

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



ISO 9001 : 2008

TÌM HIỂU CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ
CẤP ĐIỆN TỪ 2 PHÍA DÙNG CHO
NĂNG LƯỢNG GIÓ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

HẢI PHÒNG - 2018

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



ISO 9001 : 2008

TÌM HIỂU CÁC HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ
CẤP ĐIỆN TỪ 2 PHÍA DÙNG CHO
NĂNG LƯỢNG GIÓ

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

SINH VIÊN: BÙI HUY PHONG
NGƯỜI HƯỚNG DẪN: GS.TSKH THÂN NGỌC HOÀN

HẢI PHÒNG – 2018

Cộng hòa 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: **Bùi Huy Phong – MSV: 1412102038**

Lớp: **ĐC1802 - Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp**

Tên đề tài: **Tìm hiểu các hệ thống điều khiển động cơ cấp điện từ 2 phía dùng cho năng lượng gió**

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 03 tháng 11 năm 2018

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N
Sinh viên

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N
Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Bùi Huy Phong

GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm2018

HIỆU TRƯỞNG

GS.TS.NGUYỄN TRẦN HỮU NGHỊ

PHẦN 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)

MỤC LỤC

LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1. NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO VÀ NĂNG LƯỢNG GIÓ	2
1.1. KHÁI QUÁT CHUNG	2
1.2. NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO	2
1.2.1. Tầm quan trọng của năng lượng tái tạo và hiệu quả đem lại	3
1.3. NĂNG LƯỢNG GIÓ	4
1.3.1. Khái niệm	4
1.3.2. Sự hình thành	5
1.3.3. Đặc trưng của năng lượng	8
1.3.3.1. Đặc điểm phân bố của năng lượng gió trên lãnh thổ	8
1.3.3.2. Đặc điểm phân bố của năng lượng gió theo mùa ở nước ta	8
1.3.3.3. Ưu nhược điểm của năng lượng gió	9
1.3.4. Lý do sử dụng năng lượng gió	Error! Bookmark not defined.
1.4. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT ĐIỆN GIÓ	10
1.4.1. Về mặt công nghệ	13
1.4.2. Về mặt kỹ thuật	13
1.5. TUABIN GIÓ	15
1.6. NHỮNG THUẬN LỢI VÀ KHÓ KHĂN, VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM VÀ LỢI ÍCH VỀ MÔI TRƯỜNG & XÃ HỘI CỦA NĂNG LƯỢNG GIÓ	18
1.6.1. Những thuận lợi và khó khăn	18
1.6.2. Những vấn đề cần quan tâm khi sử dụng năng lượng gió	19
1.6.3. Lợi ích về môi trường và xã hội của năng lượng gió	20
CHƯƠNG 2. MÁY ĐIỆN DỊ BỘ ROTO DÂY QUẤN	23
2.1. MÁY ĐIỆN DỊ BỘ ROTO DÂY QUẤN	23
2.1.1. Giới thiệu về máy điện dị bộ roto dây quấn	23

2.1.2.	Cấu tạo của động cơ roto dây quấn	24
2.1.3.	Cấu tạo cuộn dây roto máy điện dị bộ nạp từ 2 phía (roto dây quấn).....	28
2.1.3.1.	Nguyên lý hoạt động của cuộn dây máy điện dị bộ roto dây quấn.....	28
2.1.3.3.	Phân loại cuộn dây.....	33
2.1.3.4.	Dựng cuộn dây 3 pha 1 lớp xếp có q chẵn.....	35
2.1.3.5.	Dựng cuộn dây 3 pha 2 lớp xếp có q chẵn.....	35
2.1.3.6.	Dựng cuộn dây 3 pha xếp bước ngắn.....	36
2.1.3.7.	Dựng cuộn dây 3 pha sóng	36
2.1.4.	Sự hình thành sđđ trong cuộn dây roto máy điện dị bộ roto dây quấn.....	37
2.1.5.	Nguyên lý hoạt động của máy điện dị bộ roto dây quấn	39
CHƯƠNG 3. HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ		
NGUỒN KÉP TRONG ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG GIÓ.....		42
3.1.	GIỚI THIỆU	42
3.2.	ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ VÀ MÔ-MEN CỦA DFIM.....	45
3.2.1.	Điều khiển độ trượt (OptiSlip of Vestas)	45
3.2.2.	Cấu trúc điều khiển tĩnh Scherbius	46
3.2.3.	Điều khiển vector không gian	47
3.2.4.	Điều khiển trực tiếp momen	49
3.2.5.	Điều khiển trực tiếp công suất	49
3.2.6.	Điều khiển GSC	49
3.2.7.	Điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT)	50
3.3.	HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN KẾT NỐI CÁC HỆ THỐNG DFIGS CHO CÁC HỆ THỐNG KHÔNG CÂN BẰNG	53
3.3.1	Điều khiển DFIG cho phép phụ tải độc lập không cân bằng.....	53
3.3.2	Điều khiển DFIG trong điều kiện lưới mất cân bằng.....	58

3.4. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN DFIG KHÔNG CẢM BIẾN	60
3.4.1. Phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến vòng hở	60
3.4.2. Phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến trên cơ sở quan sát thích nghi theo mô hình mẫu	60
3.4.3. Các phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến khác.....	61
3.5. HỖ TRỢ TẦN SỐ SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP ...	61
3.6. BỎ QUA ĐIỆN ÁP THẤP ĐỐI VỚI MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP.....	65
3.6.1. GCRs	65
3.6.2. Thay đổi tập tính của máy điện dị bộ nguồn kép theo lỗi lưới	67
3.6.3. Hệ thống và điều khiển việc tuân thủ LVRT với DFIG	72
3.6.4. Các phương pháp điều khiển LVRT với DFIG.....	76
KẾT LUẬN.....	79
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	80

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.

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. Với những tiềm năng vô cùng lớn đó, việc nghiên cứu, tìm hiểu về các hệ thống điều khiển thực sự là rất cần thiết. Do vậy em chọn đề tài: **“Tìm hiểu các hệ thống điều khiển động cơ cấp điện từ 2 phía dùng cho năng lượng gió”** do GS.TSKH Thân Ngọc Hoàn hướng dẫn. Đề tài gồm các nội dung sau:

Chương 1: Năng lượng gió và năng lượng tái tạo

Chương 2: Máy điện dị bộ roto dây quấn

Chương 3: Hệ thống phát điện sử dụng máy điện cảm ứng nguồn ké trong ứng dụng năng lượng gió

CHƯƠNG 1.

NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO VÀ NĂNG LƯỢNG GIÓ

1.1. KHÁI QUÁT CHUNG

Hiện nay cùng với sự phát triển công nghiệp và sự hiện đại hoá thì nhu cầu năng lượng cũng rất cần thiết cho sự phát triển của đất nước. Vấn đề đặt ra là phát triển nguồn năng lượng sao cho phù hợp mà không ảnh hưởng tới môi trường và cảnh quang thiên nhiên. Trong khi đó, các nguồn năng lượng như than đá, dầu mỏ, khí đốt ngày càng cạn kiệt, gây ô nhiễm môi trường và là nguyên nhân chính gây ra hiệu ứng nhà kính. Để giảm thiểu những vấn đề trên ta phải tìm nguồn năng lượng tái tạo, năng lượng sạch để thay thế hiệu quả, giảm nhẹ tác động của năng lượng đến tình hình kinh tế an ninh chính trị quốc gia. Nhận thấy được tầm quan trọng của vấn đề về năng lượng để phát triển. Việt Nam có các quan điểm về chính sách sử dụng năng lượng hiệu quả nguồn năng lượng tái sinh trong đó có năng lượng gió.

Năng lượng gió là nguồn năng lượng sạch và có tiềm năng rất lớn. Nhà máy điện gió đầu tiên được xây dựng đầu tiên ở vùng nông thôn Mỹ vào năm 1890. Ngày nay công nghệ điện gió phát triển mạnh và có sự cạnh tranh lớn, với tốc độ phát triển như hiện nay thì không bao lâu nữa năng lượng gió sẽ chiếm phần lớn trong thị trường năng lượng của thế giới.

1.2. NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO

Năng lượng tái tạo hay năng lượng tái sinh là năng lượng từ những nguồn liên tục mà theo chuẩn mực của con người là vô hạn, là năng lượng mà xuất phát từ tài nguyên thiên nhiên như ánh sáng mặt trời, gió, mưa, thủy triều, và nhiệt địa nhiệt, sinh khối...

Nguyên tắc cơ bản của việc sử dụng năng lượng tái sinh là tách một phần năng lượng từ các quy trình diễn biến liên tục trong môi trường. Các quy trình này thường được thúc đẩy đặc biệt là từ Mặt Trời.

Theo ý nghĩa về vật lý, năng lượng không được tái tạo mà trước tiên là do Mặt Trời mang lại và được biến đổi thành các dạng năng lượng hay các vật mang năng lượng khác nhau. Tùy theo trường hợp mà năng lượng này được sử dụng ngay tức khắc hay được tạm thời dự trữ.

Việc sử dụng khái niệm "tái tạo" theo cách nói thông thường là dùng để chỉ đến các chu kỳ tái tạo mà đối với con người là ngắn đi rất nhiều (thí dụ như khí sinh học so với năng lượng hóa thạch). Trong cảm giác về thời gian của con người thì Mặt Trời sẽ còn là một nguồn cung cấp năng lượng trong một thời gian gần như là vô tận. Mặt Trời cũng là nguồn cung cấp năng lượng liên tục cho nhiều quy trình diễn tiến trong bầu sinh quyển Trái Đất. Những quy trình này có thể cung cấp năng lượng cho con người và cũng mang lại những cái gọi là nguyên liệu tái tăng trưởng. Luồng gió thổi, dòng nước chảy và nhiệt lượng của Mặt Trời đã được con người sử dụng trong quá khứ. Quan trọng nhất trong thời đại công nghiệp là sức nước nhìn theo phương diện sử dụng kỹ thuật và theo phương diện phí tổn sinh thái.

Ngược lại với việc sử dụng các quy trình này là việc khai thác các nguồn năng lượng như than đá hay dầu mỏ, những nguồn năng lượng mà ngày nay được tiêu dùng nhanh hơn là được tạo ra rất nhiều. Theo ý nghĩa của định nghĩa tồn tại "vô tận" thì phản ứng tổng hợp hạt nhân (phản ứng nhiệt hạch), khi có thể thực hiện trên bình diện kỹ thuật, và phản ứng phân rã hạt nhân (phản ứng phân hạch) với các lò phản ứng tái sinh, khi năng lượng hao tổn lúc khai thác uranium hay thorium có thể được giữ ở mức thấp, đều là những nguồn năng lượng tái tạo mặc dù là thường thì chúng không được tính vào loại năng lượng này.

1.2.1. Tầm quan trọng của năng lượng tái tạo và hiệu quả của nó đem lại

Năng lượng tái tạo ngày càng khẳng định được vị thế và tầm quan trọng so với các nguồn năng lượng truyền thống như than đá, khí đốt, dầu mỏ và hạt nhân...

Nhu cầu năng lượng tăng nhanh không ngừng trong khi những nguồn năng lượng không tái tạo như dầu mỏ, than, khí đốt, uranium, gây ô nhiễm môi trường và đang dần cạn kiệt. Sử dụng năng lượng tái tạo từ thủy điện, mặt trời, gió, địa nhiệt, sóng biển, thủy triều, khí sinh học, dầu sinh học, đang là lựa chọn hàng đầu của nhiều quốc gia khi mà nguồn năng lượng ngày càng cạn kiệt.

Hiệu quả mà năng lượng tái tạo đem lại:

- Cấp nguồn cho mạng lưới điện (các nhà máy thủy điện lớn, các trạm điện gió, điện mặt trời tập trung)
- Thay thế xăng, dầu để chạy các động cơ (ôtô, tàu thủy, máy bay)
- Cấp nguồn cho nhu cầu sinh hoạt tại chỗ (đun nước, sưởi ấm, nấu ăn)
- Thay thế nhiên liệu thông thường trong bốn lĩnh vực riêng biệt: điện, nước nóng/ sưởi ấm không gian, nhiên liệu vận tải. Ngoài ra, năng lượng tái tạo là một nguồn năng lượng sạch, không gây ô nhiễm môi trường và thân thiện với con người.

Đi đôi với phát triển kinh tế, vài năm trở lại đây nhiều quốc gia trên thế giới đầu tư vào khai thác các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời, sức gió... và hướng đi này đã tỏ ra sáng suốt trong bối cảnh luôn có biến động trong thị trường dầu mỏ thế giới.

Tiềm năng năng lượng tái tạo không hề thua kém các nguồn năng lượng khác. Vấn đề ở chỗ là các quốc gia nhận thức được thế mạnh nội tại trong phát triển năng lượng tái tạo đến đâu và đầu tư phát triển và ứng dụng như thế nào.

1.3. NĂNG LƯỢNG GIÓ

1.3.1. Khái niệm

Năng lượng gió là động năng của không khí di chuyển trong bầu khí quyển Trái Đất. Năng lượng gió là một hình thức gián tiếp của năng lượng mặt trời.

Sử dụng năng lượng gió là một trong các cách lấy năng lượng xa xưa nhất từ môi trường tự nhiên và đã được biết đến từ thời kỳ Cổ Đại.

Bởi sự ảnh hưởng không đồng đều của nhiệt độ mặt trời vào bầu khí quyển làm cho không khí giữa vùng này và vùng khác bị chênh lệch về áp suất do vậy sinh ra sự chuyển động không khí từ vùng có áp suất cao đến vùng không khí có áp suất thấp và sự chuyển động đó được gọi là gió. Chúng ta đều biết sự chuyển động của gió tạo ra một lực cơ học và nó ở dạng lực mặt do vậy nó cũng có chiều có hướng và có độ lớn cũng có nghĩa là có năng lượng ở dạng cơ năng nên từ xa xưa con người đã biết lợi dụng sức gió để ứng dụng vào cuộc sống (cối xay gió, thuyền buồm,...) nhưng đây là những ứng dụng đơn giản còn trong thời đại hiện nay có sự nghiên cứu và đã được ứng dụng rộng rãi, năng lượng gió được chuyển sang điện năng. Việc ứng dụng đó gọi là sử dụng năng lượng gió.

1.3.2. Sự hình thành

Đã từ lâu, con người đã biết sử dụng năng lượng gió. Hà Lan là nước đầu tiên ứng dụng năng lượng gió, nổi tiếng với những quạt gió. Ngày xưa năng lượng này được sử dụng để xay lúa, bơm nước. Kể từ khi có năng lượng dầu khí, năng lượng gió là dần vào quên lãng. Nhưng kể từ khi khủng hoảng năng lượng năm 1970, năng lượng tái tạo được chú ý trở lại. Sự chú ý này càng được gia tăng vì vấn đề quá đất bị hâm nóng. Vào thập niên 1980, những trại điện gió (wind farm) bắt đầu được thiết kế và xây dựng. Và những cối xay gió cơ học tạo điện năng từ gió đã trở lại. Cối xay gió cơ học ngày càng được xây dựng kỹ thuật hơn với những cánh quạt được chế tạo từ sợi thủy tinh hoặc những vật liệu có sức chịu đựng tốt.



Hình 1.1. Hệ thống khai thác năng lượng từ gió

Trước khi bước vào khai thác năng lượng gió, câu hỏi đầu tiên chính là: có thể lấy từ gió bao nhiêu năng lượng? Có hai cơ sở cơ bản để đánh giá: hiệu quả và công suất. Hiệu quả (tức năng lực hữu ích mà chúng ta có thể lấy được từ nguồn năng lượng): có thể chuyển từ 30 - 40% động lực của gió thành điện năng (để tiện so sánh: có thể chuyển hóa từ 30-35% hóa chất trong than đá thành điện năng). Công suất (phần điện năng máy có thể cung cấp được): một máy điện từ gió có công suất 100%, có thể hoạt động suốt ngày và lúc nào cũng đầy năng lượng, tỉ lệ ở than đá là 75% nếu như hoạt động cả ngày lẫn đêm và suốt năm.

Trước đây, một máy phát điện từ gió thông thường có thể sản xuất từ 1,5 - 4 triệu kWh điện mỗi năm, đủ để cung cấp điện cho 150 - 400 hộ mỗi năm. Ở Mỹ, các máy phát điện năng từ gió có thể cung cấp 10 tỷ kWh mỗi năm. Năng lượng gió đáp ứng được 0,1% nhu cầu năng lượng cho cả nước, một con số rất nhỏ.

10 năm trước, Mỹ còn là “vua” sử dụng năng lượng gió khi sản xuất đến 90% sản lượng điện từ gió của toàn thế giới. Đến năm 1996 sản lượng này giảm 30%. Thế nhưng gần đây, do chi phí đầu tư khai thác nguồn năng lượng từ gió bắt đầu giảm và kỹ thuật được cải tiến nên gió lại trở thành một trong những nguồn năng lượng mới tạo ra điện có sức cạnh tranh nhiều nhất trong một số khía cạnh.

Nhìn trên phương diện kinh tế, năng lượng từ gió rất quây rũ. Đầu tiên, gió là một tài nguyên dồi dào có sẵn trong tự nhiên và không có “biên giới”. Kế đến, xây dựng máy phát điện từ gió không tốn nhiều tiền bằng chi phí xây dựng máy phát điện từ những nguồn năng lượng khác. Máy phát điện từ gió có thể dễ dàng bổ sung máy phát điện thông thường khi nhu cầu dùng điện của người dân tăng lên. Mặt khác, chi phí sản xuất điện từ gió đã giảm đột ngột trong hai thập niên qua nhờ các kỹ thuật hạ thấp chi phí đầu tư.

Trên góc độ môi trường: gió là một nguồn nguyên liệu sạch, không làm ô nhiễm không khí và nước khi tạo điện năng. Điện năng làm từ gió còn rất sạch, có khả năng giảm đáng kể lượng khí CO₂ thải ra môi trường.

Một nghiên cứu mới của Bộ Năng lượng Mỹ vừa công bố cho biết trong năm 2003 ngành năng lượng có tốc độ phát triển nhanh nhất không phải nhiệt điện hay năng lượng nguyên tử, mà là gió. Bằng cứ là trong khoảng thời gian từ năm 2000 - 2003, năng lượng gió tăng trưởng 159% ở Mỹ và 87% ở châu Âu (Nguồn: dịch vụ đánh giá của Standard and Poor), qua mặt tất cả các nguồn năng lượng khác về tốc độ tăng trưởng.

Đan Mạch hiện đang dẫn đầu thế giới trong lĩnh vực sản xuất và sử dụng điện năng làm từ sức gió. Ngành công nghiệp điện năng từ gió của Đan Mạch tạo công ăn việc làm cho 20.000 người, sản xuất được 3.200 MW trong năm 2003 trên tổng số 8.300MW sản lượng điện từ gió của toàn cầu. Với dân số 5,4 triệu người, Đan Mạch cũng là nước dẫn đầu về tiêu thụ điện năng làm từ gió, với khoảng 21% tổng điện năng được làm từ gió, so với tỉ lệ bình quân trên toàn cầu là 0,5% (AFP 15-8-2004).

Nếu khai thác triệt để năng lượng gió, một nguồn năng lượng sạch, kinh tế, chúng ta sẽ đáp ứng được nhu cầu tiêu dùng năng lượng ngày một gia tăng, trong khi các nguồn nhiên liệu dầu khí đang ngày càng hiếm.

1.3.3. Đặc trưng của năng lượng

1.3.3.1. Đặc điểm phân bố của năng lượng gió trên lãnh thổ

Tốc độ gió phân bố theo quy luật càng lên cao gió thổi càng mạnh. Ở các vùng núi thì tại sườn đón gió, gió có tốc độ mạnh; ngược lại phía sườn khuất gió yếu. Trong các thung lũng hẹp và lòng chảo trũng gió rất yếu. Tuy nhiên các thung lũng sông có hướng song song với hướng gió thịnh hành lại là nơi hút gió. Trên các đèo vắt qua các khối núi lớn thường là con đường thuận lợi cho gió lùa qua.

Ngoài khơi gió thổi mạnh và giảm dần khi vào đất liền. Bờ biển và duyên hải là nơi trực tiếp đón gió từ biển thổi vào. Tuy nhiên cường độ gió ở mỗi nơi còn tùy thuộc hướng của bờ biển đối với hướng gió thịnh hành và hình thể địa hình của vùng đất liền kế tiếp phía trong. Trên các hải đảo phía Đông lãnh thổ, gió thổi rất mạnh. Tại các đảo phía Nam do gần xích đạo gió thổi có tốc độ nhỏ rõ rệt so với các đảo phía Đông.

Hai nhân tố chính ảnh hưởng đến sự phân bố tốc độ gió là hoàn lưu và địa hình.

1.3.3.2. Đặc điểm phân bố của năng lượng gió theo mùa ở nước ta

Mỗi khu vực trên lãnh thổ chịu ảnh hưởng khác nhau của hai mùa gió Đông Bắc và Tây Nam. Độ lớn của tốc độ và do đó độ lớn của năng lượng gió ở mỗi nơi trong từng mùa gió phụ thuộc vào địa hình và vị trí địa lý của khu vực đó.

Những khu vực có tiềm năng năng lượng gió mùa lạnh cao hơn mùa nóng rõ rệt là:

- Các hải đảo phía Đông lãnh thổ (trừ các đảo gần bờ từ Hải Phòng đến Diên Châu - Nghệ An)
- Khu vực phía Đông tỉnh Lạng Sơn
- Các khu vực núi cao trên toàn lãnh thổ, kể cả Tây Nguyên.

- Duyên hải và đồng bằng kế tiếp duyên hải từ Hà Tĩnh đến Cà Mau, đặc biệt từ Tuy Hoà đến Phan Thiết năng lượng mùa lạnh lớn vượt trội năng lượng mùa nóng

Những khu vực có tiềm năng năng lượng gió mùa nóng cao hơn mùa lạnh rõ rệt là:

- Các đảo phía Tây Nam lãnh thổ
- Duyên hải phía Tây và phần đồng bằng kế tiếp của Nam Bộ
- Các vùng đất thấp và các vị trí dưới thấp phía Tây và Nam Tây Nguyên
- Vùng núi thấp phía Tây Nghệ An, Hà Tĩnh và Bình Trị Thiên
- Duyên hải từ Hải Phòng đến Diễn Châu (Nghệ An) và đồng bằng kế tiếp

Ngoài ra, tại các vùng khác trên lãnh thổ tiềm năng năng lượng của hai mùa gió gần tương đương với nhau.

Tỷ lệ giữa tiềm năng hai mùa không thay đổi theo độ cao.

1.3.3.3. Ưu nhược điểm của năng lượng gió

Ưu điểm:

- Năng lượng gió không thải khí, hóa chất độc hại ra môi trường
- Ổn định giá năng lượng: đóng góp và đa dạng hóa năng lượng
- Giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu nhập khẩu và hạn chế sự phụ thuộc vào nguồn cung cấp nguyên liệu từ nước ngoài
- Nhu cầu về điện của toàn nền kinh tế tăng trung bình gần 13%/năm, và tốc độ tăng của mấy năm trở lại đây còn cao hơn mức trung bình
- Không phát thải hiệu ứng gây nóng lên toàn cầu

Nhược điểm:

- Gây ra tiếng ồn, làm ảnh hưởng đến sinh hoạt của người dân xung quanh
- Làm nhiễu sóng vô tuyến

- Mất cân bằng sinh thái
- Công suất điện gió trạm phong điện cung cấp phụ thuộc theo mùa, thời tiết và địa hình

1.4. CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT ĐIỆN GIÓ

Điện từ năng lượng gió chiếm khoảng 1.5% tổng sản lượng điện toàn cầu. Ở Mỹ, năng lượng gió đóng góp khoảng 42% công suất bổ sung mới (đứng thứ hai chỉ sau khí gas tự nhiên trong cuộc chạy đua 4 năm) và ở Châu Âu, con số này xấp xỉ 36%. Trên khắp thế giới, hiện có khoảng 80 quốc gia đang khai thác nguồn năng lượng này với mục đích thương mại.

Đẩy mạnh lắp đặt các trạm thu gió, Mỹ vượt qua Đức để giữ vị trí đứng đầu về khai thác và sử dụng điện năng sản xuất từ gió. Công suất điện năng từ gió của Mỹ tăng 8358 Mw, tương đương với 50%, lên 25170 Mw vào cuối năm 2008. Trên thực tế, công suất này có thể tăng gấp đôi hoặc hơn thế nếu không gặp trở ngại do việc giảm thuế tín dụng sản xuất bị trì hoãn. Texas là bang có sản lượng điện năng sản xuất từ gió lớn nhất, với công suất lớn gấp hơn hai lần công suất của bang có sản lượng đứng thứ hai và chỉ thấp hơn công suất của 5 quốc gia trên thế giới.

Khoảng 1/3 lượng điện năng sản xuất từ gió trên thế giới được tạo ra từ Châu Á. Trung quốc đứng thứ 2 chỉ sau Mỹ, với khoảng 6300 Mw sản xuất trong năm 2008 và dự định sẽ tăng gấp đôi sản lượng trong vòng 4 năm tới. Tháng 4 năm 2008, chính phủ Trung quốc đã nâng mục tiêu đến năm 2010 cho ngành công nghiệp điện năng này từ 5000 lên 10000 Mw, song mục tiêu đó cũng nhanh chóng bị bứt phá vào cuối năm 2008 khi sản lượng điện tạo ra ước tính đạt 12200 Mw.

Do phát triển thị trường đang là ưu tiên hàng đầu của nước này, Trung Quốc phải tiếp tục đối mặt với các vấn đề tổ chức phân vùng phát triển năng lượng gió. Hiệp hội Công nghiệp Năng lượng Tái tạo của Trung Quốc dự đoán đến năm 2015, công suất điện sản xuất từ gió có thể đạt tới 50000 Mw.

Năm 2008, với công suất 1800 Mg, Ấn Độ đứng thứ 3 trên thế giới về sản lượng điện sản xuất từ gió. Nước này cũng đang giữ vị trí thứ 5 về tích lũy năng lượng chỉ sau Mỹ, Đức, Tây Ban Nha và Trung Quốc với tổng số 9645 Mg. 44% tổng sản lượng điện năng gió được sản xuất từ Tamil Nadu, 1 bang miền Nam Ấn Độ. Những bang có sản lượng thấp hơn đang bước đầu áp dụng những thay đổi trong chính sách để tạo điều kiện cho ngành công nghiệp năng lượng gió phát triển xa hơn.

Tổng sản lượng điện năng gió của Châu Âu cuối năm 2008 là 65946 Mg, tương đương với 55% tổng công suất của toàn thế giới. Lần đầu tiên, năng lượng gió trở thành đại diện hàng đầu cho nguồn năng lượng mới ở Châu Âu, vượt xa cả khí gas tự nhiên (với sản lượng 6939 Mg) và than đá (với sản lượng 763 Mg). Cuối năm 2008, năng lượng gió chiếm 8% công suất năng lượng của Liên minh Châu Âu (EU), đủ để sản xuất ra 4.2% lượng điện cần thiết cho khu vực, trong điều kiện gió bình thường.

Với 1665 Mg điện năng gió được sản xuất vào năm 2008, Đức tiếp tục dẫn đầu khu vực trong ngành công nghiệp năng lượng này mặc dù sản lượng có giảm nhẹ (< 1%) so với năm 2007. Năng lượng gió đáp ứng khoảng 40% nhu cầu về điện của 3 bang ở Đức và 7.5% lượng điện tiêu thụ trên toàn quốc. Viện Năng lượng Gió Đức dự đoán năng lượng gió sẽ đáp ứng khoảng 31% nhu cầu về điện của quốc gia vào năm 2030 dù hiện tại tốc độ phát triển của ngành công nghiệp năng lượng này có phần chững lại. Rất nhiều bãi biển lộng gió ở Đức đã được lắp đặt tuabin và nước này dự định sẽ tiếp tục lắp đặt các hệ thống như vậy tại vùng biển ngoài khơi phía Nam.

Tây Ban Nha đứng hàng thứ tư về số lượng các hệ thống lắp đặt mới trong năm 2008. Với sản lượng khoảng 16740 Mg, Tây Ban Nha hiện đứng thứ 3 sau Mỹ và Đức về sản lượng năng lượng sản xuất từ gió. Năng lượng gió tạo ra hơn 11% lượng điện của Tây Ban Nha vào năm ngoái và đã giúp hạ giá thành điện năng tiêu thụ trong nước.

Một nghiên cứu gần đây đã khẳng định, công nghiệp năng lượng gió có đóng góp lớn nhất vào tổng sản phẩm nội địa, hơn tất cả các ngành công nghiệp khác. Tây Ban Nha và Đan Mạch – trong một thời gian dài là các thị trường chủ yếu ở Châu Âu – trong năm 2008 chỉ đóng góp khoảng gần 40% vào tổng sản lượng, so với 60% của năm 2007. Ngoài ra, còn một số nước Châu Âu khác cũng có đóng góp không nhỏ như Italy (1010 Mg), Pháp (950 Mg), Anh (836 Mg) và Bồ Đào Nha (712Mg).

Năm 2008, Australia sản xuất được 482 Mg điện từ gió, tăng 58% so với năm 2007. Ở Châu Mỹ Latin, Brazil là quốc gia duy nhất đóng góp một lượng đáng kể năng lượng gió, với 94 Mg được tạo ra vào năm 2008. 3 nước Ai-cập, Morocco và Tunisia đóng góp tổng số 99 Mg, Iran là 17 Mg. Thổ Nhĩ Kỳ đã đưa vào vận hành turbine gió lớn nhất vào thời điểm hiện tại, với công suất hơn 42 Mg và chính thức gia nhập các quốc gia sản xuất năng lượng gió.



Năng lượng gió 2008 phát triển vượt mức tăng trưởng trung bình 10 năm

Hầu hết năng lượng gió được sản xuất ở vùng bờ biển, nhưng ngày càng nhiều turbine được vận hành ở xa bờ, đặc biệt là ở Châu Âu. Cuối năm 2008, có 9 quốc gia trong EU đưa các trang trại sản xuất năng lượng gió xa bờ vào hoạt động, tăng 4 quốc gia so với hồi đầu năm. Ước tính có khoảng 357 Mg đã được tạo ra vào năm ngoái, nâng tổng sản lượng năng lượng sản xuất xa bờ ở châu Âu lên 1486 Mg. Ước tính các các dự án xa bờ đang được lắp đặt hoặc đang trong giai đoạn lập kế hoạch và dự định hoàn thành vào năm 2015 sẽ mang lại công suất khoảng hơn 30822 Mg nữa.

Chi phí của việc lắp đặt 1 tuabin gió trên thị trường thế giới vào khoảng 47.5 tỉ USD vào năm 2008, tăng khoảng 42% so với năm 2007. Nhìn chung, ngành năng lượng gió đã tạo công ăn việc làm cho khoảng hơn 400000 người. Tuy nhiên, rất nhiều người làm việc trong lĩnh vực này đang có nguy cơ bị

thất nghiệp, đặc biệt là ở Mỹ, do khủng hoảng kinh tế toàn cầu. Đầu năm 2009, chi phí cho những dự án mới, đơn đặt hàng turbin và các bộ phận khác đã giảm đáng kể.

1.4.1. Về mặt công nghệ

Trong nhiều trường hợp, việc xây dựng trạm điện gió ở những nơi có tốc độ gió trung bình lớn cho phép thay thế hoàn toàn điện lưới và thời gian hoàn vốn chỉ khoảng 5-10 năm. Tuy nhiên, ở những nơi có tốc độ gió trung bình thấp chỉ ở mức 14 kilômét/giờ (mức thấp nhất được khuyến nghị cho việc xây dựng các trạm điện gió), thời gian hoàn vốn có thể kéo dài tới 20 năm

Những tiến bộ về kỹ thuật và công nghệ trong lĩnh vực điện gió trong những năm gần đây là rất đáng kể, đã góp phần nâng cao tính cạnh tranh của các trạm điện gió. Các loại vật liệu mới như sợi thủy tinh, sợi cacbon, composite, cao su được áp dụng để chế tạo ra các tua bin gió có chiều dài cánh tới 60 mét, nhưng chỉ nặng 20 tấn, có thể quay tới 500 triệu vòng trong thời gian được bảo hành 20 năm.

1.4.2. Về mặt kỹ thuật

Những tiến bộ về kỹ thuật hiện nay đã cho phép xây dựng các trạm điện gió công suất lớn (tới 3MW). Xu thế chung về phát triển điện gió trên thế giới là xây dựng nhiều trạm điện gió gần nhau thành một tổ hợp. Ở những vị trí thuận lợi nhất, theo tính toán, trong phạm vi 1 kilômét vuông với sự bố trí tối ưu có thể xây dựng nhiều trạm điện gió và có thể đạt được sản lượng điện 20 Mwh/ năm (tương đương 55 kwh/ m²/năm)

Theo công bố kết quả nghiên cứu của các chuyên gia thuộc Đại học Tổng hợp Stanford được công bố trong tạp chí Khí tượng và Khí hậu số ra tháng 11-2007, trước đây, năng lượng gió được coi là không ổn định (vì phụ thuộc vào tốc độ gió tự nhiên), nhưng hiện nay được coi là nguồn năng lượng ổn định và đáng tin cậy nhờ cách tiếp cận mới về điện gió. Những cách tiếp cận

này là tiền đề cho chương trình phát triển năng lượng gió quốc gia của Việt Nam

Thứ nhất: trước đây các trạm điện gió không được sử dụng như những nguồn điện ổn định vì tốc độ gió thường xuyên thay đổi. Vì vậy, cách làm hiện nay là đấu nối nhiều trạm điện gió với nhau bằng một đường dây tải điện để hợp nhất các trạm điện gió nhỏ lẻ thành một nguồn năng lượng đủ mạnh và ổn định. Việc hợp nhất các trạm điện gió sẽ giảm đáng kể sự dao động (do sự không ổn định của gió) của công suất phát và ít nhất hơn một phần ba sản lượng điện phát ra sẽ được ổn định tương tự như sản lượng điện của các nhà máy nhiệt điện. Như vậy, nếu hợp nhất càng nhiều trạm điện gió, xác suất ổn định của năng lượng điện phát ra càng lớn.

Hơn thế nữa, trên thực tế, nếu tại địa điểm này gió lặng, thì tại địa điểm khác sẽ có gió to, vì vậy nếu hợp nhất các trạm điện gió, sự bất ổn định sẽ giảm đáng kể. Kết quả khảo sát 19 địa điểm khác nhau đã cho phép các nhà khoa học Mỹ đi đến kết luận: ở độ cao 80 mét tốc độ gió bình quân trong năm vượt 6,9 mét/giây, theo tính toán, sẽ có 33-47% sản lượng điện mỗi năm được ổn định nếu các trạm điện gió được hợp nhất với nhau. Kết luận này cũng sẽ đúng cho một tổ hợp gồm hơn 10 trạm điện gió trở lên nếu các trạm đều được xây dựng với điều kiện đảm bảo tốc độ gió bình quân trong năm và độ cao tối thiểu của cánh quạt.

Một lợi ích khác của việc hợp nhất làm tăng tính cạnh tranh của điện gió là giảm tổng chiều dài của đường dây tải điện. Khi hợp nhất, ban đầu các trạm điện gió được đấu nối với nhau tại một điểm chung gần nhất, sau đó từ điểm đấu nối này sẽ xây dựng đường phân phối điện đến các hộ tiêu dùng (phụ tải). Lợi ích này cũng giống như việc thu gom các nguồn nước suối vào một dòng điện để cùng cấp nước sẽ lợi hơn nhiều so với việc đào mương dẫn nước về từ các suối đơn lẻ. Ngoài ra, các trạm điện gió thường phát được công suất tối đa một cách không liên tục, nếu xây dựng các đường tải điện riêng phải tính cho

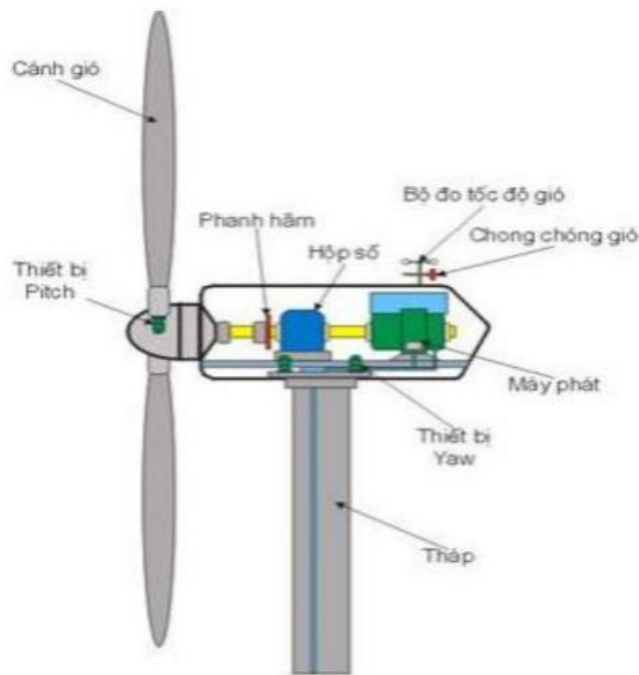
công suất tối đa đơn chiếc của từng trạm điện gió (ví dụ 1,5 MW). Trong trường hợp này việc xây dựng một đường phân phối điện riêng sẽ không tối ưu vì phải tính cho công suất 1,5 MW nhưng trên thực tế lượng điện truyền dẫn tối đa lại không thường xuyên. Phương án tối ưu là đấu nối các trạm điện gió vào một hệ thống dây dẫn điện chung. Như vậy, việc hợp nhất các trạm điện gió cho phép chúng ta có được nguồn điện vừa ổn định, vừa đủ lớn và vừa rẻ tiền. Chính vì vậy, chương trình phát triển năng lượng gió phải xây dựng được nhiều cụm điện với nhiều trạm điện gần nhau

1.5. 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 roto (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, roto 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 trì 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 1kW 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 ắc-quy. 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 1.1 là mô hình tham khảo của một hệ thống máy phát sức gió có thể gồm các thành phần cơ bản sau đây:



Hình 1.1: 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 roto ra khỏi hướng bão.
- Pitch: Cánh gió được lật hoặc xoay để điều chỉnh tốc độ của roto. 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 bắt 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 roto 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%.

1.6. NHỮNG THUẬN LỢI VÀ KHÓ KHĂN, VẤN ĐỀ CẦN QUAN TÂM VÀ LỢI ÍCH VỀ MÔI TRƯỜNG & XÃ HỘI CỦA NĂNG LƯỢNG GIÓ

1.6.1. Những thuận lợi và khó khăn

Thuận lợi:

- Năng lượng gió là nhiên liệu sinh ra bởi gió, vì vậy nó là nguồn nhiên liệu sạch. Năng lượng gió không gây ô nhiễm không khí so với các nhà máy nhiệt điện dựa vào sự đốt cháy nhiên liệu than hoặc khí gas
- Năng lượng gió là 1 dạng nguồn năng lượng trong nước, năng lượng gió có ở nhiều vùng. Do đó nguồn cung cấp năng lượng gió của đất nước thì rất phong phú
- Năng lượng gió là một dạng năng lượng có thể tái tạo lại được mà giá cả lại thấp do công nghệ khoa học tiên tiến ngày nay, giá khoảng 4÷6 cent/kWh, điều đó còn tùy thuộc vào nguồn gió, tài chính của công trình và đặc điểm của công trình
- Tuabin gió có thể xây dựng trên các nông trại, vì vậy đó là một điều kiện kinh tế cho các vùng nông thôn, là nơi tốt nhất về gió mà có thể tìm thấy. Những người nông dân và các chủ trang trại có thể tiếp tục công việc trên đất của họ bởi vì tuabin gió chỉ sử dụng một phần nhỏ đất trồng của họ. Chủ đầu tư năng lượng gió phải trả tiền bồi thường cho những nông dân và chủ các trang trại mà có đất sử dụng cho việc lắp đặt các tuabin gió

Khó khăn:

- Năng lượng phải cạnh tranh với các nguồn phát sinh thông thường ở một giá cơ bản. Điều đó còn tùy thuộc vào nơi có gió mạnh liệt như thế nào. Vì thế nó đòi hỏi vốn đầu tư ban đầu cao hơn các máy phát chạy bằng nhiên liệu khác
- Năng lượng gió là một nguồn năng lượng không liên tục và nó không luôn luôn có khi cần có điện. Năng lượng gió không thể giữ trữ được và không phải tất cả năng lượng gió có thể khai thác được tại thời điểm mà có nhu cầu về điện.
- Những nơi có năng lượng gió tốt thường ở những vị trí xa xôi cách thành phố nhưng những nơi đó lại cần điện
- Mặc dù năng lượng gió ít ảnh hưởng tới môi trường so với các dạng năng lượng khác nhưng lại có thể ồn do cánh quạt gây ra, mỹ quan bị ảnh hưởng, đôi khi chim chóc bị chết do bị dính vào roto

1.6.2. Những vấn đề cần quan tâm khi sử dụng năng lượng gió

Tính toán chi phí cho năng lượng gió

Cần tính toán chi phí cho mỗi đơn vị điện năng phát ra, dựa vào vốn đầu tư ban đầu, nhu cầu hàng năm, chi phí khấu hao, chi phí vận hành bảo trì của trạm gió

Điều kiện gió: Tiêu chuẩn quan trọng nhất biểu thị điều kiện gió chính là vận tốc gió trung bình

Khoảng cách tới các công trình dân cư: Tác động tới tầm nhìn, ảnh hưởng về tiếng ồn, hiệu ứng “bóng râm chuyển động”

Độ nhấp nhô và dịch chuyển của gió: Độ nhấp nhô của bề mặt đất càng lớn thì gió càng bị cản lại mạnh

Sự chuyển động không đều của không khí

Chỗ khuất gió

Phân bố năng lượng gió trên lãnh thổ Việt Nam:

Ở các độ cao khác nhau thì tốc độ gió cũng khác nhau, càng lên cao thì tốc độ gió càng lớn phụ thuộc vào độ gồ ghề của mặt đệm. Độ gồ ghề của mặt đệm càng lớn hay địa điểm càng bị che chắn nhiều thì độ tăng của năng lượng gió theo độ cao càng lớn. Căn cứ trên số liệu tính toán cho 150 trạm trong mạng lưới khí tượng toàn quốc có thể xác định các loại hình chủ yếu phụ thuộc vào tính chất địa hình và vị trí địa lý như sau:

- Loại hình 1: Các nơi thấp trong vùng núi có độ chia cắt lớn
- Loại hình 2: Trung du và các vị trí tương đối thoáng trong các vùng núi
- Loại hình 3: Đồng bằng
- Loại hình 4: Cao nguyên và các vị trí cao ít bị che chắn trong các vùng núi
- Loại hình 5: Duyên hải
- Loại hình 6: Hải đảo

1.6.3. Lợi ích về môi trường và xã hội của năng lượng gió

Năng lượng gió được đánh giá là thân thiện nhất với môi trường và ít gây ảnh hưởng xấu về mặt xã hội. Để xây dựng một nhà máy thủy điện lớn cần phải nghiên cứu kỹ lưỡng các rủi ro có thể xảy ra với đập nước. Ngoài ra, việc di dân cũng như việc mất các vùng đất canh tác truyền thống sẽ đặt gánh nặng lên vai những người dân xung quanh khu vực đặt nhà máy, và đây cũng là bài toán khó đối với các nhà hoạch định chính sách. Hơn nữa, các khu vực để có thể quy hoạch các đập nước tại Việt Nam cũng không còn nhiều.

Song hành với các nhà máy điện hạt nhân là nguy cơ gây ảnh hưởng lâu dài đến cuộc sống của người dân xung quanh nhà máy. Các bài học về rò rỉ hạt nhân cộng thêm chi phí đầu tư cho công nghệ, kỹ thuật quá lớn khiến càng ngày càng có nhiều sự ngần ngại khi sử dụng loại năng lượng này.

Các nhà máy điện chạy nhiên liệu hóa thạch thì luôn là những thủ phạm gây ô nhiễm nặng nề, ảnh hưởng xấu đến môi trường và sức khỏe người dân.

Hơn thế nguồn nhiên liệu này kém ổn định và giá có xu thế ngày một tăng cao. Khi tính đầy đủ cả các chi phí ngoài là những chi phí phát sinh bên cạnh những chi phí sản xuất truyền thống, thì lợi ích của việc sử dụng năng lượng gió càng trở nên rõ rệt. So với các nguồn năng lượng gây ô nhiễm (ví dụ như ở nhà máy nhiệt điện Ninh Bình) hay phải di dời quy mô lớn (các nhà máy thủy điện lớn), khi sử dụng năng lượng gió, người dân không phải chịu thiệt hại do thất thu hoa mầu hay tái định cư, và họ cũng không phải chịu thêm chi phí y tế và chăm sóc sức khỏe do ô nhiễm. Ngoài ra với đặc trưng phân tán và nằm sát khu dân cư, năng lượng gió giúp tiết kiệm chi phí truyền tải. Hơn nữa, việc phát triển năng lượng gió ở cần một lực lượng lao động là các kỹ sư kỹ thuật vận hành và giám sát lớn hơn các loại hình khác, vì vậy giúp tạo thêm nhiều việc làm với kỹ năng cao.

Tại các nước Châu Âu, các nhà máy điện gió không cần đầu tư vào đất đai để xây dựng các trạm tourbin mà thuê ngay đất của nông dân. Giá thuê đất (khoảng 20% giá thành vận hành thường xuyên) giúp mang lại một nguồn thu nhập ổn định cho nông dân, trong khi diện tích canh tác bị ảnh hưởng không nhiều.

Cuối cùng, năng lượng gió giúp đa dạng hóa các nguồn năng lượng, là một điều kiện quan trọng để tránh phụ thuộc vào một hay một số ít nguồn năng lượng chủ yếu; và chính điều này giúp phân tán rủi ro và tăng cường an ninh năng lượng.

1.6.4. Tương lai về năng lượng gió

Mặc dù kỳ vọng trước mắt về ngành công nghiệp này không mấy sáng sủa, triển vọng phát triển trung và dài hạn trong tương lai rất sáng lạn. Giá tuabin được trông đợi giảm do cuộc suy thoái kinh tế đã giúp giảm chi phí cho nguyên liệu và lắp đặt. Cùng với một số điều kiện thuận lợi không nhỏ khác, công nghiệp năng lượng gió vẫn tiếp tục được đầu tư phát triển với ít nhất 3 dự án lớn ở bờ biển phía bắc Châu Âu.

Chương trình vực dậy nền kinh tế ở Mỹ và một số quốc gia khác đang tập trung chủ yếu vào năng lượng gió và những nguồn năng lượng có thể tái tạo khác. Chính phủ Trung quốc cũng đã phản ứng với cuộc suy thoái kinh tế toàn cầu bằng việc xác định phát triển năng lượng gió là mục tiêu then chốt hàng đầu của nền kinh tế.

Hội đồng Năng lượng Gió Quốc tế dự đoán 332.000 Mw năng lượng gió sẽ được tạo ra vào năm 2013. Còn BTM Consult, một công ty nghiên cứu thị trường của Đan Mạch dự đoán điện năng từ gió sẽ chiếm khoảng 6% lượng điện được tạo ra trên thế giới vào năm 2017.

CHƯƠNG 2.

MÁY ĐIỆN DỊ BỘ ROTO DÂY QUẤN

2.1. MÁY ĐIỆN DỊ BỘ ROTO DÂY QUẤN

2.1.1. Giới thiệu về máy điện dị bộ roto dây quấn

Động cơ không đồng bộ là máy điện xoay chiều được sử dụng nhiều nhất trong thực tế nhờ các ưu điểm như đơn giản về cấu tạo, nhỏ gọn, tin cậy, giá thành rẻ và chi phí vận hành thấp, hơn nữa nó có thể đấu trực tiếp vào lưới điện xoay chiều 3 pha mà không cần phải qua một thiết bị biến đổi nào.

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.

Loại máy điện quay có cấu tạo đơn giản là loại máy điện không đồng bộ (dị bộ). 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 roto, động cơ không đồng bộ được chia làm 2 loại: Roto lồng sóc và roto 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 roto 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 roto lồng sóc, các chỉ tiêu không đồng bộ.

Máy điện dị bộ roto dây quấn là máy điện dị bộ có roto được thực hiện bằng các cuộn dây quấn theo nguyên tắc quấn dây của máy điện dòng xoay chiều, khác với cấu tạo của roto lồng sóc.

Phần stato của máy điện dị bộ roto dây quấn giống như của máy điện dị bộ roto lồng sóc đã trình bày ở trên. Phần roto của máy dị bộ roto dây quấn gồm mạch từ và mạch điện. Mạch từ được cấu tạo bằng các lá thép điện kỹ thuật có dạng hình vành khăn, đường kính ngoài đục rãnh, đường kính trong đục lỗ để lồng trục. Trên trục máy đặt 3 vành trượt được cấu tạo bằng hợp kim đồng đảm bảo dẫn điện tốt và chống xước, chống mài mòn tốt, 3 vành trượt này cách điện với nhau và cách điện với trục máy. Trên 3 vành trượt là 3 chổi than đặt trong giá đỡ chổi than. Cuộn dây stato của máy dị bộ được cấu tạo như cuộn dây của máy điện xoay chiều nói chung, được hình thành từ các bin và được ghép lại thành 3 cuộn dây ứng với 3 pha sẽ được trình bày cụ thể ở phần sau. Ba cuộn dây này một đầu được nối với nhau dạng sao, 3 đầu còn lại được nối với 3 vành trượt đặt trên trục máy.

2.1.2. Cấu tạo của động cơ roto dây quấn

Máy điện không đồng bộ roto dây quấn gồm các bộ phận chính sau: Stato, Roto.

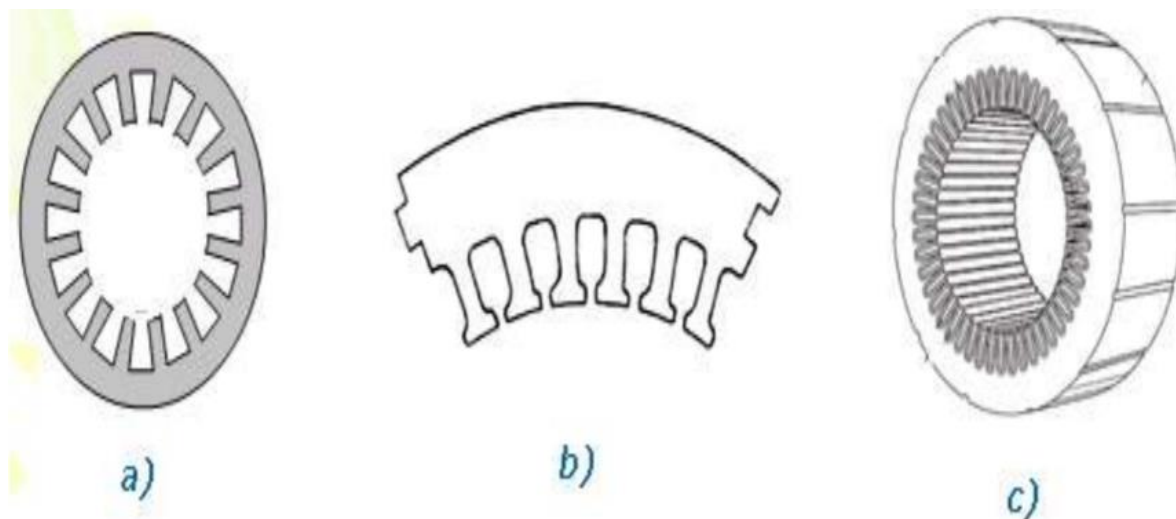
a. Stato

Là thành phần tĩnh gồm 2 bộ phận chính là lõi thép và dây quấn. Ngoài ra còn có vỏ máy, nắp máy.

- Lõi thép: Lõi thép được làm bằng những lá thép kỹ thuật điện dày $0,35 \div 0,5$ mm, bề mặt có phủ sơn cách điện để chống tổn hao do dòng điện xoáy. Hình 2.1 trình bày về lõi thép Stato của máy điện dị bộ. Khi đường kính máy nhỏ, các lá thép được dập theo hình tròn như ở hình 2.1a. Khi đường kính ngoài lõi thép lớn (trên 990 mm) các lá thép được dập thành hình rẻ quạt (hình 2.1b). Các lá thép ghép lại với nhau rồi ép

chặt tạo thành hình trụ rỗng, bên trong hình thành các rãnh để đặt dây quấn như ở hình 2.1c.

Nếu lõi thép dài quá thì các lá thép được ghép thành từng thép dày $6 \div 8$ cm, các thép đặt cách nhau 1 cm để tạo đường thông gió hướng tâm.



Hình 2.1. Lõi thép stato máy điện không đồng bộ

a) Hình vành khăn b) Hình rẽ quạt c) Mạch từ stato

- Dây quấn: Là phần dẫn điện, được làm bằng dây đồng có bọc cách điện. Dây quấn stato của máy điện không đồng bộ 3 pha gồm ba dây quấn pha có trục đặt lệch nhau trong không gian 120° điện, mỗi pha gồm nhiều búi dây, mỗi búi dây gồm nhiều vòng dây (hình 2.2a). Mỗi vòng dây có hai cạnh tác dụng. Các búi dây được đặt vào rãnh của lõi thép stato (hình 2.2b) và được nối với nhau theo một quy luật nhất định. Dây quấn của máy điện dị bộ có thể thực hiện theo rất nhiều kiểu quấn dây. Tùy theo mục đích, yêu cầu sử dụng, và yêu cầu công nghệ, người ta sẽ thiết kế đáp ứng theo các tiêu chí kỹ thuật.



Hình 2.2. Dây quấn stato

- Vỏ máy: Vỏ máy làm bằng nhôm hoặc gang dùng để cố định lõi thép và dây quấn cũng như cố định máy trên bệ, không dùng để làm mạch dẫn từ. Đối với máy có công suất tương đối lớn (1000kw) thường dùng thép tấm hàn lại thành vỏ. Tùy theo cách làm nguội máy mà dạng vỏ cũng khác nhau. Hai đầu vỏ có nắp máy và ổ đỡ trục. Vỏ máy và nắp máy còn dùng để bảo vệ máy.

b. Roto

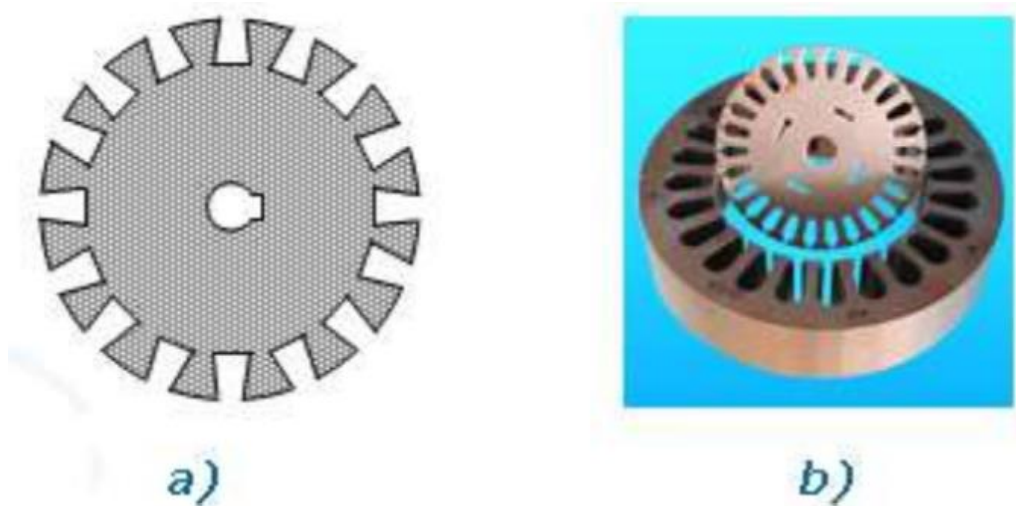
Là phần quay gồm lõi thép, dây quấn, vành trượt và trục máy

Lõi thép: Lõi thép roto được làm bằng các lá thép kỹ thuật điện, dập như hình 2.3a.

Các lá thép sau khi sơn cách điện được ghép lại thành khối hình trụ mặt ngoài hình thành các rãnh để đặt dây quấn roto, ở giữa có lỗ để ghép trục và nếu công suất lớn người ta khoan lỗ để thông gió làm mát.

Trên thực tế, tổn hao sắt ở lõi thép roto với máy công suất nhỏ là không lớn lắm cho nên trong nhiều trường hợp người ta cũng có thể sử dụng thép rèn. Với các máy công suất lớn thì lõi thép phải là loại thép lá kỹ thuật điện có công nghệ chế tạo giống như lõi thép của Stato. Khi sử dụng thép lá người ta có thể để lợi dụng phần thép kỹ thuật điện sau khi dập lõi sắt stato, người ta dùng để ép lõi thép roto. Hình 2.3 trình bày về cấu trúc của lõi roto.

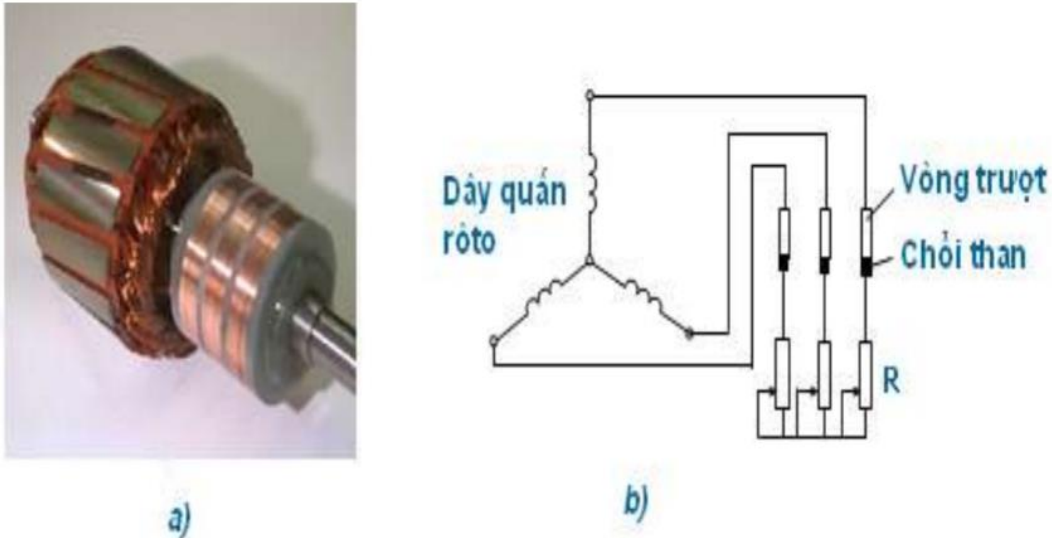
Dây quấn roto cũng được thực hiện như công nghệ quấn dây của Stator. Cuộn dây Roto cũng là ba pha với cách quấn được thiết kế giống như stator nhưng kích thước dây quấn và số vòng mỗi pha dây quấn phải được tính toán phù hợp với dòng điện và điện áp tính toán cho Roto.



Hình 2.3. Lá thép roto của máy điện không đồng bộ

Dây quấn được đặt trong rãnh của lõi thép roto. Dây quấn 3 pha của roto thường đấu hình sao (Y), ba đầu còn lại được nối với ba vành trượt làm bằng đồng cố định ở đầu trục (hình 2.4a), từ lên ba vành trượt là ba chổi than (hình 2.4b). Hệ thống chổi than và vành trượt của Roto máy điện dị bộ là để ghép nối phần điện với mạch điện bên ngoài nên về công nghệ hệ thống này cũng đòi hỏi được chế tạo chính xác, chắc chắn và làm việc tin cậy. Các vành góp phải được làm từ đồng được chế tạo ở áp suất cao với độ bền cơ khí tốt để chịu nhiệt, chống mài mòn, không bị biến dạng trong quá trình làm việc. Hệ thống chổi than với giá đỡ, lò xo, cán chổi và than cũng phải được thiết kế theo tiêu chuẩn và giống như của máy điện một chiều. Một trong những yêu cầu về điện là điện trở tiếp xúc giữa than và chổi than là phải nhỏ. Thông qua chổi than có thể ghép thêm điện trở phụ hay đưa sức điện động phụ vào mạch roto trong chế độ động cơ và để ghép nối với các bộ Inverter, Converter trong chế độ máy phát (nếu cần).

Hình 2.4 trình bày hình ảnh một roto dây quấn của máy điện dị bộ (hình 2.4a) và cách ghép nối giữa cuộn dây Roto với điện trở bên ngoài trong chế độ động cơ (hình 2.4b).



Hình 2.4. Roto dây quấn (a) và sơ đồ mạch điện (b) của roto dây quấn

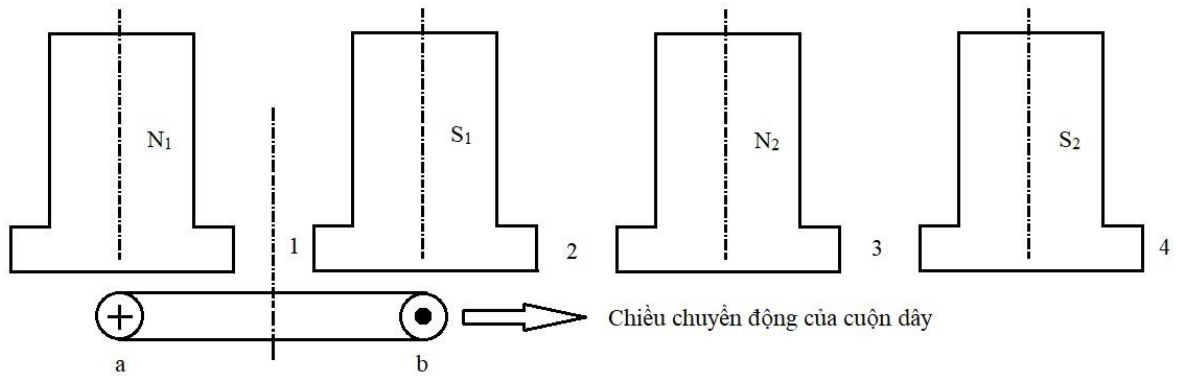
2.1.3. Cấu tạo cuộn dây roto máy điện dị bộ nạp từ 2 phía (roto dâyquấn)

Cuộn dây máy điện chính là mạch điện của máy điện. Phần lớn các máy điện trong thực tế gồm 2 loại cuộn dây: Cuộn dây đặt ở phần tĩnh (stato) và cuộn dây đặt ở phần quay (roto). Cuộn dây máy điện là nguồn cảm ứng sđđ và dòng điện hoặc là mạch điện qua nó chạy dòng điện để tạo ra từ trường. Loại cuộn dây thứ nhất gọi là cuộn dây phản ứng, còn cuộn dây thứ hai gọi là cuộn dây kích từ. Cuộn dây kích từ nói chung là cuộn dây tập trung trong đó các vòng dây móc vòng với từ thông chính.

Cuộn dây phản ứng thường là cuộn dây phân tán được đặt trong các rãnh nằm rải rác trên chu vi phần tĩnh (stato hoặc phần động roto) máy điện, do đó tại 1 thời điểm nhất định một nhóm cuộn dây sẽ móc vòng với những đường sức từ khác nhau.

2.1.3.1. Nguyên lý hoạt động của cuộn dây máy điện dị bộ roto dây quấn

Để có sđđ xoay chiều, phương pháp đơn giản nhất là dịch chuyển cuộn dây có bước rải thích hợp trong từ trường biến đổi. Ở hình 2.5 biểu diễn một cuộn dây có cạnh a-b cách nhau một bước cực, chuyển động từ trường với tốc độ đều theo hướng mũi tên. Các cực của từ trường có kích thước giống nhau và đặt cách đều nhau.

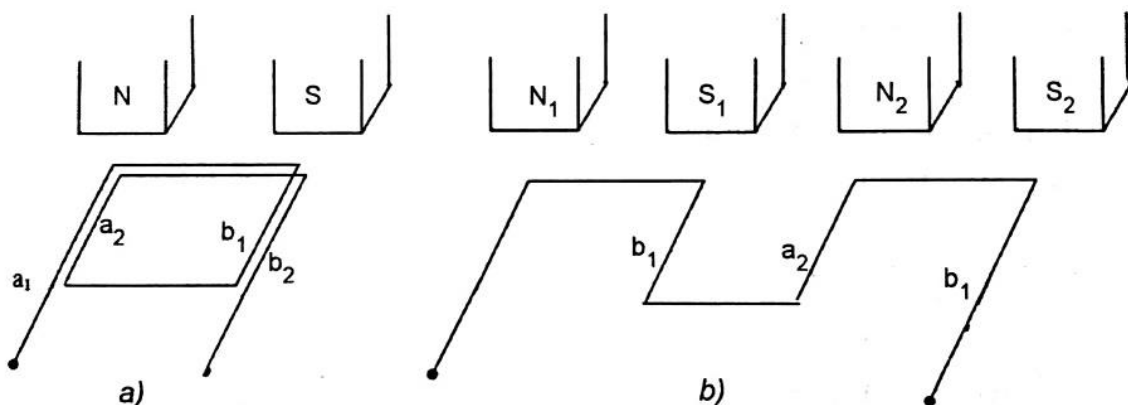


Hình 2.5. Nguyên lý hoạt động cuộn dây xoay chiều

Tại thời điểm nghiên cứu, tâm cuộn dây nằm ở vị trí số 1, cách đều trục 2 cực $S_1 - N_1$. Theo qui tắc bàn tay phải, sđđ cảm ứng xuất hiện có chiều như hình vẽ. Sau một thời gian nào đó, tâm cuộn dây nằm ở vị trí 2, chiều của sđđ cảm ứng có chiều ngược với chiều ở vị trí 1. Vị trí 2 dịch trong không gian so với vị trí 1 một bước cực. Khi tâm cuộn dây nằm ở vị trí thứ 3 thì sđđ trong cuộn dây lại giống như ở vị trí 1. Thời gian cần thiết để dịch chuyển cuộn dây từ vị trí 1 sang 3 chính là 1 chu kỳ sđđ cảm ứng. Hình 2.5 ta thấy vòng dây dịch chuyển đi 1 khoảng bằng 2 bước cực. Ta nhận được kết quả tương tự nếu cuộn dây đứng im nhưng từ trường dịch chuyển theo chiều ngược lại.

Người ta thường chọn khoảng cách giữa 2 cạnh a, b của cuộn dây bằng bước cực để sđđ có giá trị cao nhất. Nếu sự phân bố của từ trường các cực có dạng hình sin, thì sđđ cảm ứng cũng có dạng hình sin. Muốn tăng sđđ thì phải tăng số vòng dây của cuộn dây, các vòng dây này phải mắc nối tiếp với nhau. Các vòng dây mắc nối tiếp với nhau phải nằm ở cùng 1 trạng thái trong từ trường thì sđđ cuộn dây sẽ lớn nhất.

Trên hình 2.6a biểu diễn các vòng dây nối tiếp nhau nằm ở dưới các cực cạnh nhau trong từ trường, còn hình 2.6b các vòng dây nối tiếp nằm dưới các cực cạnh nhau.

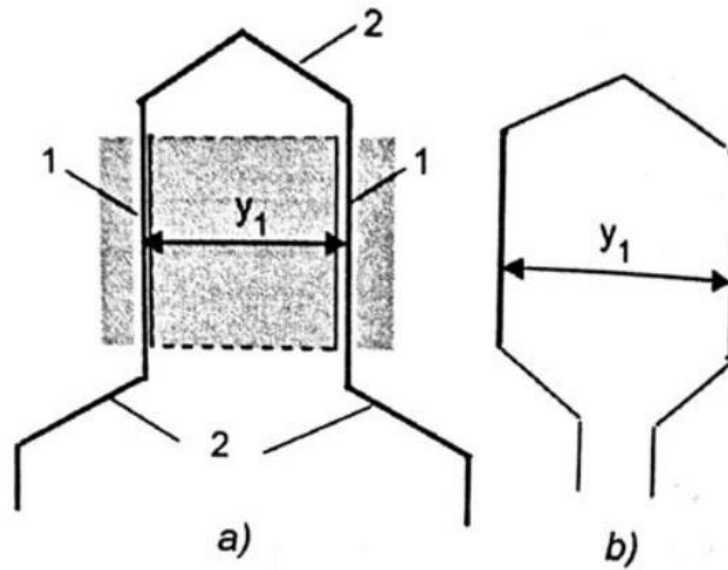


Hình 2.6. Cách nối các vòng dây của cuộn dây

Cuộn dây máy điện thường được đặt vào các rãnh của lõi thép. Để có thể sử dụng tối đa mạch từ thì vòng dây của 1 pha phải chiếm một cung nào đó của chu vi. Độ dài cung chiếm bởi các cạnh cùng tên thuộc một pha gọi là chiều rộng của dải.

2.1.3.2. Nguyên lý xây dựng cuộn dây máy điện

Phần tử cơ bản và đơn giản nhất của mỗi cuộn dây là vòng dây gồm 2 cạnh như hình 2.7a, b. Các cạnh được đặt vào các rãnh của lõi thép và nó là phần tử tác dụng của cuộn dây. Các cạnh của vòng dây được nối với nhau bằng nối đầu cuộn dây, đó là phần nằm ngoài lõi thép. Có nhiều cách nối khác nhau phụ thuộc vào phương pháp thực hiện cuộn dây. Thông thường phải thực hiện nối đầu cuộn dây ngắn nhất để tiết kiệm vật liệu và giảm tổn hao công suất. Ở những máy có công suất lớn việc nối đầu cuộn dây phải đảm bảo chắc chắn để chống biến dạng do lực điện từ vì có dòng điện lớn chạy qua



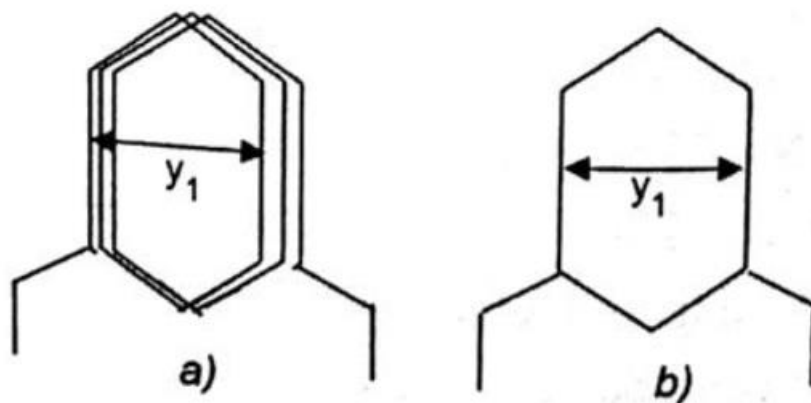
Hình 2.7. Vòng dây

a) Cuộn dây sóng; b) Cuộn dây xếp.

1 – Thanh dẫn; 2 – nối đầu cuộn dây;

y_1 – bước cuộn dây.

Chúng ta nối tiếp một số vòng dây lại với nhau được 1 nhóm và gọi là bin. Bin được coi là phần tử cấu trúc của cuộn dây, người ta có thể thực hiện nó ngoài máy điện như quán cách điện, tấm sấy,... sau đó mới đặt vào các rãnh. Việc vẽ và đọc cuộn dây biểu diễn trên hình 2.8a phức tạp do đó thường dùng sơ đồ đơn giản như hình 2.8b.



Hình 2.8. Bin 3 vòng dây.

a) Sơ đồ điện; b) Giản đồ

Thông số đặc trưng của cuộn dây là bước cuộn dây, đó là khoảng cách giữa 2 cạnh của vòng dây. Số đo của bước cuộn dây là số lượng rãnh nằm trong khoảng cách giữa 2 cạnh, ví dụ $y_1 = 6$ có nghĩa là nếu cạnh trái nằm ở cạnh 1 thì cạnh phải sẽ nằm ở rãnh 7

Khi nói về cuộn dây ta còn dùng khái niệm bước cực và cũng đo bằng số lượng rãnh như sau: $\tau = \frac{Z}{2p}$, trong đó Z – tổng số rãnh trên chu vi máy điện, p – số đôi cực.

Cuộn dây có bước cuộn dây bằng bước cực $y_1 = \tau = \frac{Z}{2p}$ gọi là cuộn dây đường kính, còn nếu $y_1 < \tau$ ta gọi là cuộn dây rút gọn

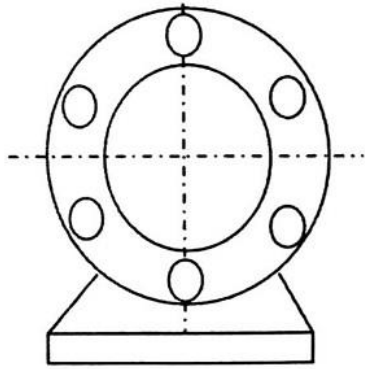
Ngoài bước cực người ta cũng còn dùng bước rãnh $\tau_z = \frac{\pi D}{Z}$ trong đó D – đường kính của rotor hay stato

Để nhận được sđđ 3 pha đối xứng cần phải đặt ở chu vi lõi thép 3 cuộn dây như nhau có bước cuộn dây τ_p và nằm cách nhau 1 góc 120° (hình 2.11). Để xây dựng cuộn dây đúng và dễ dàng ta dùng sao sđđ. Trường hợp đơn giản nhất là ở mỗi rãnh chỉ có thanh dẫn. Sđđ lúc này có thể biểu diễn bằng véc tơ và hình thành sao điện áp, trong đó mỗi véc tơ biểu diễn một sđđ. Nếu tỷ số Z/p là một số nguyên thì sao điện áp có Z/p tia, mỗi tia ứng với p rãnh và dịch pha đối với nhau một góc $2\tau_p$. Góc lệch pha giữa các sđđ nằm ở cạnh nhau xác định:

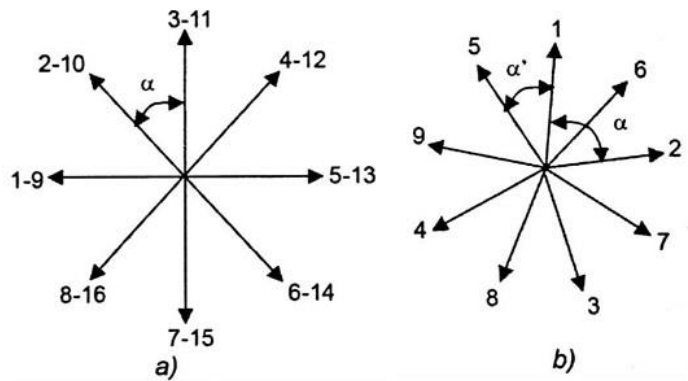
$$\alpha = \frac{360p}{Z} \quad (2.0)$$

Nếu Z không chia hết cho p thì sao điện áp có 2 thông số góc: góc α là góc của 2 sđđ nằm cạnh nhau trên chu vi máy điện tính theo (2.0) và góc α' là góc hợp bởi 2 tia điện áp cạnh nhau trên sơ đồ tính theo biểu thức:

$$\alpha' = \frac{360t}{Z} \quad (2.0a)$$



Hình 2.9. Cuộn dây 3 pha đặt trên chu vi máy điện



Hình 2.10. Sao điện áp của cuộn dây 3 pha
a) Có Z/p nguyên; b) Có Z/p lẻ

Trong đó t là ước số chung lớn nhất của Z và p . Trên hình 2.10 biểu diễn sao điện áp cho 2 trường hợp

Cuộn dây có $Z = 16$ rãnh, $p = 2$; Ta có $Z/p = 8$ là số nguyên do đó số tia là 8, còn góc hợp bởi 2 tia là $\alpha = \frac{360.2}{16} = 45^\circ$

Cho cuộn dây có $Z = 9$, $p = 2$; Ta có $Z/p = 9/2$ – lẻ, vậy số tia là 9, ta có 2 số đo sau đây:

- Góc của 2 rãnh nằm cạnh nhau trên chu vi $\alpha = \frac{360.2}{9} = 80^\circ$
- Góc của 2 tia điện áp nằm cạnh nhau:

Ước số chung lớn nhất của Z và p là $t = 1$, ta có $\alpha' = \frac{360.1}{9} = 40^\circ$

2.1.3.3. Phân loại cuộn dây

Cuộn dây máy điện có thể chia thành: Cuộn dây 1 pha, 2 pha, 3 pha

Cuộn dây 3 pha lại có thể được phân loại theo số lớp, theo số lượng rãnh trên một cực 1 pha và phân loại theo phương pháp thực hiện.

Phân loại theo lớp cuộn dây: Theo lớp cuộn dây đặt trong rãnh người ta phân ra loại: 1 lớp, 2 lớp, 3 lớp.

Phân loại theo số lượng rãnh trên một cực một pha. Số rãnh trên một cực một pha q tính như sau:

$$q = \frac{z}{2mp} \quad (2.1)$$

Cho cuộn dây 3 pha, ta có $q = \frac{z}{6p}$. Căn cứ vào q chia ra cuộn dây q chẵn q lẻ.

Phân loại theo cách thực hiện cuộn dây. Sự phân loại này dựa trên các cơ sở sau :

a – Các đặt cuộn dây vào rãnh: Căn cứ cách đặt cuộn dây vào rãnh chia ra rải dây, luồn dây và khâu dây

b – Cách thực hiện bin: Thực hiện bằng tay, thực hiện bằng máy

Để xây dựng cuộn dây ta cần bước cuộn dây, có 3 loại bước cuộn dây: bước tiến và bước lùi và bước toàn phần.

- Bước tiến là khoảng cách giữa 2 cạnh cuộn dây (y_1) (hình 2.11)
- Bước lùi là khoảng cách giữa cạnh thứ 2 của vòng dây trước với cạnh thứ 1 của cuộn dây tiếp theo (hình 2.11)
- Bước cuộn dây toàn phần là khoảng cách giữa các cạnh của các vòng dây với nhau (hình 2.11)

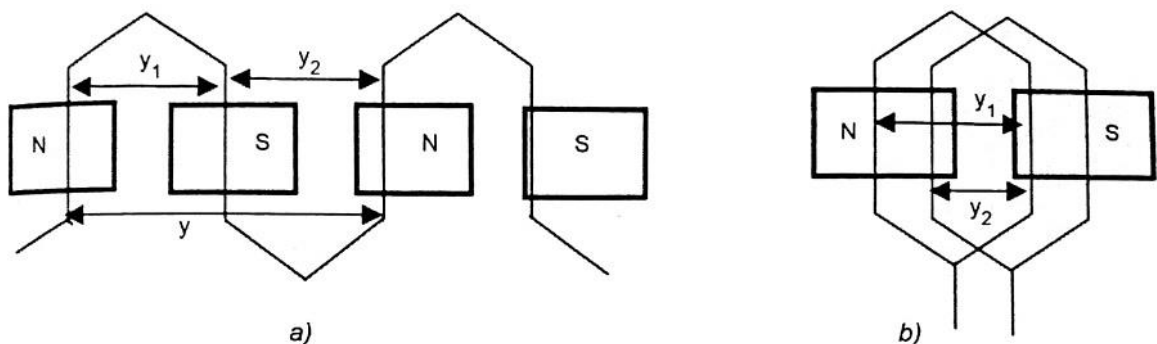
Căn cứ vào các tính bước cuộn dây ta có 2 loại cuộn dây:

Cuộn sóng là cuộn có bước toàn phần tính theo:

$$y = y_1 + y_2 \quad (2.2)$$

Cuộn xếp là cuộn có bước toàn phần:

$$y = y_1 - y_2 \quad (2.3)$$



Hình 2.11. Biểu diễn bước cuộn dây

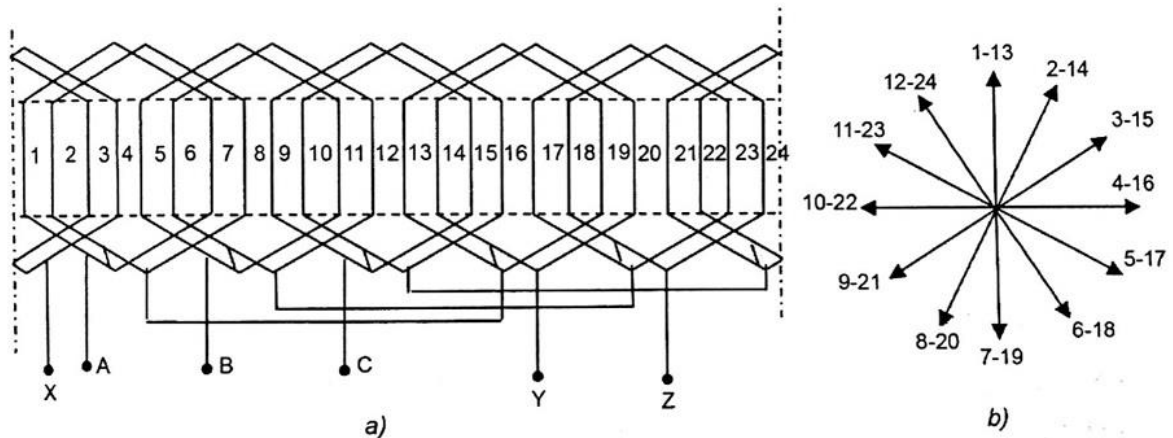
a) Cuộn dây quấn sóng ; b) Quạt dây xếp

2.1.3.4. Dựng cuộn dây 3 pha 1 lớp xếp có q chẵn

Loại cuộn dây này thường dùng cho các máy có $p > 1$.

Ví dụ, dựng sơ đồ cuộn dây có $Z = 24$, $2p = 4$, $q = 2$. Để dựng cuộn dây ta qui định như sau: các rãnh được biểu thị bằng các đường thẳng và được đánh số thứ tự (hình 2.12). Ta thực hiện cuộn dây bán kính ($y_1 = \tau$), tính bước cuộn dây như sau:

$$y_1 = \tau = Z/2p = 24/2.2 = 6$$



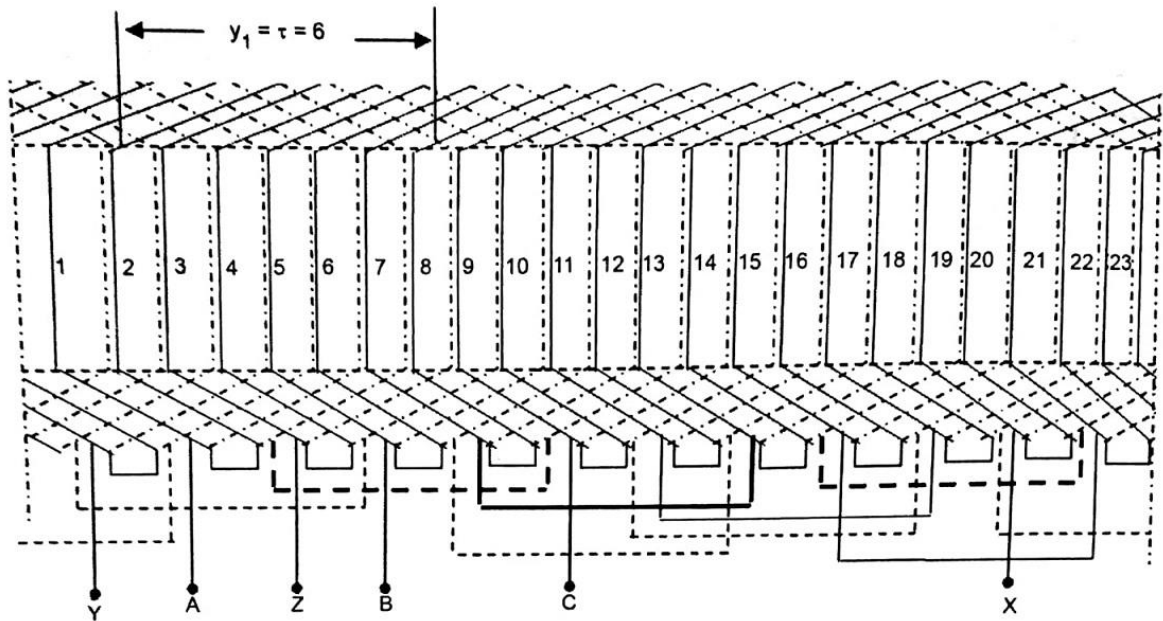
Hình 2.12. Cuộn dây 3 pha cuộn xếp

a) Sơ đồ; b) Sao điện áp

2.1.3.5. Dựng cuộn dây 3 pha 2 lớp xếp có q chẵn

Cuộn dây thường gặp là cuộn dây 2 lớp xếp đường kính hoặc rút gọn. Đặc điểm của cuộn dây này là vòng dây và mô bin có hình dáng à kích thước giống nhau nên đối xứng về pha và các nhánh song song trong cuộn dây tuy nhiên quá trình đặt cuộn dây đặc biệt là lớp dưới sẽ phức tạp hơn cuộn dây 1 lớp. Để dựng cuộn dây 2 lớp ta qui định lớp trên vẽ liền, lớp dưới vẽ bằng nét đứt.

Ví dụ dựng cuộn dây 3 pha 2 lớp có $Z = 24$, $p = 2$, $y_1 = \tau = 6$ (hình 2.13).



Hình 2.13. Cuộn dây 3 pha 2 lớp đường kính có $Z = 24$, $p = 2$, $q = 2$, $y_1 = \tau = 6$

2.1.3.6. Dựng cuộn dây 3 pha xếp bước ngắn

Trong thực tế người ta cũng dựng cuộn dây có bước cuộn dây nhỏ hơn bước cực $y_1 < \tau$. Nếu gọi S là số rãnh rút ngắn thì bước cuộn dây rút ngắn sẽ là:

$$y_1 = \frac{Z}{2p} - S$$

Bước cuộn dây tương đối lúc này là:

$$\beta = \frac{y_1}{\tau}$$

Cuộn dây rút ngắn có những ưu điểm sau:

- Sđđ có dạng hình sin hơn, từ trường do cuộn dây tạo ra có dạng tốt hơn;
- Đặt cuộn dây vào rãnh dễ hơn đặc biệt ở máy có hình nhiều cực;
- Tiết kiệm đồng do rút ngắn nối đầu cuộn dây.

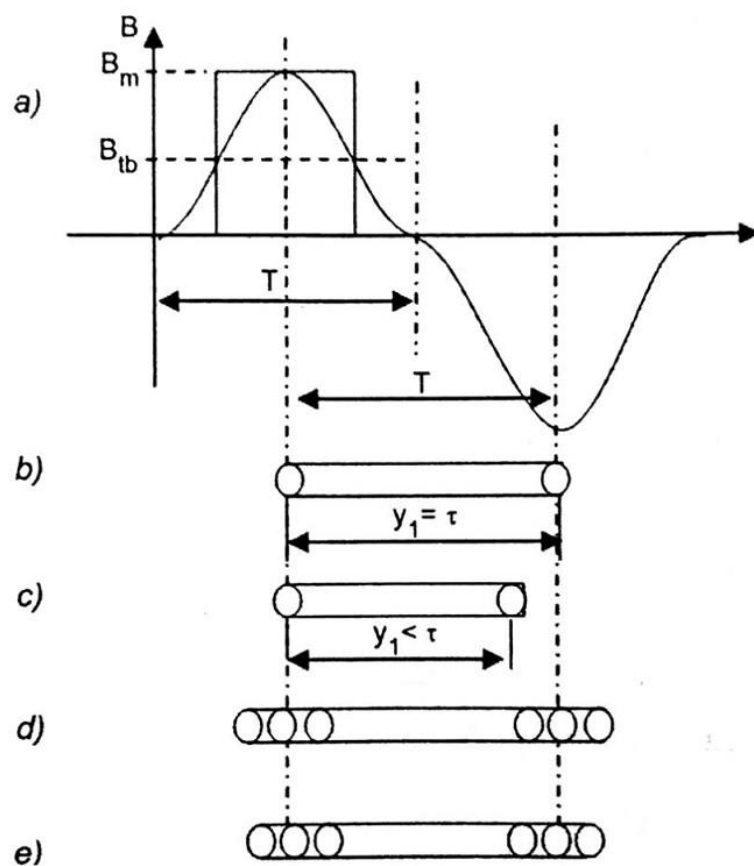
Sđđ bị biến dạng vì có sóng bậc cao. Nếu rút ngắn bước cuộn dây đi $\frac{1}{v}\tau$ thì sóng bậc v sẽ bị khử. Ví dụ rút ngắn bước cuộn dây đi $1/5$ thì sóng bậc 5 bị khử.

2.1.3.7. Dựng cuộn dây 3 pha sóng

Ở cuộn dây 2 lớp sóng, thì cuộn dây của 1 pha chạy q lần toàn bộ chu vi phần ứng về phía phải sau đó dịch đi 180° trong từ trường vòng theo phía trái q lần. Mỗi một vòng sóng, ở cuộn dây sóng đường kính gồm $2p-1$ bước bằng bước cực, bước cuối cùng thường rút ngắn một bước rãnh để cho vòng tiếp theo bắt đầu từ dây bên cạnh không phải bắt chéo. Cuộn dây sóng cho máy điện một chiều ít dùng cho máy điện xoay chiều.

2.1.4. Sự hình thành sđđ trong cuộn dây roto máy điện bị bộ roto dây quấn

Nhằm xác định biểu thức sđđ cảm ứng trong cuộn dây pha bởi từ trường quay ta nghiên cứu máy điện có từ trường không sin (nhưng đối xứng so với trục x và y và chu kỳ lặp lại dưới các cực hình 2.14a [1].



Hình 2.14. a) Xác định sđđ trong bin dây; b) Đường kính; c) Rút ngắn; d) Nhóm đường kính; e) Nhóm rút ngắn.

Biên độ trong bin dây đường kính xác định bằng biểu thức:

$$E_m = B_m 2l_i z_z v \quad (2.4)$$

Trong đó l_i – độ dài tác dụng của cạnh cuộn dây, z_z – số vòng dây có trong bin, v – tốc độ dài theo chu vi của sóng từ trường quay so với cuộn dây, B_m – biên độ của độ cảm ứng từ. Trong trường hợp cuộn dây rút ngắn (hình 2.14b) thì 2 cạnh của một vòng dây không khi nào nằm trong cùng một trạng thái trong từ trường do đó sđđ cảm ứng trong bin sẽ nhỏ hơn sđđ của bin đường kính. Vì lý do đó ta đưa ra khái niệm hệ số rút gọn k_s , hệ số này phụ thuộc vào bước cuộn dây, dạng của sóng từ trường và được định nghĩa: là tỷ số giữa sđđ cảm ứng trong bin rút ngắn với sđđ cảm ứng trong bin đường kính.

$$k_s = \frac{E_{mrng}}{E_{mrdk}} = \frac{E_{mrng}}{2z_z E_{mcanh}} \quad (2.5)$$

Với định nghĩa này thì hệ số rút ngắn cho cuộn dây đường kính $k_s = 1$, cho cuộn rút ngắn $k_s < 1$.

Sđđ của bin rút ngắn bây giờ có dạng:

$$E_m = E_m = k_s B_m 2l_i z_z v \quad (2.6)$$

Để xác định sđđ của nhóm ta nhớ rằng nhóm được hình thành bằng cách nối tiếp các bin với nhau như hình 2.14d. Do các nhóm gồm các vòng dây nằm ở những trạng thái khác nhau trong từ vưng, vì vậy chúng không nằm trong cùng tình trạng, ta đưa vào khái niệm hệ số nhóm và được định nghĩa như sau:

Là tỷ số sđđ của nhóm thực tế (nằm rải trên chu vi) với sđđ của nhóm tập trung:

$$k_{nh} = \frac{E_{mrai}}{E_{mtrung}} = \frac{E_{mn hom}}{q E_{mbin}} \quad (2.7)$$

Giá trị k_{nh} nhận như sau:

Với $q > 1$ thì $k_{nh} < 1$;

Với $q = 1$ thì $k_{nh} = 1$.

Sđđ nhóm với cuộn dây đường kính có dạng:

$$E_m = k_{nh} B_m 2l_i z_z v \quad (2.8)$$

Sđđ nhóm với cuộn dây rút ngắn có dạng:

$$E_m = k_{nh} k_s B_m 2l_i z_z v \quad (2.9)$$

Tích hệ số rút ngắn và hệ số nhóm là hệ số cuộn dây

$$k_{cd} = k_{nh} \cdot k_s \quad (2.10)$$

Vậy biểu thức (2.9) có thể viết:

$$E_m = k_{cd} B_m 2l_i z_z v \quad (2.11)$$

Khi biết được sđđ nhóm ta có thể viết biểu thức sđđ pha do mắc nối tiếp các nhóm như sau:

$$E_m = k_{cd} B_m 2l_i z_z q p v \quad (2.12)$$

Ký hiệu W là số vòng dây nối tiếp trong một pha ta có $W = z_z q p$ do đó sđđ pha có dạng:

$$E_m = 2k_{cd} B_m l_i W v \quad (2.13)$$

Thay B_m bằng từ thông của một cực ϕ ta có:

$$\phi = l_i \tau B_{tb} \quad (2.14)$$

Thay tốc độ dài bằng biểu thức: $v = \frac{2p n \tau}{60} = 2\tau f$

Cuối cùng biểu thức giá trị hiệu dụng sđđ của pha cuộn dây máy điện có dạng:

$$E = 4,44 k_{cd} W f \phi \quad (2.15)$$

2.1.5. Nguyên lý hoạt động của máy điện dị bộ roto dây quấn

Máy phát điện dị bộ roto dây quấn có 2 cuộn dây: dây quấn stato (phần tĩnh) nối với lưới điện tần số không đổi f_1 , dây quấn roto (phần động) được nối tắt lại hoặc khép kín trên điện trở, hoặc nối với các thiết bị phụ khác.

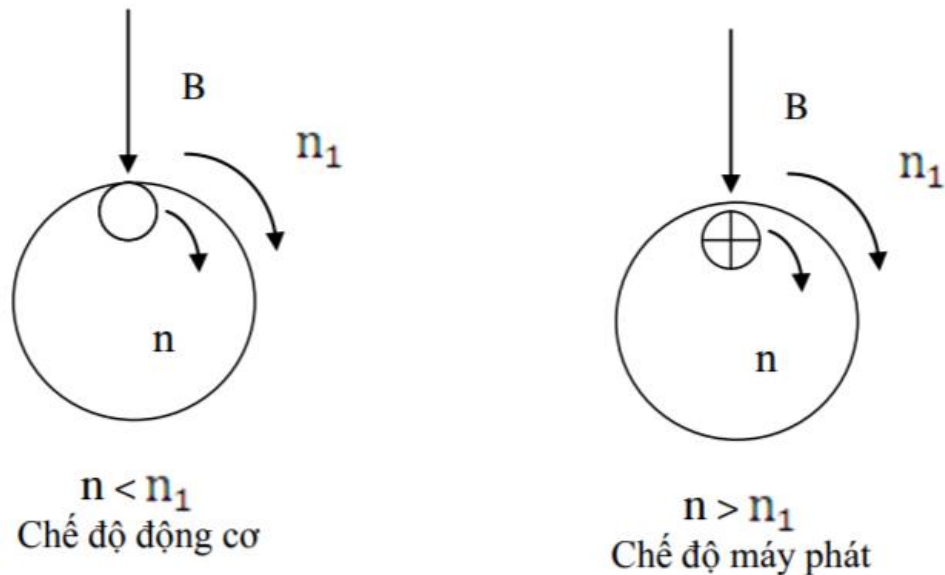
Khi nghiên cứu máy điện dị bộ trong chế độ máy phát người ta phải đưa điện xoay chiều 3 pha vào 3 cuộn dây của Stato – Dòng điện 3 pha này tạo thành từ trường quay với tốc độ:

$$n_1 = \frac{60f}{p}$$

Trong đó: f: Tần số, p: Số đôi cực

Lúc đó nếu ta sử dụng một động cơ sơ cấp lai roto của máy điện, quay cùng chiều và với tốc độ n lớn hơn tốc độ n_1 thì độ trượt.

$$S = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0$$



Hình 2.15. Dòng điện Roto trong chế độ động cơ (a) và chế độ máy phát (b)

Dòng điện chạy trong rotor trong trường hợp máy phát này sẽ ngược chiều với dòng điện ở chế độ động cơ. Hình 2.15 trình bày chiều dòng điện roto trong hai chế độ. Như vậy thông qua từ trường của máy điện, cơ năng của động cơ sơ cấp đã biến thành điện năng và cấp năng lượng trả lên lưới. Tuy nhiên, qua phân tích thấy rằng máy điện đã sử dụng một phần công suất của lưới để tạo nên từ trường quay – Đó chính là công suất phản kháng Q. Và như vậy nếu làm việc ở chế độ này thì máy điện đã phải tiêu hao một lượng công

suất phản kháng của lưới. Như thế hệ số cos của lưới sẽ bị giảm đi. Nếu như máy điện muốn làm việc độc lập thì cần phải có thiết bị để tạo nên lượng công suất phản kháng này – Và thực tế phải sử dụng bộ tụ điện để làm việc đó. Đây chính là nhược điểm rất lớn mà máy điện dị bộ làm việc ở chế độ máy phát gặp phải.

➤ **Kết luận chương 2**

Ở chương này, em đã tìm hiểu được cấu tạo, nguyên lý hoạt động máy điện dị bộ roto dây quấn ngoài ra còn có cấu tạo của cuộn dây, nguyên lý hoạt động của cuộn dây và các công nghệ chế tạo cuộn dây máy điện dị bộ roto dây quấn.

Trong ứng dụng năng lượng gió, đối với máy điện dị bộ nói chung và máy điện dị bộ roto dây quấn nói riêng thì đây vẫn là 1 sự lựa chọn rộng rãi và tối ưu nhất với các ưu điểm vượt trội trong các hệ thống phát điện với tốc độ thay đổi.

CHƯƠNG 3.

HỆ THỐNG PHÁT ĐIỆN SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DI BỘ NGUỒN KÉP TRONG ỨNG DỤNG NĂNG LƯỢNG GIÓ

3.1. GIỚI THIỆU

Máy điện di bộ nguồn kép được ứng dụng rất rộng rãi trong các hệ thống phát điện, đặc biệt là trong các hệ thống phát điện với tốc độ thay đổi như hệ thống phát điện sức gió, hệ thống phát điện đồng trục trên tàu thủy. Hiện tại cấu trúc phát điện sử dụng DFIG chiếm gần 50% thị trường phát điện sức gió, với dải công suất từ 1.5MW đến 3MW, gồm 93 model của các hãng sản xuất khác nhau trên thế giới.

Ngoài ra, nhà sản xuất năng lượng tái tạo của Đức (The German company Repower) đã có 2 model với công suất trên 3 MW là: model 6M với tổng công suất phát ra 6.150 kW; model 5M với tổng công suất phát ra 5MW.

Đối với WECSs dựa trên DFIGs, cần thiết phải có hộp số vì một DFIG có tốc độ thấp đa cực không khả thi về mặt kỹ thuật. Thiết kế của một WECS dựa trên DFIG cùng với hộp số một cấp, được đề xuất trong [6], nhưng không có WECS thương mại nào được triển khai với khái niệm này. Tuy nhiên, ngay cả với các vấn đề liên quan đến hộp số ba giai đoạn (3S), DFIG vẫn có vài ưu điểm khi so sánh với các máy phát điện khác được sử dụng trong các ứng dụng năng lượng gió [3]. Ví dụ ở [7] và [8], ba máy phát điện thích hợp cho các ứng dụng năng lượng gió được nghiên cứu: một ổ trục máy phát điện đồng bộ (SG) (là một trong những giải pháp được cung cấp bởi Enercon [9]), máy phát điện nam châm vĩnh cửu (PMG) [10]-[14] (được tiếp thị bởi một số công ty ví dụ như: Vestas [13], Clipper [14] và Dewind), và một DFIG 3S-Geared (xem Bảng I). Các kết quả về trọng lượng, chi phí, kích thước và tổn

thất thu được trong [7] và [8] được trình bày trong Bảng II. Lưu ý rằng DFIG 3S-Geared được coi là cơ sở để so sánh.

BẢNG I

WECSs có sẵn trên thị trường ở khoảng 1.5-3 MW dựa trên DFIGs

Nhà sáng chế AAER	Tài liệu tham khảo A1650-A2000	NM 6	Mức năng lượng(NW) 2.0
Acciona	AW	6	1.5 - 3.0
Alstom Power	ECO	4	1.67 - 3.0
Dewind	D8.0-D9.0	1	2.0
Fuhrlander	FL	6	1.5 - 2.5
Gamesa	G	3	2.0
General Electric	GE Enegy	7	1.5 - 2.5 - 2.75
Ghodawat	G	1	1.65
Guangdong Mingyang	MY	2	1.5
Guodian United Power	UP1500 UP2000 UP3000	17	1.5 - 2.0 - 3.0
Hyosung	HS	1	2.0
Inox Wind	WT	1	2.0
Mitsubishi	MWT	5	2.4
Nordex	N	9	1.5 - 2.4 - 2.5
Repower	MM	6	2.0 - 2.05
Sinovel	SL	8	3.0
Suzlon	S	2	1.5 - 2.1

Vestas	V80 – V90 V100	7	1.8 - 2.0 - 2.6 - 3.0
--------	-------------------	---	-----------------------

BẢNG II

So sánh giữa ba máy phát điện được xuất bản ở [7] và [8]

Khối lượng	3S Geared DFIG 100%	Ổ trục SG ~850%	Ổ trục PMG ~450%
Stator Radius	100%	~600%	~600%
Tổng chi phí ước lượng	100%	120%	~105%
Năng lượng thậm hụt	100%	95%	~65%

Từ Bảng II cho ta thấy tổng trọng lượng của WECS dựa trên ổ trục PMG cao hơn gấp khoảng 4.5 lần so với WECS dựa trên DFIG [7], [8]. Đường kính Stator của ổ trục PMG bằng khoảng 6 lần so với DFIG của điện năng mô phỏng. Gần đây, hiệu năng của DFIG cũng được so sánh với tốc độ trung bình của nam châm vĩnh cửu SG (PMSG) ở [8]. Tốc độ trung bình PMSG thường được kết hợp với hộp số một tầng, là một cấu trúc liên kết tương đối mới cho thế hệ gió tốc độ biến thiên (được biết đến như là khái niệm “Multibrid”[3]) và đã được một số nhà sản xuất WECS chấp nhận như Vestas, Areva và WinWinD [3].

Một trong những lý do chính để DFIG được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống phát điện là bộ biến đổi công suất nhỏ so với công suất phát lên lưới vì bộ biến đổi công suất được đặt ở phía roto. Trong dải tốc độ giới hạn thì công suất của bộ biến đổi chỉ bằng 30% công suất phát lên lưới.

Vì DFIG trong hệ thống phát điện có nhiều ưu điểm và được ứng dụng rộng rãi trong thực tế nên có rất nhiều công trình trong nước và quốc tế

nghiên cứu về điều khiển DFIG. Các phương pháp điều khiển cho WECS được kết nối lưới, hệ thống độc lập, hỗ trợ tần số sử dụng DFIG, bỏ qua điện áp thấp (LVRT),... đã được trình bày và thảo luận trong tài liệu. Mục đích là để cập nhật các xu hướng gần đây nhất về các hệ thống điều khiển DFIG. Về mặt này, nó làm tăng các bài viết tổng quan trước đó [23], [24]. Đặc biệt, bài viết này nêu ra được những vấn đề gần đây nhất trong việc kiểm soát cảm biến của DFIG, điều khiển trượt, ứng dụng của DFIG đến nhóm nguồn và tải điện cục bộ, và công việc gần đây nhất trong LVRT.

3.2. ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ VÀ MÔ-MEN CỦA DFIM

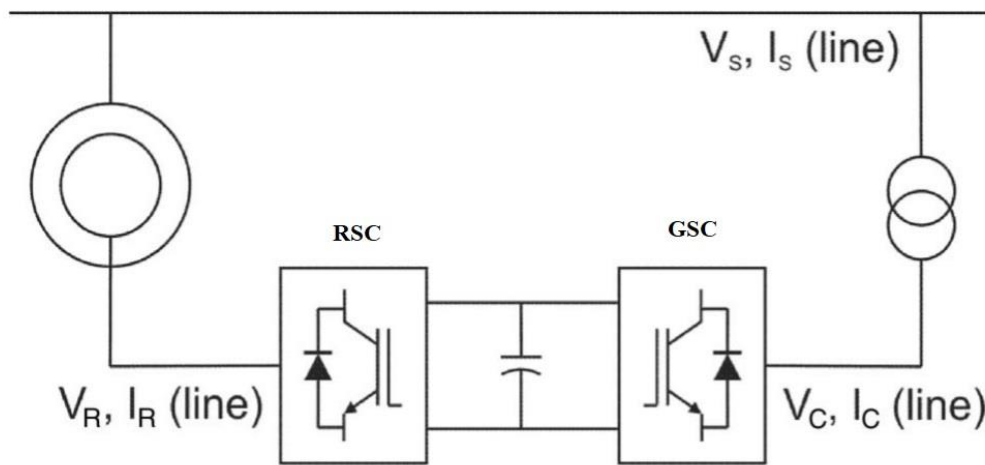
3.2.1. Điều khiển độ trượt (OptiSlip of Vestas)

Trong quá khứ, các điện trở bên ngoài được kết nối với các vòng trượt của các máy quần roto để giảm dòng khởi động (đối với vận hành động cơ) hoặc để tối đa hóa mô-men xoắn điện trong một điểm vận hành nhất định. Việc sử dụng các điện trở bên ngoài, ít nhất là đối với các ứng dụng này, hiện nay được coi là lỗi thời vì hiệu năng tốt hơn thu được bằng cách sử dụng các thiết bị điện tử công suất như các bộ khởi động mềm, bộ biến tần được điều chế xung (PWM),... Tuy nhiên, các điện trở bên ngoài kết nối với roto vẫn được sử dụng trong một số cấu trúc liên kết của WECS dựa trên các máy cảm ứng roto.

Điều khiển độ trượt [25] - [27] (ví dụ, Vestas V39–600, V66–1.65 MW) đặt các điện trở và linh kiện điện tử (như cảm biến hiện tại, bóng bán dẫn lưỡng cực cửa cách điện (IGBT) và một phần của bộ điều khiển phần cứng) được gắn trong roto, nghĩa là không cần có vòng trượt. Tùy thuộc vào điểm vận hành của WECS, các giá trị ohmic khác nhau của các điện trở được kết nối với cuộn dây roto bằng các bóng bán dẫn IGBT. Các tín hiệu để điều khiển IGBT được truyền qua một liên kết quang từ bên ngoài roto. Cấu trúc liên kết này được thiết kế sự thay đổi độ trượt lên đến 10%, mang lại sức mạnh mượt

mà hơn cho lưới [25], [26], [28]. Hơn nữa, ma sát trên một số bộ phận của tuabin gió giảm đáng kể [25].

Một sự phát triển hơn nữa của độ trượt là chương trình tốc độ trượt, cho phép thay đổi độ trượt khoảng 60% [28]. Việc sử dụng các điện trở bên ngoài được kết nối với roto có thể được tăng cường với điều khiển độ dốc (bước) để cải thiện hiệu suất của WECS trong hoạt động năng động, ví dụ: khi có sự xáo trộn lưới [27].



Hình 3.1: Lược đồ Scherbius tĩnh với hai VSI PWM back-to-back.

Ngay cả khi điều khiển độ trượt có một phần quan trọng trong tổng số WECS được cài đặt trên thế giới ($\approx 11\%$ trong năm 2008 theo [27]), nhược điểm chính của cấu trúc liên kết này là hiệu quả tương đối thấp do sự tiêu hao năng lượng trong các điện trở bên ngoài.

3.2.2. Cấu trúc điều khiển tĩnh Scherbius

Cấu trúc Scherbius được đề xuất bởi kỹ sư người đức Arthur Scherbius vào những năm đầu của thế kỷ 20. Bộ biến đổi nằm ở roto cho phép công suất đi theo 2 chiều nên hệ thống có thể hoạt động ở chế độ dưới đồng bộ và trên đồng bộ. Hai hệ thống đầu tiên sử dụng cấu trúc Scherbius là: 1. Hệ thống tĩnh Kramer [52] với mạch cầu diot ở phía roto được thay thế bởi bộ biến đổi nguồn dòng với mạch trung gian một chiều (current-fed dc-link converter)

[32][53][44][46]; 2. Hệ thống với bộ biến tần trực tiếp (cycloconverter) được nối giữa roto và stator. Tuy nhiên 2 hệ thống này tạo ra sóng hài bậc cao 5 ở dòng điện roto và cảm ứng sang stator. Hạn chế này được khắc phục bằng cách sử dụng 2 bộ biến đổi 2 chiều (back to back inverter), điều chỉnh dòng điện bằng phương pháp băm xung điện áp (PWM) [29][33][37][17][15][45][47][146]. Một giải pháp khác là áp dụng các bộ biến tần ma trận trực tiếp (matrix converters-MCs) hoặc gián tiếp (indirect matrix converters -IMCs) [56][16], tuy nhiên hạn chế của các giải pháp này là hiệu suất không cao.

3.2.3. Điều khiển vector không gian

Kỹ thuật điều chế vector không gian ban đầu được nghiên cứu phát triển để điều khiển máy điện dị bộ roto lồng sóc, sau này được áp dụng mở rộng cho máy phát dị bộ roto dây quấn DFIG. Trong kỹ thuật này, dòng điện roto của DFIG được tính toán và điều khiển trong hệ trục tọa độ từ thông stator [16], hoặc trong hệ trục tọa độ tựa theo điện áp lưới [229]. Trong hệ trục tọa độ tựa theo từ thông stator, momen điện từ tỉ lệ với thành phần dòng điện ngang trục, và khi stator của DFIG được nối với lưới, công suất phản kháng có thể được điều khiển thông qua thành phần dòng điện dọc trục. Một số công trình trong nước và quốc tế nghiên cứu điều khiển DFIG trên cơ sở vector không gian cho máy phát điện tàu thủy là [230][231][232][115], cụ thể: Công trình [233] đã đề cập khả năng ứng dụng máy điện dị bộ nguồn kép cho hệ thống phát điện đồng trục trên tàu thủy với bộ tự điều chỉnh điện áp điều khiển tựa theo từ thông stator. Công trình chủ yếu mang tính tổng quan, nêu cấu trúc chung của hệ thống, chưa chỉ ra rõ phương pháp điều khiển cụ thể. Công trình [234] đã giải quyết được vấn đề ổn định tần số và điện áp bằng phương pháp tách kênh trực tiếp và tuyến tính hóa chính xác với bộ điều khiển phản hồi trạng thái. Vì công trình [234] xây dựng mô hình đối tượng trên cơ sở tuyến tính hóa nên đáp ứng chất lượng của hệ thống điều khiển chưa cao, tồn tại những dao động tương đối lớn ngay trong cả quá trình quá

độ và quá trình xác lập. 6 Công trình [230] đã xây dựng mô hình hệ thống phát điện đồng trục sử dụng máy điện dị bộ nguồn kép trên cơ sở phi tuyến với nguyên lý tựa phẳng. Công trình đã chứng minh được tính đúng đắn của việc áp dụng nguyên lý tựa phẳng cho hệ thống và chỉ ra được 2 biến phẳng là công suất tác dụng (hoặc momen) và hệ số công suất $\cos\phi$. Công trình mới dừng ở bước đề xuất, chưa đưa ra cấu trúc hệ thống điều khiển cụ thể. Tiếp theo công trình [230], công trình [231] đã đưa ra cấu trúc hệ thống điều khiển cụ thể với bộ điều khiển tỷ lệ tích phân kết hợp với phản hồi tín hiệu feedforward trên cơ sở hệ phẳng để tách kênh các tín hiệu điều khiển. Kết quả thu được của công trình tương đối tốt, tuy nhiên vẫn tồn tại sóng hài bậc cao ở các thông số điều khiển đầu ra của hệ thống. Ngoài ra, có các công trình nghiên cứu ứng dụng máy điện dị bộ nguồn kép vào hệ thống phát điện sức gió, cụ thể gồm: Công trình [235] đã tổng hợp hệ thống theo các phương pháp tuyến tính và giải quyết được vấn đề điều khiển tách kênh momen (công suất tác dụng) và công suất phản kháng trên cơ sở phân ly các thành phần i_{rd} và i_{rq} , các tài liệu [15][236][237] đã bù được các liên kết chéo để đảm bảo sự phân ly. Tuy nhiên tốc độ máy phát thường xuyên thay đổi, tần số mạch roto thay đổi theo và điện áp lưới là điện áp lưới “mềm”, các giải pháp điều khiển tuyến tính đều coi chúng là biến thiên chậm hay là nhiễu, các công trình [235][238][68][237] đều thực hiện loại bỏ bằng phương pháp bù đơn giản. Công trình [229] đã cải thiện được chất lượng hệ thống đáng kể khi điều khiển hệ thống trên cơ sở phi tuyến bằng phương pháp cuộn chiếu (backstepping). Tiếp theo, công trình [232] cũng điều khiển hệ thống phát điện sức gió sử dụng máy điện dị bộ nguồn kép trên cơ sở phi tuyến tựa theo từ thông thụ động với thuật toán thiết kế tựa theo EL và Hamilton, kết quả của công trình là: với tải đối xứng, hệ thống đáp ứng được chất lượng khi hệ thống làm việc bình thường hoặc xảy ra xấp lưới đối xứng. Để giải quyết điều khiển bám lưới của hệ thống khi xảy ra lỗi lưới không đối xứng đã được [239]

ngiên cứu và giải quyết. Đồng thời [239] cũng đã giải quyết vấn đề khắc phục méo điện áp lưới khi có tải phi tuyến.

3.2.4. Điều khiển trực tiếp momen

Phương pháp điều khiển trực tiếp momen được ứng dụng rộng rãi trong máy điện dị bộ roto lồng sóc, sau đó cũng được áp dụng để điều khiển momen điện từ của máy điện dị bộ roto dây quấn vì nó có ưu điểm nổi bật là hiệu suất chuyển đổi năng lượng cao [14][15][18][22][73][74][90]. Hãng ABB đã phát triển bộ biến đổi công suất điều khiển DFIG bằng phương pháp này [92].

3.2.5. Điều khiển trực tiếp công suất

Phương pháp điều khiển trực tiếp công suất có kết cấu phần cứng tương tự như phương pháp DTC, nó có điểm khác là nghiên cứu ảnh hưởng của từ thông stator và roto tới công suất tác dụng và công suất phản kháng của stator DFIG phát lên lưới. Các nghiên cứu [13][79][85][90] cho thấy: công suất tác dụng tỷ lệ với thành phần từ thông roto theo hướng vuông góc với từ thông stator, công suất phản kháng tỷ lệ với thành phần từ thông roto theo hướng dọc trục với từ thông stator. Trong các cấu trúc điều khiển DFIG làm máy phát điện [27][39] [63][64][72], các cảm biến như encoder vị trí hay máy phát tốc đều gây nên một số hạn chế như sau: phải bảo trì, kinh phí cao, phải có cáp kết nối... Vì vậy, đã có đề xuất về cấu trúc điều khiển DFIG để khắc phục các hạn chế này, đó là cấu trúc điều khiển DFIG không cảm biến (SENSORLESS CONTROL OF DFIG).

3.2.6. Điều khiển GSC

Mục tiêu của bộ chuyển đổi dòng hoặc GSC trong cấu trúc liên kết được mô tả trong hình 1 là cho phép dòng điện hoạt động, điều chỉnh điện áp mạch trung gian một chiều đến mức không đổi. Việc vận hành hệ số công suất gần nhất là bình thường, nhưng cũng có thể kiểm soát dòng điện phản kháng giữa bộ chuyển đổi và stator/lưới. Phương pháp kiểm soát véc tơ thường được sử

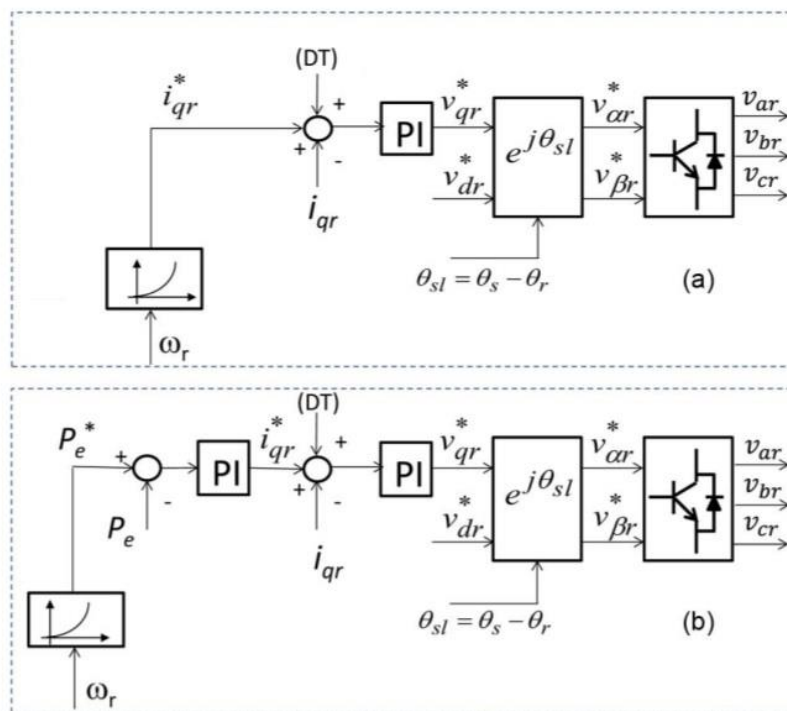
dụng [15], [55], với khung tham chiếu được định hướng dọc theo vectơ điện áp lưới, cho phép điều khiển độc lập nguồn điện hoạt động và phản kháng giữa lưới điện và GSC. Bộ chuyển đổi PWM phía lưới được điều chỉnh hiện tại, với dòng d-trục điều chỉnh điện áp mạch trung gian một chiều và dòng q-trục điều chỉnh công suất phản kháng. Ngoài ra, DPC cũng có thể được áp dụng cho sự kiểm soát của GSC, dẫn đến việc kiểm soát tách rời các dòng điện hoạt động và phản kháng trong bộ chuyển đổi [29], [71]-[73]

3.2.7. Điều khiển bám điểm công suất cực đại (MPPT)

Đối với tuabin gió tốc độ biến đổi điển hình, vị trí của hiệu suất khí động học tối đa tương ứng với một đường khối liên quan đến công suất được ghi lại với tốc độ quay [75] - [81]. Điều này được thể hiện trong hình 6. Sức mạnh tối ưu P_{opt} liên quan đến tốc độ quay của lưỡi dao bằng chức năng phi tuyến sau đây:

$$P_{opt} = k_{opt} \omega_r^3 \quad (13)$$

k_{opt} là hàm của các tham số của WECS, ví dụ: kích thước hộp số, bán kính lưỡi dao, lưỡi cắt, vv Hai loại thuật toán MPPT đã được báo cáo trong tài liệu, tức là điều khiển tốc độ và điều khiển mô men của máy phát điện hiệu suất khí động học tối đa [82], [83]. Đối với các thuật toán MPPT dựa trên điều khiển tốc độ, tốc độ quay của máy phát điện được điều chỉnh để điều khiển WECS đến mức hiệu suất khí động học tối đa. Thảo luận thêm về các phương pháp MPPT dựa trên điều khiển tốc độ được xem xét bên ngoài phạm vi của bài báo này và người đọc quan tâm được giới thiệu ở nơi khác [82], [83].



Hình 3.2: Một số hệ thống điều khiển đơn giản cho MPPT trong các WECS dựa trên DFIG. (a) Hệ thống điều khiển (13) và (14), như được thảo luận trong [77] và [78]. (b) Hệ thống điều khiển (15), như được thảo luận trong [55] và [84].

Đối với các thuật toán MPPT dựa trên điều khiển mô-men xoắn, dòng cầu phương i_{qr}^* được điều chỉnh để điều khiển WECS đến điểm thu năng lượng tối ưu. Như đã thảo luận trong [77] và [78] để điều khiển WECS đến mức hiệu suất khí động học tối đa, mô-men xoắn điện có thể được kiểm soát như sau:

$$T_e^* = k_{opt} \omega_r^2 \quad (14)$$

Sử dụng (8) và (14), tham chiếu cầu phương vuông i_{qr}^* có thể được tính như sau:

$$i_{qr}^* = \frac{k_{opt}}{k_{tl} i_{ms}} \omega_r^2 \quad (15)$$

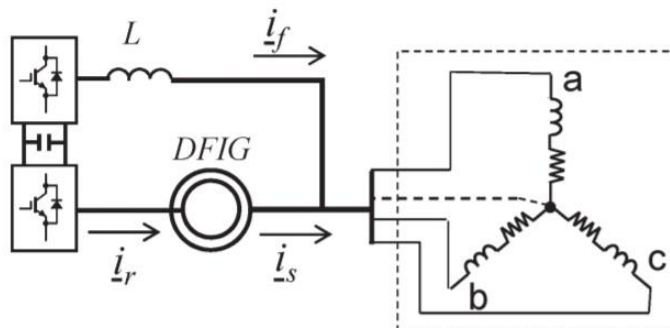
Nếu các thông số máy được xác định chính xác, chiến lược điều khiển đơn giản của (15) có thể được sử dụng để điều khiển WECS đến mức hiệu suất khí động học tối đa.

Hệ thống điều khiển dựa trên (15) được thể hiện trong hình 3.2 (a). Tốc độ quay của máy phát được sử dụng làm đầu vào của bảng tra cứu (hoặc chức năng phi tuyến), trong đó (15) được lưu trữ. Hiện tại i_{qr}^* thu được tại đầu ra bảng tra cứu và được sử dụng làm tham chiếu của vòng điều khiển dòng tứ phương.

Một lựa chọn khác là thực hiện theo dõi quyền lực tối ưu bằng cách sử dụng một vòng điều khiển bổ sung. Chiến lược này đã được báo cáo trong [55] và [84]. Hệ thống điều khiển tính toán tham chiếu công suất P_e^* sử dụng bảng tra cứu, nơi công suất tối ưu như một hàm của tốc độ quay được lưu trữ [xem Hình 3.2 (b)]. Từ P_e^* , dòng mô men roto được tính như sau:

$$i_{qr}^* = K_p(P_e^* - P_e) + k_i \int (P_e^* - P_e) dt \quad (16)$$

trong đó k_p và k_i là hằng số tỷ lệ và tích phân của bộ điều khiển tỷ lệ tích phân (PI). P_e là công suất điện do DFIG cung cấp cho lưới điện, được đo bằng bộ chuyển đổi điện áp và dòng điện. Hệ thống điều khiển được chỉ ra trong hình 3.2 (b) yêu cầu các vòng điều khiển lồng nhau với bảng thông của vòng lặp bên ngoài là một phần của vòng i_{qr} hiện tại bên trong.



Hình 3.3: Một tải độc lập DFIG

Ưu điểm chính của chiến lược điều khiển (16) [và Hình 3.2 (b)] là các lỗi trong ước tính tham số máy, ví dụ: k_{t1} và i_{ms} ở (15), được bù bởi bộ điều khiển PI. Mặt khác, mối quan hệ giữa dòng roto mômen và công suất P_e phụ thuộc vào tốc độ quay, và một số chiến lược bù, ví dụ điều khiển lập lịch độ thu được, có thể được yêu cầu duy trì đáp ứng động tốt trong toàn bộ dải vận hành.

Ở đây, chỉ có hai chiến lược điều khiển đơn giản đã được giải thích. Tuy nhiên, các phương pháp theo dõi sức mạnh khác (như các thuật toán MPPT dựa trên tốc độ được thảo luận trong [77] và [85] - [87]) ví dụ, nhiễu loạn và quan sát, quan sát tốc độ gió,... có thể được áp dụng cho WECS dựa trên DFIG.

3.3. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN KẾT NỐI CÁC HỆ THỐNG DFIGS CHO CÁC HỆ THỐNG KHÔNG CÂN BẰNG

Một WECS có thể được lắp đặt ở những vùng nông thôn hẻo lánh, nơi các lưới yếu với điện áp không cân bằng không phải là không phổ biến [42], [88] - [90]. Hơn nữa, trong các ứng dụng độc lập, DFIG có thể nạp các tải trọng không cân bằng và đảo [91] - [95].

Như đã báo cáo trong [89], [90], và [96] - [99], các máy cảm ứng đặc biệt nhạy cảm với hoạt động không cân bằng do việc gia nhiệt cục bộ có thể xảy ra trong stato và tuổi thọ của máy có thể bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Hơn nữa, dòng điện âm trong máy tạo ra các xung trong mô-men xoắn điện làm tăng tạp âm và giảm tuổi thọ của hộp số, cụm lưỡi dao và các thành phần khác [88], [91], [92], [100].

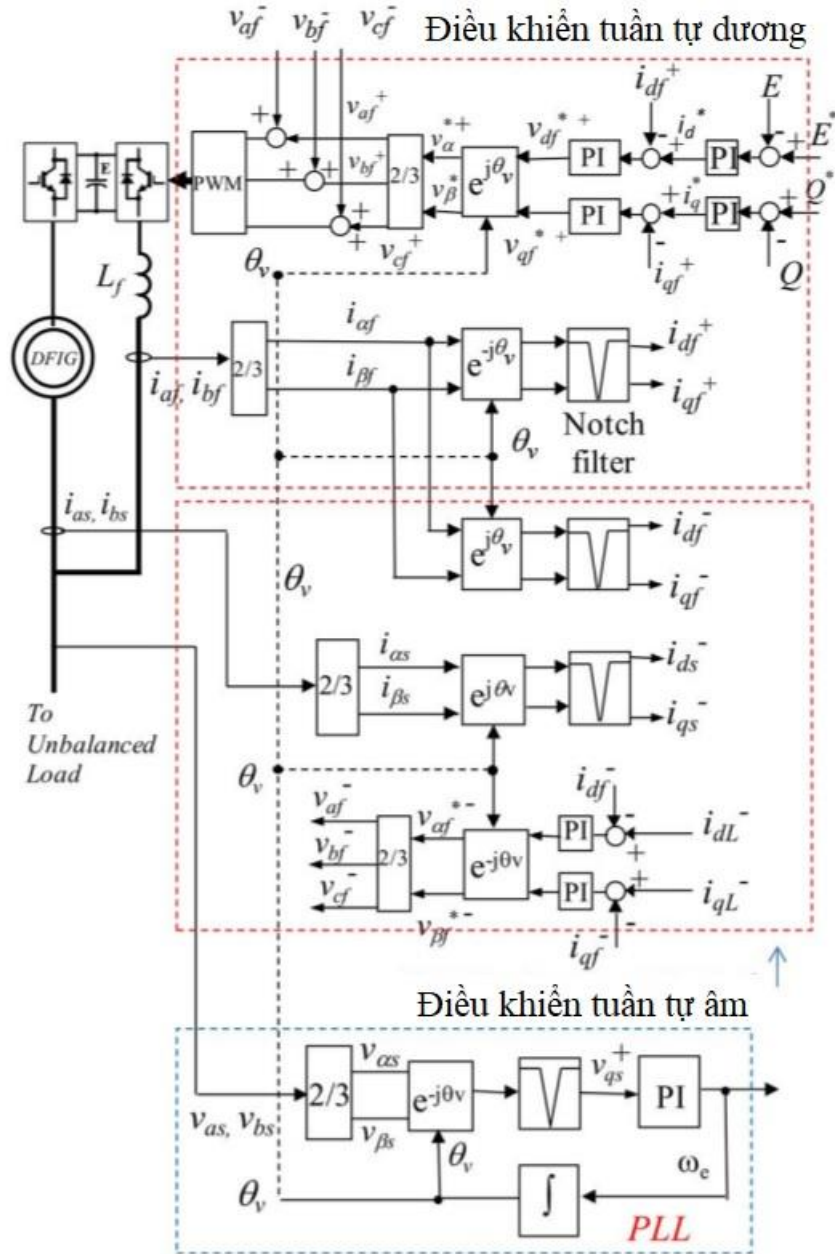
3.3.1 Điều khiển DFIG cho phép phụ tải độc lập không cân bằng

Hình 3.3 cho thấy cấu tạo của máy DFIG cho phép phụ tải độc lập không cân bằng. Statator của máy phát điện dị bộ nguồn kép và tải được kết nối sao với các điểm trung tính được kết nối, để cung cấp một đường dẫn cho việc lưu thông các dòng tuần tự bằng không. Một biến tần bốn bên lưới cũng có thể

được sử dụng để cung cấp các tín hiệu tuần tự bằng không cho một tải không cân bằng tuyến tính / phi tuyến được kết nối sao [107] - [109].

Kích thích ban đầu cho hệ thống khởi động có thể được cung cấp bởi một pin dự phòng (không hiển thị trong hình). Pin có thể được sạc sau đó bằng cách sử dụng dòng năng lượng trong mạch trung gian một chiều. Một khả năng khác là sử dụng một bộ tụ điện trong stato cho tự kích thích của máy, tạo ra điện áp stator cần thiết. Sau đó, chiến lược điều khiển của bộ chuyển đổi dòng hoặc trong trường hợp này, bộ chuyển đổi phía stator có thể điều chỉnh điện áp mạch trung gian một chiều.

Để bù lại sự mất cân bằng tải, GSC hoặc RSC có thể được sử dụng. Ví dụ, trong [91] và [92], việc sử dụng GSC để bù đắp sự mất cân bằng tải được đề xuất. Hệ thống điều khiển được thảo luận ở [91] được thể hiện trong hình 3.4 (Chỉ hiển thị hệ thống điều khiển GSC). Hệ thống điều khiển vector tích cực được định hướng dọc theo vector điện áp stator. Do sự mất cân bằng, một PLL được thực hiện để tính toán góc điện áp stator θ_v [59]. Từ $+\theta_v$ và $-\theta_v$, các dòng có thể được tham chiếu đến hai trục d đồng bộ và trục q quay tại $+\omega_e$ và $-\omega_e$ tương ứng. Các thành phần tần số kép được tạo ra khi các dòng điện dương / âm được gọi là trục d và trục q quay theo hướng ngược lại. Như hình 3.4, mạch lọc chặn được sử dụng để loại bỏ các thành phần tần số cao này [89], [91], [92], [98], [101]. Đầu ra của các bộ lọc đề tài là các dòng i_{df}^+ , i_{qf}^+ , i_{df}^- và i_{qf}^- .

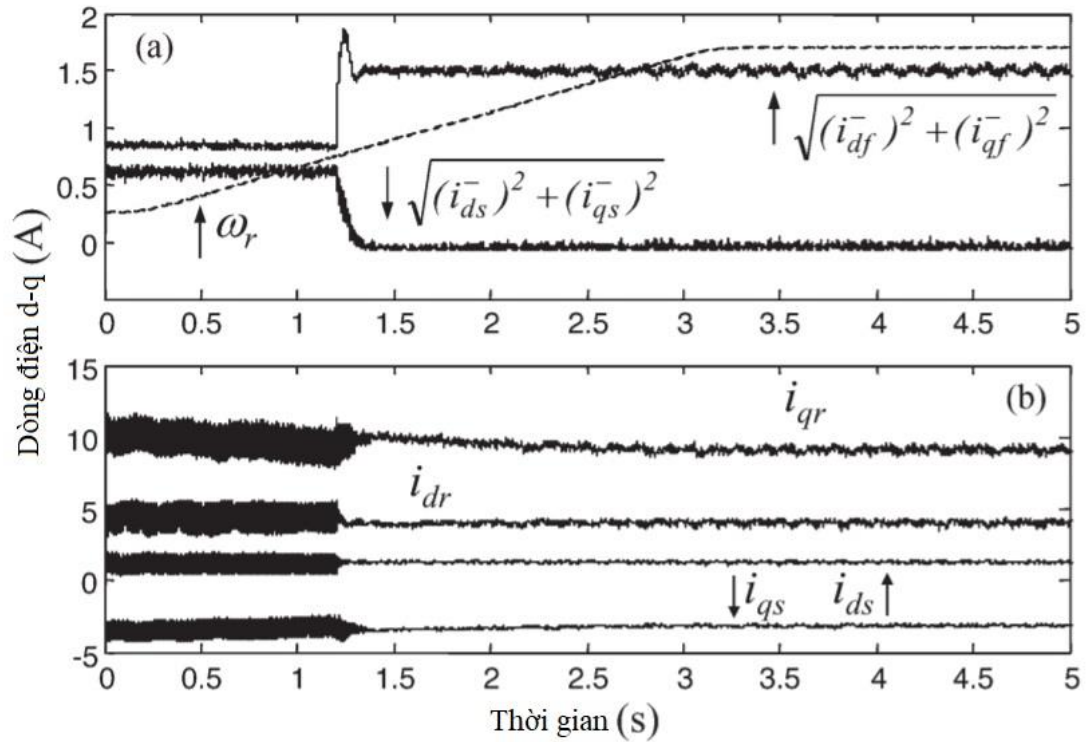


Hình 3.4: Hệ thống điều khiển được nhắc đến trong [91]

Các hệ thống điều khiển cho các dòng tuần tự dương đầu dòng i_{df}^+ và i_{qf}^+ hoàn toàn thông thường (xem hình 3.4 và [91][92]). Hiện tại i_{df}^+ điều chỉnh mạch trung gian một chiều điện áp E , và i_{qf}^+ hiện tại điều chỉnh công suất phản kháng được cung cấp cho tải. Các dòng tuần tự nghịch đầu dòng được điều chỉnh theo:

$$\underline{\dot{i}}_{dqf}^* = -\underline{\dot{i}}_{dqL} = -(\underline{\dot{i}}_{dqs} + \underline{\dot{i}}_{dqf}) \quad (17)$$

Do đó, nhu cầu dòng điện tuần tự nghịch là một hàm của dòng điện thứ tự nghịch. Trong trạng thái ổn định, khi $i_{dqf}^- = -i_{dqL}^-$, dòng stato $i_{dqs}^- = 0$ [xem (17)], và các xung mô-men xoắn được loại bỏ.



Hình 3.5: Kết quả thực nghiệm tương ứng với hệ thống điều khiển được thảo luận trong hình 3.4. (a) Dòng tuần tự nghịch. (b) Các dòng không được lọc và roto chưa được lọc được đề cập đến các trục trình tự dương d – q.

Trong tọa độ abc, tổng nhu cầu điện áp cho bộ chuyển đổi phía trước được lấy như (xem Hình 3.4).

$$V_{abc} = V_{abc}^+ + V_{abc}^- \quad (19)$$

Hình 3.5 cho thấy hiệu suất của hệ thống điều khiển được mô tả trong hình 3.4 đối với bù dòng tuần tự nghịch trong hoạt động độc lập với tốc độ biến đổi (xem [92]). Tải bao gồm ba điện trở không cân bằng kết nối với các pha a, b, và c, tương ứng (xem Hình 3.3). Tốc độ quay khác nhau từ ≈ 1350 đến ≈ 1650 vòng / phút để minh họa hiệu suất ở tốc độ thay đổi (từ dưới lên trên tốc độ đồng bộ). Trước khi $t \approx 1.25$ s, hệ thống bù trừ không hoạt động và

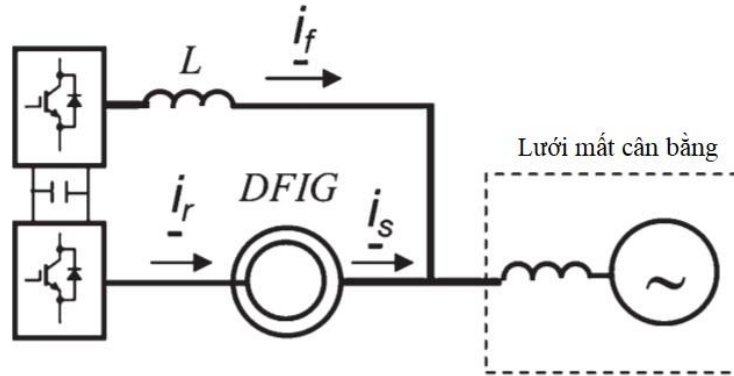
dòng stato có thành phần thứ tự pha nghịch [xem hình 3.5 (a)]. Trong $t \approx 1.25s$, mức bù được bật và các dòng i_{dq}^- hiện tại của stato được định hướng bằng không. Đối với $t > 1.5s$, $i_{dqL}^- \approx i_{dqf}^-$ và các dòng điện tuần tự nghịch được loại bỏ khỏi máy stator. Chú ý rằng thuật ngữ “không lọc” chỉ ra rằng các dòng hiển thị chưa được lọc bởi các mạch lọc chặn như trong Hình 3.4.

Có rất nhiều ấn phẩm khác nói về kiểm soát tải không cân bằng độc lập. Ví dụ, hệ thống điều khiển được thảo luận trong phần [94], sử dụng RSC để điều chỉnh điện áp tải cân bằng. Trong nghiên cứu này, hệ thống điều khiển được thử nghiệm với tải trọng phi tuyến và các tác giả yêu cầu một hiệu suất tốt. Tuy nhiên, nhược điểm chính của [94] là tham chiếu dòng roto có các thành phần chuỗi âm, và một mạch điện áp trung gian một chiều tương đối lớn có thể được yêu cầu để điều chỉnh các thành phần này.

Các hệ thống kiểm soát dự đoán cho DFIGs cho các tải độc lập không cân bằng được thảo luận trong [93] và [105]. Trong trường hợp này, vector điện áp giảm thiểu một hàm chi phí được xác định và áp dụng cho RSC. Điều khiển được thảo luận trong [93] và [105] chỉ sử dụng RSC để bù lại sự không cân bằng trong tải độc lập.

Theo những gì tôi biết, sách duy nhất nói về việc sử dụng cả RSC và GSC để bù lại sự mất cân bằng tải trong DFIG độc lập là [95]. Trong trường hợp này, một hệ thống điều khiển $d - q$ được tăng cường với bộ điều khiển cộng hưởng (được thực hiện trong khung xoay đồng bộ) được đề xuất. RSC được điều khiển để điều chỉnh điện áp tải cân bằng, trong khi đó GSC được điều khiển để loại bỏ các dòng tuần tự âm từ stator của DFIG.

3.3.2 Điều khiển DFIG trong điều kiện lưới mất cân bằng



Hình 3.6: Cho thấy một DFIG trong điều kiện lưới mất cân bằng. Trong trường hợp này, mục đích của hệ thống điều khiển không còn là điều chỉnh điện áp lưới. Cách tiếp cận kiểm soát được trình bày ở đây có thể hữu ích để đáp ứng các yêu cầu LVRT, như sẽ được thảo luận trong Phần VI. Đối với các điều kiện không cân bằng, bỏ qua các thành phần thứ tự không trong hệ thống, các stator và các vectơ điện áp hiện tại có thể được viết là [98], [103]

$$\underline{v}_s = v_{1s} e^{j\omega t} + v_{2s} e^{-j\omega t} \quad (19)$$

$$\underline{i}_s = i_{1s} e^{j\omega t + \phi_{1s}} + i_{2s} e^{-j\omega t + \phi_{2s}} \quad (20)$$

Các vectơ điện áp và dòng điện tại đầu ra của GSC (xem hình 3.6) có thể được viết dưới dạng

$$\underline{v}_f = v_{1f} e^{j\omega t + \phi_{1f}} + v_{2f} e^{-j\omega t + \phi_{2f}} \quad (21)$$

$$\underline{i}_f = i_{1f} e^{j\omega t + \phi_{3f}} + i_{2f} e^{-j\omega t + \phi_{4f}} \quad (22)$$

trong đó các chỉ số "1" và "2" được sử dụng để biểu thị các dấu hiệu của chuỗi dương và âm tương ứng. Góc ϕ_{if} và ϕ_{is} biểu thị sự lệch góc pha theo góc điện áp stator. Công suất hoạt động và phản kháng do DFIG cung cấp cho lưới có thể được tính từ [29], [42], [103]

$$\mathbf{S} = \mathbf{k}_{\text{transf}} (\underline{v}_f \underline{i}_f^c + \underline{v}_s \underline{i}_s^c) \quad (23)$$

Trong (23), chữ c được sử dụng để chỉ ra toán tử liên hợp phức

Nó chỉ ra rằng công suất hoạt động và công suất phản kháng của (23) có ba thuật ngữ: giá trị trung bình, một thuật ngữ tỷ lệ thuận với $\sin(2\omega_e t)$, và một thuật ngữ tỉ lệ với $\cos(2\omega_e t)$ [98], [101], [102], [110]. Được viết bằng 2 phương trình:

$$P = P_{avg} + P_{\sin(2\omega_e t)} + P_{\cos(2\omega_e t)} \quad (24)$$

$$Q = Q_{avg} + Q_{\sin(2\omega_e t)} + Q_{\cos(2\omega_e t)} \quad (25)$$

Sử dụng (19) - (25), một số mục tiêu điều khiển cho hoạt động của DFIG trong lưới không cân bằng có thể được xác định trong [29], [42], [98], [101], [103], [110]. Ví dụ, trong [103], có các mục tiêu kiểm soát sau được đưa ra:

- Để loại bỏ các dao động trong tổng sản lượng điện năng hoạt động từ hệ thống tổng thể, tức là $P_{\sin(2\omega_e t)} + P_{\cos(2\omega_e t)}$ ở (24);
- Để giảm dao động trong tổng công suất phản kháng được cung cấp cho mạng, tức là $Q_{\sin(2\omega_e t)} + Q_{\cos(2\omega_e t)} = 0$ ở (25)
- Để cung cấp dòng điện lưới không có thành phần chuỗi âm, tức là $i_{2s} e^{-j\omega_e t + \phi_{2s}} + i_{2f} e^{-j\omega_e t + \phi_{4f}} = 0$ [xem (20) và (22)]

Mỗi bộ chuyển đổi điện có bốn bậc tự do cho phép điều chỉnh độc lập các thành phần $\alpha - \beta$ (hoặc $d - q$) của các dòng đầu ra âm và dương. Trong một số giấy tờ liên quan đến việc kiểm soát các DFIG kết nối với các hệ thống không cân bằng, chỉ một trong các bộ chuyển đổi được sử dụng. Ví dụ, trong [6], GSC được sử dụng để bù lại dòng điện tích âm của tải. Mặt khác, trong [29], [42], [88], [89], [94] và [99], chỉ RSC được sử dụng để bù lại sự mất cân bằng lưới. DPC [29], [42] và điều khiển $d - q$ được đề xuất trong các ấn phẩm này để bù lại sự mất cân bằng lưới, thêm các dòng tuần tự nghịch trong roto.

Trong các bài báo gần đây, sự kiểm soát của cả GSC và RSC đã được đưa ra để bù đắp sự mất cân bằng lưới. Điều này có lợi thế là mức độ tự do bổ sung được giới thiệu trong hệ thống điều khiển bằng cách sử dụng hai bộ

chuyển đổi năng lượng và có thể đạt được nhiều mục tiêu điều khiển hơn [98], [101] - [103], [111], [112].

3.4. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN DFIG KHÔNG CẢM BIẾN

DFIG có thể được sử dụng như một máy gia tốc biến đổi trong các ứng dụng độc lập và kết nối lưới [95], [113] - [116]. Trong cả hai trường hợp, việc sử dụng điều khiển vector cảm biến là mong muốn vì bộ mã hóa vị trí hoặc bộ chuyển đổi tốc độ có nhiều hạn chế về bảo trì, chi phí, độ bền và cấp giữa bộ cảm biến tốc độ và bộ điều khiển [78].

Có một số phương pháp không cảm biến được báo cáo trong tài liệu. Trong bài báo này, chúng được phân loại như các phương pháp không cảm biến vòng hở, các nhà quan sát hệ thống thích ứng tham chiếu mô hình (MRAS), và các phương pháp không cảm biến khác. Hầu hết các phương pháp kiểm soát không cảm biến được báo cáo ở đây đã được áp dụng cho điều khiển vector thông thường của DFIG (xem Phần II-C). Tuy nhiên, các sơ đồ không cảm biến cũng có thể được áp dụng cho các phương pháp kiểm soát được thảo luận trong Phần II-D và E.

3.4.1. Phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến vòng hở

Đây là phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến mới nhất được đề xuất. Cơ sở của phương pháp này là so sánh dòng điện roto ước lượng và dòng điện roto đo được để xác định vị trí của roto [17][20][32][41][57].

3.4.2. Phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến trên cơ sở quan sát thích nghi theo mô hình mẫu

Đây là phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến đầu tiên được đề xuất, nghiên cứu [83], và được ứng dụng trong thực tiễn đầu tiên ở các công trình [36][37], được nghiên cứu phát triển sâu hơn ở công trình [24][26]. Cơ sở của phương pháp này là quan sát hệ thống dựa trên 2 mô hình [16][25][28][30][34][40][61][66][83]: mô hình tham chiếu và mô hình thích

nghi, tốc độ và vị trí ước tính của roto là cơ sở để điều chỉnh mô hình thích nghi sao cho sai lệch bằng không.

3.4.3. Các phương pháp điều khiển DFIG không cảm biến khác

Điều khiển DFIG không cảm biến trên cơ sở vòng lặp khóa pha (Sensorless control of DFIGs based on phase-locked loop) [83]. Quan sát vị trí roto trên cơ sở quan sát momen [31][52][53], quan sát vị trí roto trên cơ sở quan sát dòng điện roto [50][51][52][53][65][66].

3.5. HỖ TRỢ TẦN SỐ SỬ DỤNG MÁY ĐIỆN DỊ BỘ NGUỒN KÉP

Khi cường độ gió tăng lên, dao động của vận tốc gió có tác động nhiều hơn đến tần số lưới. Năng lượng gió có thể tăng lên trong thời gian tải trọng thấp, ví dụ, trong đêm. Trong trường hợp này, các biến động tần số lưới trên mức tối đa cho phép bởi các mã lưới có thể được tạo ra [150] - [152] nếu bám điểm công suất cực đại (MPPT) được sử dụng để điều khiển công suất phát ra. Ở một số quốc gia, chẳng hạn như Trung Quốc [153], [154], khoảng 27% năng lượng gió hàng năm bị cắt giảm vì hầu hết các trang trại gió hoạt động bằng cách sử dụng điều khiển MPPT mà không có quy định tần số [153]. Trong quá khứ, kiểm soát được sử dụng dựa trên việc ngắt kết nối một phần của trang trại gió. Bây giờ, các phương pháp điều khiển hiện đại dựa trên điều khiển trượt và quán tính được ưu tiên [155].

Yêu cầu kết nối lưới (GCR) đang giới thiệu các quy định để thiết lập hỗ trợ tần số lưới từ tuabin gió [156]. Ví dụ, theo E-ON GCR [157], khi tần số vượt quá giá trị 50,2 Hz, các trang trại gió phải giảm công suất hoạt động của chúng với độ dốc 40% công suất có sẵn trên mỗi hertz, với tốc độ dốc là 10% dung lượng kết nối lưới mỗi phút. Một mô tả chi tiết hơn về các GCR được tìm thấy trong Phần VI-A.

Có một số sách liên quan đến chủ đề hỗ trợ tần số sử dụng các hệ thống năng lượng gió [153] - [155], [158] - [170]. Hầu hết các phương pháp được đề xuất đều sử dụng động năng được lưu trữ trong khối lượng quay của tuabin

gió để cung cấp thêm năng lượng cho hệ thống trong trường hợp biến đổi tần số lưới.

Trong các hệ thống điện, hằng số quán tính H được sử dụng thay cho quán tính J. Hằng số H được định nghĩa ở [155]

$$H = \frac{E_k}{S} = \frac{J\omega^2 r}{S} \quad (37)$$

trong đó S là công suất biểu kiến của WECS, và E_k là động năng được lưu trữ trong các lõi quay. Dựa vào công thức (37), H bằng với thời gian mà WECS có thể cung cấp công suất danh nghĩa bằng cách sử dụng động năng được lưu trữ trong roto. Hằng số quán tính đối với WECSs nằm trong khoảng từ 2-6 s, trong khi H cho một bộ tạo hệ thống điện điển hình nằm trong khoảng từ 2–9 s [155].

Hỗ trợ tần số thường được thực hiện bằng cách sử dụng mô phỏng quán tính hoặc điều khiển trượt. Công suất đầu ra của DFIG được kiểm soát như một hàm của tần số lưới, tức là:

$$P_{out}^* = P_{ref}\omega + K_d (f_{grid} - f_{ref}) + K_{ei} \frac{d(f_{grid})}{dt} \quad (38)$$

trong đó $P_{ref\omega}$ là nhu cầu công suất đầu ra cho hoạt động trạng thái ổn định bình thường của hệ thống điện khi tần số lưới f_{grid} bằng với tần số tham chiếu. Ví dụ, nhu cầu năng lượng này có thể thu được từ một bảng tra cứu, trong đó mối quan hệ giữa tốc độ quay và công suất đầu ra được lưu trữ. Trong đó $K_d (f_{grid} - f_{ref})$ là tốc độ trượt. Trong một hệ thống nhất định, khi năng lượng không cân bằng, (ví dụ, có nhiều tiêu thụ ít hơn so với phát điện) tần số lưới sẽ thay đổi. Trong trường hợp này, công suất đầu ra DFIG được tăng / giảm để hỗ trợ phát điện. Còn $K_{ei} \frac{d(f_{grid})}{dt}$ là mô phỏng quán tính. Trong trường hợp này, nhu cầu năng lượng được thay đổi theo tỷ lệ thay đổi tần số lưới. Thành phần này mô phỏng đáp ứng quán tính của một máy đồng bộ thông thường. Giả sử

điều chỉnh thông lượng stator, công suất tham chiếu P_{out}^* được điều chỉnh bằng cách sử dụng dòng roto cầu phương trong DFIG, được điều khiển bởi RSC.

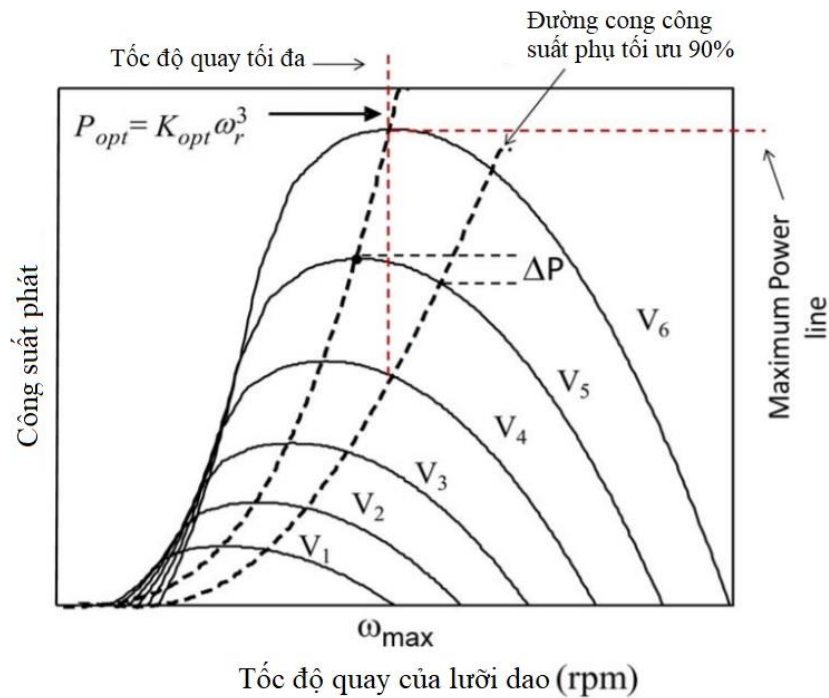
Để triển khai thực hiện công thức (38), tốc độ biến đổi WECS phải có dự trữ công suất. Tùy thuộc vào điểm vận hành, sự kết hợp giữa điều khiển tốc độ và điều khiển độ cao đã được sử dụng để duy trì dự trữ công suất [153], [166] - [169]. Trong [79], phạm vi hoạt động được chia thành 3 loại là có tốc độ gió thấp, trung bình và cao.

Ở tốc độ gió thấp (ví dụ, $0 < V < V_3$ trong Hình 3.7), hệ thống trạng thái ổn định đang hoạt động ở một đường dây điện tối ưu, ví dụ, ở 90% đường cong công suất tối đa được hiển thị trong Hình 3.7. Khi tần số giảm xuống dưới f_{ref} , công suất phát sinh được tăng lên bằng cách giảm tốc độ quay cho đến khi đạt tới điểm điện tối đa (nằm trong đường cong $P_{out} = K_{opt}\omega_r^3$). Nếu tần số lưới tăng lên trên f_{ref} , công suất đã thu được giảm bằng cách tăng tốc độ quay.

Ở tốc độ gió trung bình (ví dụ: $V_3 < V < V_5$ trong Hình 3.7), sử dụng kết hợp điều khiển tốc độ và điều khiển độ cao. Khi vận tốc tuabin đạt tốc độ tối đa, điều khiển độ cao được kích hoạt để tránh quá tốc độ.

Ở tốc độ gió cao, sức mạnh được điều chỉnh chủ yếu bằng điều khiển bánh răng. Trong trường hợp này, công suất ra được điều khiển dưới giá trị định mức để duy trì một nguồn dự trữ, được sử dụng khi tần số lưới thấp hơn giá trị tham chiếu. Một hệ thống điều khiển để hỗ trợ tần số, cũng chia tốc độ gió thành ba khu vực hoạt động, được trình bày trong [167] và [169]. Sự khác biệt chính là ở tốc độ gió thấp, được nói trong [79], được đề xuất điều chỉnh công suất đầu ra tuyến tính với tốc độ quay theo công thức:

$$P_{out}^* = k\omega_r \quad (39)$$



Hình 3.7: Đường cong công suất tối ưu và phụ tối ưu trong [79]

Theo [171], việc tạo ra năng lượng có thể thu được một cách trơn tru hơn khi thay đổi tuyến tính bằng công suất.

Việc áp dụng các WECS tốc độ biến đổi dựa trên DFIG để điều chỉnh tần số và điện áp trong các vi mô và lưới nhỏ cũng đã được thảo luận [159], [172] - [174]. Trong trường hợp này, điện áp stator DFIG được điều chỉnh theo

$$f_s = k_p(P^* - P) \quad (40)$$

$$V_s = k_q(Q^* - Q) \quad (41)$$

trong đó f_s và V_s là tần số và điện áp stator của DFIG và k_p và k_q là các hệ số trượt. Một hệ thống điều khiển tương tự như được đề xuất trong [159] được thể hiện trong Hình 3.28. Dòng từ hóa được cung cấp từ RSC được điều chỉnh để điều khiển điện áp stator, và tần số stato thay đổi theo (40). Một hệ thống tích năng (ESS) được sử dụng để cấp nguồn cho lưới điện hoặc hấp thụ năng lượng dư thừa được lấy từ WECS. Khi ESS được sạc đầy, cần điều khiển độ cao để giới hạn công suất được truyền vào lưới.

3.6. BỎ QUA ĐIỆN ÁP THẤP ĐỐI VỚI MÁY ĐIỆN DI BỘ NGUỒN KÉP

3.6.1. GCRs

Trong hai thập kỷ qua, công suất phong điện lắp đặt đã phát triển đáng kể. Vào cuối năm 2011, tổng công suất phong điện đã lắp đặt đạt 238,5 GW [175]. Đồng thời, sự thâm nhập năng lượng gió vào lưới điện đã tăng đáng kể. Một ví dụ điển hình là Tây Ban Nha, nơi mà sự xuất hiện năng lượng gió trung bình lần lượt là 11%, 13,8% và 16% vào năm 2008, 2009 và 2010, [176] - [178], mặc dù sự thâm nhập năng lượng gió có thể tạm thời đạt tới giá trị cao hơn, ví dụ, 64% vào ngày 24 tháng 9 năm 2012 [179] trong lưới điện của Tây Ban Nha.

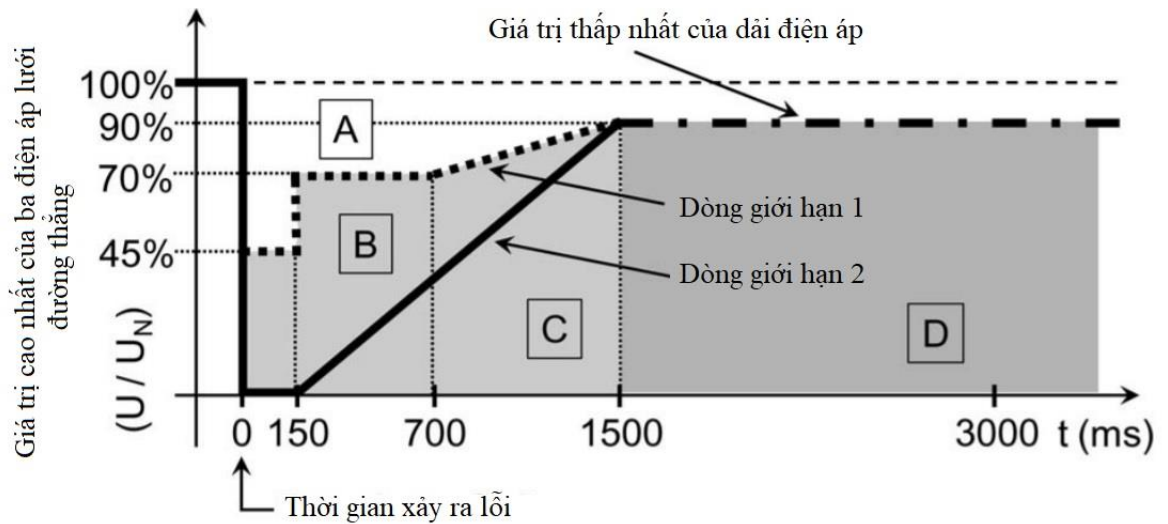
Các GCR được thiết lập bởi các nhà khai thác hệ thống điện để đảm bảo độ tin cậy và hiệu quả của tiện ích [156], [180]. Những yêu cầu này có thể được chia thành hai lớp chính: yêu cầu hoạt động ổn định hoặc bán tĩnh, và yêu cầu bỏ qua điện áp thấp. Việc xem xét các GCR của một số quốc gia được trình bày trong [156].

Trong trạng thái hoạt động ổn định hoặc bán tĩnh, các yêu cầu như điều khiển công suất phản kháng hay hoạt động để hỗ trợ điện áp và tần số tiện ích được quy định trong GCR và đã được xử lý một phần trong chương V.

Dưới sự xáo trộn lưới điện, các GCR cũ cho phép ngắt kết nối các WECS để tránh quá tải lớn. Tuy nhiên, với sự gia tăng thâm nhập năng lượng gió, ngắt kết nối đột ngột của WECS có thể dẫn đến sự bất ổn của toàn bộ hệ thống điện [181], [182]. Trong trường hợp này, các nhà khai thác hệ thống điện đã cập nhật các GCR của họ và các máy phát điện gió được yêu cầu duy trì kết nối với lưới trong các nhiễu loạn vì nó là tiêu chuẩn cho các máy phát điện thông thường [156], [157], [180], [183],[184].

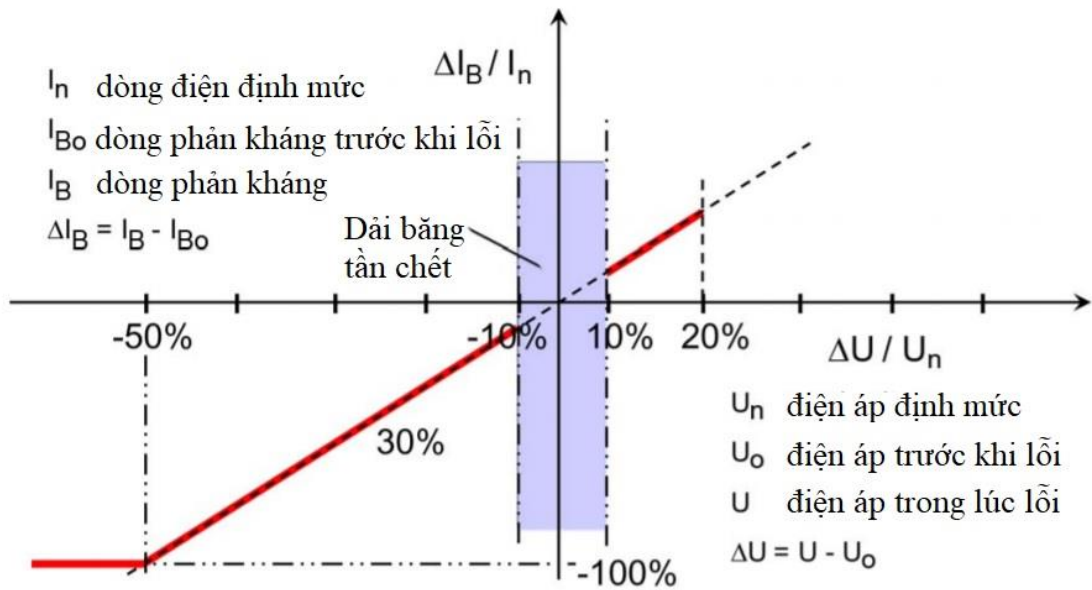
Với các GCR hiện tại, yêu cầu LVRT đòi hỏi các nhà máy điện gió phải duy trì kết nối khi xảy ra hiện tượng điện áp lưới, góp phần duy trì điện áp và

tần số mạng ổn định bằng cách cung cấp điện tích cực và phản kháng cho lưới điện. độ sâu nhúng. Do đó, LVRT có lẽ là yêu cầu khó khăn nhất trong số các GCR, ít nhất là từ quan điểm của WECS.



Hình 3.8: Đường cong giới hạn điện áp cho phép ngắt kết nối máy phát

Yêu cầu LVRT, được trích xuất từ GCR của nhà điều hành tiện ích E-ON [157], được thể hiện trong hình 3.8 và 3.9. Các đường cong tương tự được cung cấp trong các yêu cầu LVRT của các nhà khai thác hệ thống điện khác [156], [180], [183], [184]. Khi một sự sụt áp xuất hiện, nhà máy phát điện phải duy trì kết nối với lưới nếu điện áp đường dây vẫn nằm trên đường giới hạn 1 trong hình 3.8 (vùng A). Trong một số trường hợp, ngắt kết nối ngăn được cho phép nếu điện áp dòng nằm giữa giới hạn 1 và 2 (vùng B). Ở đây, việc đồng bộ hóa thường trong vòng 2s là cần thiết để đảm bảo nguồn cung cấp điện phản kháng tối thiểu trong lỗi và cũng được yêu cầu là tốc độ tăng công suất hoạt động > 10% công suất máy phát định mức mỗi giây sau khi giải phóng lỗi [157]. Sự ngắt kết nối ngăn luôn luôn được cho phép trong khu vực C, trong đó thời gian đồng bộ hóa hơn 2s và tăng công suất hoạt động sau khi giải phóng lỗi dưới 10% công suất định mức mỗi giây cũng có thể trong các trường hợp ngoại lệ.

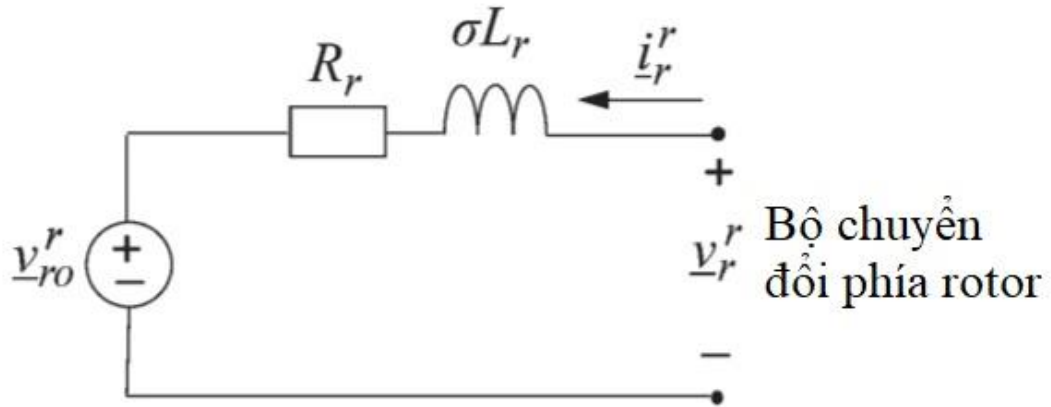


Hình 3.9. Dòng phản ứng được chuyển tới lưới dưới sự sụt áp lưới

Nếu điện áp lưới vẫn thấp hơn 1.5s (vùng D), thì việc ngắt kết nối chọn lọc của máy phát tùy theo điều kiện của chúng có thể được thực hiện bởi hệ thống bảo vệ lưới [157], [185]. Ngoài ra, trong quá trình sụt áp lưới, WECS phải cung cấp dòng phản ứng, được quy định trong hình 3.9, để hỗ trợ tiện ích trong việc giữ điện áp lưới. Công suất phản kháng được bơm phụ thuộc vào giảm điện áp lưới trong quá trình sụt áp, dòng định mức của hệ thống và dòng phản kháng được đưa ra cho lưới trước khi sụt áp xuất hiện.

3.6.2. Thay đổi tập tính của máy điện dị bộ nguồn kép theo lỗi lưới

Một số nghiên cứu liên quan đến tác động của lỗi lưới trên DFIG đã được báo cáo. Đối với lưới điện, nhiễu loạn đối xứng, đặc biệt là độ trễ điện áp sâu, có thể được xem là căng thẳng hơn nhiễu loạn không đối xứng vì tất cả các pha bị mất. Tuy nhiên, việc phân tích các rối loạn không đối xứng phức tạp hơn do sự xuất hiện của các thành phần chuỗi âm trong điện áp và dòng điện [3], [186] - [188]. DFIG có trở kháng chuỗi âm thấp, và điện áp stator chuỗi âm nhỏ có thể dẫn đến dòng stato cao [106].



Hình 3.10: Mô hình máy từ phía roto

Hầu hết các rối loạn là không đối xứng. Chỉ 12% sụt áp lưới là đối xứng [189], [190].

Như đã trình bày ở trên, quy định thông thường cho DFIG đạt được bằng cách kiểm soát dòng điện roto. Mô hình máy nhìn từ phía roto được thể hiện trong hình 3.10 [182], [186], [188], [191], trong đó $\sigma = (1 - L_{20} / L_s L_r)$. Để điều khiển dòng điện roto bằng điện áp RSC, ta nên tính điện áp roto hở mạch $v_r^r 0$. Lưu ý rằng “r” chỉ thị các biến được biểu diễn trong khung tham chiếu roto.

Xem xét mô hình công viên cho bộ tạo cảm ứng (1) - (3) và roto trong mạch hở, biểu thức cho thông lượng stator là

$$\frac{d}{dt} \underline{\psi}_s = \underline{v}_s - \frac{R_s}{L_s} \underline{\psi}_s \quad (42)$$

trong đó điện áp stator có thể được biểu thị bằng tổng các chuỗi dương (v_{1s}), âm (v_{2s}) và số không (v_0)

$$\underline{v}_s = v_{1s} e^{j\omega_e t} + v_{2s} e^{-j\omega_e t} + v_0. \quad (43)$$

Các giải pháp cho (42) được thể hiện trong (44). Điện áp thứ tự không tạo ra dòng điện [188], [191]. Từ (44), biểu thức cho điện áp roto hở mạch được

thể hiện trong hình 3.10 có thể thu được, như được thể hiện trong (45), được đưa ra như sau:

$$\begin{aligned}\underline{\psi}_s &= \psi_{1s}e^{j\omega_e t} + \psi_{2s}e^{-j\omega_e t} + \psi_{n0}e^{-t/\tau_s} \\ &= \frac{v_{1s}}{j\omega_e}e^{j\omega_e t} + \frac{v_{2s}}{j\omega_e}e^{-j\omega_e t} + \psi_{n0}e^{-t/\tau_s}\end{aligned}\quad (44)$$

$$\begin{aligned}\underline{v}_{r0}^r &= v_{1s}\frac{L_0}{L_s}se^{js\omega_e t} + v_{2s}\frac{L_0}{L_s}(s-2)e^{-j(2-s)\omega_e t} \\ &\quad + \frac{L_0}{L_s}\left(\frac{1}{\tau_s} + j\omega_r\right)\psi_{n0}e^{-t/\tau_s}e^{j\omega_r t}.\end{aligned}\quad (45)$$

Trong hoạt động bình thường, điện áp lưới chỉ trình bày chuỗi dương, và các số hạng thứ hai và thứ ba trong (44) và (45) bằng không. Tuy nhiên, khi một điện áp sụt lưới xuất hiện, thông lượng được biểu thị bằng tổng của ba thành phần [182], [187], [188], [191]: 1) các thông lượng không đồng nhất hoặc cưỡng bức được tạo thành bởi hai từ tương ứng với điện áp stator tích cực và tiêu cực; và 2) dòng đồng nhất hoặc tự nhiên.

Vector thông lượng tự nhiên không xoay. Đây là dòng thành phần một chiều tạm thời phân rã theo cấp số nhân với hằng số thời gian $\tau_s = L_s / R_s$ và giá trị ban đầu ψ_{n0} , phụ thuộc vào loại và độ sụt áp của lưới điện áp và trong trường hợp sụt áp không đối xứng, vào thời điểm bên trong thời kỳ lưới điện áp trong đó nhiễu loạn xảy ra [182], [191].

Luồng cưỡng bức là tổng của chuỗi thông lượng dương quay ở tốc độ đồng bộ và dòng thông số âm [86]. Sự khác biệt giữa sụt áp của điện áp không đối xứng và đối xứng là sự hiện diện hay vắng mặt của điện áp và dòng điện âm.

Bảng III

Tích cực, tiêu cực, và thông lượng tự nhiên (mỗi đơn vị) cho các loại lỗi khác nhau [191]

Loại lỗi lưới	ψ_{1s}	ψ_{2s}	ψ_{n0}
Pha trung tính	$1 - d/3$	$d/3$	0 đến $d(2/3)$
Giữa pha	$1 - d/2$	$d/2$	0 đến d
2 pha trung tính	$1 - d(2/3)$	$d/3$	$d/3$ đến d
3 pha	$1 - d$	0	d

Đối với roto, như được thể hiện trong (45), điện áp roto hở mạch có ba thành phần: 1) điện áp thứ tự dương quay tại vị trí ω_e (thành phần duy nhất có mặt trong hoạt động cân bằng). 2) chuỗi âm sẽ quay gần gấp đôi tốc độ đồng bộ $(2 - s)\omega_e$ và chỉ xuất hiện khi nhiễu không đối xứng và 3) điện áp roto được tạo ra bởi dòng chảy tự nhiên tạo ra một điện áp mạch hở quay tại ω_r .

Khi xảy ra xáo trộn lưới, điện áp roto mạch hở có một quá áp lớn thoáng qua (chủ yếu là do dòng tự nhiên), có thể lớn hơn điện áp stato [156], [182]. Do tính chất thoáng qua của dòng chảy tự nhiên, trong các nhiễu loạn đối xứng, điện áp roto quay trở lại các giá trị chuỗi dương ngay cả khi lỗi lưới là vĩnh viễn [xem (45)]. Tuy nhiên, trong các sai số không đối xứng, điện áp roto cũng có thành phần chuỗi âm lớn và cố định [xem (46)], và điện áp roto cao hơn và gây tổn hại nhiều hơn so với sụt áp lưới đối xứng [191].

Bảng III cho thấy giá trị đơn vị (p.u.) của chuỗi dương, chuỗi âm và các dòng tự nhiên trong (44) như một hàm của loại lỗi lưới và độ sâu của điện áp d trong p.u. (tức là, đối với điện áp ba pha, điện áp rơi từ 1 đến 0,2 p.u., giá trị d là 0,8). Giá trị thông lượng tự nhiên phụ thuộc vào thời gian ngay lập tức trong khoảng thời gian xảy ra lỗi. Lỗi giữa pha thể hiện dòng thông lượng tự nhiên âm cao nhất và các xung điện cao nhất trong cuộn dây roto [191].

Biên độ cực đại của điện áp roto thoáng qua được đưa ra trong (46) đối với lỗi đối xứng [182]. Một cuộc thảo luận về biên độ điện áp roto tối đa được tạo ra bởi một lỗi không đối xứng [xem (47)] được báo cáo trong [99]. Như được thể hiện trong Bảng III và (44), độ trễ điện áp sâu hơn dẫn đến điện áp thoáng qua cao hơn, và sự bất đối xứng sụp áp lớn làm tăng điện áp âm và điện áp roto tối đa, như sau:

$$(v_{ro_transient})_{\max} \approx \frac{L_0}{L_s} (|s|(1-d)v_{1s} + (1-s)dv_{1s}) \quad (46)$$

$$(v_{ro_asym})_{\max} \approx \frac{L_0}{L_s} \frac{|s\omega_e| \cdot v_{1s} + |(s-2)\omega_e| \cdot v_{2s}}{\omega_e}. \quad (47)$$

Nếu không có điều khiển cụ thể, quá áp roto tạo ra dòng điện xoay chiều cao với các tần số đồng bộ chồng lên các dòng roto trạng thái ổn định tần số thấp được bơm bởi RSC [156], [182], [192]. Dòng điện quá dòng roto có thể vượt quá 2-3 lần dòng roto không chấp nhận được [192]. Ở phía stato, các dòng này xuất hiện dưới dạng các thành phần một chiều [192], [193].

Dòng roto cao hơn dẫn đến tăng điện áp mạch trung gian một chiều [156], [192], [194]. Bộ điều khiển GSC dự định điều chỉnh điện áp mạch trung gian một chiều, gây ra quá tải GSC lên đến 1,5 trị số định mức. Ngay cả điều khiển GCS bằng tay, điện áp mạch trung gian một chiều có thể đạt tới giá trị cao hơn gấp 2-3 lần so với giá trị định mức, vượt qua giới hạn của tụ điện [192].

Luồng chuỗi tích cực tạo ra một momen tương tự với hoạt động cân bằng, nhưng thông lượng chuỗi âm có xu hướng tạo ra biểu hiện làm tăng xung momen gấp đôi tần số đồng bộ [89], [99], [191] và giảm momen trung bình [195]. Sự có mặt của hài bậc thứ hai trong mô men điện từ có thể gây ra dao động cơ học không mong muốn, giảm tuổi thọ tuabin và tạo ra tiếng ồn âm thanh cao hơn [89], [195].

Trong sự xáo trộn lưới điện, có sự không khớp giữa mô-men xoắn cơ học và điện từ dẫn đến tốc độ roto [196]. Tuy nhiên, điều này không quá quan

trọng vì quán tính roto hoạt động như một hệ thống lưu trữ cho thặng dư năng lượng, và một sự gia tăng nhất định về tốc độ (10% –15%) là chấp nhận được [156].

Một máy cảm ứng được cung cấp bởi điện áp không cân bằng tạo ra dòng không cân bằng [191] có thể dẫn đến bão hòa bất ngờ, làm nóng quá mức và giảm tuổi thọ của máy phát [195]. Hơn nữa, nó sẽ rút ra các dòng không cân bằng sẽ làm tăng sự mất cân bằng điện áp lưới và gây ra các vấn đề quá dòng [89].

Ngay sau khi giải phóng điện áp võng mạt, sự thay đổi đột ngột trong điện áp stato làm cho dòng chảy tự nhiên [182] xuất hiện trở lại. Điều này làm cho mô men điện từ dao động, gây tăng áp lực lên trục tua bin [192].

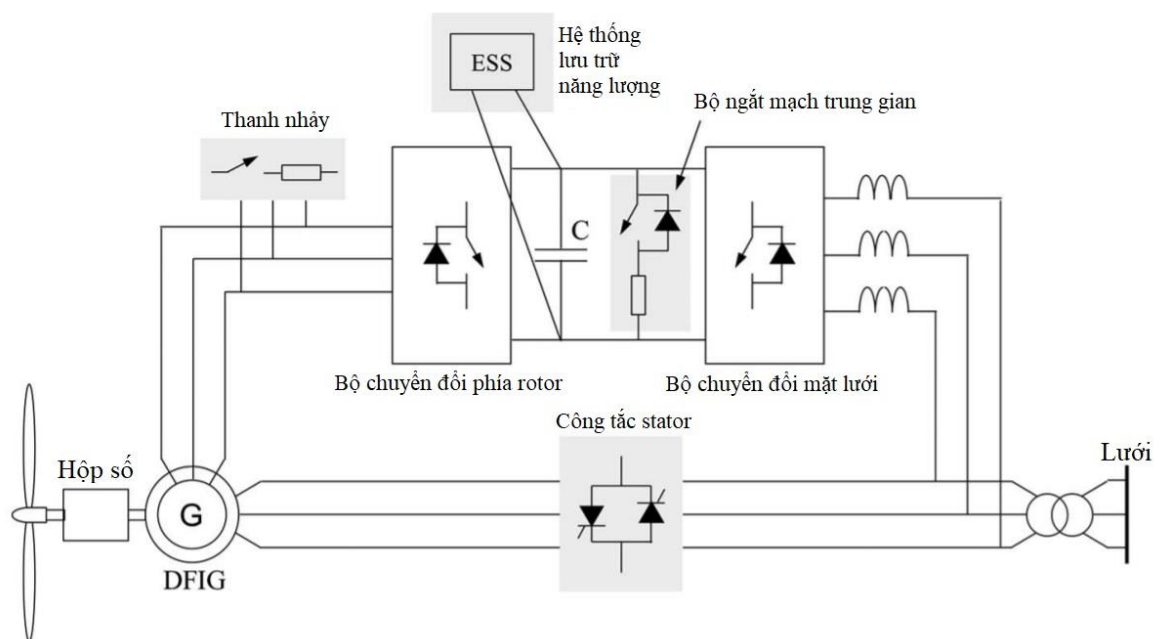
3.6.3. Hệ thống và điều khiển việc tuân thủ LVRT với DFIG

Như đã nêu trước đó, nhiễu loạn lưới gây ra quá tải roto và quá áp cùng với quá áp mạch trung gian một chiều có thể dẫn đến hỏng hóc nếu không có sự bảo vệ nào [182], [191], [192], [197]. Các thiết bị bảo vệ khác nhau được mô tả trong Hình 3.11.

Giải pháp ban đầu được thực hiện bởi các nhà sản xuất để bảo vệ roto và bộ chuyển đổi là để đoạn mạch các cuộn dây roto với cái gọi là thanh nhảy quá điện áp và để ngắt kết nối tuabin khỏi lưới [198], [199]. Giải pháp này không được phép với các yêu cầu LVRT được thiết lập tại các GCR hiện tại vì các WECS không hỗ trợ tiện ích này để tiếp tục hoạt động bình thường.

Nếu RSC có kích thước để tạo ra một điện áp bằng với quá áp roto của (46) và (47), nó sẽ có thể điều khiển hoàn toàn các dòng roto [182], [186], [191]. Đây là giải pháp tốt nhất để đối phó với quá áp roto bởi vì nó cho phép toàn quyền kiểm soát của DFIG mọi lúc. Để đạt được nó, quá trình điều chế quá mức trong RSC sẽ được yêu cầu [200], mặc dù các sóng hài hiện tại của roto tăng lên. Một phương pháp để thiết kế kích thước RSC dựa trên điện áp quá tải và dòng điện cực đại được trình bày trong [90]. Một trong những phân

tích sâu rộng nhất về giới hạn hoạt động của RSC dưới sự xáo trộn lưới được trình bày trong [201], xem xét tác động của các xếp hạng giới hạn cho GSC và RSC trong các nhiễu loạn lưới. Các bộ chuyển đổi quá khổ cho phép kiểm soát nhiều hơn, nhưng cấu trúc liên kết DFIG mất đi các ưu điểm của bộ chuyển đổi công suất thấp [182]. Người ta biết rằng bộ chuyển đổi có kích thước để quản lý $\approx 30\%$ tổng công suất DFIG [3], [181], [202] và không được đánh giá bình thường để tạo ra điện áp bằng mức quá áp của roto [182]. Cũng có ghi chú rằng, đối với độ trễ điện áp sâu của lưới, sự quá khổ RSC vượt xa các đánh giá trạng thái ổn định chuyển đổi. Do đó, việc định dạng kích thước chuyển đổi là một sự cân bằng giữa các yêu cầu LVRT và chi phí, cùng với các yếu tố bảo vệ khác như thanh nhảy và bộ ngắt mạch trung gian một chiều.



Hình 3.11: Thiết bị bảo vệ cánh quạt và bộ chuyển đổi

DFIG luôn được trang bị một thanh nhảy, như trong hình 3.11, là một thiết bị đoạn mạch cuộn roto qua các điện trở, do đó hạn chế điện áp roto và cung cấp thêm đường dẫn cho dòng roto [185]. Có 2 lựa chọn thanh nhảy [156]. Lựa chọn đầu tiên là thanh cuộn thụ động được thực hiện với bộ chỉnh lưu diot hoặc 2 thyristor. Việc triển khai này yêu cầu dòng bị buộc phải không kích hoạt thiết bị và không thể kiểm soát hoàn toàn việc hủy kích hoạt thanh

công cụ. Tùy chọn thứ hai là thanh công cụ hoạt động bằng cách sử dụng các công tắc IGBT; điều này cho phép ngừng hoạt động và do đó phục hồi nhanh hơn điều khiển DFIG. Giá trị điện trở của thanh nhảy ảnh hưởng đến roto và trạng thái hiện tại [197]. Những thanh nhảy cỡ lớn làm cho roto và các động cơ quá tải stator giảm xóc tốt hơn, và mô men xoắn quá tải. Nó cũng làm giảm mức tiêu thụ điện năng. Tuy nhiên, nó có thể gây ra hiện tượng tăng đột biến khi ngừng hoạt động và điện áp cao ở vòng trượt roto, dẫn đến ứng suất điện áp trên cuộn dây roto [193], [194]. Ở [194], Kasem và cộng sự đề xuất mức kháng cự là 0,3 p.u nếu điện áp roto tối đa được giới hạn ở 1.2 p.u. Việc tính toán kháng đòn bẩy được nói trong [193], trong đó

$$(R_{\text{crowbar}})_{\text{max}} = \frac{\sqrt{2}(v_r)_{\text{max}}\omega_e L'_s}{\sqrt{3.2V_s^2 - 2(v_r)_{\text{max}}^2}} \quad (48)$$

$(v_r)_{\text{max}}$ là điện áp roto tối đa cho phép, $L'_s = L_s + L_r L_0 / (L_r + L_0)$ và V_s là điện áp stator.

Khi kích hoạt thanh nhảy, RSC có thể được tắt [192], [194], [203]. Tuy nhiên, dòng roto tiếp tục lưu thông đến mạch trung gian một chiều thông qua các diốt tự do của RSC, dẫn đến tăng điện áp mạch trung gian rất nhanh và kích hoạt có thể của bộ ngắt mạch trung gian để giới hạn giá trị điện áp mạch trung gian.

Trong quá trình vận hành, các dòng roto không được RSC điều khiển, và máy hoạt động như một bộ tạo cảm ứng đơn nạp với các điện trở roto. Máy tiêu thụ năng lượng phản kháng có thể góp phần làm độ trễ của của lưới sụp áp tăng [203]. GSC phải cung cấp lưới điện với công suất phản kháng, theo yêu cầu của các yêu cầu LVRT và công suất phản kháng cho máy [204], [205]. Trong [194], nó được đề xuất để kết nối song song với GSC và RSC, sử dụng các công tắc xoay thích hợp, để cung cấp điện phản kháng nhiều hơn cho lưới điện.

Nếu DFIG không thể cung cấp hỗ trợ công suất phản kháng theo yêu cầu của GCR, bộ bù VAR động, bộ bù VAR tĩnh [206], hoặc bộ bù đồng bộ tĩnh [207] - [210] có thể được lắp đặt tại các đầu cuối DFIG để cung cấp. Các thiết bị khác, chẳng hạn như bộ phục hồi điện áp động cũng có thể được sử dụng [211].

Sau khi giải phóng mặt bằng lỗi, quá áp của roto thoát qua xuất hiện trở lại và hệ thống trải qua một sự xáo trộn tương tự như lỗi ban đầu. Điều này sẽ yêu cầu kích hoạt một thanh nhảy ngang (hoặc liên kết bộ ngắt mạch trung gian) (xem hình 3.11)] lần thứ hai [192], [194].

Không giống như các rối loạn không đối xứng, nhiễu loạn đối xứng chỉ gây ra quá tải roto thoát qua, và chế độ thanh nhảy được kích hoạt cho đến khi dòng roto rơi xuống. Sau đó, thanh công tắc bị ngắt kết nối và RSC được khởi động lại để điều khiển các dòng roto. Vì lỗi vẫn còn hiện diện nên tham chiếu nguồn đang hoạt động được giảm xuống để tránh tình trạng quá tải. DFIG có thể góp phần hỗ trợ công suất phản kháng vào lưới điện. Tuy nhiên, lưu ý rằng hỗ trợ công suất phản kháng được cung cấp bởi GSC trong suốt thời gian chế độ crowbar [192], [204], [212]. Trong [214], thanh công tắc bị ngắt kết nối khi dòng roto rơi xuống dưới giá trị ngưỡng thay vì đạt đến 0, giảm thời gian chế độ crowbar.

Bộ ngắt mạch trung gian một chiều [156], như trong Hình 3.11, là một thiết bị bảo vệ khác để giữ điện áp trong giới hạn chấp nhận được. Nó có thể hoạt động đồng thời với crowbar [156], [192], [203]. Bộ ngắt mạch không cần thiết cho hoạt động truyền lỗi, nhưng nó làm tăng phạm vi hoạt động của DFIG [192], [203]. ESS [213], [215] được kết nối với mạch trung gian hấp thụ năng lượng bổ sung được cung cấp cho mạch trung gian và trả về cho DFIG trong hoạt động bình thường. Tuy nhiên, nó làm tăng đáng kể sự phức tạp và chi phí của WECS.

Công tắc stator được chỉ ra trong hình 3.11, [156], [185], [216] là một thiết bị khác để đáp ứng các yêu cầu về LVRT. Stator bị ngắt kết nối trong một thời gian ngắn bằng cách sử dụng công tắc này; RSC bị chặn và máy phát bị khử từ. Sau khi RSC được khởi động lại, stator được kết nối lại và hoạt động được tiếp tục. Trong quá trình ngắt kết nối stator, GSC cung cấp nguồn phản kháng cho lưới điện. Việc triển khai này giới hạn độ lớn và thời lượng thoáng qua và giữ toàn quyền kiểm soát bộ tạo trong phần lớn nhất của khoảng thời gian nhiễu [156], [216].

Có sự không phù hợp giữa mô-men điện và mô-men xoắn cơ học khi có sự xáo trộn lưới điện. Kiểm soát độ dốc cũng có thể được sử dụng để giảm mô-men xoắn cơ học [156], [192] để tránh tốc độ của roto. Tuy nhiên, điều khiển độ cao có thể thay đổi góc lưới dao ở tốc độ tương đối chậm [217], điều này quá chậm để giúp hệ thống phản ứng với lỗi lưới.

3.6.4. Các phương pháp điều khiển bỏ qua điện áp thấp với máy điện dị bộ nguồn kép

Tiểu mục này tóm tắt các phương pháp kiểm soát để tuân thủ LVRT. Mục đích là để kiểm soát điện áp và dòng điện của roto, để giảm quá áp roto hoặc quá dòng và để tránh kích hoạt crowbar để luôn kiểm soát DFIG đầy đủ để đáp ứng các yêu cầu của LVRT. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, kích hoạt crowbar không thể tránh được, và chế độ crowbar đồng thời làm việc với phương pháp điều khiển.

Một số phương pháp kiểm soát điều chỉnh các dòng roto và GSC trong các khung tham chiếu $d - q$ dương và âm [90], [98], [219] - [221] dựa trên các mô hình chuỗi dương và âm của DFIG [99]. Các mục tiêu kiểm soát chính bao gồm năng lượng hoạt động và phản kháng của DFIG để đáp ứng các yêu cầu của LVRT. Như đã thảo luận trong Phần III-B, mỗi bộ chuyển đổi điện có bốn bậc tự do, cho phép bao gồm các mục tiêu điều khiển bổ sung như: điều chỉnh

điện áp mạch trung gian, cân bằng dòng stato và hủy các dao động trong công suất hoạt động, roto hiện tại và mô-men xoắn.

Mặc dù không thể tránh được kích hoạt crowbar trong trường hợp lỗi không đối xứng nghiêm trọng [90], một phương pháp noncrowbar để giảm quá áp roto dựa trên việc bơm dòng chảy khử từ dòng RSC được đề xuất trong [33], [186], [221] và [222]. Kiểm soát DFIG đầy đủ được giữ lại, nhưng cần có công suất dòng roto lớn và khả năng hạn chế trong trường hợp lỗi không đối xứng. Nếu crowbar được kích hoạt, việc sử dụng dòng khử từ sẽ giảm thời gian chế độ crowbar [223].

Một bộ điều khiển trong khung tĩnh $\alpha - \beta$ được trình bày trong [106], tuyên bố toàn quyền kiểm soát trong tất cả các trường hợp LVRT. Tuy nhiên, các kết quả thu được với một bộ chuyển đổi ngoại cỡ có thể chịu được quá áp của roto và điều khiển dòng roto hoàn toàn. Với bộ chuyển đổi có kích thước phù hợp, phương pháp điều khiển này có thể có một số hạn chế.

Một cách tiếp cận kiểm soát khác là giới thiệu một sức đề kháng ảo trong roto để giảm quá tải roto. Kết hợp khử từ và điều khiển kháng ảo được tìm thấy trong [188]. Đối với độ trễ đối xứng, dòng roto giảm so với [186] được báo cáo. Hoạt động dưới các lỗi không đối xứng chưa được báo cáo.

Bộ điều khiển PI có bộ bù cộng hưởng được trình bày trong [110], [224] và [225] để hoạt động trong điều kiện điện áp bị biến dạng. Mặc dù kết quả có vẻ khả thi, nhưng vấn đề LVRT không được giải quyết.

Trong [226] và [227], bộ điều khiển thông thường được sử dụng trong hoạt động bình thường được chuyển sang bộ điều khiển dòng trễ dựa trên vector trong các lỗi lưới. Hiệu suất hệ thống tốt, tuy nhiên, giới hạn hoạt động không được xác định và có những hạn chế đối với điều khiển trễ: nội dung hài cao hơn, tần số chuyển mạch cao hơn hoặc tần số chuyển đổi tối đa bị hạn chế, các dải lỗi lớn tạo ra các sóng hài bậc thấp.

Điều khiển trượt đã được áp dụng thành công cho DFIG trong [228] trong điều kiện không cân bằng và một lưới méo hài hòa.

KẾT LUẬN

Trong thời gian nghiên cứu và thực hiện đề 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 thực hiện thành công đề tài: **“Tìm hiểu các hệ thống điều khiển động cơ cấp điện từ 2 phía dùng cho năng lượng gió”**

Dù đã cố gắng hoàn thành đề 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 đề 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 để em được rút kinh nghiệm và bổ sung thêm kiến thức.

Em sẽ cố gắng tiếp thu kiến thức và không ngừng học hỏi để áp dụng vào những công việc thực tế sau này.

Em xin chân thành cảm ơn !

Hải Phòng, ngày 18 tháng 10 năm 2018

Sinh viên thực hiện

Bùi Huy Phong

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Roberto Cárdenas, Salvador Alepuz, Senior Member, IEEE, Rubén Peña and Greg Asher, Fellow, IEEE: “**Overview of Control Systems for the Operation of DFIGs in Wind Energy Applications**”, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 60, NO. 7, JULY 2013
- [2] Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2014): “**Nghiên cứu và đề xuất cấu trúc hệ thống điều khiển máy phát điện nối với lưới sử dụng DFIG trên cơ sở tín hiệu dòng dạng roto**”
- [3] Thân Ngọc Hoàn, Nguyễn Trọng Thắng (2016): “**Nguyên lý hoạt động của máy điện**”. NXB xây dựng.
- [4] GS. TSKH Thân Ngọc Hoàn, (2005) “**Máy điện**”. Nhà xuất bản xây dựng.