pin mặt trời

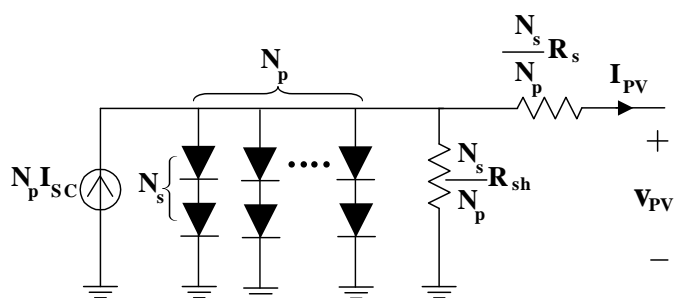
Đặc tính làm việc của pin mặt trời thể hiện qua hai thông số là điện áp hở mạch lớn nhất V_{oc} lúc dòng ra bằng 0 và Dòng điện ngắn mạch I_{sc} khi điện áp ra bằng 0. Công suất của pin được tính theo công thức:

$$P = I.U \quad (3.9)$$

Tại điểm làm việc $U = U_{oc} / I = 0$ và $U = 0 / I = I_{sc}$, Công suất làm việc của pin cũng có giá trị bằng 0.



Hình 3.3: Đường đặc tính làm việc $U - I$ của pin mặt trời



Hình 3.4: Sơ đồ tương đương pin mặt trời

Từ sơ đồ tương đương, ta có phương trình đặc trưng của pin như sau:

$$I = I_{sc} - I_{01} \left(e^{\frac{q \cdot (V + IR_s)}{kT}} - 1 \right) - \frac{(V + IR_s)}{R_{sh}} \quad (3.10)$$

Trong đó:

I_{sc} là dòng quang điện (dòng ngắn mạch khi không có R_s và R_{sh}) (A/m^2)

I_{01} là dòng bão hòa (A/m^2)

q là điện tích của điện tử (C) = $1,6 \cdot 10^{-19}$

k là hệ số Boltzman = $1,38 \cdot 10^{-23}$ (J/k)

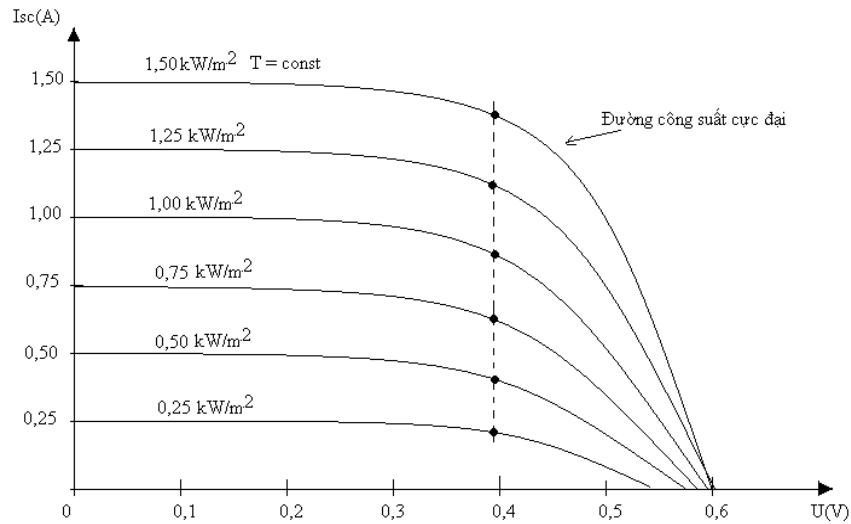
T là nhiệt độ (K)

I , V , R_s , R_{sh} lần lượt là dòng điện ra, điện áp ra, điện trở R_s và R_{sh} của pin trong mạch tương đương ở hình 3.4.

*** Nhận xét:**

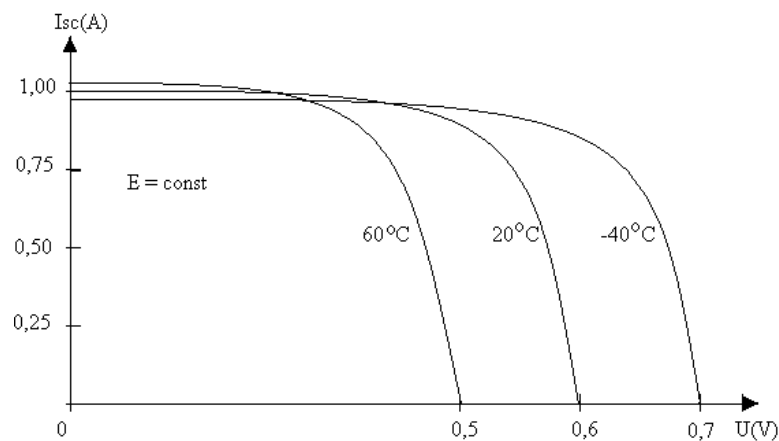
- Dòng ngắn mạch I_{sc} tỉ lệ thuận với cường độ bức xạ chiếu sáng. Nên đường đặc tính $V - I$ của pin mặt trời cũng phụ thuộc vào cường độ bức xạ chiếu sáng. Ở mỗi tầng bức xạ chỉ thu được duy nhất một điểm làm việc $V = V_{MPP}$ có công suất lớn nhất thể hiện trên hình vẽ sau. Điểm làm việc có công suất

lớn nhất được thể hiện là điểm chấm đen to trên hình vẽ. (đỉnh của đường cong đặc tính).

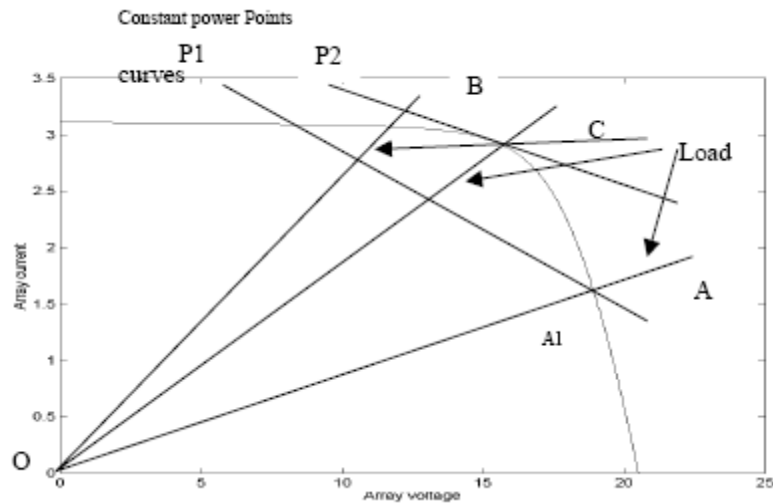


Hình 3.5: Sự phụ thuộc của đặc trưng VA của pin mặt trời vào cường độ bức xạ Mặt trời.

- Điện áp hở mạch V_{oc} phụ thuộc trực tiếp vào nhiệt độ nên đường đặc tính VA của pin mặt trời cũng phụ thuộc vào nhiệt độ của pin.
- Để toàn bộ hệ PV có thể hoạt động được một cách hiệu quả thì đường đặc tính của tải cũng phải phù hợp với điểm MPP.



Hình 3.6: Sự phụ thuộc của đường đặc tính của pin mặt trời vào nhiệt độ của pin



Hình 3.7: Đường đặc tính tải và đặc tính của pin mặt trời

Trên hình vẽ 2.5 đường OA và OB là những đường đặc tính tải. Nếu tải được mắc trực tiếp với dãy pin mặt trời thì tải có đường đặc tính là OA. Khi đó, pin làm việc ở điểm A1 và phát công suất P1. Công suất lớn nhất do phơi nắng thu được là P2. Để có thể thu được công suất P2, cần có một bộ điều chỉnh công suất để liên kết giữa dãy pin mặt trời và tải.

3.2.3 Tấm năng lượng mặt trời

Tấm năng lượng mặt trời được tạo thành từ nhiều pin mặt trời có thể gồm 36 đến 72 pin mặt trời mắc nối tiếp với nhau. Qua những tấm pin mặt trời, năng lượng mặt trời được chuyển hoá thành điện năng. Mỗi pin mặt trời cung cấp một lượng nhỏ năng lượng, nhưng nhiều pin được đặt trải dài trên một diện tích lớn tạo nên nguồn năng lượng lớn hơn đủ để các thiết bị điện sử dụng. Mỗi tấm pin mặt trời có công suất khác nhau như: 30Wp, 40Wp, 45Wp, 50Wp, 75Wp, 100Wp, 125Wp, 150Wp. Điện áp của các tấm pin thường là 12VDC. Công suất và điện áp của hệ thống tùy thuộc vào cách ghép nối các tấm pin lại với nhau. Nhiều tấm năng lượng mặt trời có thể ghép nối tiếp hoặc song song với nhau để tạo thành một dàn pin mặt trời. Để đạt được hiệu năng tốt nhất, những tấm năng lượng phải luôn được phơi nắng và hướng trực tiếp đến mặt trời.

Hiệu suất thu được điện năng từ pin mặt trời ở các vùng miền vào các giờ trong ngày là khác nhau, do bức xạ mặt trời trên bề mặt trái đất không đồng đều nhau. Hiệu suất của pin mặt trời phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

- Chất liệu bán dẫn làm pin.

- Vị trí đặt các tấm panel mặt trời
- Thời tiết khí hậu, mùa trong năm.
- Thời gian trong ngày: sáng, trưa, chiều

Các tấm năng lượng mặt trời được lắp đặt ở ngoài trời nên thiết kế sản xuất đã đảm bảo được các thay đổi của khí hậu, thời tiết, mưa bão, sự ăn mòn của nước biển, sự oxy hoá... Tuổi thọ của mỗi tấm pin khoảng 25 đến 30 năm.

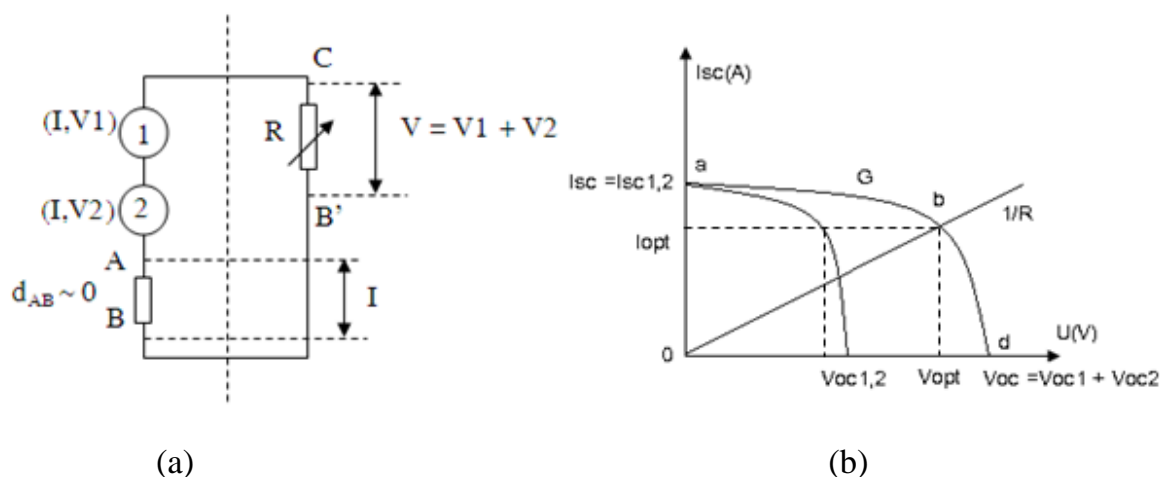
3.2.4 Cách ghép nối các tấm pin năng lượng mặt trời

Như ta đã biết các môđun pin mặt trời đều có công suất và hiệu điện thế xác định từ nhà sản xuất. Để tạo ra công suất và điện thế theo yêu cầu thì phải ghép nối nhiều tấm môđun đó lại với nhau. Có hai cách ghép cơ bản:

- Ghép nối tiếp các tấm môđun lại sẽ cho điện áp ra lớn hơn.
- Ghép song song các tấm môđun lại sẽ cho dòng điện ra lớn.

Trong thực tế phương pháp ghép hỗn hợp được sử dụng nhiều hơn để đáp ứng cả yêu cầu về điện áp và dòng điện.

❖ Phương pháp ghép nối các tấm modul mặt trời



Hình 3.5: Ghép nối tiếp hai môđun pin mặt trời (a) và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b)

Giả sử các môđun đều giống hệt nhau, có đường đặc tính V - A giống hệt nhau, các thông số dòng đoản mạch I_{sc} , thế hở mạch V_{oc} bằng nhau. Giả sử cường độ chiếu sáng trên các tấm là đồng đều nhau. Khi ghép nối tiếp các tấm môđun này ta sẽ có:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_i \quad (3.11)$$

$$V = \sum_{i=1}^n V_i \quad (3.12)$$

$$P = V \cdot I = \sum_{i=1}^n I V_i = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.13)$$

$$I_{opt} = I_{i_{opt}}, \quad V_{opt} = \sum_{i=1}^n V_{opt_i}, \quad P_{opt} = \sum_{i=1}^n P_{opt_i} \quad (3.14)$$

Trong đó:

I, P, V, \dots là dòng điện, công suất và hiệu điện thế của cả hệ.

I_i, V_i, P_i, \dots là dòng điện, công suất, hiệu điện thế của môđun thứ i trong hệ

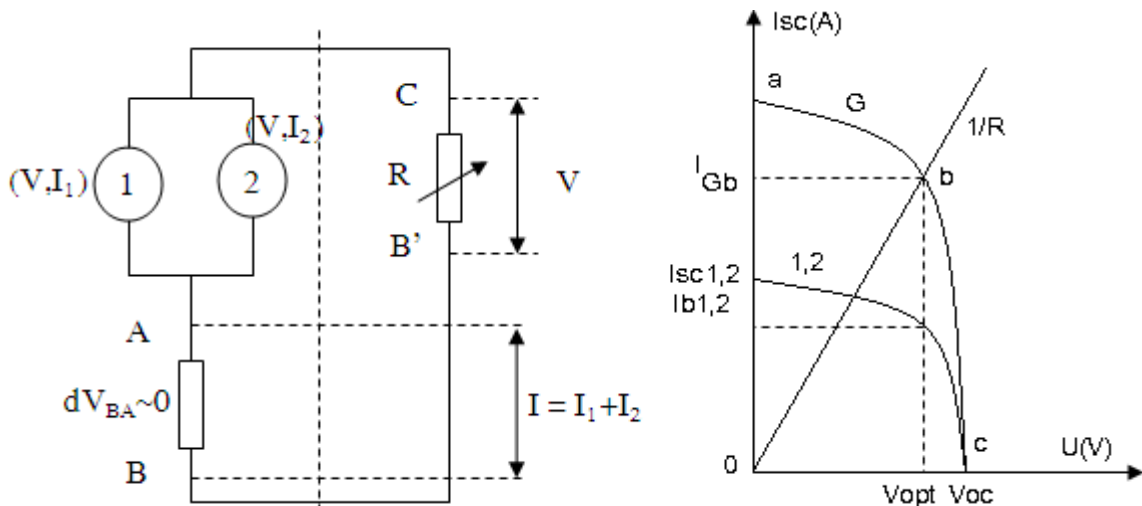
$I_{opi}, V_{opi}, P_{opi}, \dots$ là dòng điện làm việc tối ưu, điện thế làm việc tối ưu, công suất làm việc tối ưu của các môđun thứ i trong hệ

$I_{op}, V_{op}, P_{op}, \dots$ là dòng điện làm việc tối ưu, điện thế làm việc tối ưu, công suất làm việc tối ưu của hệ

Khi tải có giá trị $0 < R < \infty$, Các môđun làm việc như các máy phát tương đương. Đường đặc tính vôn – ampe của hệ bằng tổng hình học của hai đường đặc trưng của mỗi môđun.

❖ Ghép song song các modul mặt trời

Ở cách ghép này, ta cũng giả sử các môđun đều giống hệt nhau, có đường đặc tính $V - A$ giống hệt nhau, các thông số dòng đoản mạch I_{sc} , thế hở mạch V_{oc} bằng nhau. Giả sử cường độ chiếu sáng trên các tấm là đồng đều nhau.



(a)

(b)

Hình 3.6: Ghép song song hai môđun pin mặt trời (a)
và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b)

Khi đó ta có:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_i \quad (3.15)$$

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (3.16)$$

$$P = V.I = \sum_{i=1}^n V I_i = \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.17)$$

$$V_{\text{opt}} = V_{i\text{opt}}, \quad I_{\text{opt}} = \sum_{i=1}^n I_{i\text{opt}}, \quad P_{\text{opt}} = \sum_{i=1}^n P_{i\text{opt}} \quad (3.18)$$

Đường đặc tính VA của hệ cũng được suy ra bằng cách cộng các giá trị dòng điện I ứng với các giá trị điện thế V không đổi. Trong trường hợp này, các pin cũng làm việc như các máy phát điện khi tải có giá trị $0 < R < \infty$.

3.2.5 Hệ quang điện làm việc với lưới

Đây là hệ PV được kết nối với lưới điện. Hệ thống này cho phép tự duy trì hoạt động của tải bằng nguồn năng lượng dự trữ và đồng thời cũng có thể bơm phần năng lượng dư thừa vào lưới điện để bán. Khi nguồn pin mặt trời (hay máy phát pin mặt trời) sinh ra nhiều năng lượng thì nguồn năng lượng dư thừa này sẽ được chuyển vào trong lưới điện, còn trong những điều kiện thời tiết xấu, không có nắng hay mây mưa, máy phát pin mặt trời không sinh ra đủ năng lượng để đáp ứng cho phụ tải thì hệ sẽ lấy điện từ lưới. Do đó hệ PV này có thể cần hoặc không cần ắc quy để dự trữ năng lượng. Bộ biến đổi trong hệ này không chỉ giúp ổn định nguồn năng lượng tạo bởi nguồn pin mặt trời mà còn phải đảm bảo nguồn điện năng ra khỏi hệ quang điện phải đồng bộ với lưới.

Hệ quang điện mặt trời có thể trở thành một phần của lưới điện lớn. Cấu trúc của hệ còn phụ thuộc vào quy mô của hệ và đặc tính phụ tải sử dụng. Khi hệ quang điện được mắc với lưới, nguồn công suất có hai chiều hướng. Lưới sẽ hấp thụ nguồn điện mặt trời và sẽ cung cấp cho các thiết bị tiêu thụ khi mà hệ PV không thể sinh ra điện vào

thời gian yếu ánh sáng hoặc ban đêm. Đây là hình thức đang được khuyến khích phát triển ở nhiều nơi trên thế giới.

3.2.6 Các bộ biến đổi trong hệ PV

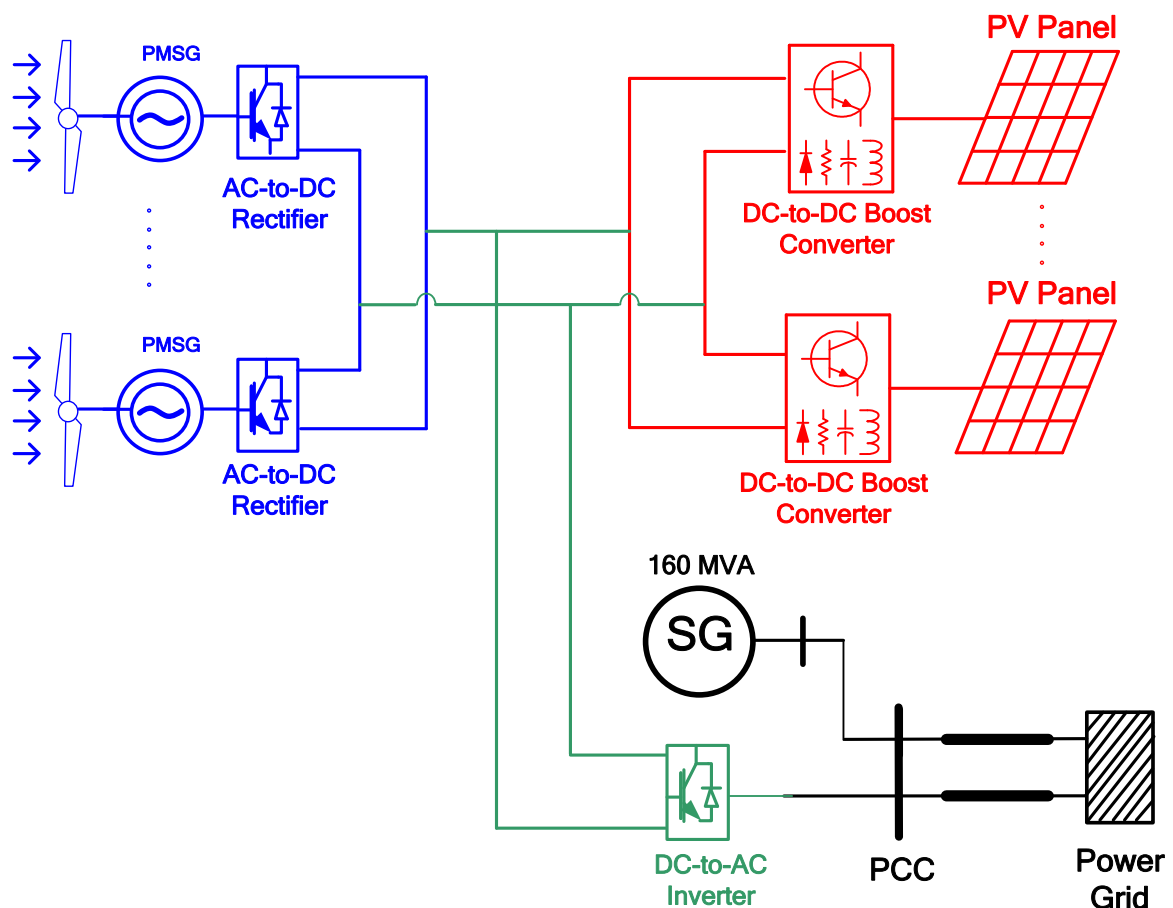
Bộ biến đổi giúp liên kết những tấm pin mặt trời với các phần còn lại trong hệ PV. Nó giúp biến đổi nguồn điện một chiều sinh ra từ pin mặt trời thành nguồn xoay chiều để hoà với lưới. Hệ PV làm việc với lưới đòi hỏi độ phức tạp trong hoạt động, phải có sự đồng bộ với lưới về điện áp, tần số, góc pha. Bộ biến đổi DC/AC phải tạo được điện áp ra dạng sin, phải đồng bộ được về điện áp, tần số của lưới, phải xác định được điểm làm việc có công suất lớn nhất của dãy pin mặt trời. Đầu vào của bộ biến đổi này phụ thuộc vào điện áp vào cho đến khi xác định được điểm MPP trên đường đặc tính $I - V$. Bộ biến đổi phải điều khiển được các góc pha của lưới, và đầu ra của bộ DC/AC này phải được điều khiển cả về điện áp và tần số. Các loại bộ DC/AC thông thường có thể được điều khiển bằng phương pháp PWM điều chỉnh độ rộng xung và hoạt động trong tần số từ 2 kHz đến 20 kHz.

Chương 4: Thiết kế bộ điều khiển cho bộ nghịch lưu

4.1 Giới thiệu về hệ thống điện sử dụng trong nghiên cứu

Hệ thống nghiên cứu bao gồm các máy phát điện gió tốc độ thay đổi nam châm vĩnh cửu sử dụng bộ chỉnh lưu ngõ ra DC được nối vào bus chung với hệ thống điện mặt trời. Điện áp DC này được kết nối vào hệ thống máy phát điện đồng bộ của nhà máy nhiệt điện thông qua bộ nghịch lưu tổng để chuyển đổi điện áp DC thành điện áp AC hòa vào lưới tại bus PCC.

Do đặc thù của năng lượng gió và năng lượng mặt trời là không ổn định nên lượng công suất bơm vào lưới sẽ có khả năng dao động vì thế ảnh hưởng đến chất lượng điện năng cũng như độ ổn định của hệ thống điện, vì thế trong nghiên cứu này bộ điều khiển PID được thiết kế để nâng cao độ ổn định cho hệ thống.



Hình 4.1: Sơ đồ cấu trúc của hệ thống nghiên cứu

4.2 Thiết kế PID bằng phương pháp gán điểm cực

Phương pháp thiết kế PID bằng cách gán cực được thực hiện dựa vào hệ phương trình trạng thái được biểu diễn như sau:

$$pX = AX + BU + VW \quad (4.1)$$

$$Y = CX + DU \quad (4.2)$$

Với X là biến trạng thái, Y là ma trận ngõ ra, U là vectơ bù ở ngõ vào, W là tín hiệu nhiễu, trong khi đó A , B , C và D là các ma trận hằng số.

Để thiết kế bộ điều khiển PID ta có thể bỏ qua ảnh hưởng của nhiễu tức là cho $D = V = 0$ [14].

Hàm truyền của hệ thống sau khi đưa bộ PID vào được biểu diễn như sau:

$$H(s) = \frac{U(s)}{Y(s)} = \frac{sT_w}{1 + sT_w} \left(K_p + \frac{K_I}{s} + sK_D \right) \quad (4.3)$$

Với s là toán tử Laplace, T_w là hệ số hằng số lọc nhiễu, K_p , K_I , và K_D lần lượt là hằng số tỉ lệ, hằng số tích phân và hằng số vi phân của bộ điều khiển PID. Nghiệm của hệ phương trình trên là tập các trị riêng Λ_i .

Từ đó ta có được phương trình đặc trưng của hệ thống bao gồm cả khâu PID được cho như sau

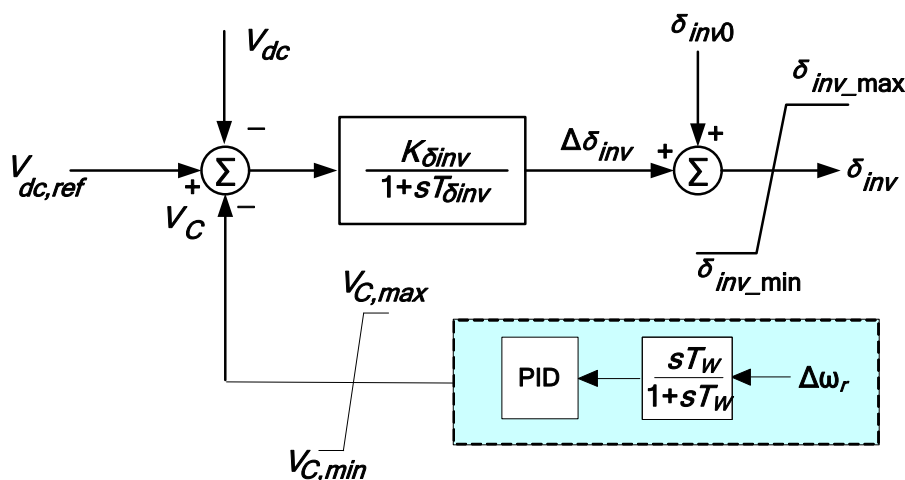
$$\det\{sI - [A + BH(s)C]\} = 0 \quad (4.4)$$

Từ phương trình trên nếu ta gán cho hệ trên 2 nghiệm phức là các cặp cực mong muốn thì khi thay vào phương trình này ta sẽ có 4 phương trình và khi giải ra sẽ tìm được 4 biến đó là T_w , K_p , K_I , và K_D .

4.3 Tính toán thiết kế PID cho bộ nghịch lưu

Việc ứng dụng bộ điều khiển PID trong điều khiển bộ nghịch lưu nhằm nâng cao ổn định trong hệ thống. Tín hiệu ngõ ra của bộ PID là V_c được dùng để bổ sung thêm

vào khâu so sánh sai lệch điện áp DC của bộ nghịch lưu và có sơ đồ khối như biểu diễn trong hình 4.2.



Hình 4.2: Sơ đồ điều khiển góc kích của bộ nghịch lưu DC-AC

Do bộ điều khiển PID chỉ phù hợp trong các hệ tuyến tính nên khi thiết kế ta phải tiến hành tuyến tính hóa các phương trình của hệ thống nghiên cứu tại điểm làm việc định mức.

Với trình tự thiết kế như nêu trong phần 2.1, từ phương trình trạng thái của hệ thống ta phân vectơ trạng thái X ra thành các nhóm vectơ con như sau $X = [X_{PMG}, X_{PV}, X_{SG}, X_{TL}]^T$, trong đó X_{PMG} , X_{PV} , X_{SG} và X_{TL} lần lượt là các vectơ trạng thái của máy phát tuabin gió PMG, hệ thống pin mặt trời, hệ máy phát SG, và hệ thống truyền tải nối với bus vô hạn.

Nghiệm của hệ phương trình trên là tập các trị riêng Λ_i được cho trong bảng 4.1. Trong đó các trị riêng Λ_{31-32} và Λ_{34-35} đặc trưng cho chế độ dao động cơ và chế độ kích từ của máy phát đồng bộ SG khi chọn công suất tác dụng $P_G = 0.9$ pu, điện áp trên đầu cực máy phát $V_t = 1.0$ pu, và hệ số công suất $PF = 0.975$ trễ, và tốc độ gió là $V_w = 12$ m/s và bức xạ mặt trời là 1000 W/m².

Cũng trong hình 4.1 ta lại thấy rằng tín hiệu ngõ vào của bộ điều khiển PID là sai số của tốc độ quay của máy phát đồng bộ $\Delta\omega_{SG}$. Đây là thông số thể hiện mức độ dao động của hệ thống nên được lựa chọn để tạo ra tín hiệu điều khiển V_C nhằm nâng cao ổn định cho 2 chế độ kém ổn định đó là dao động cơ Λ_{19} dao động kích từ Λ_{22} của máy phát.

Bảng 4.1. Trị riêng của hệ thống

No.	Subsystem	System without damping controller	System with PID damping controller
Λ_{1-2}	PMG	$-15.5 \pm j3.3 \times 10^6$	$-15.5 \pm j3.3 \times 10^6$
Λ_{3-4}		$-15.1 \pm j3.3 \times 10^6$	$-15.1 \pm j3.3 \times 10^6$
Λ_{5-6}		$-2.4 \pm j5.6$	$-2.3 \pm j5.6$
Λ_7		-99.2	-99.2
Λ_8		-100.7	-100.7
Λ_{9-10}	PV	$-89.9 \pm j90.1$	$-89.9 \pm j90.1$
Λ_{11-12}		$-15.6 \pm j40.8$	$-15.6 \pm j40.8$
Λ_{13-14}		$-1.5 \pm j1.2$	$-1.5 \pm j1.2$
Λ_{15}		-455.4	-455.4
Λ_{16-17}	TL	$-311.4 \pm j2361.8$	$-311.66 \pm j2361.8$
Λ_{18-19}		-17.9	-17.871
Λ_{20-21}		-9.9	-9.997
Λ_{22-23}	SG	$-21.5 \pm j10639$	$-21.5 \pm j106391$
Λ_{24-25}		$-25.4 \pm j105633$	$-25.4 \pm j105633$
Λ_{26-27}		$-13.5 \pm j376.3$	$-13.5 \pm j376.335$
Λ_{28}		-46.3	-46.3
Λ_{29}		-37.6	-37.3
Λ_{30-31}		$-0.3 \pm j9.3^*$	$-2 \pm j9^*$
Λ_{32-33}		$-9.2 \pm j11.2$	$-7.1 \pm j9.2$
Λ_{34-35}	$-0.3 \pm j1.2^*$	$-1 \pm j1.2^*$	
Λ_{36}	PID	-	-2.145

Do đó, tín hiệu ngõ ra của công thức (4.2) là $Y = \Delta\omega_{SG}$ và tín hiệu ngõ vào của công thức (4.1) và (4.2) là $U = V_C$. Hàm truyền của hệ thống sau khi đưa bộ PID vào được biểu diễn như sau:

$$H(s) = \frac{U(s)}{Y(s)} = \frac{V_C}{\Delta\omega_{SG}} \quad (4.5)$$

Trong trường hợp này ta chọn 2 giá trị của 2 chế độ trên là 2 cực $\Lambda_{31-32} = -2 \pm j9.0$ và $\Lambda_{33-34} = -1 \pm j1.2$. Sử dụng phần mềm Matlab để giải hệ phương trình trên ta tìm ra được giá trị của bộ điều khiển bao gồm: $K_P = -0.45$, $K_I = 49.88$, $K_D = 0.22$, và $T_w = 0.31s$.

Chương 5: Mô phỏng ảnh hưởng của bộ điều khiển PID trong bộ nghịch lưu

5.1 Sự cố ngắn mạch 3 pha

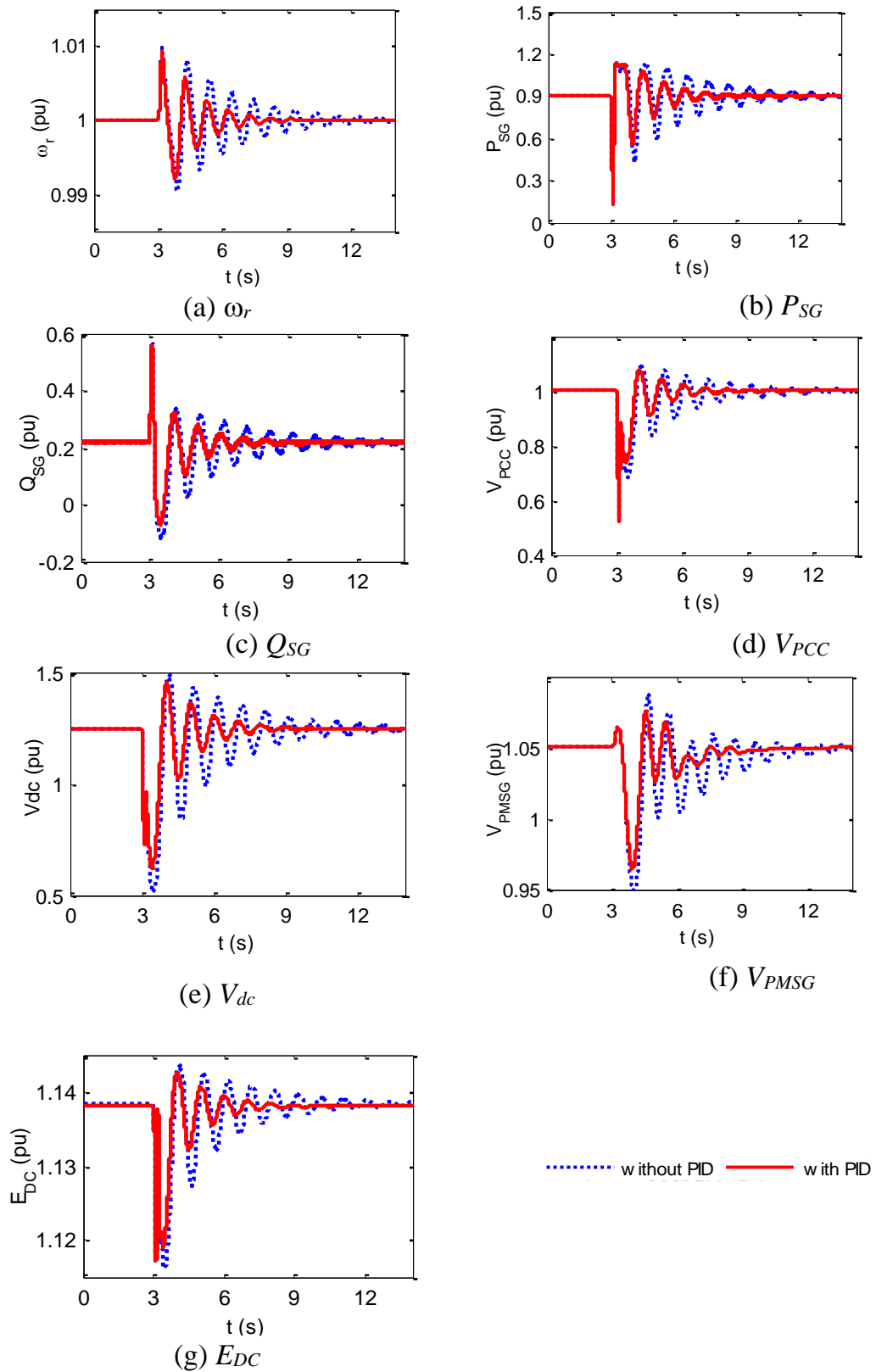
Để đánh giá tác động của bộ PID thiết kế, trong phần này tác giả tiến hành mô phỏng hệ thống khi bị sự cố nghiêm trọng đó là ngắn mạch 3 pha xảy ra tại thời điểm 3s và kéo dài sau 5 chu kỳ. Mặc dù đây là sự cố ít xảy ra trong hệ thống, tuy nhiên do có mức độ nghiêm trọng của nó nên thường được dùng để kiểm tra độ ổn định của hệ thống điện. Giả sử hệ thống đang vận hành ổn định với các thông số định mức như nêu ở chương 3.

Hình 5.1 trình bày kết quả so sánh khi của các thông số của hệ thống khi sự cố xảy ra trong trường hợp có và không có bộ PID thiết kế cho bộ nghịch lưu. Các thông số quan trọng của hệ thống được quan sát như tốc độ rotor của máy SG ở hình (a), công suất tác dụng và công suất phản kháng của SG thể hiện trong hình (b) và (c), điện áp tại bus PCC và điện áp DC được trình bày trong hình (d) và (e), cũng như điện áp đầu cực máy phát điện gió và điện áp trên đường dây DC được cho tương ứng trong các hình (f) và (g). Có thể nhận thấy từ các dạng sóng đáp ứng của các thông số trên thì khi có bộ điều khiển PID tham gia vào thì đáp ứng của hệ thống sẽ tốt hơn, cụ thể là thời gian ổn định thay đổi từ thời điểm 12s thành 7s khi có bộ điều khiển PID tham gia vào hệ thống. Điều này có nghĩa là bộ điều khiển thiết kế bằng phương pháp gán cực đã nâng cao được độ ổn định của hệ thống.

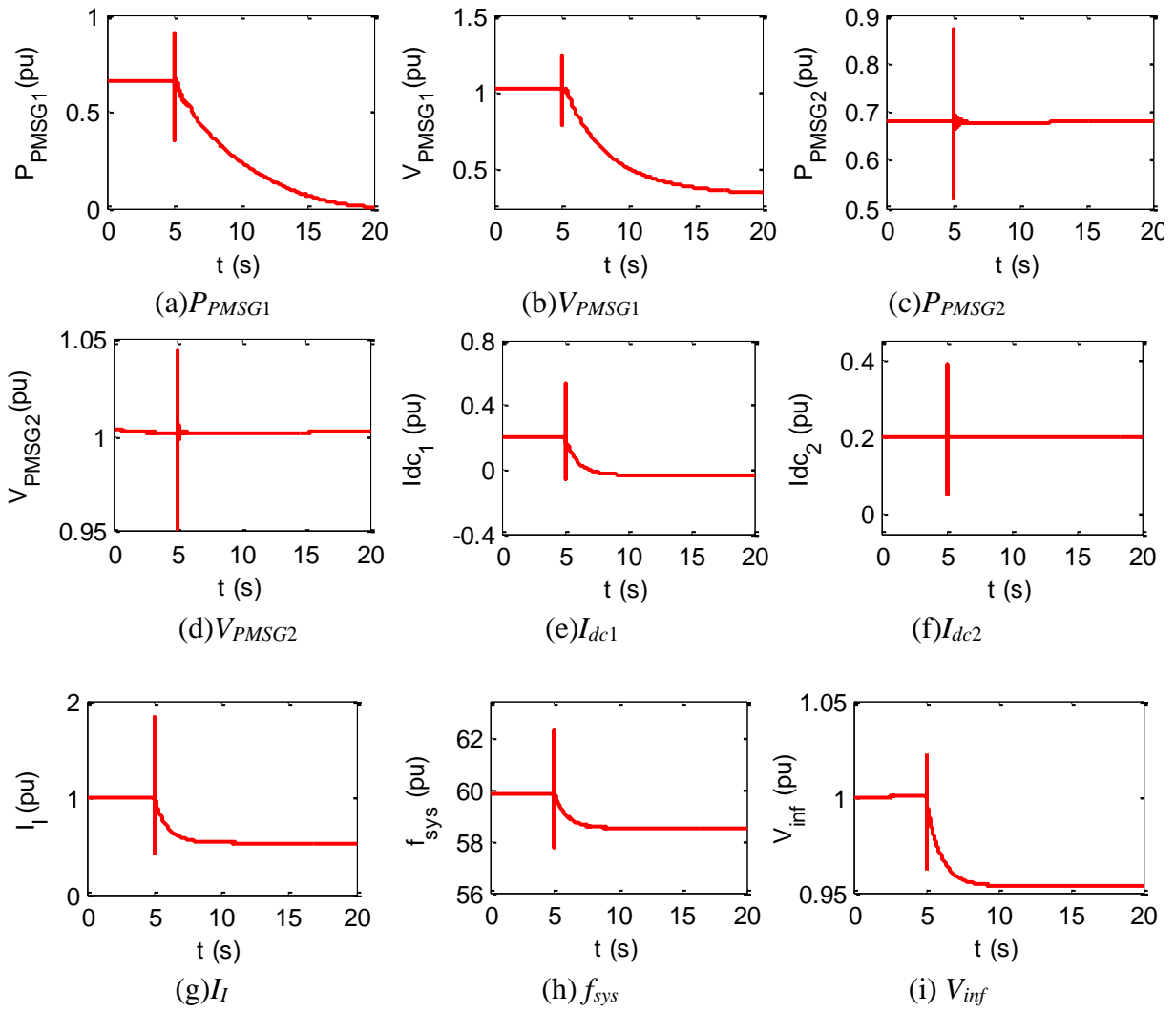
5.2 Sự cố đứt đường dây DC

Kết quả mô phỏng trong hình 5.2 trình bày đáp ứng của hệ thống khi có sự cố xảy ra trên đường dây DC của hệ thống năng lượng gió, sự cố này làm một máy phát điện gió bị ngắt ra khỏi hệ thống. Sự cố này là sự cố vĩnh viễn xảy ra tại một điểm trên đường dây một chiều gần máy phát điện gió lúc 5s. Đáp ứng quá độ của các thông số còn lại của hệ thống như công suất tác dụng, điện áp đầu cực máy phát điện gió còn lại, dòng điện một chiều phía chỉnh lưu và nghịch lưu, tần số lưới, điện áp tại bus PCC được đưa ra. Sau sự cố xảy ra, dòng công suất của máy phát điện gió bị ngắt ra khỏi hệ thống giảm về 0, trong khi đó các đại lượng khác đều ổn định tại một giá trị mới.

Từ các kết quả mô phỏng trên ta có thể khẳng định rằng với sự tham gia của bộ điều khiển PID thiết kế cho bộ nghịch lưu thì đáp ứng quá độ của hệ thống được cải thiện dẫn đến nâng cao ổn định cho hệ thống hỗn hợp năng lượng gió, năng lượng mặt trời và nhiệt điện.



Hình 5.1: Đáp ứng của các thông số khi so sánh 2 trường hợp có và không có bộ điều khiển thiết kế PID



Hình 5.2: Đáp ứng của hệ thống khi sự cố xảy ra ở giữa bus DC

Chương 6: Kết luận và Kiến nghị

6.1. Kết luận

Đề tài đã trình bày khả năng nâng cao ổn định quá độ của hệ thống điện gió nối với hệ thống pin năng lượng mặt trời qua bus DC chung và được bộ nghịch lưu chuyển sang điện áp xoay chiều để kết nối vào lưới điện thông qua hệ 1 máy phát nối với bus vô hạn. Ngoài ra bộ điều khiển PID đã được thiết kế để giảm dao động quá độ của hệ thống dựa vào tín hiệu dao động của máy phát đồng bộ dựa trên phương pháp gán cực.

Các kết quả tính toán và mô phỏng trong miền tần số và miền thời gian cũng được trình bày để chứng minh tính hiệu quả của bộ điều khiển thiết kế cho bộ nghịch lưu.

Có thể kết luận rằng bộ điều khiển PID thiết kế đã làm giảm các dao động quá độ của hệ thống nhằm nâng cao độ ổn định cho hệ thống đề xuất.

6.2. Kiến nghị

Mặc dù đề tài thiết kế bộ PID cho bộ nghịch lưu đã có đáp ứng được yêu cầu đặt ra. Tuy nhiên do hệ thống nghiên cứu là hệ thống phi tuyến nên bộ điều khiển PID chỉ đáp ứng tốt tại điểm thiết kế. Do đó để đáp ứng tốt hơn thì cần các phương pháp điều khiển phù hợp hơn như điều khiển Lead-Lag hoặc điều khiển trượt, điều khiển mờ...

Tài liệu tham khảo

- [1].K. Wang, F. Ciucu, C. Lin and S. H. Low, “A stochastic power network calculus for integrating renewable energy sources into the power grid,” *IEEE Trans. Elected Areas In Communications*, vol. 30, no. 6, pp. 1037-1047, Jul. 2012.
- [2].S. Bae and A. Kwasinski, “Dynamic modeling and operation strategy for a microgrid with wind and photovoltaic resources,” *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. PP, no. 99, 2012.
- [3].T. Hirose and H. Matsuo, “Standalone hybrid wind-solar power generation system applying dump power control without dump load,” *IEEE Trans. Industrial Electronics*, vol. 59, no. 2, pp. 988-997, Feb. 2012.
- [4].H. Ghoddami, M. B. Delghavi, and A. Yazdani, “An integrated wind-photovoltaic-battery system with reduced power-electronic interface and fast control for grid-tied and off-grid applications,” *Renewable Energy*, vol. 45, pp. 128-137, Sept. 2012.
- [5].H. Lund, “Large-scale integration of optimal combinations of PV, wind and wave power into the electricity supply,” *Renewable Energy*, 2006, vol. 31, no. 4, pp. 503-515, Apr. 2006.
- [6].D. A. Halamay, T. K. A. Brekken, A. Simmons, and S. McArthur, “Reserve requirement impacts of large-scale integration of wind, solar, and ocean wave power generation,” *IEEE Trans. Sustainable Energy*, vol. 2, no. 3, pp. 321-328, Jul. 2011.
- [7].S. Sarkar and V. Ajjarapu, “MW resource assessment model for a hybrid energy conversion system with wind and solar resources,” *IEEE Trans. Sustainable Energy*, vol. 2, no. 4, pp. 383-391, Oct. 2010.
- [8].L. A. de Souza Ribeiro, O. R. Saavedra, S. L. de Lima, and J. Gomes de Matos, “Isolated micro-grids with renewable hybrid generation: the case of Lençóis island,” *IEEE Trans. Sustainable Energy*, vol. 2, no. 1, pp. 1-11, Jan. 2011.
- [9].L. Wang, K.-H. Wang, W.-J. Lee, and Z. Chen, “Power-flow control and stability

- enhancement of four parallel-operated offshore wind farms using a line-commutated HVDC link,” IEEE Trans. Power Delivery, vol. 25, no. 2, pp. 1190-1202, Apr. 2010.
- [10]. Hoàng Dương Hùng, Mai Vinh Hòa, Đoàn Ngọc Hùng Anh, “Nghiên cứu hệ thống tích trữ năng lượng nhiệt mặt trời”, Tạp Chí Khoa Học Và Công Nghệ, Đại Học Đà Nẵng - Số 1(36).2010.
- [11]. Tạ Văn Đa, "Đánh giá tài nguyên và khả năng khai thác năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam", Báo cáo tổng kết đề tài KH-CN cấp Bộ. Hà Nội, 10-2006.
- [12]. Phan Mỹ Tiên, “Phân bố tiềm năng năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam”, Luận án PTS. Khoa học Địa lý - Địa chất. Hà Nội, 1994.
- [13]. P. Kundur, Power System Stability and Control, New York: McGrawHill, 1994.
- [14] L. Wang, D.-N. Truong, “Stability improvement of a DFIG-based offshore wind farm fed to a multi-machine power system using a static VAR compensator”, in IEEE Proc. Industry Applications Society Annual Meeting (IAS), 7-11 Oct. 2012, pp. 1-7.

