ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

ÔN NHẬT MAI SƠN

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG MÁY PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP BẰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN MỜ CHỈNH ĐỊNH THAM SỐ BỘ ĐIỀU KHIỂN PID

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa
Mã số: 60.52.02.16

LUẬN VĂN THẠC SỸ KỸ THUẬT

KHOA CHUYÊN MÔN
TRƯỞNG KHOA

TS. ĐỖ TRUNG HẢI

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

TS. ĐẶNG DANH HOẰNG

PHÒNG ĐÀO TẠO

TS. ĐẶNG DANH HOẰNG

THÁI NGUYÊN 2017

MỞ ĐẦU

1. Mục tiêu của luận văn

Nghiên cứu sử dụng nguồn năng lượng tái tạo (năng lượng gió) bằng việc cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống máy phát điện sức gió nhằm khai thác được nguồn năng lượng gió đưa vào phục vụ sản xuất và đời sống góp phần giảm tiêu hao năng lượng hóa thạch, đồng thời giảm phát thải khí gây hiệu ứng nhà kính. Bên cạnh đó việc sử dụng năng lượng gió như là một nguồn năng lượng tại chỗ để thay thế cho các dạng năng lượng truyền thống đáp ứng nhu cầu năng lượng cho sản xuất và sinh hoạt hiện nay là một kế sách có ý nghĩa quan trọng về mặt kinh tế, an ninh năng lượng và phát triển văn hoá giáo dục… Vì vậy mục tiêu của đề tài nghiên cứu cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống máy phát điện sức gió nhằm khai thác hiệu quả nguồn năng lượng tái tạo này.

2. Mục tiêu của nghiên cứu

- Xây dựng mô tả toán học của hệ thống phát điện sức gió sử dụng máy phát điện dị bộ nguồn kép.

- Thiết kế bộ điều khiển PID.

- Thiết kế bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID.

- Mô phỏng đánh giá chất lượng điều khiển của bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số bộ điều khiển PID so với bộ điều khiển PID.

3. Nội dung của luận văn

Với mục tiêu đặt ra, nội dung luận văn bao gồm các chương sau:

Chương 1: **Xây dựng mô hình điều khiển hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng máy phát điện dị bộ nguồn kép**

Chương 2: **Điều khiển hệ thống bằng bộ điều khiển PID**

Chương 3: **Cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống bằng bộ điều khiển mờ chỉnh định tham số PID**

Kết luận và kiến nghị

Chương 1

XÂY DỰNG MÔ HÌNH ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG MÁY PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ SỬ DỤNG MÁY PHÁT ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP

1.1. Khái quát về hệ thống năng lượng gió và đối tượng nghiên cứu

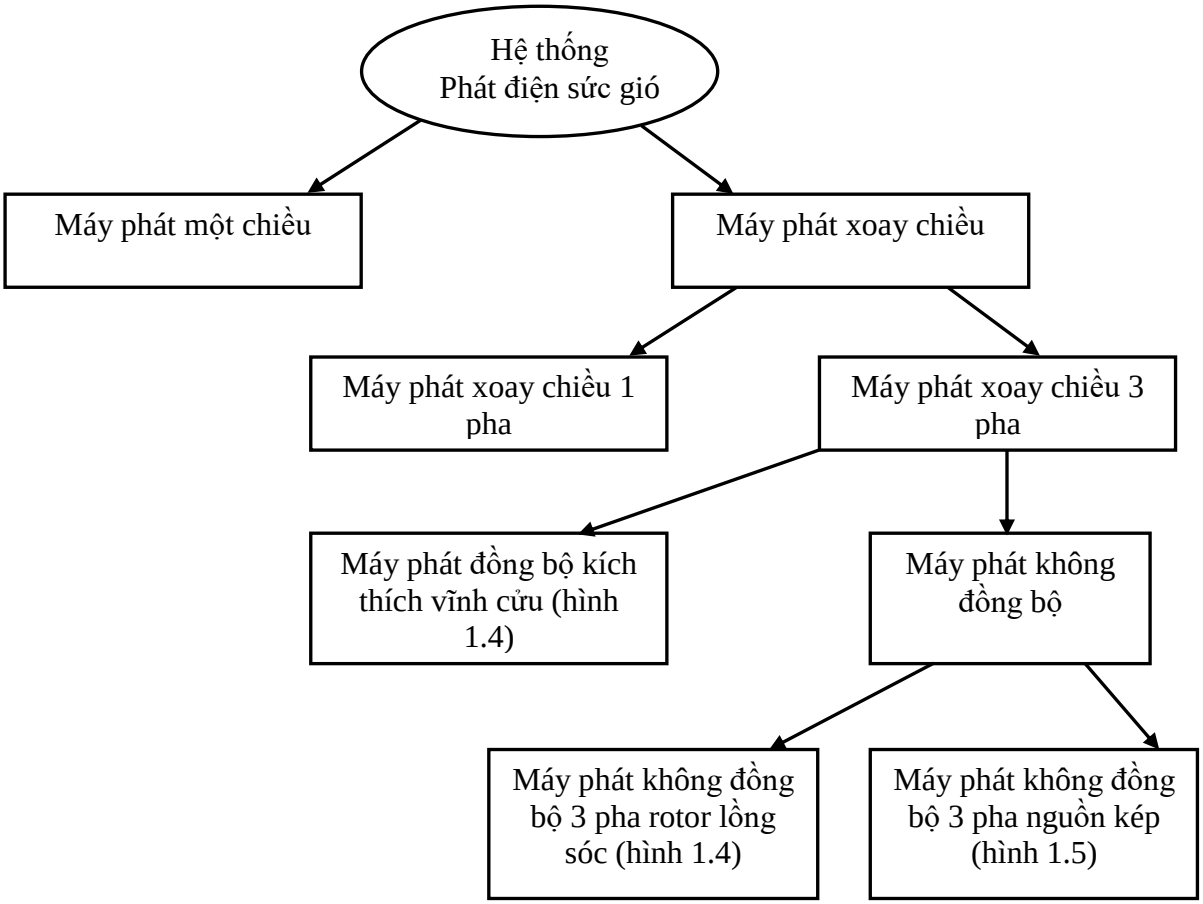
Ngày nay, với xu hướng tăng phần đóng góp của các turbine gió trong việc cung cấp điện năng ở mỗi quốc gia trên thế giới, đã hình thành các "Wind farm" gồm nhiều turbine gió nối mạng với nhau. Các "Wind farm" có thể được xây dựng trên đất liền như hình 1.1, hoặc xây dựng trên các vùng biển "Offshore" như hình 1.2. Tổng công suất mà các "Wind farm" tạo ra có thể lên đến hàng chục MW. Nhằm đáp ứng cải thiện chất lượng điều khiển hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng máy điện không đồng bộ 3 pha nguồn kép (MĐKĐBNK), luận văn tập trung vào nội dung thiết kế cấu trúc điều khiển mờ MĐKĐBNK.

Hiện nay nhiều nước trên thế giới sử dụng các hệ thống máy phát (MP) điện sức gió với 2 kiểu turbine: Turbine trục đứng và trục ngang, mỗi loại đều có những ưu nhược điểm nhất định chẳng hạn như kiểu turbine trục đứng có mômen xoắn lớn nên không phù hợp đặt ở trên cao, vì vậy chỉ đặt ở những vị trí thấp và có tốc độ gió nhỏ dẫn đến thường có công suất vừa và nhỏ. Với turbine kiểu trục ngang sẽ khắc phục được nhược điểm trên của turbine trục đứng nhưng nhược điểm là chi phí xây dựng lắp đặt cao. Chính vì vậy tuỳ vào điều kiện thực tế mà người ta lựa chọn kiểu turbine trục đứng hay trục ngang cho phù hợp.

Hình 1.1: Một Wind farm trên đất liền gồm nhiều máy phát nối mạng với nhau

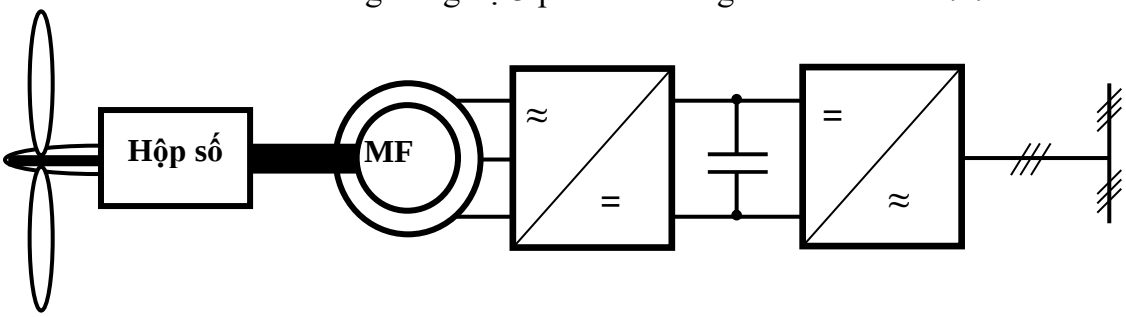
Hình 1.2: Một Wind farm trên biển gồm nhiều máy phát nối mạng với nhau

Cho đến thời điểm hiện tại đã có nhiều công trình khoa học nghiên cứu về hệ thống máy phát điện sức gió với các cấu trúc rất đa dạng, nhưng có thể khái quát sự phát triển các loại máy phát điện sức gió như hình 1.3.



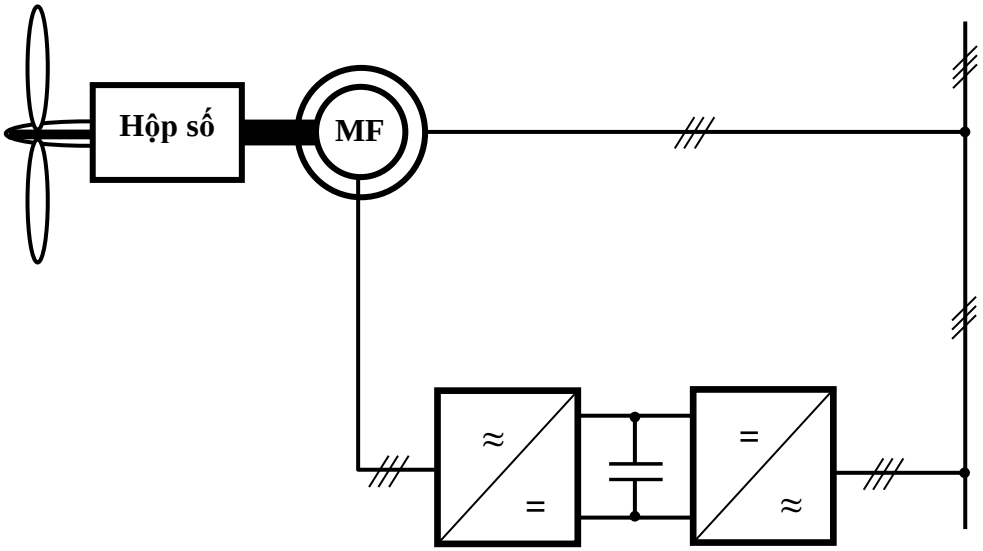
Hình 1.3: Các cấu trúc của hệ thống phát điện sức gió trong thực tiễn

Cấu trúc hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng máy phát đồng bộ 3 pha kích thích vĩnh cửu và không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc như hình 1.4.



Hình 1.4: Máy phát đồng bộ 3 pha kích thích vĩnh cửu hoặc không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc

Cấu trúc hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng máy phát không đồng bộ 3 pha nguồn kép như hình 1.5.



Hình 1.5: Máy phát không đồng bộ 3 pha nguồn kép

Hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng máy điện không đồng bộ 3 pha nguồn kép (MĐKĐBNK) đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu vì có những đặc điểm sau:

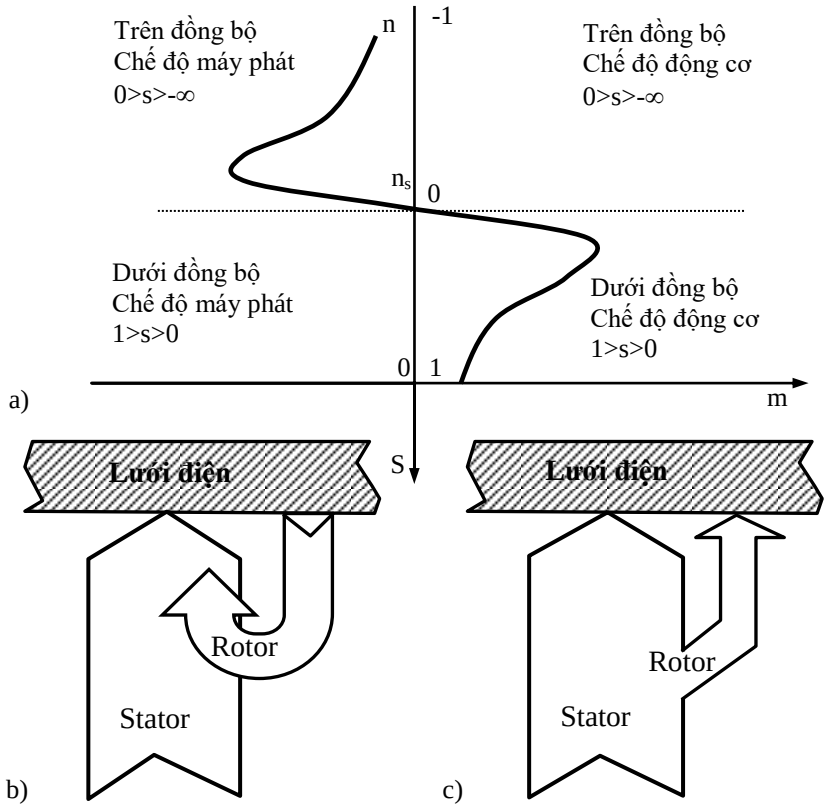
- Từ hình 1.5 cho thấy thiết bị điều khiển đặt ở phía rotor nên chỉ cần thiết kế bằng 1/3 công suất toàn bộ máy điện như vậy sẽ hạ được giá thành chỉ còn 1/3 so với các loại máy điện khác [19].

- Có ý nghĩa về mặt khoa học vì nó khó điều khiển.

- Ngoài ra MĐKĐBNK có thể hoạt động với dải tốc độ trong phạm vi khá rộng cỡ ± 30% tốc độ đồng bộ, cho phép tận dụng tốt hơn nguồn năng lượng gió

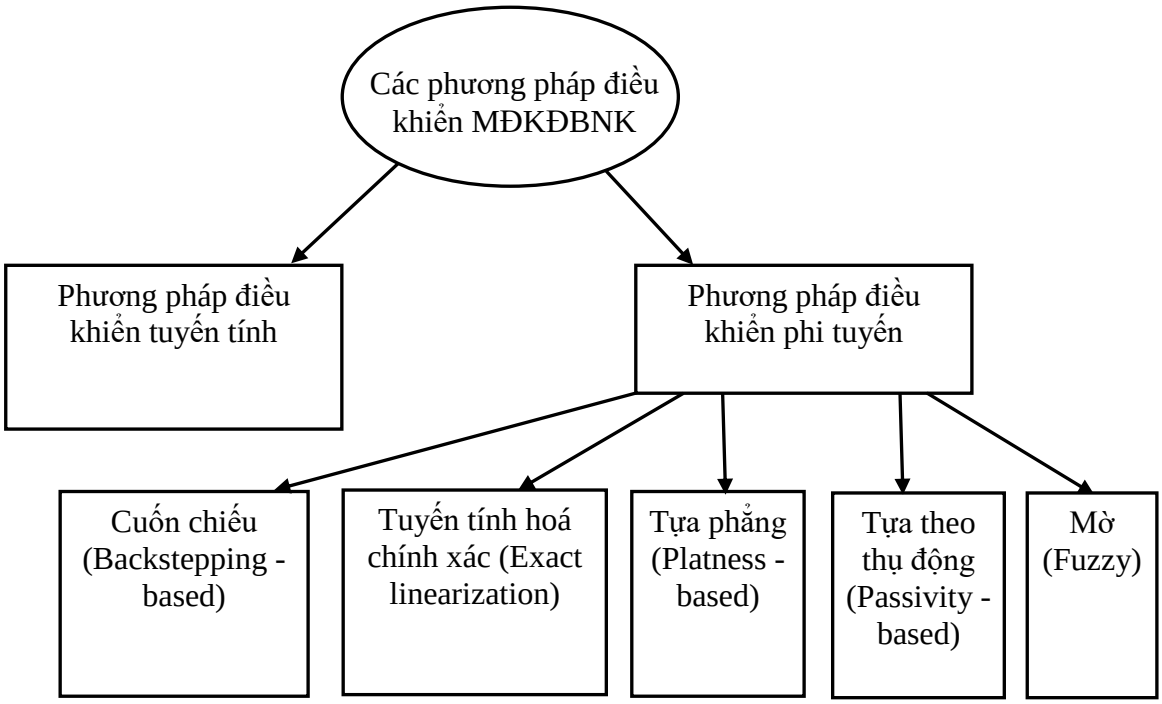
vốn hay thay đổi trong phạm vi rộng. Tuy nhiên cần lưu ý khi hệ thống làm việc không được để MĐKĐBNK chạy ở tốc độ đồng bộ bằng cách điều khiển cánh turbine làm lệch tốc độ đồng bộ (vì nếu làm việc ở chế độ đồng bộ các đại lượng dòng, áp trong rotor lúc đó trở thành đại lượng một chiều sẽ gây nguy hiểm phá hỏng thiết bị). Các chế độ vận hành của MĐKĐBNK được mô tả trên sơ đồ hình 1.6 [8, 19].

Với ý nghĩa về mặt khoa học và kinh tế, kỹ thuật như trên, hiện nay đã có nhiều nghiên cứu đưa ra các phương pháp điều khiển hệ thống máy phát điện sức gió sử dụng MĐKĐBNK với các phương pháp điều khiển tuyến tính, phi tuyến, được thể hiện như sơ đồ hình 1.7.



a) Phạm vi hoạt động
b) Dòng năng lượng MP ở chế độ dưới đồng bộ
b) Dòng năng lượng MP ở chế độ trên đồng bộ

Hình 1.6: Phạm vi hoạt động MĐKĐBNK và dòng chảy năng lượng ở chế độ máy phát



Hình 1.7: Các phương pháp điều khiển máy phát MĐKĐBNK

Từ hình 1.7, cho thấy phương pháp điều khiển mờ, là mục tiêu áp dụng để điều khiển MĐKĐBNK trong hệ thống máy phát điện sức gió. Vì vậy việc lựa chọn phương pháp điều khiển này cho thấy đây là một trong những phương pháp khả dĩ có thể áp dụng cho đối tượng nghiên cứu MĐKĐBNK nhằm tăng khả năng áp dụng vào thực tiễn.

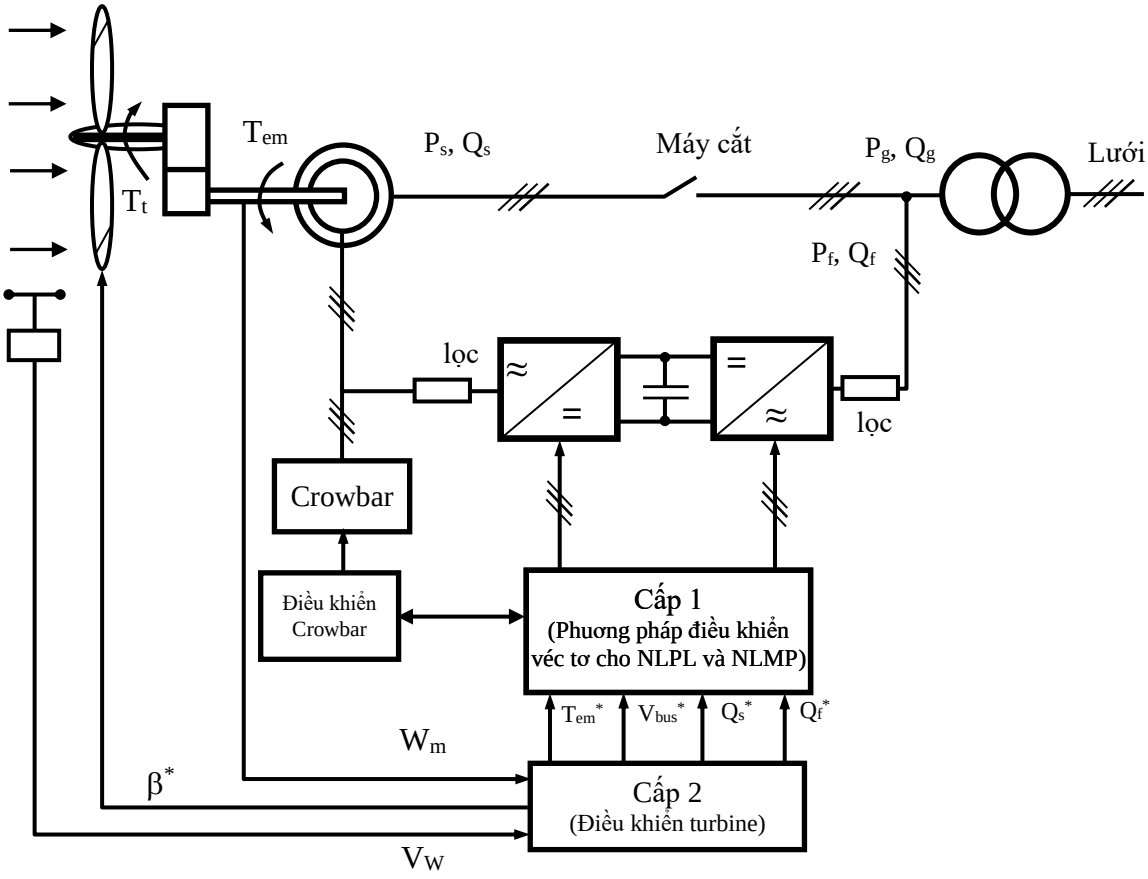
1.2. Các thành phần điều khiển của hệ thống phát điện sức gió sử dụng MĐKĐBNK

Cấu trúc điều khiển đầy đủ của hệ thống phát điện sức gió sử dụng MĐKĐBNK, gồm có 3 thành phần chính sau đây:

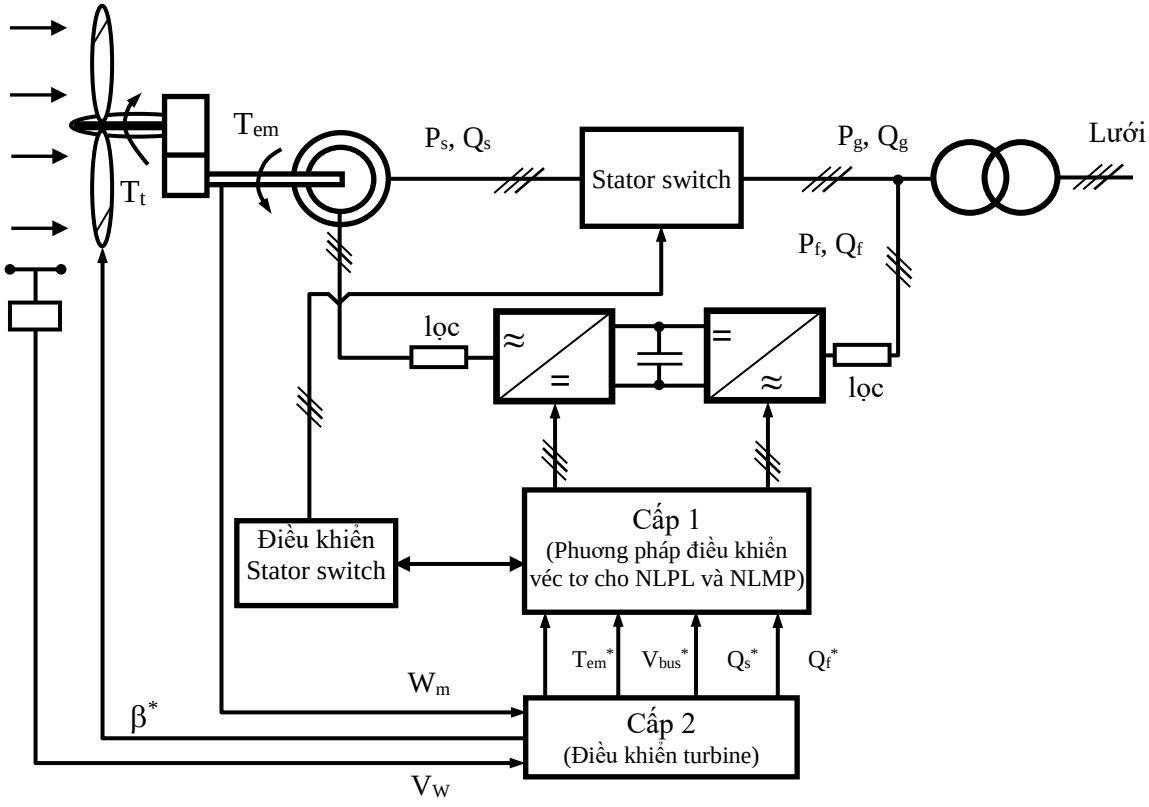
- Điều khiển turbine.

- Điều khiển phía lưới và phía máy phát.

- Điều khiển cắt máy phát khỏi lưới sử dụng crowbar (hình 1.8) hoặc stator switch (hình 1.9) nhằm bảo vệ máy phát khi có sự cố lưới.



Hình 1.8: Hệ thống phát điện sức gió sử dụng crowbar



Hình 1.9: Hệ thống phát điện sức gió sử dụng stator switch

1.2.1. Điều khiển turbine

Công suất của turbine gió

Công suất của turbine gió được tính theo công thức [16, 17, 18]:

$$P_{tb} = \frac{1}{2}\rho_{tb}\pi R_{cg}^2 v_{gm}^3 C_{tb} \quad (1.1)$$

Trong đó:

ρ_{tb} là mật độ không khí (kg/m^3),

R_{cg} là bán kính của cánh gió (m),

v_{gm} là tốc độ gió ở một khoảng cách đủ xa phía trước cánh gió (m/s),

C_{tb} là hệ số phụ thuộc vào cấu trúc khí động học của turbine gió và được xác định theo (1.2):

$$C_{tb} = f(\theta_p, \lambda_{tb}) \quad (1.2)$$

với θ_p là góc xoay của cánh gió so với mặt cắt ngang đi qua trung tâm của cánh gió và được gọi là góc pitch, λ_{tb} là một hệ số phụ thuộc vào cả tốc độ góc quay của turbine ω_{tb} và tốc độ gió v_{gm}:

$$\lambda_{tb} = \frac{\omega_{tb(t)} R_{cg}}{v_{gm(t)}} \quad (1.3)$$

Cũng lưu ý, theo tài liệu nghiên cứu [14, 18] thì giá trị cực đại của C_{tb} là 0,593 và còn được gọi là giới hạn Betz.

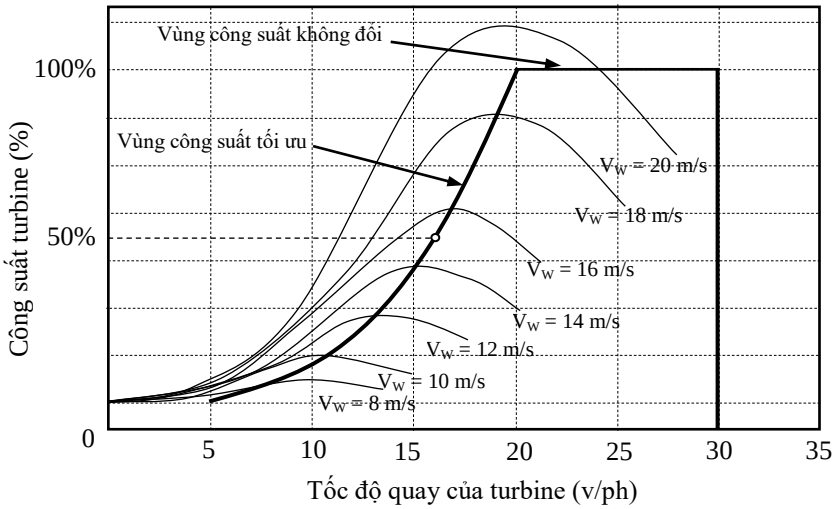
Các công thức (1.1), (1.2), và (1.3) cho thấy công suất turbine gió phụ thuộc vào cấu trúc khí động học của turbine gió, góc pitch, tốc độ gió và tốc độ góc quay của turbine. Chính vì vậy với một góc pitch cố định và ở một tốc độ gió cho trước thì công suất của một turbine gió còn phụ thuộc vào tốc độ quay của nó nữa.

Phương pháp điều khiển

Nhiệm vụ của điều khiển turbine là điều khiển tốc độ turbine để duy trì công suất được biến đổi từ năng lượng gió thành công suất cơ trên trục của turbine là cực đại thì cần phải đảm bảo giá trị của hệ số C_{tb} là tối ưu ứng với từng tốc độ gió nhỏ hơn tốc độ gió lớn nhất cho phép. Ứng với tốc độ gió mà ở đó công suất của máy phát đã đạt đỉnh thì cần phải điều chỉnh góc pitch để giới hạn công suất turbine. Ở tốc độ gió nhỏ hơn tốc độ nhỏ nhất cho phép hoặc lớn hơn tốc độ lớn nhất cho phép của

turbine thì cần phải cắt máy phát ra khỏi lưới và sử dụng phanh cơ khí để giữ cho turbine không quay. Muốn vậy thì tốc độ trục cơ của turbine gió (được nối với trục rotor của MĐKĐBNK thông qua một hộp số) phải được thể hiện ở công thức (1.1), (1.2), và (1.3). Đây cũng chính là vấn đề được nhiều người quan tâm [14, 16].

Dưới đây là mối quan hệ giữa công suất của turbine với tốc độ góc quay của nó ứng với các tốc độ gió khác nhau, thể hiện trên hình 1.10.



Hình 1.10: Các đường cong sử dụng trong giải pháp điều khiển turbine

Trên hình 1.10 với đường đặc tính công suất tối ưu của turbine được thể hiện bằng nét đậm và được diễn giải như sau [18]:

- Khi tốc độ gió nằm trong khoảng từ tốc độ nhỏ nhất cho phép và tăng cho đến khi công suất của máy phát đạt giá trị lớn nhất cho phép thì tốc độ quay của turbine gió được điều chỉnh sao cho C_{tb} đạt được giá trị tối ưu để công suất biến đổi từ năng lượng gió ứng với mỗi tốc độ gió là lớn nhất. Vùng làm việc như vậy gọi là vùng công suất tối ưu.

- Khi công suất của máy phát đã đạt đến giới hạn lớn nhất cho phép mà tốc độ gió vẫn tiếp tục tăng thì có thể điều chỉnh tốc độ quay của turbine ứng với từng tốc độ gió sao cho C_{tb} đạt được giá trị nhỏ hơn giá trị tối ưu hoặc điều chỉnh góc pitch để giữ cho công suất cơ trên trục của turbine là hằng số. Vùng làm việc như vậy còn được gọi là vùng công suất không đổi.

- Khi điều chỉnh hệ số C_{tb} và góc pitch đã ở mức tới hạn mà tốc độ gió vẫn tiếp tục tăng thì bắt buộc phải cắt máy phát để bảo vệ turbine và các bộ biến đổi công suất.