

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

**THỰC HIỆN TỔNG QUAN HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ
CÔNG SUẤT CHO HỆ THỐNG TUABIN GIÓ**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG



ISO 9001:2015

**THỰC HIỆN TỔNG QUAN HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ
CÔNG SUẤT CHO HỆ THỐNG TUABIN GIÓ**

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CƠ CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Phạm Việt Huy

Người hướng dẫn: GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

-----o0o-----

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Phạm Viết Huy – MSV : 1412102097

Lớp : ĐC1802- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Thực hiện tổng quan hệ thống điện tử công suất cho hệ thống tuabin gió

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1. Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Địa điểm thực tập tốt nghiệp:

.....

.....

.....

.....

.....

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Người hướng dẫn thứ nhất:

Họ và tên : Thân Ngọc Hoàn
Học hàm, học vị : Giáo sư, Tiến sĩ khoa học
Cơ quan công tác : Trường Đại học dân lập Hải Phòng
Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

Người hướng dẫn thứ hai:

Họ và tên :
Học hàm, học vị :
Cơ quan công tác :
Nội dung hướng dẫn :

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày tháng năm 2018.

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày.....tháng.....năm 2018

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh viên

Phạm Viết Huy

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2018

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS.NGUYỄN TRẦN HỮU NGHỊ

PHÂN NHẬN XÉT TÓM TẮT CỦA CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp.

.....

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của Đ.T.T.N (so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận thực tiễn, tính toán giá trị sử dụng, chất lượng các bản vẽ..)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Cho điểm của cán bộ hướng dẫn

(Điểm ghi bằng số và chữ)

Ngày.....tháng.....năm 2018

Cán bộ hướng dẫn chính

(Ký và ghi rõ họ tên)

NHẬN XÉT ĐÁNH GIÁ CỦA NGƯỜI CHĂM PHẢN BIỆN
ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

1. Đánh giá chất lượng đề tài tốt nghiệp về các mặt thu thập và phân tích số liệu ban đầu, cơ sở lý luận chọn phương án tối ưu, cách tính toán chất lượng thuyết minh và bản vẽ, giá trị lý luận và thực tiễn đề tài.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Cho điểm của cán bộ chấm phản biện
(Điểm ghi bằng số và chữ)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG GIÓ VÀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ.....	2
1.1. GIỚI THIỆU VỀ NĂNG LƯỢNG GIÓ	2
1.2. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ.....	4
1.2.1. Giới thiệu chung về hệ thống tuabin gió	4
1.2.2. Giới thiệu các bộ phận trong hệ thống tuabin gió[1].....	8
1.2.2.1. Máy phát điện trong hệ thống tuabin gió	8
1.2.2.2. Bộ biến đổi nguồn điện trong hệ thống tuabin gió	16
1.2.2.3. Máy biến áp trong hệ thống tuabin gió	19
1.2.2.4. Bộ lọc trong hệ thống tuabin gió.....	20
1.2.3. Độ tin cậy trong hệ thống điện tử công suất của tuabin gió	21
CHƯƠNG 2. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG TUABIN GIÓ.....	24
2.1. THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT TRONG BỘ BIẾN ĐỔI CỦA HỆ THỐNG TUABIN GIÓ.....	24
2.1.1. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor).....	24
2.1.2. Tụ điện	26
2.1.3. Diode.....	27
2.2. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN MỘT LỚP[1].....	28
2.2.1. Bộ biến đổi nguồn đơn hướng.....	28
2.2.2. Bộ biến đổi nguồn 2 mức (2L-BTB).....	30
2.2.3. Bộ biến đổi nguồn đa mức[1].....	31
2.2.3.1. Cấu trúc kẹp diode trung tính(3L NPC BTB)	31
2.2.3.2. Cấu trúc liên kết back to back cầu H (3L-HB BTB)	32
2.2.3.3. Cấu trúc liên kết back to back 5 mức cầu H (5L-HB BTB)	33

2.2.3.4. Cấu trúc liên kết ba chiều trung tính được gắn với diode cho phía máy phát điện và cấu trúc liên kết H-Bridge 5 cấp cho phía lưới (3L-NPC + 5L-HB)	34
2.3. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN ĐA LỚP.....	35
2.4. BỘ BIẾN ĐỔI CÔNG SUẤT NỔI LƯỚI TỪ NGUỒN NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO[3]	39
CHƯƠNG 3. ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT CHO HỆ THỐNG TUABIN GIÓ	43
3.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ[1].....	43
3.2. ĐIỀU KHIỂN TUABIN GIÓ TỐC ĐỘ BIẾN THIÊN VỚI BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN MỘT PHẦN	44
3.2.1. Giới thiệu hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần	44
3.2.2. Điều khiển tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần[4]	46
3.3. ĐIỀU KHIỂN TUABIN GIÓ TỐC ĐỘ BIẾN THIÊN VỚI BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN TOÀN PHẦN	47
3.3.1. Giới thiệu hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần	47
3.3.2. Điều khiển hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần[4]	49
KẾT LUẬN	52
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	53

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay vai trò của điện năng là rất quan trọng vì nó phải đáp ứng nhu cầu cung cấp điện liên tục cho tất cả các ngành công nghiệp sản xuất và đời sống xã hội của con người. Hơn thế nữa, việc sản xuất nguồn điện năng ngày nay người ta còn đặc biệt chú trọng đến môi trường. Trong khi các nhà máy thủy điện không hoạt động hết công suất của mình thì các nhà máy nhiệt điện lại gây ra ô nhiễm môi trường và nguyên nhân gây nên hiệu ứng nhà kính. Cho nên vấn đề hàng đầu được đặt ra là phát triển xây dựng phải đảm bảo vấn đề về vệ sinh môi trường. Trên thực tế đó, cần phải tìm ra nguồn năng lượng tái sinh để thay thế.

Năng lượng gió là nguồn năng lượng thiên nhiên vô tận, nguồn năng lượng tái tạo không gây ô nhiễm môi trường, vì vậy chúng ta có thể tận dụng nguồn năng lượng đó để biến thành nguồn năng lượng điện phục vụ nhu cầu của con người. Việc xây dựng nhà máy điện gió góp phần đáp ứng nhu cầu tiêu thụ điện và tạo ra cảnh quan du lịch. Với những tiềm năng vô cùng lớn đó, việc nghiên cứu phát triển, cải tiến công nghệ chế tạo tuabin gió thực sự là rất cần thiết. Do vậy em đã chọn đề tài: “**Thực hiện tổng quan hệ thống điện tử công suất cho hệ thống tuabin gió**” do GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn. Đề tài gồm các nội dung sau:

Chương 1: Tổng quan về năng lượng gió và hệ thống tuabin gió

Chương 2: Bộ biến đổi nguồn điện trong hệ thống tuabin gió

Chương 3: Điều khiển hệ thống điện tử công suất cho hệ thống tuabin gió

CHƯƠNG 1.

TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG GIÓ VÀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ

1.1. GIỚI THIỆU VỀ NĂNG LƯỢNG GIÓ

Năng lượng gió là nguồn năng lượng thiên nhiên mà con người đang chú trọng đến cho nhu cầu năng lượng trên thế giới trong tương lai. Hiện nay, năng lượng gió đang mang đến nhiều hứa hẹn cho tương lai năng lượng của nhân loại, tuy nhiên nếu muốn đẩy mạnh nguồn năng lượng này trong tương lai, chúng ta cần phải hoàn chỉnh thêm công nghệ cũng như làm thế nào để đạt được năng suất chuyển động năng của gió thành điện năng cao để từ đó có thể hạ giá thành và cạnh tranh được với những nguồn năng lượng khác. Hình 1.1 và 1.2 dưới đây là những hình ảnh về những trang trại gió quy mô lớn ở Tuy Phong- Bình Thuận- Việt Nam và tại Hà lan.



Hình 1.1: Cảnh đồng điện gió Tuy Phong - Bình Thuận

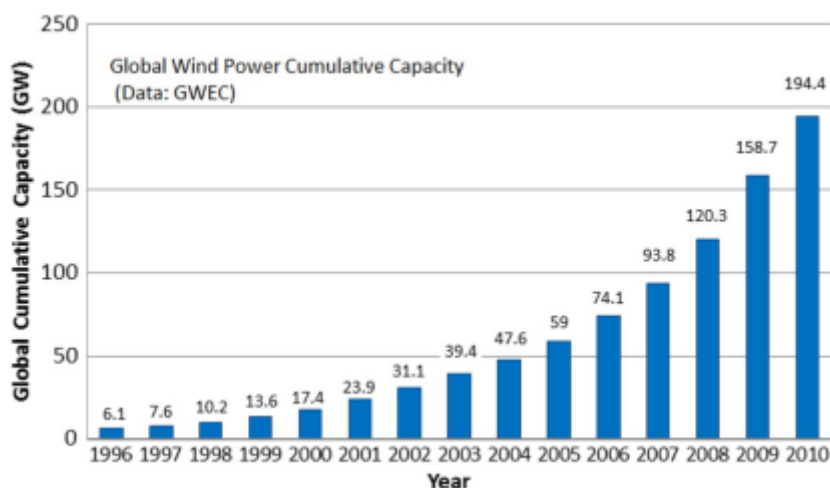


Hình 1.2: Tuabin gió tại Hà Lan

Hiện nay, trên thế giới, việc phát triển phong điện đang là một xu thế lớn, thể hiện ở mức tăng trưởng cao so với các nguồn năng lượng khác. Năng lượng điện gió là nguồn năng lượng có triển vọng và phát triển trong thời gian gần đây. Có rất nhiều quốc gia đã phát triển với quy mô lớn như Đức, Hà Lan, Mỹ, Anh và đã thành lập cơ quan năng lượng quốc tế (CEA) với 14 nước thành viên hợp tác nguyên cứu các kế hoạch trao đổi thông tin kinh nghiệm về việc phát triển năng lượng điện gió. Các quốc gia này là : Úc, Canada, Đan Mạch, Thụy Điển, Na Uy, Tây Ban Nha, Phần Lan, Đức, Ý, Nhật, Hà Lan, New Zealand, Thụy Sĩ, Anh, Mỹ. Vào năm 1995 các nước thành viên có khoảng 25000 tuabin được kết nối với mạng lưới điện và đang vận hành tốt. Tổng công suất của các tuabin này là 3500MW và hằng năm sản xuất ra 6 triệu MWh. Năng lượng điện gió đã trở thành nguồn năng lượng tái sinh phát triển nhanh nhất trên thế giới đặc biệt là ở châu Âu đang chiếm 70% tổng công suất này.

Theo BTM consult[1] năng lượng gió cho đến nay đã đạt mức tích lũy trên toàn thế giới là 200 GW và gần 40 GW đã được lắp đặt vào năm 2010,

cho thấy điện gió thực sự là một phần quan trọng trong ngành công nghiệp năng lượng của thế giới trong tương lai. Điện gió chiếm 1,8% tổng sản lượng điện trên toàn thế giới và dự đoán cho tới năm 2019 là hơn 8% hoặc 1 TW. Trung Quốc đang là thị trường lớn nhất trong năm 2010, đồng thời cùng với EU và Mỹ chiếm một phần ba tổng số thị trường điện gió trên toàn thế giới. Dưới đây hình 1.3 thể hiện năng lực lắp đặt năng lượng gió toàn cầu :



Hình 1.3: Năng lực lắp đặt năng lượng gió toàn cầu từ năm 1996 đến 2010

Thuận lợi lớn nhất của Việt Nam khi phát triển điện gió là nước ta có tiềm năng năng lượng gió tương đối lớn. Theo kết quả điều tra, đánh giá của Ngân hàng thế giới, Việt Nam có tới 8,6% diện tích lãnh thổ được đánh giá là tốt và rất tốt để xây dựng các trạm điện gió cỡ lớn, tập trung và có tới 41% diện tích nông thôn có thể phát triển trạm điện gió cỡ nhỏ. Đây là những số liệu cho chúng ta tin vào tiềm năng phát triển nguồn năng lượng vô tận và thân thiện với môi trường này.

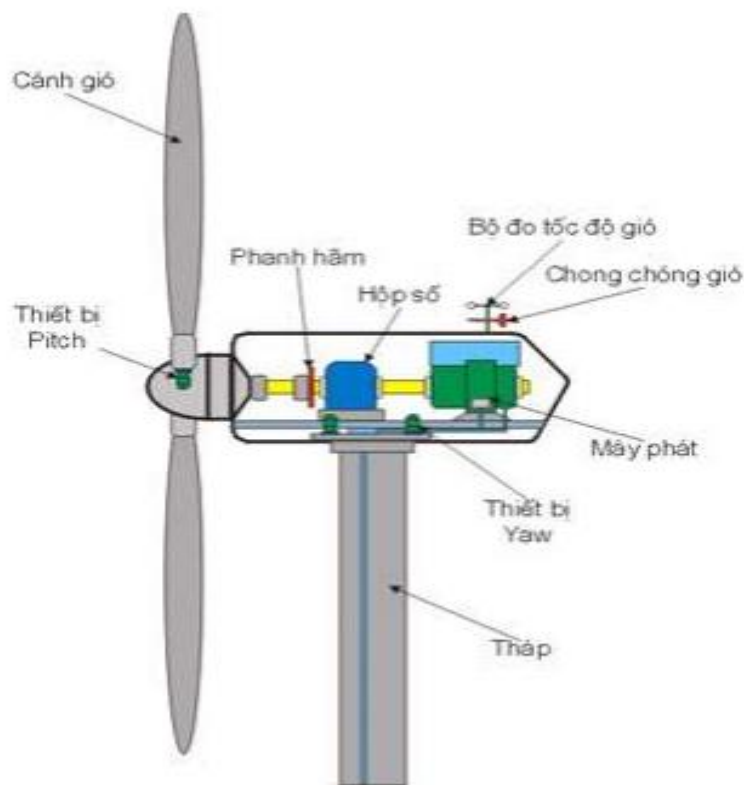
1.2. TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ

1.2.1. Giới thiệu chung về hệ thống tuabin gió

Hệ thống tuabin gió đã được sử dụng nhiều ở các nước châu Âu, Mỹ và các nước công nghiệp phát triển khác. Nước Đức đang dẫn đầu thế giới về

công nghệ phong điện. Tới nay hầu hết vẫn là các trạm phong điện trục ngang, gồm một máy phát điện có trục quay nằm ngang, với rotor (phần quay) ở giữa, liên hệ với một tua bin 3 cánh đón gió. Máy phát điện được đặt trên một tháp cao hình côn. Trạm phát điện kiểu này mang dáng dấp những cối xay gió ở châu Âu từ những thế kỷ trước, nhưng rất thanh nhã và hiện đại. Các trạm phong điện trục đứng gồm một máy phát điện có trục quay thẳng đứng, rotor nằm ngoài được nối với các cánh đón gió đặt thẳng đứng. Trạm phong điện trục đứng có thể hoạt động bình đẳng với mọi hướng gió nên hiệu quả cao hơn, lại có cấu tạo đơn giản, các bộ phận đều có kích thước không quá lớn nên vận chuyển và lắp ráp dễ dàng, độ bền cao, duy tu bảo dưỡng đơn giản. Loại này mới xuất hiện từ vài năm gần đây nhưng đã được nhiều nơi sử dụng.

Hiện có các loại máy phát phong điện với công suất rất khác nhau, từ 1 kW tới hàng chục ngàn kW. Các trạm phong điện có thể hoạt động độc lập hoặc cũng có thể nối với mạng điện quốc gia. Các trạm độc lập cần có một bộ nạp, bộ ắc-quy và bộ đổi điện. Khi dùng không hết, điện được tích trữ vào ắcquy. Khi không có gió sẽ sử dụng điện phát ra từ ắc-quy. Các trạm nối với mạng điện quốc gia thì không cần bộ nạp và ắc-quy. Các trạm phong điện có thể phát điện khi tốc độ gió từ 3 m/s (11 km/h), và tự ngừng phát điện khi tốc độ gió vượt quá 25 m/s (90 km/h). Tốc độ gió hiệu quả từ 10 m/s tới 17 m/s, tùy theo từng thiết bị phong điện. Dưới đây hình 1.4 là mô hình tham khảo của một hệ thống máy phát sức gió có thể gồm các thành phần cơ bản sau đây :



Hình 1.4: Mô hình hệ thống tuabin gió điển hình

Cánh gió: Các Tuabin gió hiện đại thường có hai hoặc ba cánh gió. Gió thổi qua các cánh quạt và là nguyên nhân làm cho các cánh quạt chuyển động và quay.

Thiết bị Yaw: Thiết bị yaw có hai chức năng. Khi tốc độ gió nhỏ hơn tốc độ giới hạn theo thiết kế, nó giữ cho roto đối diện với nguồn gió khi hướng gió thay đổi. Nhưng khi tốc độ gió vượt qua giới hạn theo thiết kế, đặc biệt là khi có gió bão, nó dịch rotor ra khỏi hướng bão.

Pitch: Cánh gió được lật hoặc xoay để điều chỉnh tốc độ của rôto. Cánh được tiện hoặc làm nghiêng một ít để giữ cho roto quay trong gió không quá cao hay quá thấp để tạo ra điện.

Chong chóng gió (vane): Phát hiện hướng gió và kết hợp với thiết bị Yaw để giữ cho tuabin phản ứng phù hợp với tốc độ gió cụ thể.

Bộ đo tốc độ gió (anemometer): Đo tốc độ gió rồi chuyển dữ liệu đến bộ điều khiển.

Phanh hãm (brake): Phanh dạng đĩa, được dùng như phanh cơ khí, phanh điện hoặc phanh thủy lực để dừng roto trong các tình huống khẩn cấp bằng điện, bằng sức nước hoặc bằng động cơ.

Hộp số (gear box): Hộp số được đặt giữa trục tốc độ thấp và trục tốc độ cao để gia tăng tốc độ quay từ khoảng 20 đến 60 vòng/phút lên khoảng 1200 đến 1500 vòng/phút, đây là tốc độ quay mà hầu hết các máy phát cần để sản sinh ra điện năng. Tốc độ quay là yêu cầu của hầu hết các máy phát để sản xuất ra điện. Bộ bánh răng này rất đắt tiền nó là một phần của động cơ và Tuabin gió. Các máy phát có tốc độ thấp hơn thì không cần bộ này.

Máy phát (generator): Thường dùng các máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu(PMSG) hoặc máy phát điện không đồng bộ (DFIG) để phát điện năng xoay chiều.

Tháp (tower): Tháp được làm từ thép phiến hoặc các thanh thép bất chéo nhau với kết cấu vững vàng và chịu va đập cơ học, ăn mòn, và có tính đàn hồi hợp lý. Vì tốc độ gió tỷ lệ với độ cao nên tháp càng cao thì tuabin càng lấy được nhiều năng lượng và sản sinh ra được càng nhiều điện năng. Tốc độ gió tăng ở trên cao nên tuabin được gắn trên tháp cao giúp cho tuabin sản xuất được nhiều điện. Tháp cũng đưa tuabin lên cao trên các luồng xoáy không khí có thể có gần mặt đất do các vật cản trở không khí như đồi núi , nhà, cây cối.

Một nguyên tắc chung là lắp đặt một tuabin gió trên tháp với đáy của cánh rotor cách các vật cản trở tối thiểu 9m, nằm trong phạm vi đường kính 90m của tháp. Số tiền đầu tư tương đối ít trong việc tăng chiều cao của tháp có thể đem lại lợi ích lớn trong sản xuất điện. Ví dụ, để tăng chiều cao tháp từ 18m lên 33m cho máy phát 10kW sẽ tăng tổng chi phí cho hệ thống 10%, nhưng có thể tăng lượng điện sản xuất 29%.

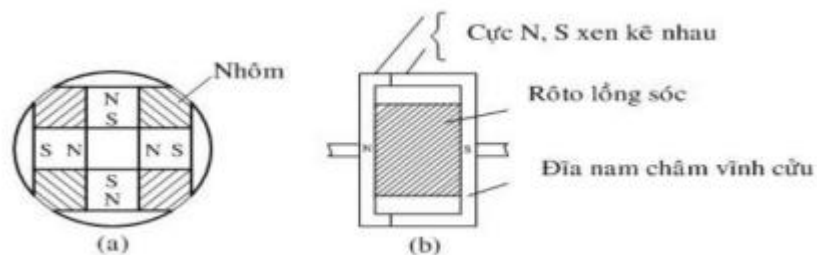
1.2.2. Giới thiệu các bộ phận trong hệ thống tuabin gió[1]

1.2.2.1. Máy phát điện trong hệ thống tuabin gió

a. Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu(PMSG) [2]

Vì tốc độ gió luôn thay đổi theo thời gian, để tuabin 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 điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu(PMSG) hoàn toàn đáp ứng được điều này, vì từ thông luôn tồn tại sẵn nhờ hệ thống nam châm vĩnh cửu trên bề mặt rotor. Máy phát điện hoạt động với tốc độ vòng quay thấp nhưng nguồn điện năng sản xuất cao. Đây là những ưu điểm chính khi tuabin gió sử dụng máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu. Vì vậy, hiện nay, máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu(PMSG) đang trở thành công nghệ được sử dụng rất rộng rãi trong những hệ thống tuabin gió.

- Cấu tạo chung của máy điện đồng bộ:



Hình 1.5: Cấu tạo máy phát điện đồng bộ

Ở loại động cơ này cực từ tạo bởi nam châm vĩnh cửu bằng hợp kim đặc biệt có độ từ dư rất lớn ($0,5 \div 1,5 T$). Cực từ có dạng cực lồi và đặt ở rôto khoảng cách giữa các cực có đồ nhôm kín và toàn bộ rôto là một khối trụ. Nếu dùng làm động cơ điện thì cần đặt dây quấn mở máy kiểu lồng sóc. Vì khó gia công rãnh trên hợp kim nam châm nên thường chế tạo lồng sóc như động cơ không đồng bộ và đặt hai đĩa nam châm ở hai đầu. Với kết cấu như vậy sẽ tốn vật liệu hơn và thường chế tạo với công suất : $30 \div 40 W$. Trong trường hợp dùng như máy phát không có dây quấn mở máy, công suất có thể

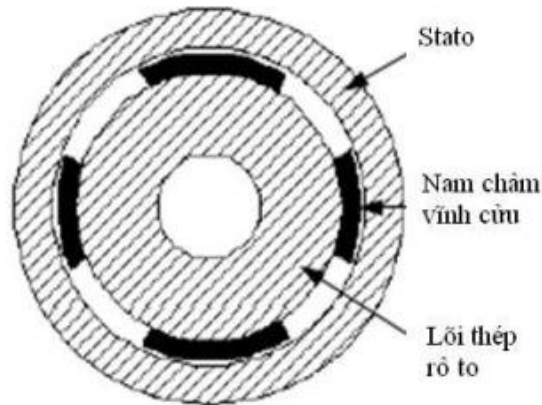
lên tới 5 ÷ 10 KW đôi khi đến 100KW. Động cơ đồng bộ nói chung, động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu nói riêng là những máy điện xoay chiều có phần cảm đặt ở roto và phần ứng là hệ dây quấn 3 pha đặt ở stator. Với động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thì phần cảm được kích thích bằng những phiến nam châm bố trí trên bề mặt hoặc dưới bề mặt roto. Các thanh nam châm thường được làm bằng đất hiếm ví dụ như samariu - cobalt ($\text{SmCO}_5 - \text{SmCO}_{17}$) hoặc Neodymium - ion - boron (NdFeb) là các nam châm có suất năng lượng cao và tránh được hiệu ứng khử từ thường được gắn trên bề mặt hoặc bên trong của lõi thép roto để đạt được độ bền cơ khí cao, nhất là khi tốc độ làm việc cao thì khe hở giữa các thanh nam châm có thể đắp bằng vật liệu dẫn từ sau đó bọc bằng vật liệu có độ bền cao, ví dụ như sợi thủy tinh hoặc bắt bulon lên các thanh nam châm. Ngoài ra còn có nam châm gốm có độ bền cao. Vì rotor không cần nguồn kích thích nên động cơ loại này có thể hoạt động mạnh mẽ và đáng tin cậy hơn. Những động cơ này có công suất từ 100w đến 100kw. Momen tối đa của máy được thiết kế không vượt quá 150% momen định mức. Nếu máy hoạt động quá momen max thì sẽ mất tính đồng bộ và sẽ hoạt động như một động cơ cảm ứng hoặc ngưng hoạt động. Những động cơ này đa số là khởi động trực tiếp. Công suất và hệ số công suất của mỗi động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu thường tốt hơn 5 đến 10 lần động cơ từ trở tương ứng.

Ưu điểm: Động cơ không có chổi than hoặc vành trượt trên rotor thì không sinh ra tia lửa điện khi hoạt động, lúc này công việc bảo dưỡng chổi than được bãi trừ. Những động cơ này có thể kéo vào đồng bộ các tải có mức quán tính lớn hơn quán tính rotor của chúng nhiều lần.

- **Máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu:**

Các máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu có bốn cực từ, phần cắt ngang của nó được mô tả trong hình 8. Các nam châm được gắn chặt trên lõi thép rô to. Không gian giữa các nam châm được lấp đầy bằng các lá thép

hình đặc biệt, các bộ phận đó tạo ra một dòng điện đóng cho từ trường. Nam châm vĩnh cửu đã được sử dụng rộng rãi để thay thế các cuộn kích từ trong các máy đồng bộ, với những ưu điểm là thiết kế rô to không cần cuộn dây kích thích, vành trượt và bộ kích từ máy phát có thể giúp tránh gây nhiệt trong các cánh quạt và cung cấp hiệu quả tổng thể của hệ thống cao hơn.



Hình 1.6: Mặt cắt ngang của máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu

- Nguyên lý làm việc máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu :

Nguyên lý hoạt động của máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu cũng giống như nguyên lý hoạt động của máy điện đồng bộ, chỉ khác nhau ở chỗ ở máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu thì cuộn kích từ trên rô to được thay thế bằng nam châm vĩnh cửu.

PMSG là máy điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu do đó hoạt động của nó như sau: khi cấp 3 dòng điện hình sin vào 3 cuộn dây stator sẽ xuất hiện từ trường quay với tốc độ $n_{tt} = 60f/p$, trong đó f - tần số biến thiên của dòng điện, p – số đôi cực. Do từ trường của nam châm vĩnh cửu là từ trường không đổi không quay, sự tác động giữa từ trường quay với từ trường không đổi tạo mô men dao động, giá trị trung bình của mô men này có giá trị 0. Để máy điện có thể làm việc được phải quay nam châm vĩnh cửu tới tốc độ bằng tốc độ từ trường, lúc này mô men trung bình của động cơ sẽ khác 0. Việc đưa nam

châm vĩnh cửu tới tốc độ từ trường là phương pháp khởi động động cơ đồng bộ thường mà ta đã nghiên cứu trước đây. Do đó khởi động bằng máy lai ngoài, phương pháp này đắt tiền, công kênh nên rất ít khi sử dụng. Phương pháp hay dùng nhất đó là phương pháp khởi động dị bộ. Lúc này mới đặt tải lên động cơ. Như vậy máy đồng bộ nam châm vĩnh cửu có nam châm quay đồng bộ với từ trường quay, hoặc quay với tốc độ đồng bộ.

Với máy điện đồng bộ 3 pha, dây quấn phần ứng nối sao (Y) hoặc nối tam giác (Δ). Khi máy làm việc dòng điện phần ứng I_r chạy trong dây quấn 3 pha sẽ tạo nên một từ trường quay. Từ trường này quay với tốc độ đồng bộ $n_1 = 60.f_1/p$.

b. Máy điện dị bộ cấp nguồn từ hai phía (DFIG) [2]

Hệ thống phát điện trong điều kiện tốc độ máy phát thay đổi ngày càng cần thiết cho những ứng dụng công nghệ cao trong đó đặc biệt là công nghệ tuabin gió. Ngoài giải pháp sử dụng máy điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu thì giải pháp sử dụng máy điện dị bộ cấp nguồn từ hai phía (DFIG) với những ưu điểm riêng cũng được sử dụng rất rộng rãi trong công nghệ chế tạo tuabin gió.

Động cơ không đồng bộ là máy điện xoay chiều, có tốc độ rôto khác tốc độ stato. Từ trường quay có thể là 1 pha, 2 pha hoặc 3 pha, tùy thuộc vào cấu tạo dây quấn ở stato là 1 pha, 2 pha hoặc 3 pha. Theo cấu tạo dây quấn rôto, động cơ không đồng bộ được chia làm 2 loại: Rôto lồng sóc và rôto dây quấn động cơ không đồng bộ lồng sóc có cấu tạo đơn giản, vận hành và bảo quản dễ dàng, độ tin cậy cao, giá thành rẻ, nên được ứng dụng rộng rãi trong thực tế. Động cơ không đồng bộ rôto dây quấn có cấu tạo phức tạp vận hành và bảo quản khó hơn, độ tin cậy kém hơn, giá thành cao hơn nhưng nó có ưu điểm là có thể đưa điện trở phụ ở ngoài vào để cải thiện tính năng mở máy và điều chỉnh. Tốc độ do đó nó không được sử dụng cho những nơi nào có cầu dao về mở máy về điều chỉnh tốc độ mà động cơ lồng sóc không đáp ứng được. Tuy nhiên động cơ không đồng bộ có nhược điểm là điều chỉnh tốc độ

và khống chế các quá trình quá độ khó khăn riêng với động cơ rôto lồng sóc, các chỉ tiêu không đồng bộ.

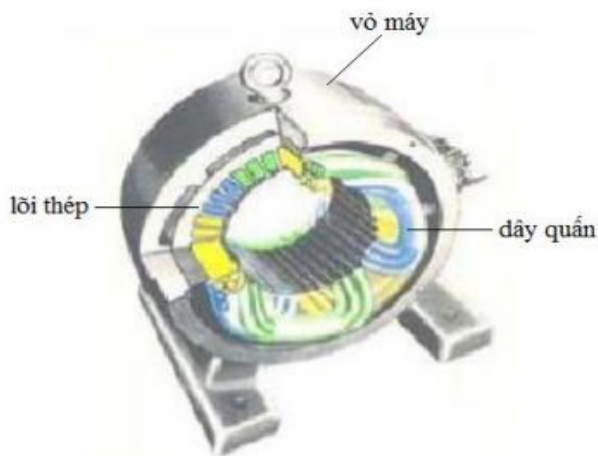
- Cấu tạo động cơ dị bộ

Phần tĩnh (stato)

Stato bao gồm vỏ máy, lõi sắt và dây quấn.

Vỏ máy

Vỏ máy là nơi cố định lõi sắt, dây quấn và đồng thời là nơi ghép nối nắp hay gói đỡ trục. Để chế tạo vỏ máy người ta có thể đúc, hàn, rèn và nguyên liệu để làm vỏ máy có thể làm bằng gang, nhôm hay lõi thép. Vỏ máy có hai kiểu: vỏ kiểu kín và vỏ kiểu bảo vệ. Hộp cực là nơi để đấu điện từ lưới vào.



Hình 1.7: Cấu tạo của stator

Đối với động cơ kiểu kín hộp cực yêu cầu phải kín, giữa thân hộp cực và vỏ máy với nắp hộp cực phải có giăng cao su. Trên vỏ máy còn có bulon vòng để cầu máy khi nâng hạ, vận chuyển và bulon tiếp mát.

Lõi sắt

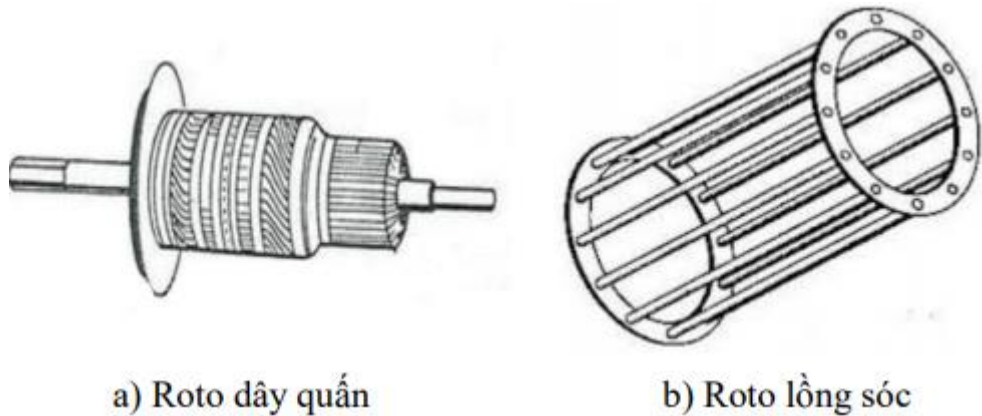
Lõi sắt là phần dẫn từ. Vì từ trường đi qua lõi thép là từ trường quay, nên để giảm tổn hao lõi sắt được làm từ những lá thép kỹ thuật điện dày 0,5mm ép lại. Yêu cầu của lõi sắt là phải dẫn từ tốt, tổn hao nhỏ và chắc chắn. Mỗi lá thép kỹ thuật điện đều phủ sơn cách điện trên bề mặt để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên.

Dây quấn

Dây quấn stato được đặt vào rãnh của lõi sắt và được cách điện tốt với lõi sắt. Dây quấn đóng vai trò quan trọng của máy điện vì nó trực tiếp tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng điện năng thành cơ năng hay ngược lại, đồng thời về mặt kinh tế thì giá thành của dây quấn cũng chiếm một phần khá cao trong toàn bộ giá thành máy.

Phần quay (rôto)

Rôto của động cơ không đồng bộ gồm lõi sắt, dây quấn và trục (đối với động cơ dây quấn còn có vành trượt). Trên hình 1.8 là hai loại rotor của động cơ không đồng bộ.



Hình 1.8: Rotor máy điện không đồng bộ

Lõi sắt:

Lõi sắt của rôto bao gồm các lá thép kỹ thuật điện như stato, điểm khác biệt ở đây là không cần sơn cách điện giữa các lá thép vì tần số làm việc trong rôto rất thấp chỉ vài Hz, nên tổn hao do dòng phucô trong rôto rất thấp. Lõi sắt được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên một giá rôto của máy. Phía ngoài của lõi sắt có xẻ rãnh để đặt dây quấn rôto.

Dây quấn rôto:

Phân làm hai loại chính: rôto kiểu dây quấn và kiểu lồng sóc

Loại rôto dây quấn: Rôto có dây quấn giống như dây quấn stato.

Máy điện kiểu trung bình trở lên dùng dây quấn kiểu sóng hai lớp, vì bớt những dây đầu nối nên kết cấu dây quấn trên rôto chặt chẽ. Máy điện cỡ nhỏ dùng dây quấn đồng tâm một lớp. Dây quấn ba pha của rôto thường đấu hình sao. Đặc điểm của loại động cơ kiểu dây quấn là có thể thông qua chổi than đưa điện trở phụ hay suất điện động phụ vào mạch rôto để cải thiện tính năng mở máy, điều chỉnh tốc độ hay cải thiện hệ số công suất của máy.

Loại rôto kiểu lồng sóc: kết cấu của loại dây quấn rất khác với dây quấn stato. Trong mỗi rãnh của lõi sắt rôto đặt các thanh dẫn bằng đồng hay nhôm dài trong lõi sắt và được nối tắt lại hai đầu bằng hai vòng ngắn mạch bằng đồng hay nhôm. Nếu là rôto đúc nhôm thì trên vành ngắn mạch còn có các cánh quạt gió. Rôto thanh đồng được chế tạo từ đồng hợp kim có điện trở suất cao nhằm mục đích nâng cao mômen mở máy. Để cải thiện tính năng mở máy, đối với máy có công suất lớn, người ta làm rãnh rôto sâu hoặc lồng sóc kép. Đối với máy điện cỡ nhỏ, rãnh rôto được làm chéo góc với tâm trục. Dây quấn lồng sóc không cần cách điện với lõi sắt.

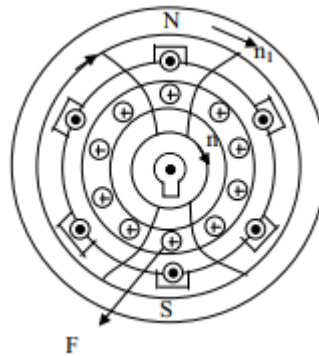
Trục:

Trục máy điện mang rôto quay trong lòng stato. Trục máy điện được chế tạo tùy theo kích thước và nguyên liệu chủ yếu là thép cacbon. Trên trục của rôto có lõi thép, dây quấn, vành trượt và quạt gió.

- Nguyên lý làm việc của máy điện dị bộ:

Sau khi nối thông cuộn dây stato với nguồn điện 3 pha, thì sẽ sản sinh ra từ trường quay. Nếu từ trường quay theo chiều kim đồng hồ thì theo quy tắc bàn tay phải dây dẫn của rôto ở phía cực N cắt từ trường, dòng điện cảm ứng đi theo chiều xuyên từ mặt giấy ra. Dây dẫn này chịu tác dụng của lực đó sẽ làm cho rôto quay theo chiều kim đồng hồ. Tương tự như vậy ở phía cực S, rôto chịu tác dụng của lực cũng quay theo chiều kim đồng hồ. Các lực điện từ đó tạo thành một mômen điện từ đối với trục quay, do đó làm cho rôto quay theo chiều quay của từ trường quay. Tốc độ quay của N_2 của rôto luôn

luôn nhỏ hơn tốc độ quay của n_1 của từ trường quay (tốc độ quay đồng bộ). Nếu tốc độ quay của roto đạt đến tốc độ quay đồng bộ thì không còn có sự chuyển động tương đối giữa nó và từ trường nữa. Dây điện của rôto sẽ không cắt đường sức do đó sức điện động cảm ứng , dòng điện và momen điện từ của nó đều bằng 0. Do đó ta thấy rôto luôn quay theo từ trường quay với tốc độ $n_2 < n_1$.



Hình 1.9: Nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ

Ta gọi động cơ không đồng bộ vì tốc độ quay n_2 của roto không bằng tốc độ quay đồng bộ của trường quay của rôto . Trong đó: $n_1 - n_2$: Là hiệu số tốc độ quay của động cơ KĐB.

Tỷ số giữa hiệu số tốc độ quay với tốc độ quay đồng bộ gọi là độ trượt . Ký hiệu là s : $s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \cdot 100\%$

Khi động cơ KĐB 3 pha ở trạng thái phụ tải định mức thì độ trượt của nó rất bé (0,02 0,06). Sau khi nối thông cuộn dây stato của động cơ KĐB với nguồn điện xoay chiều 3 pha , qua tác dụng của từ trường quay sẽ truyền điện năng cho rôto . Hiện tượng này giống như từ trường biến đổi xoay chiều ở trong lõi sắt của MBA truyền điện năng từ cuộn sơ cấp cho sơ cấp cho cuộn thứ cấp. Do đó khi dòng điện trong rôto tăng lên thì dòng điện trong stato cũng tăng lên.

Momen điện từ (M) của động cơ KĐB tỷ lệ thuận với tích của từ thông quay (Φ) và thành phần tác dụng của dòng điện rôto ($I_2 \cos \varphi_2$)
 $M = C_M \cdot I_2 \cos \varphi_2$ Trong đó C_M : Là hằng số momen của động cơ KĐB. Đối với

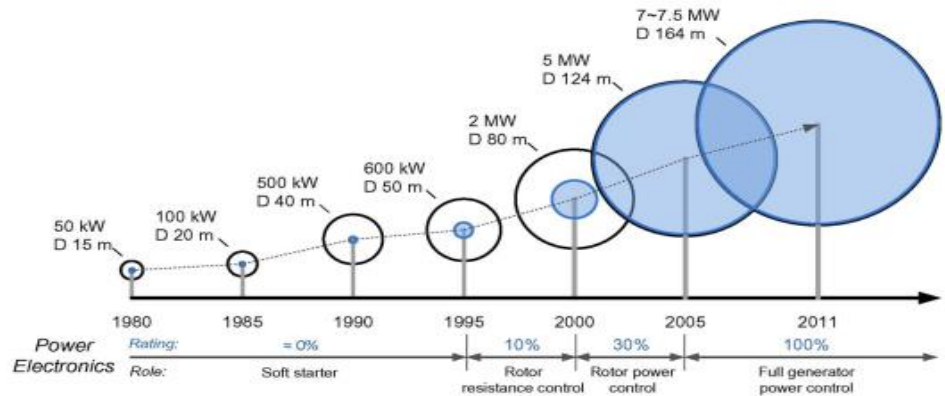
một động cơ đã chế tạo hoàn chỉnh thì nó là một trị số xác định không đổi, thì trị số ở công thức trên về cơ bản không thay đổi nên momen điện tử của động cơ KĐB tùy thuộc vào dòng điện I_2 của rôto và hệ số công suất $\cos\varphi_2$ của mạch điện rôto.

Khi $n_1 - n_2$ giảm thì I_2 giảm. Khi bắt đầu khởi động động cơ, rôto chưa quay, do đó hiệu số tốc độ quay $n_1 - n_2 = n_1$, lúc này dây dẫn của rôto cắt từ trường quay với tốc độ lớn nhất. Khi rôto bắt đầu quay thì tốc độ tương đối của dây dẫn rôto cắt từ trường quay giảm xuống, $n_1 - n_2$ giảm xuống do đó I_2 giảm.

- Khi $n_1 - n_2$ giảm thì $\cos\varphi_2$ tăng lên. Mạch điện rôto tương đương với một cuộn dây quấn trên lõi sắt nó cũng có cảm kháng, độ lớn của cảm kháng tỷ lệ thuận với tần số của dòng điện trong rôto. Cảm kháng càng nhỏ thì $\cos\varphi$ càng lớn. Tần số của dòng điện trong rôto giảm khi $n_1 - n_2$ giảm $\rightarrow \cos\varphi$ tăng.

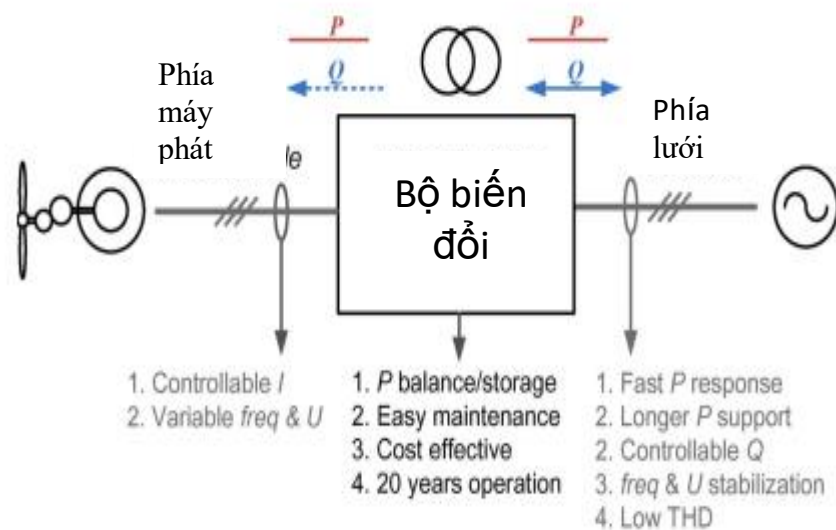
1.2.2.2. Bộ biến đổi nguồn điện trong hệ thống tuabin gió

Sự xâm nhập của điện tử công suất trong hệ thống tuabin gió(WTS) đã được liên tục phát triển từ những năm 1980, khi đó nó bao gồm một bộ khởi động mềm dựa trên thyristor để kết nối với tuabin gió và sau đó được đi qua máy phát điện và hòa trực tiếp vào lưới điện. Trong những năm 1990, chủ yếu sử dụng bộ điều khiển với cầu diode và công tắc điện tử. Và những năm gần đây, bộ biến đổi nguồn điện back-to-back nổi lên. Hình 1.10 cho thấy sự phát triển của kích thước WTS và việc sử dụng hệ thống điện tử công suất nổi bật với vòng tròn bên trong màu xanh. Giải pháp được thống nhất sử dụng nhất trong bộ biến đổi năng lượng cho hệ thống tuabin gió trong phạm vi 1,5-3 MW là việc sử dụng hai nguồn điện áp hai cấp biến đổi trong cấu hình back-to-back. Ở thấp hơn và quyền hạn cao hơn, có thể tìm các giải pháp khác như cầu diode cho máy phát điện trong trường hợp máy phát điện đồng bộ cũng như việc sử dụng các bộ biến đổi nhiều cấp để cấp nguồn trung áp cho các ứng dụng năng lượng cao.



Hình 1.10: Sự phát triển tuabin gió và xu hướng chính của biến đổi điện tử (màu xanh biểu thị mức công suất của các bộ biến đổi) trong 30 năm qua

Các yêu cầu đặt ra đối với bộ biến đổi điện tử công suất cho WTS được thể hiện trong hình 1.11 sau :



Hình 1.11: Biến đổi năng lượng gió và yêu cầu điện tử công suất

Yêu cầu về phía máy phát :

Controllable I : Điều khiển được dòng I

Variable freq & U : Thay đổi được điện áp và tần số

Yêu cầu về hệ thống biến đổi năng lượng gió :

P balance/storage : Cân bằng và lưu trữ P

Easy maintenance : Bảo trì dễ dàng

Cost effective : Chi phí hiệu quả

20 years operation : Hoạt động trên 20 năm

Yêu cầu về phía lưới :

Fast P response : Phản hồi công suất P nhanh

Longer P support : Hỗ trợ công suất P lâu hơn

Controllable Q : Có thể điều khiển công suất phản kháng Q

freq & U stabilization : Ổn định tần số và điện áp

Low THD : Sóng hài thấp

Trên hình 1.11, đây giao diện giữa máy phát điện tuabin gió và lưới điện, bộ biến đổi điện gió phải đáp ứng các yêu cầu cho cả hai bên. Đối với phía máy phát: dòng điện chạy trong stator máy phát điện được kiểm soát để điều chỉnh mô-men và tốc độ quay. Điều này sẽ góp phần cân bằng nguồn năng lượng hoạt động bình thường khi khai thác công suất tối đa từ tuabin gió nhưng cũng có trường hợp xảy ra lỗi lưới xuất hiện. Hơn nữa, bộ biến đổi nên có khả năng xử lý các tần số cơ bản biến và biên độ điện áp của đầu ra máy phát để điều khiển tốc độ.

Đối với phía lưới: bộ biến đổi phải phù hợp với lưới điện với bất kể tốc độ gió. Điều này có nghĩa là nó cần phải có khả năng kiểm soát công suất phản kháng Q/ điện dung nạp C, và thực hiện phản ứng nhanh khi công suất thay đổi. Cơ bản tần số cũng như biên độ điện áp ở phía lưới nên được gán như cố định trong hoạt động bình thường, và độ biến dạng(THD) của dòng điện phải được duy trì ở mức cấp độ thấp.

Bộ biến đổi cần phải thỏa mãn các yêu cầu phụ tải và lưới với chi phí hiệu quả và giải pháp bảo trì đơn giản. Điều này đòi hỏi độ tin cậy cao của bộ biến đổi, và tính mô đun của toàn bộ hệ thống biến đổi. Hơn thế nữa, các công cụ biến đổi năng lượng gió có thể cần khả năng lưu trữ các hoạt động điện và tăng điện áp từ phía máy phát điện đến phía lưới.

1.2.2.3. Máy biến áp trong hệ thống tuabin gió

Để dẫn điện từ nhà tù tuabin gió đến hộ tiêu thụ cần phải có đường dây tải điện. Nếu khoảng cách từ nơi sản xuất điện đến hộ tiêu thụ lớn, một vấn đề đặt ra là việc truyền tải điện năng đi xa làm sao cho kinh tế nhất.

Dòng điện truyền tải và tổn hao công suất trên đường dây:

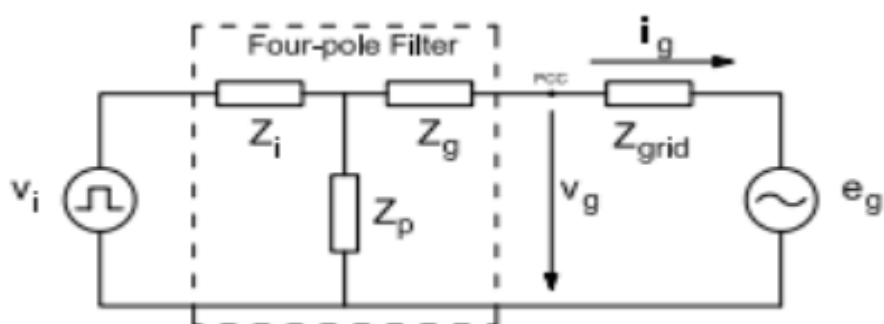
$$I = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi} ; \Delta P = R_d I^2 = R_d \frac{P^2}{U^2 \cos^2\varphi}$$

Cùng một công suất truyền tải trên đường dây, nếu điện áp truyền tải cao \rightarrow dòng điện chạy trên đường dây nhỏ, do đó trọng lượng và chi phí dây dẫn sẽ giảm xuống, đồng thời tổn hao năng lượng trên đường dây sẽ giảm. Vì thế, muốn truyền tải công suất lớn đi xa ít tổn hao và tiết kiệm kim loại màu người ta phải dùng điện áp cao, thường là 35, 110, 220, 500kV. Và giải pháp ở đây chỉ có thể là máy biến áp, vừa đáp ứng được yêu cầu về chất lượng điện áp khi hòa lưới vừa là giải pháp hiệu quả về kinh tế.

Ở đây ta xét trường hợp là dùng máy biến áp ba pha cho hệ thống tuabin gió. Máy biến áp 3 pha được hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ với nhiệm vụ biến đổi điện áp, có thể tăng áp và cũng có thể hạ áp sao cho phù hợp nơi tiêu thụ. Dây quấn điện trong máy biến áp 3 pha có điện áp cao là dây quấn cao áp, và ngược lại, dây quấn điện có điện áp thấp là dây quấn hạ áp. Cuộn dây cuốn sơ cấp khi được nối với hiệu điện thế sơ cấp sẽ tạo ra dòng điện và 1 dãy biến thiên trong lõi sắt. Trong mạch dây thứ cấp hiệu điện thế thứ cấp sẽ tiếp tục tạo ra từ trường biến thiên. Thông qua từ trường, hiệu điện thế sơ cấp sẽ thay đổi hiệu điện thế thứ cấp. Sự thay đổi này điều chỉnh qua các số vòng được quấn trên lõi sắt. Trong quá trình vận hành máy biến áp 3 pha sẽ làm biến đổi hệ thống dòng điện ở chiều điện áp này thành hệ thống cung cấp điện ở dòng điện xoay chiều của điện áp khác, tuy nhiên duy chỉ có tần số là không thay đổi.

1.2.2.4. Bộ lọc trong hệ thống tuabin gió

Trong xu thế phát triển các nguồn năng lượng mới và tái tạo không thể thiếu được vai trò quan trọng của các bộ điều khiển kết nối lưới. Trong khi các nỗ lực nghiên cứu đã đạt được dòng và áp của nghịch lưu phát vào lưới có dạng sin lý tưởng thì một vấn đề mới nảy sinh là các tác động nhiễu từ lưới mà điển hình là sóng hài cao lại có ảnh hưởng mạnh đến điều khiển của bộ biến đổi (BĐĐ). Bộ lọc LCL thông thường được thiết lập tại ngõ ra của BĐĐ trước điểm kết nối lưới có thể lọc bỏ các sóng hài nhưng có nhược điểm là có thể gây cộng hưởng tần số, phá vỡ liên hệ kết nối.



Hình 1.12: Sơ đồ nguyên lý bộ lọc LCL

Khi kết nối lưới, trở kháng của lưới có ảnh hưởng đến hoạt động của bộ biến đổi, không hạn chế được dòng hài phát sinh do tần số chuyển mạch. Nếu trở kháng lớn, khi đó sẽ làm giảm hoạt động của hệ thống và phạm vi hoạt động của bộ biến đổi. Vì vậy, thay vì sử dụng một cuộn cảm, ta dùng bộ lọc LCL tốt hơn. Bộ lọc LCL mang lại tần số cộng hưởng không mong muốn và tạo ra ổn định. Những vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách sử dụng điện trở tắt dần nên được gọi là phương pháp tắt dần thụ động. Mặc dù phương pháp này cũng đã có những thuận lợi và đơn giản, nhưng nó cũng có một số điểm như: tăng tổn thất nhiệt, giá thành cao do thiết kế hệ thống tản nhiệt.

1.2.3. Độ tin cậy trong hệ thống điện tử công suất của tuabin gió

Sự xâm nhập của năng lượng gió vào lưới điện đang tăng trưởng rất nhanh thậm chí dự kiến chiếm 20% tổng sản lượng điện vào năm 2020 ở châu Âu. Trong khi đó, công suất điện của một tuabin gió đang tăng liên tục để giảm giá p.r. Vị trí của các trang trại gió hiện đang có xu hướng dịch chuyển ra phía ngoài bờ biển, ngoài khơi vì giới hạn đất trong đất liền và sản lượng gió ngoài khơi cao gấp nhiều lần so với trong đất liền. Do có nhiều tác động đáng kể đến lưới điện, như cũng như chi phí cao hơn để duy trì và sửa chữa hơn trước đây, hệ thống phát điện gió được yêu cầu phải đáng tin cậy hơn và có thể chịu được một số ảnh hưởng từ môi trường thiên nhiên. Độ tin cậy là một trong những vấn đề mà các nhà sản xuất và nhà đầu tư WTS quan tâm nhất để đảm bảo an toàn khi vận hành và an toàn với lưới điện khi hòa nguồn năng lượng này với lưới điện. Phản hồi thị trường có cho thấy rằng bộ điều khiển và bộ biến đổi điện đường như dễ bị lỗi hơn, mặc dù máy phát điện và hộp số có thời gian chết lớn nhất.

Độ tin cậy được xác định là xác suất mà một sản phẩm sẽ thực hiện chức năng dự định của nó theo các điều kiện đã nêu trong một khoảng thời gian nhất định. Các kỹ sư và nhà nghiên cứu sử dụng dữ liệu hiện trường đáng tin cậy, thử nghiệm và kỹ thuật phân tích để xác định tỷ lệ lỗi của sản phẩm theo thời gian trong điều kiện cụ thể và sau đó làm việc với kỹ sư thiết kế để làm cho sản phẩm hoàn thiện hơn. Việc xác định độ tin cậy của các tuabin gió hiện đang là một lĩnh vực nghiên cứu năng động và đầy thách thức. Có một số cơ quan dữ trên toàn cầu theo dõi lỗi mà tuabin gió hay gặp và thời gian ngừng hoạt động, nhưng không có phương pháp thống nhất để quyết định dữ liệu nào cần thu thập, cách thu thập dữ liệu và cách ghi lại. Các nhà nghiên cứu cũng đã xác định được các vấn đề khác có thể xảy ra là:

- Dữ liệu cần thiết có thể không có sẵn vì nó được coi là độc quyền bởi các nhà khai thác tuabin gió.

- Thật khó để so sánh dữ liệu từ một tua-bin gió đến một tuabin gió tiếp theo do sự khác biệt về công nghệ.

- Thật khó để so sánh dữ liệu từ các tuabin gió tương tự hoạt động trong các môi trường khác nhau (khô so với ướt, nóng và lạnh, vv).

- Các công nghệ và thiết kế tuabin gió đang phát triển nhanh chóng, khiến việc so sánh dữ liệu từ các tuabin gió mới hơn với dữ liệu từ các tuabin gió cũ hơn, nhỏ hơn trở nên khó khăn.

- Tua-bin gió thường được thiết kế trong suốt 20 năm, nhưng hầu hết các tuabin trong mỏ được lắp đặt cách đây chưa đầy 20 năm. Dữ liệu trường vòng đời hoàn chỉnh không tồn tại trong hầu hết các trường hợp, và các tuabin gió lâu đời nhất với hầu hết các dữ liệu hiện trường không có sử dụng các thiết kế và công nghệ mới nhất.

- Ngoài ra còn có một số lượng giới hạn công việc được công bố liên quan đến phân tích lỗi của các thành phần tuabin gió và phần lớn dữ liệu tồn tại là từ các tuabin gió cũ. Điều này khiến cho việc so sánh thất bại của các thành phần tương tự trong các tuabin khác nhau trở nên khó khăn. Ví dụ, có rất nhiều cách mà một hộp số có thể lỗi. Nếu không biết chính xác các hộp số lỗi như thế nào, có thể sẽ rất khó để phân tích lỗi hộp số trên các tuabin gió tương tự.

Mặc dù những khó khăn này, các nhà nghiên cứu đã ước tính độ tin cậy của tuabin gió. Nói chung, khoảng một nửa số lỗi của tuabin gió là do các thành phần điện và hệ thống điều khiển, nhưng những lỗi này có thời gian ngừng hoạt động thấp. Máy phát điện và lỗi hộp số ít thường xuyên hơn nhưng có thời gian chết lâu hơn.

➤ ***Kết luận chương 1:***

Qua chương này tôi đã tìm hiểu một cách tổng quan về nguồn năng lượng gió, tổng quan của một hệ thống tuabin gió hiện nay. Hơn thế nữa tôi cũng đã tìm hiểu chi tiết về các phần tử cấu thành nên hệ thống điện tử công suất cho hệ thống tuabin gió như máy phát trong hệ thống tuabin gió, bộ biến đổi nguồn điện trong hệ thống tuabin gió, máy biến áp và bộ lọc trong hệ thống tuabin gió, thiết bị chuyển mạch trong hệ thống tuabin gió. Thông qua những tìm hiểu này, tôi thấy được tầm quan trọng của nguồn năng lượng gió trong hiện tại và tương lai, đồng thời cũng có được những kiến thức nhất định phục vụ cho việc nghiên cứu, tìm hiểu cho những chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2.

BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN TRONG HỆ THỐNG TUABIN GIÓ

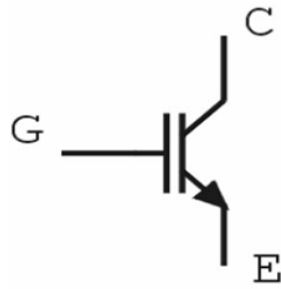
2.1. THIẾT BỊ ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT TRONG BỘ BIẾN ĐỔI CỦA HỆ THỐNG TUABIN GIÓ

Sự phát triển các thiết bị chuyển mạch đang diễn ra với vai trò quan trọng trong việc phát triển các bộ biến đổi năng lượng cao cho tuabin gió với độ tin cậy và hiệu quả tăng lên. Các lựa chọn chính là các module sử dụng IGBT.

Công nghệ sử dụng IGBT giúp gia tăng độ tin cậy, và đã được khoa học chứng minh nhưng nó được biết đến từ các ngành công nghiệp đã có từ lâu đời. IGBT hỗ trợ sự phát triển của bộ biến đổi công suất trung bình và đã được phát triển những công nghệ tiên tiến trong các hệ thống điện có nguồn năng lượng cao (ví dụ: dầu khí và gas) nhưng nó vẫn chưa được áp dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp tuabin gió vì các vấn đề chi phí. Tuy nhiên, công nghệ mô-đun đã ghi lại các ứng dụng và vấn đề gắn kết ít hơn. Hơn nữa, điểm quan trọng nhất là độ tin cậy, độ dốc do chu kỳ tuần hoàn nhiệt của dây nối được sử dụng để kết nối các bộ phận chét trong mô đun, là một vấn đề liên tục được cải tiến cả vật liệu và giải pháp sử dụng các loại giấy bạc thay vì dây dẫn giúp giảm 35% trọng lượng của thiết bị.

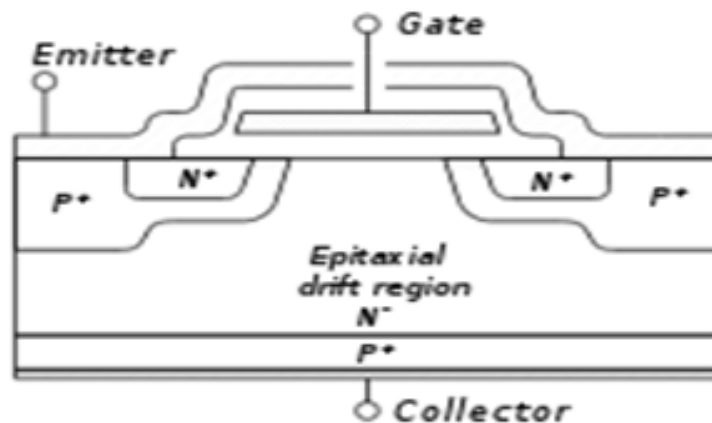
2.1.1. IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor): Transistor có cực điều khiển cách ly là một linh kiện bán dẫn công suất 3 cực được phát minh bởi Hans W. Beck và Carl F. Wheatley vào năm 1982. IGBT kết hợp khả năng đóng cắt nhanh của MOSFET và khả năng chịu tải lớn của transistor thường. Mặt khác IGBT cũng là phần tử điều khiển bằng điện áp, do đó công suất điều khiển yêu cầu sẽ cực nhỏ. Hình 2.1 là kí hiệu IGBT trên bản vẽ kỹ thuật.

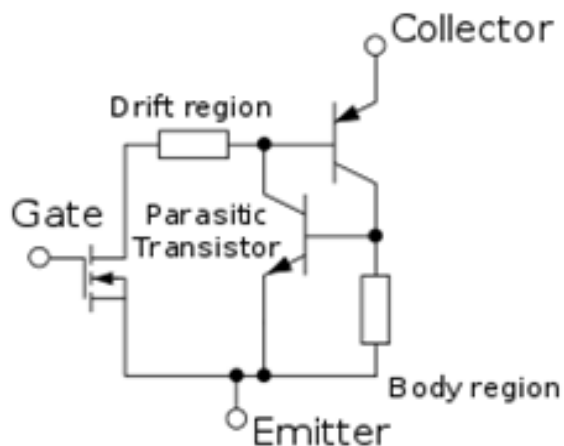


Hình 2.1: Kí hiệu của IGBT

Về cấu trúc bán dẫn được thể hiện trong hình 2.2, IGBT rất giống với MOSFET, điểm khác nhau là có thêm lớp nối với collector tạo nên cấu trúc bán dẫn p-n-p giữa emitter (tương tự cực gốc) với collector (tương tự với cực máng), mà không phải là n-n như ở MOSFET. Vì thế có thể coi IGBT tương đương với một transistor p-n-p với dòng base được điều khiển bởi một MOSFET.



Hình 2.2: Cấu trúc IGBT điển hình



Hình 2.3: Mạch tương đương của IGBT

Dưới tác dụng của điện áp điều khiển $U_{ge} > 0$ kênh dẫn với các hạt mang điện là các điện tử được hình thành giống như ở cấu trúc Mosfet các điện tử di chuyển về phía colecto vượt qua lớp tiếp giáp n-p như ở cấu trúc giữa bazo và colecto ở transistor thường tạo nên dòng colector.

2.1.2. Tụ điện

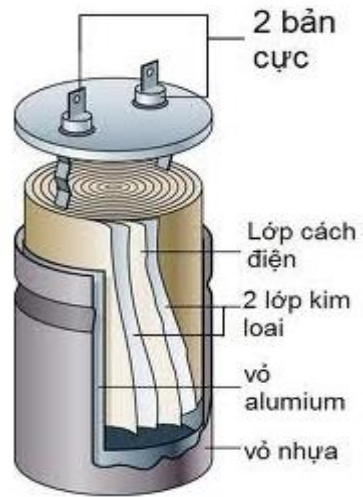
Kết nối giữa bộ chỉnh lưu và nghịch lưu trong bộ biến đổi nguồn là một tụ điện lưu trữ điện áp một chiều. Trong đó người ta có thể tạo ra tuyến dẫn một chiều là một giàn tụ điện lưu trữ điện áp một chiều đã chỉnh lưu. Một tụ điện có thể trữ một điện tích lớn, nhưng sắp xếp chúng theo cấu hình tuyến dẫn một chiều sẽ làm tăng điện dung của tụ điện.

Tụ điện là một linh kiện điện tử thụ động rất phổ biến, được cấu tạo bởi hai bản cực đặt song song, có tính chất cách điện 1 chiều nhưng cho dòng điện xoay chiều đi qua nhờ nguyên lý phóng nạp. Hình 2.4 dưới đây là kí hiệu của một tụ điện trong các bản vẽ kỹ thuật điện.



Hình 2.4: Kí hiệu của tụ điện

Cấu tạo của tụ điện : bên trong tụ điện là 2 bản cực kim loại được đặt cách điện với nhau, môi trường giữa 2 bản tụ này được gọi là điện môi (môi trường không dẫn điện). Điện môi có thể là: không khí, giấy, mica, dầu nhớt, nhựa, cao su, gốm, thủy tinh... Tùy theo lớp cách điện ở giữa hai bản cực là gì thì tụ có tên gọi tương ứng. Hình 2.3 dưới đây thể hiện cấu tạo của một tụ điện điển hình.



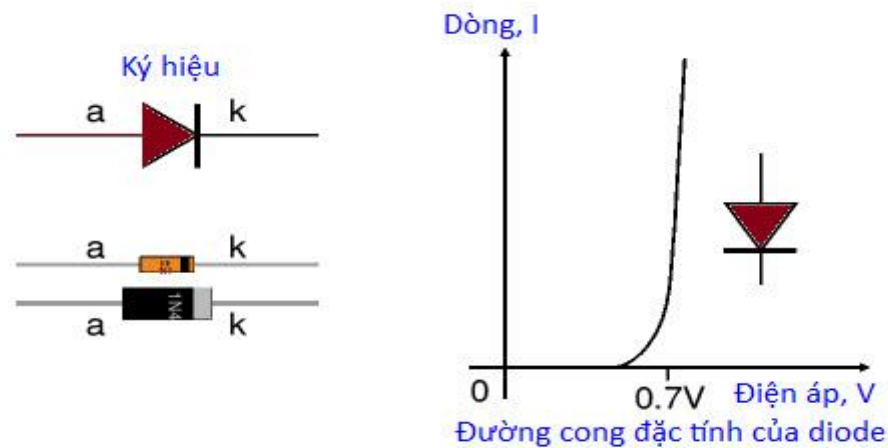
Hình 2.5: Cấu tạo của tụ điện

Đặc tính cơ bản: Tụ điện có khả năng tích trữ năng lượng dưới dạng năng lượng điện trường bằng cách lưu trữ các electron, nó cũng có thể phóng ra các điện tích này để tạo thành dòng điện. Đây chính là tính chất phóng nạp của tụ.

2.1.3. Diode

Diode là một linh kiện chỉ cho phép dòng điện chạy qua nó theo một chiều nhất định, chiều ngược lại thì dòng điện không thể đi qua.

Diode được cấu tạo từ 2 lớp bán dẫn tiếp xúc với nhau. Diode có 2 cực Anốt và Katốt. Nó chỉ cho dòng điện đi theo 1 chiều từ Anốt sang Katốt (Chính xác là khả năng cản trở dòng điện theo chiều AK là rất nhỏ, còn KA là rất lớn). Nó được dùng như van 1 chiều trong mạch điện.



Hình dạng các cầu diode

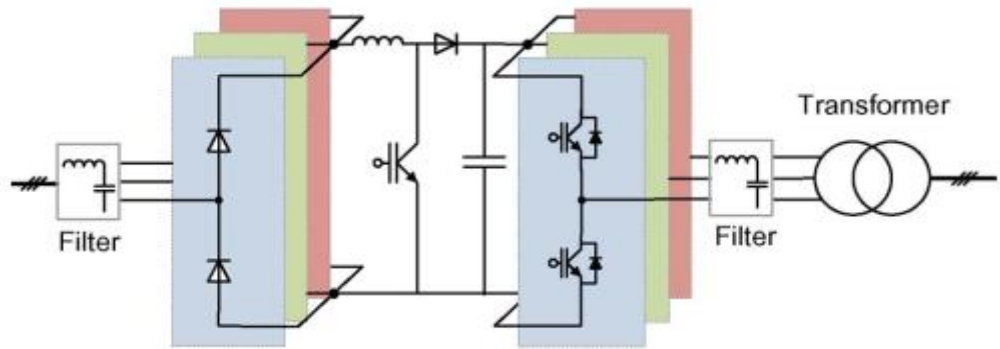
Hình 2.6: Kí hiệu, đường đặc tính, hình dạng của Diode

Do tính chất dẫn điện một chiều nên diode thường được sử dụng trong các mạch chỉnh lưu nguồn xoay chiều thành một chiều, các mạch tách sóng, mạch gim áp phân cực cho transistor hoạt động.

2.2. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN MỘT LỚP[1]

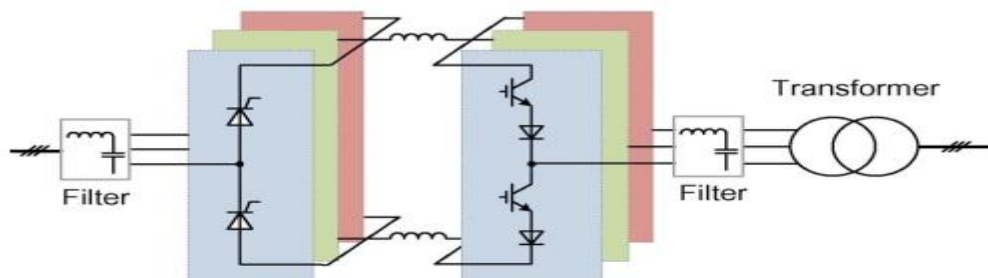
2.2.1. Bộ biến đổi nguồn đơn hướng

Ngày nay, đây là xu hướng sử dụng PMSG trong tuabin gió biến đổi công suất lớn. Vì không muốn có công suất phản kháng cần thiết trong máy phát và dòng điện năng từ PMSG tới lưới thông qua bộ biến đổi điện, chỉ có bộ chỉnh lưu diode đơn giản có thể được áp dụng cho bộ biến đổi phía máy phát để có được một giải pháp tiết kiệm chi phí. Tuy nhiên, diode chỉnh lưu ngay cả khi nhiều pha hoặc 12-xung tần số thấp xung có thể kích hoạt cộng hưởng trực. Các giải pháp chỉnh lưu bán tự động cũng có thể được thực hiện.



Hình 2.7: Bộ biến đổi nguồn đơn hướng sử dụng cho hệ thống tuabin gió dùng PMSG

Để có thể đáp ứng được tốc độ biến thiên của gió và ổn định điện áp DC, bộ biến đổi tăng DC-DC có thể được chèn vào trong liên kết DC hoặc điện áp DC có thể được điều khiển bằng rotor kích thích, như thể hiện trong hình 2.7. Nên nói rằng nguồn điện các mức trong phạm vi MW, bộ biến đổi cần phải được thực hiện bởi một số phần tử hoặc bằng một giải pháp ba cấp.



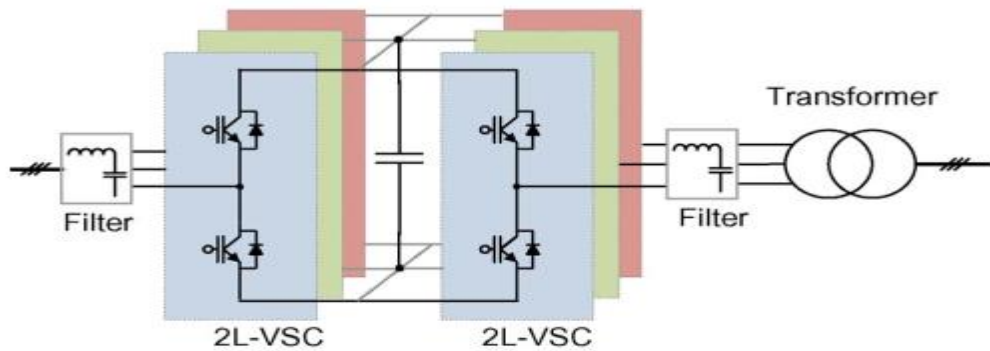
Hình 2.8: Bộ biến đổi năng lượng đầy đủ tuabin gió với máy phát điện nam châm vĩnh cửu

Hình 2.8 cho thấy việc sử dụng hai bộ biến đổi nguồn hiện tại trong một kết nối back-to-back. Ưu điểm của giải pháp đề xuất có thể là khai thác độ tự cảm của cáp dài được sử dụng trong trang trại gió nếu nguồn DC phân phối được sử dụng hoặc được sử dụng trong trường hợp bộ biến đổi máy phát được đặt trong vỏ bọc trong khi bộ biến đổi lưới được đặt ở dưới cùng của WTS. Việc sử dụng biến tần nguồn áp ở mặt lưới là bắt buộc trong trường hợp Hình 2.7 cấu trúc liên kết từ khi lưu trữ DC điện dung được sử dụng.

Theo cách tương tự, việc sử dụng biến tần nguồn áp hiện tại ở phía lưới là bắt buộc trong trường hợp Hình 2.8 cấu trúc liên kết được sử dụng vì lưu trữ dc là cảm ứng.

2.2.2. Bộ biến đổi nguồn 2 mức (2L-BTB)

Bộ biến đổi nguồn điện áp điều chế độ rộng xung với điện áp đầu ra hai mức(2L-PWM-VSC) là cấu trúc liên kết công suất ba pha được sử dụng thường xuyên nhất cho đến nay trong các hệ thống tuabin gió. Các kiến thức trong lĩnh vực này là rất rộng lớn, và nó là một công nghệ được thiết lập tốt. Đây là giao diện giữa máy phát điện và lưới trong hệ thống tuabin gió, hai bộ 2L-PWM-VSC thường được định hình như một cấu trúc back-to-back (2L-BTB) với một máy biến áp ở phía lưới, như trong Hình 2.9 dưới đây.



Hình 2.9: Bộ biến đổi nguồn 2 cấp back-to-back cho hệ thống tuabin gió (2L-BTB)

Lợi thế kỹ thuật của giải pháp 2L-BTB là cấu trúc tương đối đơn giản và ít thành phần, góp phần tạo hiệu suất mạnh mẽ và đáng tin cậy điều này đã được thực tế chứng minh. Tuy nhiên, do phạm vi công suất và điện áp của tuabin gió đang gia tăng, bộ biến đổi 2L-BTB có thể bị tổn thất chuyển mạch lớn và công suất thấp hơn ở MW và mức điện áp MV. Các thiết bị chuyển mạch có sẵn cũng cần phải được thiết kế song song hoặc kết nối theo chuỗi để có được công suất và điện áp yêu cầu của tuabin gió, điều này có thể dẫn đến giảm tính đơn giản và độ tin cậy của bộ biến đổi điện.

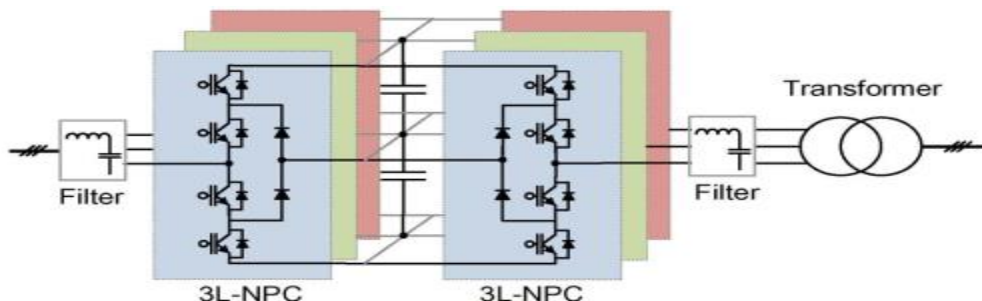
Một vấn đề khác trong giải pháp 2L-BTB là điện áp đầu ra hai cấp. Bộ lọc đầu ra công kênh có thể cần thiết để giới hạn độ dốc điện áp và giảm sóng hài bậc cao(THD). Cấu trúc liên kết 2L-BTB là trạng thái của bộ biến đổi trong các tua bin gió sử dụng DFIG.

2.2.3. Bộ biến đổi nguồn đa mức[1]

Như đã đề cập ở trên, công suất điện của tuabin gió tiếp tục tăng (thậm chí lên 10 MW), và nó trở nên khó khăn hơn cho một giải pháp 2L-BTB truyền thống để đạt được hiệu suất chấp nhận được với các thiết bị chuyển mạch có sẵn. Với khả năng nhiều mức điện áp đầu ra, biên độ điện áp cao hơn và công suất đầu ra lớn hơn, các cấu trúc liên kết biến đổi đa cấp đang trở thành ứng cử viên thú vị và phổ biến trong ứng dụng tuabin gió. Nói chung, bộ biến đổi đa cấp có thể được phân loại thành ba loại: cấu trúc kẹp diode trung tính, cấu trúc kẹp tụ điện bay và cấu trúc tế bào biến đổi tầng. Để có được một thiết kế tiết kiệm chi phí, các bộ biến đổi đa cấp được sử dụng chủ yếu trong các tuabin gió có công suất từ 3 MW đến 7 MW. Một số giải pháp đa cấp có thể được trình bày trong phần sau.

2.2.3.1. Cấu trúc kẹp diode trung tính(3L NPC BTB)

Cấu trúc liên kết kẹp ba điểm trung tính là một trong những bộ biến đổi đa cấp được thương mại hóa nhất trên thị trường. Tương tự như 2L-BTB, nó thường được cấu hình như một cấu trúc back-to-back trong tuabin gió, như trong hình 2.10, được gọi là 3L NPC BTB cho thuận tiện.

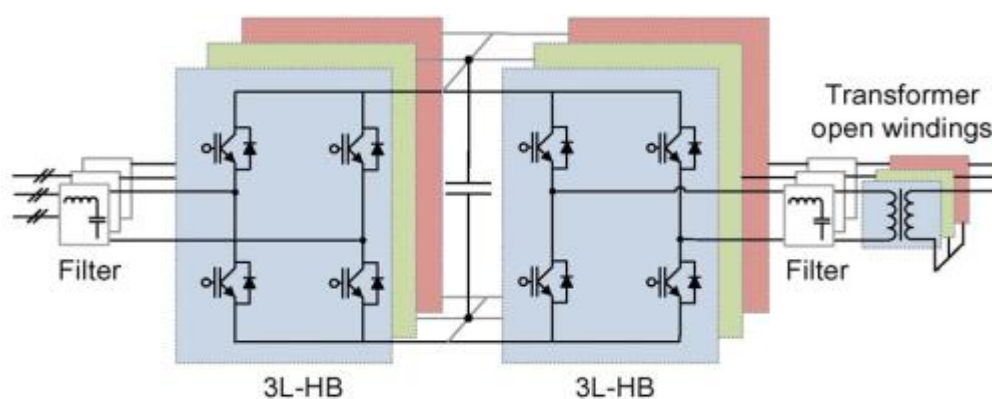


Hình 2.10: Bộ biến đổi nguồn cấu trúc liên kết kẹp ba điểm trung tính (3L NPC BTB)

Bộ biến đổi này đạt được một mức điện áp đầu ra nhiều hơn so với 2L-BTB, do đó kích thước bộ lọc nhỏ hơn. BTB 3L-NPC cũng có thể xuất biên độ điện áp kép so với cấu trúc liên kết hai cấp bằng các thiết bị chuyển mạch có cùng mức điện áp. Biến động điện áp trung điểm của bus DC được sử dụng là một nhược điểm của BTB 3L-NPC. Tuy nhiên, vấn đề này đã được nghiên cứu rộng rãi và được cải thiện bằng cách kiểm soát trạng thái biến đổi dự phòng. Tuy nhiên, người ta thấy rằng sự phân bố tổn thất là không bằng nhau giữa các thiết bị chuyển mạch bên ngoài và bên trong trong một cánh tay chuyển mạch, và vấn đề này có thể dẫn đến khả năng biến đổi có nguồn gốc khi nó được thiết kế thực tế.

2.2.3.2. Cấu trúc liên kết back to back cầu H (3L-HB BTB)

Giải pháp BTB 3L-HB bao gồm hai bộ biến đổi cầu H được cấu hình trong cấu trúc back-to-back, như trong Hình 2.11. Nó có thể đạt được hiệu suất đầu ra tương tự như giải pháp BTB 3L-NPC, nhưng không đồng đều, mất phân phối và điốt kẹp được loại bỏ. Sử dụng hiệu quả hơn và các thiết bị chuyển mạch cũng như công suất thiết kế cao hơn có thể thu được như nhau.



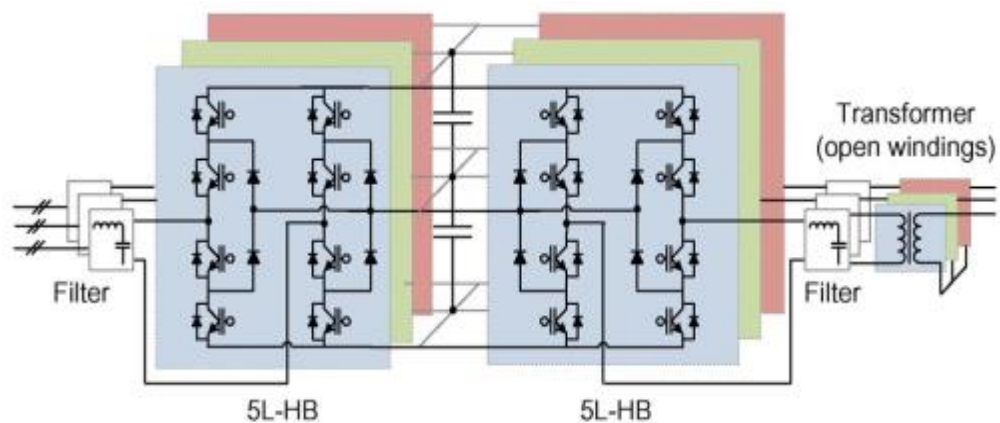
Hình 2.11: Bộ biến đổi back-to-back ba cấp cầu H cho hệ thống tua bin gió

Hơn nữa, chỉ cần một nửa điện áp bus DC trong 3L-HB BTB so với BTB 3L-NPC, có ít kết nối chuỗi tụ hơn và không có diêm giữa trong bus DC, do đó kích thước của tụ liên kết dc có thể giảm thêm. Tuy nhiên, giải pháp

BTB 3L-HB cần một cấu trúc cuộn quanh trong máy phát và máy biến áp để đạt được sự cách ly giữa mỗi pha. Tính năng này có cả ưu điểm và nhược điểm: một mặt, cho phép hoạt động tương đối biệt lập của từng pha, và khả năng thứ lỗi tiềm năng khi một hoặc thậm chí hai pha của máy phát hoặc bộ biến đổi bên máy phát không hoạt động. Mặt khác, đòi hỏi chiều dài cáp dài để kết nối với máy phát điện và máy biến áp. Do đó sẽ làm mất thêm chi phí, tổn thất và điện cảm trong cáp cũng có thể là những hạn chế lớn. Các tác động về tổn thất năng lượng/ trọng lượng của máy phát điện và máy biến áp vẫn cần được nghiên cứu thêm để cải thiện những nhược điểm trên.

2.2.3.3. Cấu trúc liên kết back to back 5 mức cầu H (5L-HB BTB)

Bộ biến đổi BTB 5L-HB bao gồm hai bộ biến đổi cầu H, sử dụng cánh tay chuyển mạch 3L-NPC, như được biểu diễn trong Hình 2.12. Nó là phần mở rộng của 3L-HB BTB và có cùng yêu cầu đặc biệt cho máy phát điện và máy biến áp mở.



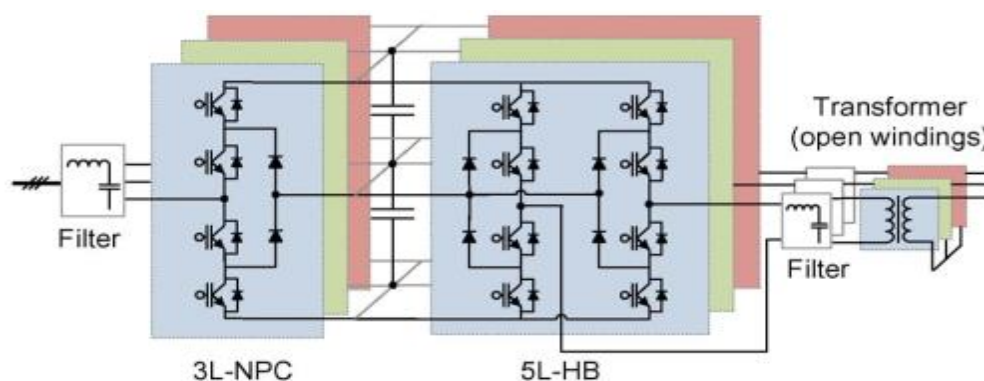
Hình 2.12: Bộ biến đổi back-to-back năm cấp cầu H cho tua bin gió(5L-HB BTB)

Với cùng mức điện áp của các thiết bị chuyển mạch, 5L-HB BTB có thể đạt được điện áp đầu ra năm mức, và biên độ điện áp gấp đôi so với giải pháp BTB 3L-HB. Các tính năng này cho phép bộ lọc đầu ra nhỏ hơn và ít đánh giá hiện tại hơn trong các thiết bị chuyển mạch cũng như trong các dây

cấp. Tuy nhiên, so với 3L-HB BTB, bộ biến đổi BTB 5L-HB nhiều thiết bị chuyển mạch hơn, có thể làm giảm độ tin cậy của toàn bộ hệ thống. Các vấn đề về mất cân bằng phân phối tổn thất cũng như các tụ điện trong liên kết DC lớn hơn sẽ là những nhược điểm của 5L-HB BTB.

2.2.3.4. Cấu trúc liên kết ba chiều trung tính được gắn với diode cho phía máy phát điện và cấu trúc liên kết H-Bridge 5 cấp cho phía lưới (3L-NPC + 5L-HB)

Nói chung, các yêu cầu chất lượng đầu ra của mặt lưới được chặt chẽ hơn nhiều so với yêu cầu chất lượng của phía máy phát. Để thích ứng với yêu cầu không đối xứng này đối với bộ biến đổi năng lượng gió, cấu hình “hộp chát” sử dụng cấu trúc liên kết 3L-NPC ở phía máy phát và cấu trúc liên kết 5L-HB ở phía lưới có thể được chấp nhận, như được thể hiện trong hình 2.13.



Hình 2.13. Cấu trúc 3L-NPC + 5L-HB

Ở phía máy phát, cấu hình này có hiệu suất tương tự như giải pháp BTB 3L-NPC. Trong khi ở phía lưới, nó có cùng hiệu suất với 5L-HB BTB. Các mức điện áp và biên độ của mặt lưới cao hơn các mức điện áp ở phía máy phát. Cần lưu ý rằng một cấu trúc mở quanh co trong máy phát điện được tránh; chiều dài cáp ở phía máy phát điện do đó giảm xuống một nửa, nhưng khả năng chịu lỗi tiềm năng cũng bị loại bỏ. Nó có ít thiết bị chuyển mạch hơn so với 5B-HB BTB, nhưng phân phối tổn thất không bằng nhau vẫn tồn

tại trong các thiết bị chuyên mạch. Trong tất cả các giải pháp được đề xuất trước đây, lượng lớn chất bán dẫn điện cũng như các thành phần phụ trợ có thể làm giảm độ tin cậy của bộ biến đổi và tăng chi phí. Tổng trọng lượng hệ thống và giảm khối lượng trong ứng dụng tuabin gió vẫn cần được nghiên cứu thêm.

Bảng I: Bảng so sánh các giải pháp biến đổi nguồn điện tính một lớp cho hệ thống tuabin gió

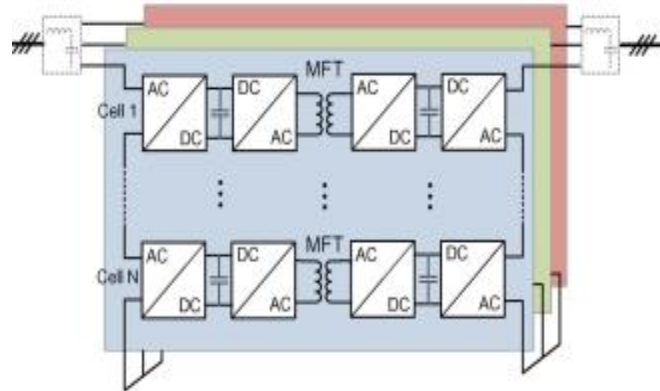
	3L-NPC	3L-HB	5L-HB	3L+5L
Số IGBT	24	24	48	36
Số diode ¹	36	24	72	54
Dòng chuyển mạch	I_{ph}	I_{ph}	I_{ph}	I_{ph}
Điện áp chuyển mạch	$0.5V_{dc}$	V_{dc}	$0.5 V_{dc}$	$0.5 V_{dc}$
Điện áp đầu ra lớn nhất ²	$0.5V_{dc}$	V_{dc}	V_{dc}	$0.5 V_{dc}+ V_{dc}$
Tỉ lệ điện áp chuyển mạch và đầu ra	1	1	2	1+2
Khả năng thứ lỗi	Không	Có	Có	Không
Ưu điểm	Công nghệ tiên tiến	Tụ điện liên kết DC ít hơn, phân phối tổn thất bằng nhau	Nhiều cấp điện áp đầu ra,	Hiệu suất cao hơn phía lưới so với máy phát điện
Nhược điểm	Phân phối tổn thất không cân bằng	Đường dẫn không liên tục, nhiều dây dẫn	Đường dẫn không liên tục, nhiều dây dẫn và các modul	Phân phối tổn thất không cân bằng

Việc so sánh giữa năm giải pháp bộ biến đổi một lớp toàn phần cho tuabin gió được thể hiện trong Bảng I, về các số thiết bị bán dẫn, dòng chuyển mạch, điện áp chuyển mạch, điện áp đầu ra, khả năng điện áp đầu ra, khả năng chịu lỗi, cũng như các ưu điểm và nhược điểm chính của các giải pháp này.

2.3. BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN ĐA LỚP

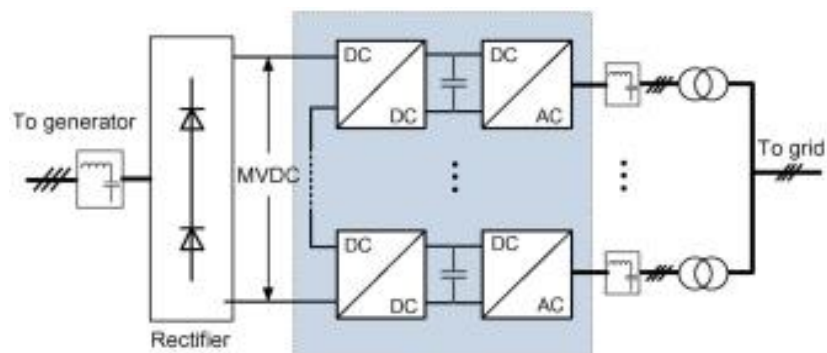
Cho đến bây giờ, một trong những ô biến đổi tầng được thương mại hóa nhiều nhất là bộ biến đổi cầu H (cascaded H-bridge-CHB) được mô tả trong Hình 2.14. Tuy nhiên, CHB cần một liên kết DC riêng biệt cho mỗi ô

biến đổi. Đặc điểm này có thể liên quan đến một máy biến áp phức tạp ở phía máy phát, dẫn đến trọng lượng và thể tích lớn hơn.



Hình 2.14: Bộ biến đổi back-to back của cầu H có các bộ tua bin gió với biến áp tần số trung bình (S – S).

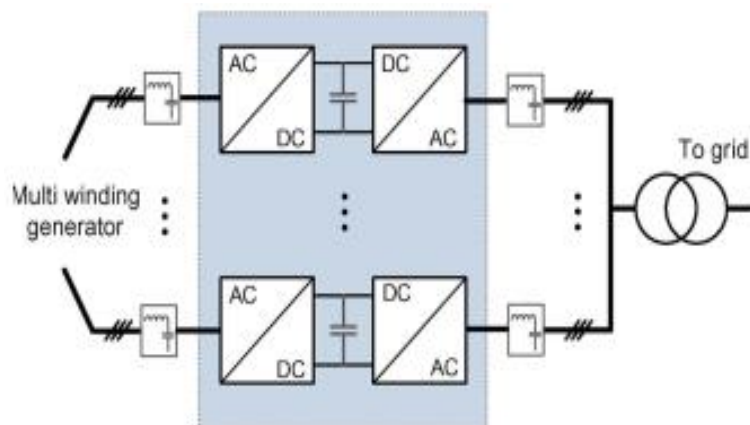
Trên hình 2.15, bộ biến đổi dựa trên một cấu trúc biến đổi back-to-back CHB, bộ biến đổi DC/DC với máy biến áp tần số trung bình hoạt động từ kHz đến hàng chục kHz, do đó làm kích thước máy biến áp giảm. Do cấu trúc tầng, cấu hình này có thể được kết nối trực tiếp với lưới điện truyền tải (10 kV – 20 kV) với chất lượng điện áp đầu ra cao, thiết kế có bộ lọc và khả năng dự phòng khi gặp sự cố.



Hình 2.15: Kết nối hàng loạt các bộ biến đổi nguồn bằng cách sử dụng một cầu nối biến đổi lưới chung, một liên kết MVDC và các bộ biến đổi tăng cường với các bộ biến tần hai cấp song song kết nối với lưới (S – P)

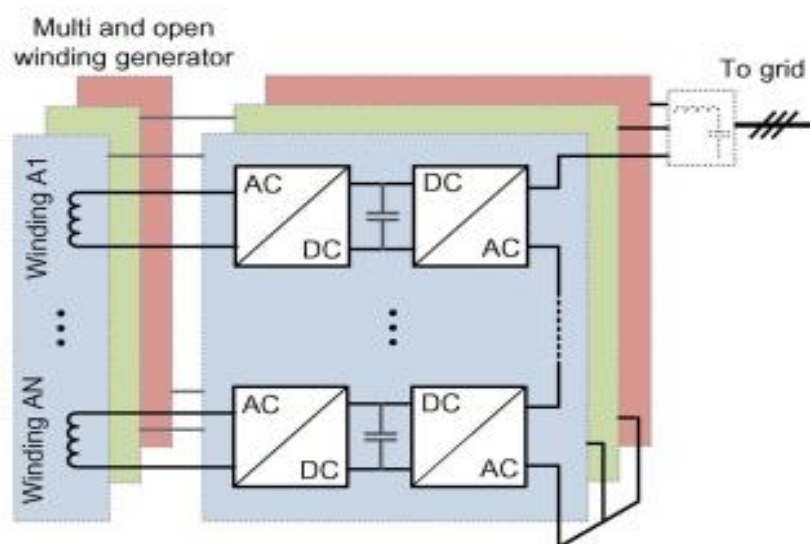
Hình 2.15 cho thấy một cách tiếp cận khác, được Semikron ưu tiên, để tăng sức mạnh bằng cách sử dụng cấu trúc đa lõi, tức là kết nối của chúng

trong loạt trên một bus MVDC, trong khi các bộ biến đổi lưới được kết nối song song. Ưu điểm chính là các mô-đun điện áp thấp tiêu chuẩn có thể được sử dụng cho một ứng dụng MVDC.



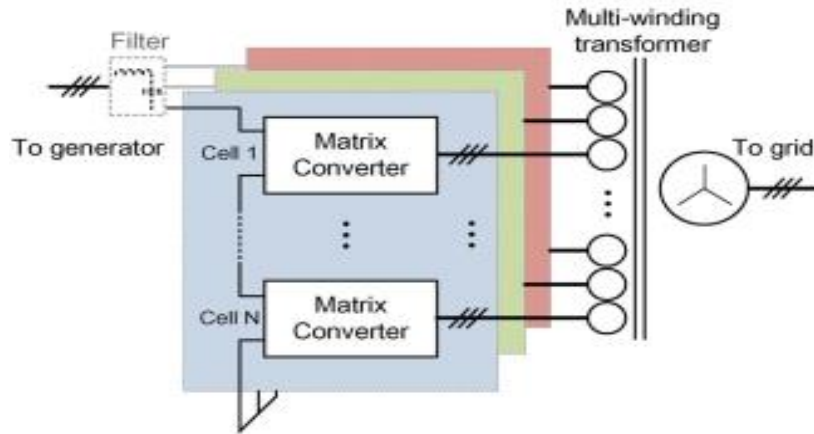
Hình 2.16: Kết nối song song của các bộ biến đổi nguồn trong đó các tín hiệu PWM được xen kẽ (P –P).

Hình 2.16 cho thấy giải pháp được Gamesa thông qua trong tuabin gió 4-5 MW với kết nối song song của các tế bào cả ở phía máy phát và ở mặt lưới. Hãng Siemens cũng đã giới thiệu loại giải pháp này trong một số tuabin gió MW của họ .



Hình 2.17: Kết nối song song từ của bộ biến đổi nguồn ở phía máy phát và kết nối chuỗi ở phía lưới (MP –S)

Hình 2.17 cho thấy một giải pháp cho một WTS biến áp cao thế hệ công suất cao, nơi các cuộn dây của máy phát điện được kết nối với bộ biến đổi ac/dc được kết nối theo chuỗi ở phía lưới.



Hình 2.18: Kết nối chuỗi các bộ biến đổi ma trận với sự song song từ tính ở phía lưới(S – MP)

Hình 2.18 cho thấy một bộ biến đổi năng lượng thu được với kết nối loạt các bộ biến đổi ma trận trong đó nguồn cấp dữ liệu đầu ra một số cuộn dây của máy biến áp dẫn đến cấu hình song song từ. Tất cả các cấu trúc liên kết được xem xét đều có khả năng chịu lỗi, và tất cả chúng cũng đang sử dụng số lượng thành phần cao hơn. Sự khác biệt chính là theo yêu cầu của chúng đối với máy phát và đối với máy biến áp như được nêu trong Bảng II.

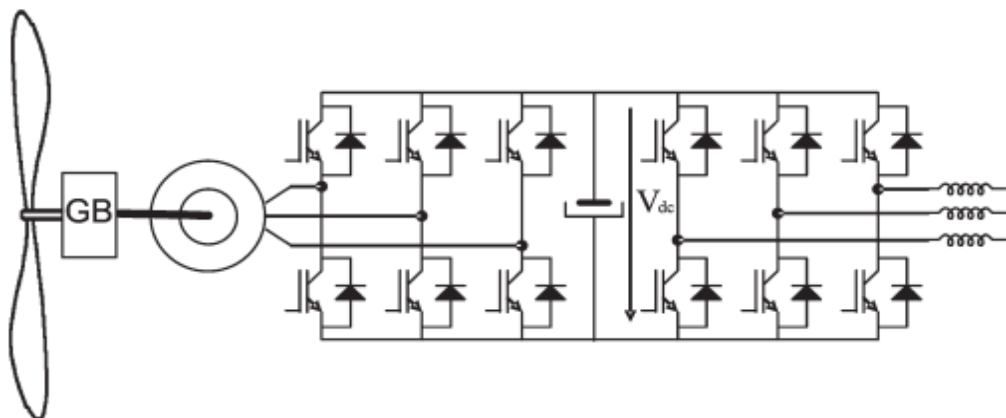
Bảng II: Bảng so sánh các giải pháp đa lớp của bộ biến đổi cho hệ thống tuabin gió

Cấu hình	S-S	S-P	P-P	S-MP	MP-S
Máy phát điện	Tiêu chuẩn	Tiêu chuẩn	Open winding	Tiêu chuẩn	Open winding
Máy biến áp	0	--	-	---	0

2.4. BỘ BIẾN ĐỔI CÔNG SUẤT NỐI LƯỚI TỪ NGUỒN NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO[3]

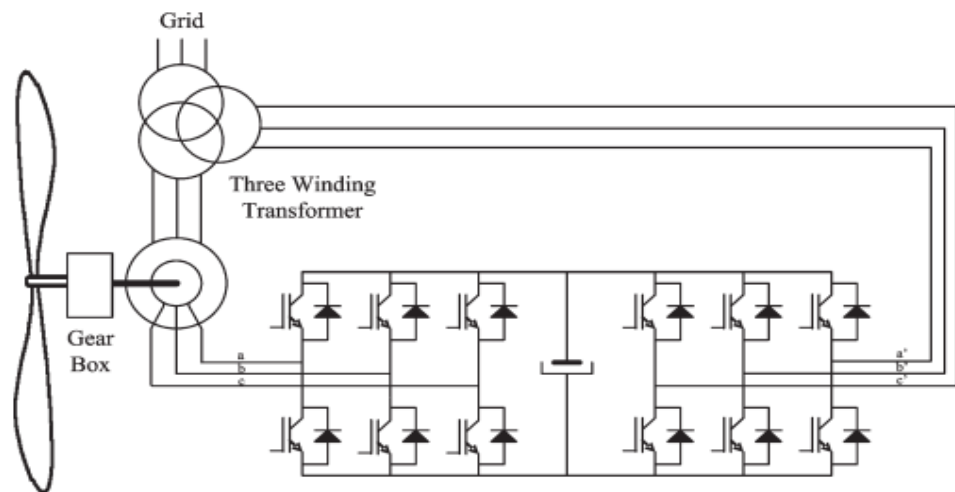
Số lượng các nguồn năng lượng tái tạo và máy phát điện phân phối ngày càng gia tăng đòi hỏi những chiến lược mới cho vận hành và quản lý lưới điện để duy trì hoặc thậm chí để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện và chất lượng lưới điện. Ngoài ra, tự do hoá lưới điện dẫn đến việc cơ cấu quản lý, trong đó kinh doanh năng lượng điện đang ngày càng trở nên quan trọng. Công nghệ điện-điện tử đóng một vai trò quan trọng trong việc phân phối và hòa các nguồn năng lượng tái tạo vào lưới điện, và nó được sử dụng rộng rãi và nhanh chóng mở rộng khi những ứng dụng này trở nên thích hợp hơn với các hệ thống dựa trên lưới. Trong vài năm gần đây, công nghệ điện tử trong hệ thống tuabin gió đã phát triển rất nhanh, chủ yếu là do hai yếu tố. Đầu tiên là sự phát triển của thiết bị chuyển mạch bán dẫn có khả năng chuyển đổi nhanh chóng và điều khiển công suất lớn. Yếu tố thứ hai là việc giới thiệu máy tính thời gian thực trong bộ điều khiển có thể thực hiện các thuật toán điều khiển tiên tiến và phức tạp. Những yếu tố này cùng nhau đã dẫn đến sự phát triển các bộ chuyển đổi hiệu quả với chi phí kinh tế.

Dưới đây là một số hệ thống điện tử công suất nối lưới cho tuabin gió được sử dụng phổ biến hiện nay:



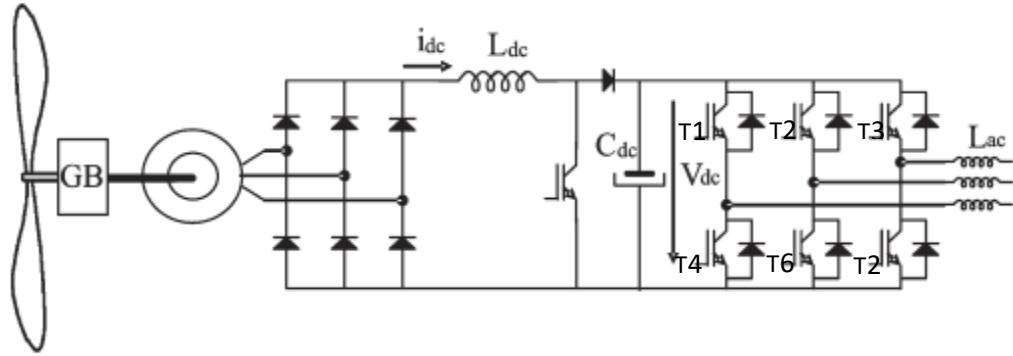
Hình 2.19: Hệ thống tuabin gió sử dụng máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSG) và bộ biến tần nguồn áp 3 pha VSI

Trên hình 2.19. là hệ thống tuabin gió sử dụng máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSG và bộ biến tần nguồn áp VSI. Stator của máy phát được nối với lưới thông qua bộ mạch điều khiển công suất, ở đây chính là bộ biến tần nguồn áp VSI. Mạch điều khiển công suất gồm bộ nghịch lưu phía máy phát sử dụng 6 IGBT và 6 diode, bộ nghịch lưu phía lưới bao gồm 6 IGBT và 6 Diode, nghịch lưu phía máy phát điện dùng điều chỉnh hòa đồng bộ cho máy phát điện cũng như tách máy phát điện ra khỏi lưới khi cần thiết, nghịch lưu phía lưới nhằm giữ ổn định điện áp mạch một chiều trung gian. Kết nối giữa bộ chỉnh lưu và nghịch lưu là một tụ điện lưu trữ điện áp một chiều. Tuyến dẫn một chiều là một giàn tụ điện lưu trữ điện áp một chiều đã chỉnh lưu. Một tụ điện có thể trữ một điện tích lớn, nhưng sắp xếp chúng theo cấu hình tuyến dẫn một chiều sẽ làm tăng điện dung của tụ điện.



Hình 2.20: Hệ thống tuabin gió sử dụng máy phát không đồng bộ và bộ biến tần nguồn áp 3 pha VSI

Trên hình 2.20 là hệ thống tuabin gió sử dụng máy phát DFIG và bộ biến tần nguồn áp VSI. Stator của DFIG được nối trực tiếp với lưới điện, còn rotor được nối với lưới điện thông qua mạch điều khiển công suất có thể cho dòng năng lượng đi theo hai chiều. Có hai chế độ làm việc của động cơ trong trường hợp này là chế độ trên đồng bộ và chế độ dưới đồng bộ. Ở cả hai chế độ stator đều phát công suất lên lưới, còn rotor hấp thụ năng lượng ở chế độ lưới đồng bộ và phát năng lượng ở chế độ trên đồng bộ.



Hình 2.21: Hệ thống tuabin gió sử dụng máy phát PMSG và bộ biến tần 3 pha

Trên hình 2.21 , hệ thống tuabin gió này sử dụng máy phát đồng bộ nam châm vĩnh cửu PMSG và bộ biến tần nguồn áp. Bộ chỉnh lưu của bộ phía máy phát là bộ chỉnh lưu cầu diode 3 pha với 6 diode. Mạch nghịch lưu phía lưới dùng transistor IGBT, sơ đồ gồm 6 transistor IGBT: T₁, T₂, T₃, T₄, T₅, T₆ nối theo sơ đồ cầu. Do các transistor không có khả năng chịu được điện áp âm nên ta dùng các diode mắc song song với các transistor để bảo vệ transistor khỏi điện áp ngược. Trong sơ đồ các transistor T₁, T₃, T₅ mắc chung cực collector ở phía dương và các transistor T₂, T₄, T₆ mắc chung cực emitter về phía âm của nguồn điện một chiều U_d. Vì bộ biến tần gián tiếp PWM dùng transistor IGBT nên điện áp ra trên tải lặp lại điện áp điều khiển trên cực cửa của transistor, có nghĩa là điện áp ra trên tải của bộ biến tần cũng có dạng xung hình chữ nhật với những độ rộng khác nhau giống như điện áp điều khiển.

➤ ***Kết luận chương 2:***

Ở chương này, tôi đã tìm hiểu được bộ biến đổi nguồn điện trong hệ thống tuabin gió trong đó có những bộ biến đổi nguồn điện sau bộ biến đổi nguồn đơn hướng, bộ biến đổi nguồn 2 mức (2L-BTB), bộ biến đổi nguồn đa mức, và một số hệ thống điển hình dùng bộ biến đổi công suất nối lưới từ nguồn năng lượng tái tạo... Trong một hệ thống điện tử công suất nói chung và hệ thống điện tử công suất của tuabin gió nói riêng thì những bộ biến đổi công suất là một phần tử rất quan trọng tới chất lượng điện áp, sự ổn định của tần số khi hòa vào lưới điện.

CHƯƠNG 3.

ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐIỆN TỬ CÔNG SUẤT CHO HỆ THỐNG TUABIN GIÓ

3.1. MỘT SỐ KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG TUABIN GIÓ[1]

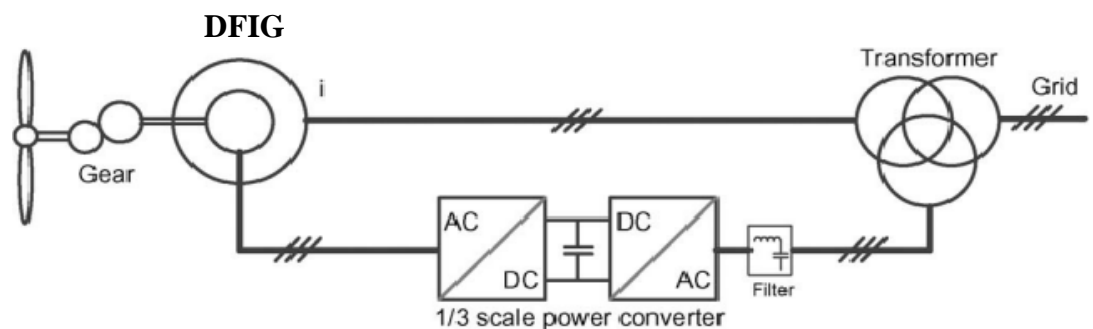
Hiện nay trong các công nghệ chế tạo tuabin gió, thường có hai khái niệm cơ bản về tuabin gió. Đó là tuabin gió tốc độ cố định và tuabin gió tốc độ biến thiên. Tùy vào các yếu tố về tự nhiên cũng như yêu cầu sử dụng mà tuabin gió tốc độ cố định hay tốc độ biến thiên sẽ được sử dụng. Nhưng nhìn chung với những ưu điểm vượt trội, tuabin gió tốc độ biến thiên đang được các hãng sản xuất ưu tiên nghiên cứu và phát triển. Tuabin gió tốc độ cố định có những ưu điểm là đơn giản, mạnh mẽ, đáng tin cậy, được chứng minh tốt và với chi phí thấp của các bộ phận điện. Hạn chế trực tiếp của nó là tiêu thụ năng lượng phản ứng không kiểm soát trong cơn gió và kiểm soát chất lượng điện năng hạn chế. Do hoạt động tốc độ cố định của nó, sự biến động của tốc độ gió được biến đổi thành các dao động mô-men, giảm nhẹ một cách có lợi bằng những thay đổi nhỏ trong máy phát điện, và sau đó truyền những biến động thành điện và hòa vào lưới điện.

Tuabin gió tốc độ biến đổi được thiết kế để đạt được hiệu quả khí động học tối đa trong một phạm vi rộng của tốc độ gió. Bằng cách đưa ra hoạt động tốc độ biến đổi, có thể liên tục điều chỉnh tốc độ quay của tua-bin gió (tăng tốc hoặc giảm tốc độ) lên tốc độ gió theo cách mà tỷ lệ tốc độ đầu được giữ cố định đến một giá trị được xác định trước tương ứng với công suất cực đại hệ số dao động. Trong một hệ thống tốc độ biến đổi, mô-men của máy phát gần như giữ không đổi, sự thay đổi điện năng trong gió bị hấp thụ bởi tốc độ máy phát thay đổi. Nhìn từ quan điểm hệ thống tua-bin gió, những ưu điểm quan trọng nhất của hệ thống tuabin gió tốc độ thay đổi so với vận hành hệ thống

tuabin gió tốc độ cố định thông thường là giảm áp suất cơ học đối với các bộ phận cơ khí như trục và hộp số, tăng công suất và giảm tiếng ồn âm thanh. Ngoài ra, sự hiện diện của các bộ biến đổi công suất trong tua-bin gió cũng mang lại khả năng kiểm soát tiềm năng cho cả tua-bin gió lớn hiện đại và trang trại gió để đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật cao do các nhà khai thác sử dụng như điều khiển điện năng hoạt động và phản kháng (tần số và điều khiển điện áp) ; phản ứng nhanh trong các tình huống hệ thống điện gặp sự cố, ảnh hưởng đến sự ổn định của lưới điện và chất lượng nguồn điện. Những tính năng này đang khiến tuabin gió tốc độ biến thiên trở nên chiếm ưu thế trong sự phát triển của công nghệ năng lượng tái tạo.

3.2. ĐIỀU KHIỂN TUABIN GIÓ TỐC ĐỘ BIẾN THIÊN VỚI BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN MỘT PHẦN

3.2.1. Giới thiệu hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần



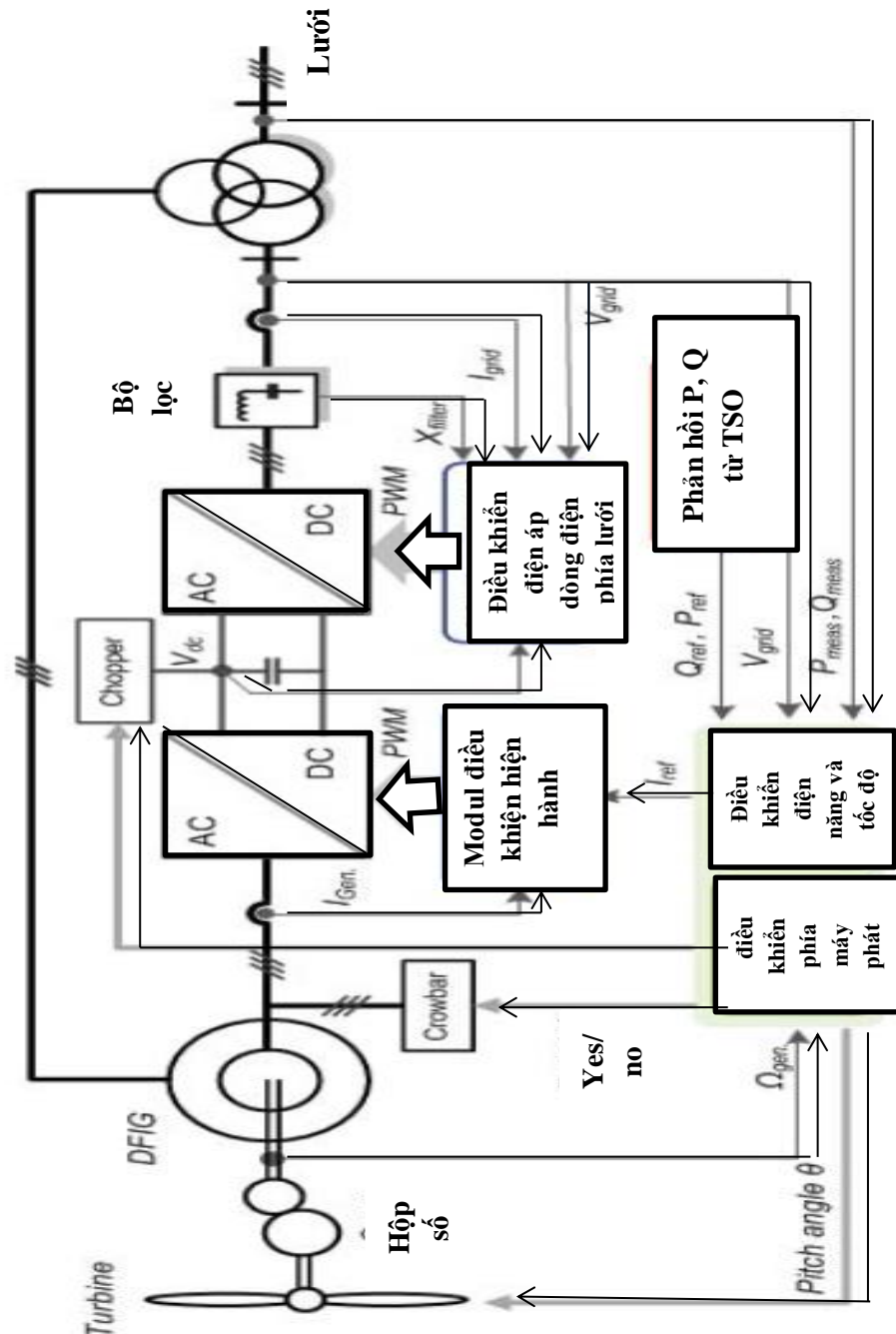
Hình 3.1: Tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi năng lượng một phần

Hệ thống tuabin gió này được áp dụng nhiều nhất hiện nay và nó đã được sử dụng rộng rãi từ năm 2000. Như thể hiện trong hình 3.1 các cuộn dây stator của DFIG (Máy phát điện không đồng bộ) được kết nối trực tiếp với lưới điện, trong khi các cuộn dây rôto được nối với lưới điện bởi bộ biến đổi

công suất của tuabin gió. Trong hệ thống này, tần số và dòng điện trong rotor có thể được điều chỉnh linh hoạt và do đó phạm vi tốc độ biến đổi có thể được mở rộng đến mức tối đa. Công suất biến đổi nhỏ hơn làm cho hệ thống này chú ý khi nhìn từ góc độ kinh tế. Tuy nhiên, những nhược điểm chính của nó là việc sử dụng các vòng trượt và khả năng kiểm soát năng lượng đầy thách thức trong trường hợp sự cố lưới điện - những bất lợi này có thể bao gồm độ tin cậy và có thể khó hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu về lưới điện trong tương lai.

Các tính năng nâng cao hơn của điều khiển tuabin gió có thể được xem xét như tối đa hóa công suất phát ra, hoạt động của các lỗi lưới và cung cấp các chức năng hỗ trợ lưới trong cả hoạt động bình thường và bất thường, v.v. Trong khái niệm tuabin gió tốc độ biến đổi, dòng điện trong máy phát thường sẽ được thay đổi bằng cách điều khiển bộ biến đổi phía máy phát, và do đó tốc độ quay của tuabin có thể được điều chỉnh để đạt được công suất tối đa dựa trên sức gió có sẵn. Đối với hoạt động theo lỗi lưới, phối hợp điều khiển của một số hệ thống con trong tuabin gió như bộ biến đổi máy phát/lưới, phanh chopper... Cuối cùng, các điều khiển cơ bản như điều chỉnh theo quy định hiện hành, ổn định bus DC và đồng bộ hóa lưới phải được thực hiện nhanh chóng bằng bộ biến đổi năng lượng gió, nơi bộ điều khiển tích phân tỷ lệ và bộ điều khiển cộng hưởng tỷ lệ thông thường.

3.2.2. Điều khiển tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần[4]



Hình 3.2: Hệ thống điều khiển tuabin gió sử dụng DFIG

Ví dụ, các phương pháp điều khiển cho WTS dựa trên DFIG được thể hiện trong hình 3.2. Dưới mức sản xuất điện tối đa, tuabin gió thường sẽ thay đổi tốc độ quay tỉ lệ thuận với tốc độ gió và giữ góc pitch cố định. Ở tốc độ gió rất thấp, tốc độ quay sẽ được cố định ở mức trượt tối đa cho phép để ngăn chặn điện áp quá mức của đầu ra máy phát. Bộ điều khiển góc độ được sử dụng để giới hạn công suất khi đầu ra của tuabin ở trên công suất danh định. Trong hệ thống trên, modul điều khiển điện năng và tốc độ (Power/speed control) sẽ nhận những thông tin phản hồi từ phía trước máy biến áp như điện áp lưới V_{grid} , Công suất P, công suất phản kháng Q. Sau đó sẽ điều khiển modul điều khiển hiện hành (Current control) bằng dòng I_{ref} , modul này sẽ nhận tín hiệu dòng phía máy phát và điều khiển bộ biến đổi AC-DC. Còn bộ biến đổi AC-DC sẽ được điều khiển bằng modul điều khiển đồng bộ với lưới. Modul điều khiển đồng bộ với lưới này nhận tín hiệu phản hồi từ bộ lọc Filter, dòng phía lưới I_{grid} , và điện áp phía lưới V_{grid} , đồng thời nhận tín hiệu điện áp một chiều phía trước bộ nghịch lưu AC-DC.

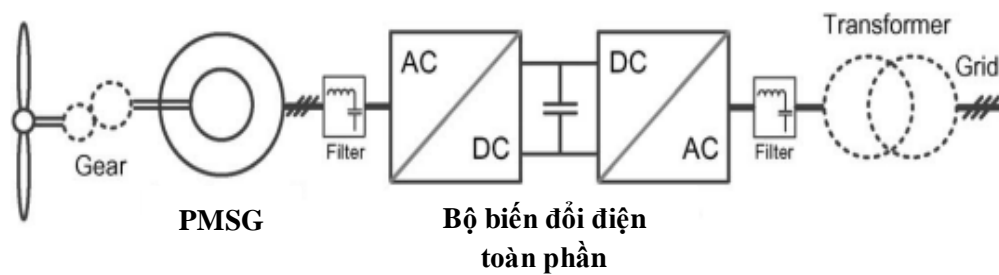
Tổng công suất điện của WTS được điều chỉnh bằng cách điều khiển DFIG thông qua bộ biến đổi phía rotor. Phương pháp điều khiển của bộ biến đổi bên lưới chỉ đơn giản là để giữ điện áp liên kết dc cố định. Lưu ý rằng xu hướng là sử dụng một thanh cái được kết nối với rôto của DFIG để cải thiện hiệu suất điều khiển dưới các lỗi trên lưới.

3.3. ĐIỀU KHIỂN TUABIN GIÓ TỐC ĐỘ BIẾN THIÊN VỚI BỘ BIẾN ĐỔI NGUỒN ĐIỆN TOÀN PHẦN

3.3.1. Giới thiệu hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần

Hệ thống tuabin gió thứ hai này phổ biến đối với tuabin gió mới được phát triển và lắp đặt được thể hiện trong hình 3.3. Trong hệ thống là một bộ biến đổi năng lượng quy mô đầy đủ để kết nối lưới điện và cuộn dây stator

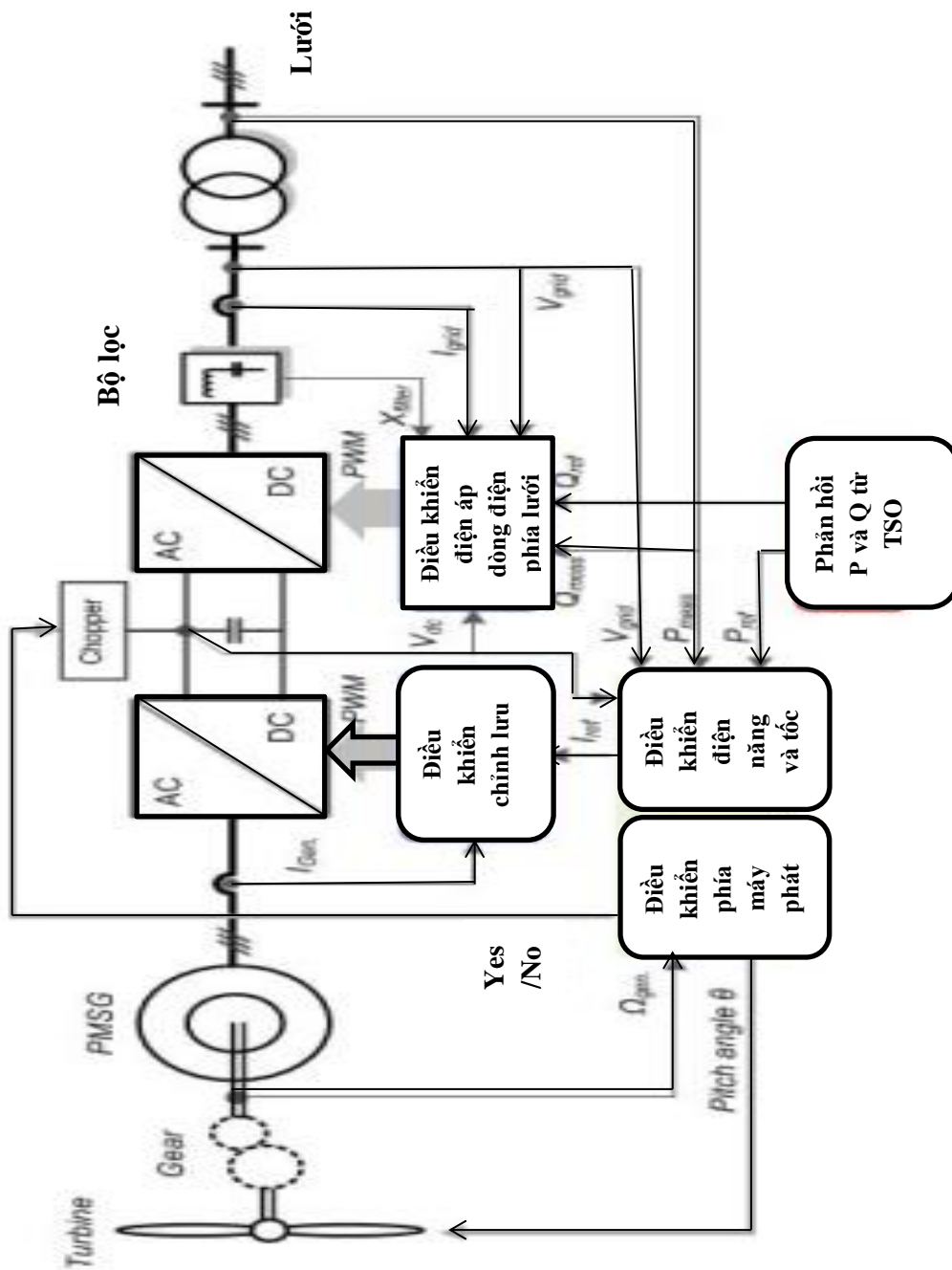
của máy phát điện, do đó toàn bộ năng lượng điện tạo ra từ tuabin gió có thể được điều chỉnh. Máy phát điện không đồng bộ rôto dây quấn (WRSG) hoặc máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cửu (PMSG) đã được đánh giá là các giải pháp được sử dụng tốt nhất cho hệ thống tuabin gió.



Hình 3.3: Bộ biến đổi năng lượng toàn phần(full-scale)

Việc loại bỏ các vòng trượt, hộp số đơn giản hơn hoặc thậm chí đã loại bỏ; khả năng điều khiển tốc độ và kiểm soát tốc độ cũng như khả năng hỗ trợ lưới tốt hơn là những ưu điểm chính so với hệ thống dựa trên DFIG. Tuy nhiên các linh kiện điện tử mạnh hơn và cũng như tổn thất năng lượng cao hơn trong bộ biến đổi là những hạn chế chính cho hệ thống này.

3.3.2. Điều khiển hệ thống tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ biến đổi nguồn điện một phần[4]



Hình 3.4: Hệ thống điều khiển tuabin gió với PMSG

Một ví dụ khác cho cấu trúc điều khiển được sử dụng cho khái niệm tua bin gió dựa trên quy mô biến đổi được hiển thị trong Hình 3.4. Cấu trúc điều khiển ở hệ thống này gần như tương đương với ở hệ thống dùng máy phát DFIG, chỉ có điều tín hiệu phản hồi ở modul điều khiển tốc độ và năng lượng nhận được thêm tín hiệu điện áp một chiều phía đầu ra của bộ chỉnh lưu AC-DC. Từ tín hiệu phản hồi điện áp đầu ra của bộ chỉnh lưu này bộ điều khiển hiện hành sẽ có những điều chỉnh để điện áp một chiều đầu ra được bằng phẳng hơn, giúp nâng cao chất lượng điện áp đầu vào của bộ nghịch lưu.

Ưu điểm của hệ thống tuabin này là liên kết DC thực hiện một số loại tách điều khiển giữa tuabin và lưới. Liên kết DC cũng sẽ cung cấp tùy chọn cho tua bin gió được kết nối với các đơn vị lưu trữ năng lượng, có thể quản lý tốt hơn dòng điện hoạt động vào hệ thống lưới - tính năng này sẽ cải thiện hơn nữa khả năng hỗ trợ lưới của tuabin gió. Năng lượng chủ động được tạo ra của WTS được điều khiển bởi bộ biến đổi bên máy phát, trong khi công suất phản kháng được điều khiển bởi bộ biến đổi bên lưới. Cần lưu ý rằng một bộ biến tần DC thường được giới thiệu để ngăn chặn quá áp của liên kết DC trong trường hợp lỗi điện lưới, khi cần thêm năng lượng tuabin để giảm điện áp lưới đột ngột.

➤ ***Kết luận chương 3:***

Qua chương 3 này, tôi đã tìm hiểu về vấn đề điều khiển hệ thống điện tử công suất cho hệ thống tuabin gió. Và điển hình là hai loại tuabin gió là điều khiển tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ chuyển đổi nguồn điện một phần và điều khiển tuabin gió tốc độ biến thiên với bộ chuyển đổi nguồn điện toàn phần. Đây là những vấn đề quan trọng đối với một hệ thống tuabin gió, nhất là công nghệ tuabin gió ngày càng được tự động hóa cao.

KẾT LUẬN

Trong thời gian nghiên cứu và thực hiện đồ án dưới sự hướng dẫn tận tình của GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn và các thầy cô trong khoa Điện- Điện tử trường đại học dân lập Hải Phòng em đã hoàn thành đồ án tốt nghiệp của mình. Đồ án gồm những nội dung sau:

- Tìm hiểu tổng quan về nguồn năng lượng gió
- Tìm hiểu tổng quan về các bộ biến đổi điện trong hệ thống tuabin gió
- Tìm hiểu hệ thống điều khiển trong hệ thống tuabin gió

Đề tài giới thiệu tổng quan hệ thống điện tử công suất trong hệ thống tuabin gió. Giúp chúng ta biết được công nghệ xây dựng lên một hệ thống tuabin gió nói chung và hệ thống điện tử công suất cho tuabin gió nói riêng.

Dù đã cố gắng hoàn thành đồ án này và có sự hướng dẫn cụ thể của thầy cô nhưng do hiểu biết còn hạn chế và chưa có kinh nghiệm thực tiễn nên chắc chắn đồ án này còn có nhiều hạn chế, thiếu sót và bất cập. Vì vậy, em rất mong sự sửa chữa đóng góp ý kiến của quý thầy cô và các bạn để em được rút kinh nghiệm và bổ sung thêm kiến thức.

Em xin chân thành cảm ơn!

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Frede Blaabjerg, *Fellow*, Marco Liserre, *Senior Member* and Ke Ma, *Member*(2012), *IEEE, Power Electronics Converters for Wind Turbine Systems*, IEEE Trans. Ind Electron.
- [2] Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016). *Nguyên lý hoạt động của máy điện*. NXB xây dựng.
- [3] Juan Manuel Carrasco, *Member, IEEE*, Leopoldo Garcia Franquelo, *Fellow, IEEE*, Jan T. Bialasiewicz, *Senior Member, IEEE*, Eduardo Galván, *Member, IEEE*,(2006), *Power-Electronic Systems for the Grid Integration of Renewable Energy Sources: A Survey*, IEEE Trans. Ind Electron.
- [4] Frede Blaabjerg, *Fellow, IEEE*, and Ke Ma, *Member*(2013), *IEEE, Future on Power Electronics for Wind Turbine Systems*, IEEE Trans. Ind Electron.