

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG.....**

# **Luận văn**

**Máy điện dị bộ, nghiên cứu máy điện  
dị bộ nguồn kép trong chế  
độ máy phát sử dụng động cơ lai có  
tốc độ dải rộng**

## LỜI NÓI ĐẦU

Năng lượng là một vấn đề cực kỳ quan trọng trong xã hội ta. Ở bất kỳ quốc gia nào, năng lượng nói chung và năng lượng điện nói riêng luôn luôn được coi là ngành công nghiệp mang tính chất xương sống cho sự phát triển của nền kinh tế. Việc sản xuất và sử dụng điện năng một cách hiệu quả luôn được coi trọng một cách đặc biệt. Ý nghĩa quan trọng và cũng là mục tiêu cao cả nhất của ngành công nghiệp then chốt này là nhằm nâng cao đời sống của mỗi người dân.

Máy phát điện không đồng bộ cấp nguồn từ hai phía đã và đang được nghiên cứu để tạo nên sản phẩm được sử dụng trong ngành điện sử dụng năng lượng gió hiện nay vì một trong những ưu điểm nổi bật của hệ thống máy điện loại này khi kết hợp với các bộ biến đổi công suất hiện đại đã cho phép làm việc trong dải tốc độ rất rộng của động cơ sơ cấp.

Máy điện dị bộ roto dây quấn kết hợp với các bộ biến đổi công suất và được cấp nguồn từ hai phía người ta gọi là DFIG (Doubly-Fed Induction Generator).

Việt Nam là đất nước có khả năng phát triển hệ thống phát điện sử dụng năng lượng gió. Vì vậy, để bắt kịp với công nghệ phục vụ cho lĩnh vực này tôi được nhận đề tài nghiên cứu về loại máy phát điện mà đã từ lâu bị lãng quên đó là máy phát dị bộ roto dây quấn làm việc trong chế độ máy phát. Đề tài mang tên: “Máy điện dị bộ, nghiên cứu máy điện dị bộ nguồn kép trong chế độ máy phát sử dụng động cơ lai có tốc độ dải rộng”. Đề tài gồm có ba chương :

Chương 1: Máy điện không đồng bộ trong chế độ máy phát.

Chương 2: Hệ thống máy phát điện không đồng bộ nguồn kép.

Chương 3: Mô hình máy phát không đồng bộ Roto dây quấn- xây dựng dựa trên cơ sở điều khiển.

Sau thời gian làm việc dưới sự hướng dẫn tận tình của thầy giáo TS. Nguyễn Tiến Ban, tôi đã hoàn thành đề tài nghiên cứu của mình. Tuy nhiên, do sự hiểu biết và kiến thức còn hạn chế nên chắc chắn còn nhiều sai sót. Tôi rất mong được sự thông cảm và chỉ bảo của các thầy các cô để tôi có thể hoàn thiện hơn nữa.

Hải Phòng, ngày 12 tháng 7 năm 2010.

Sinh viên thực hiện.

Hoàng Xuân An

# CHƯƠNG 1

## MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ TRONG CHẾ ĐỘ MÁY PHÁT

### 1.1. MÁY PHÁT ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

Máy phát điện không đồng bộ là loại máy điện xoay chiều, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ, có tốc độ quay của roto khác với tốc độ quay của từ trường ( $n \neq n_1$ ). Nhưng từ trường stator và từ trường rotor quay đồng bộ (không chuyển động tương đối với nhau).

Từ ngày được phát minh, máy điện không đồng bộ luôn và chỉ được sử dụng trong chế độ động cơ, vì bản thân nó làm việc ở chế độ động cơ có rất nhiều ưu điểm:

- Dễ dùng cho các đối tượng.
- Gọn nhẹ về kết cấu.
- Dễ vận hành và khai thác.
- Hiệu suất chung cao.
- An toàn và tin cậy.

Ở chế độ máy phát thì máy điện không đồng bộ lại thể hiện quá nhiều nhược điểm, đặc biệt là nó đòi hỏi phải có những thiết bị phụ mới tạo nên được chức năng máy phát. So với máy điện đồng bộ trong chức năng này thì máy điện dị bộ hoàn toàn không được bất cứ một ưu điểm nào để ứng dụng trong thực tế.

Để đánh giá lại chức năng máy phát của máy điện dị bộ dưới đây sẽ phân tích chế độ máy phát cho hai loại: Rotor lồng sóc và Rotor dây quấn.

### 1.1.1. Máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn.

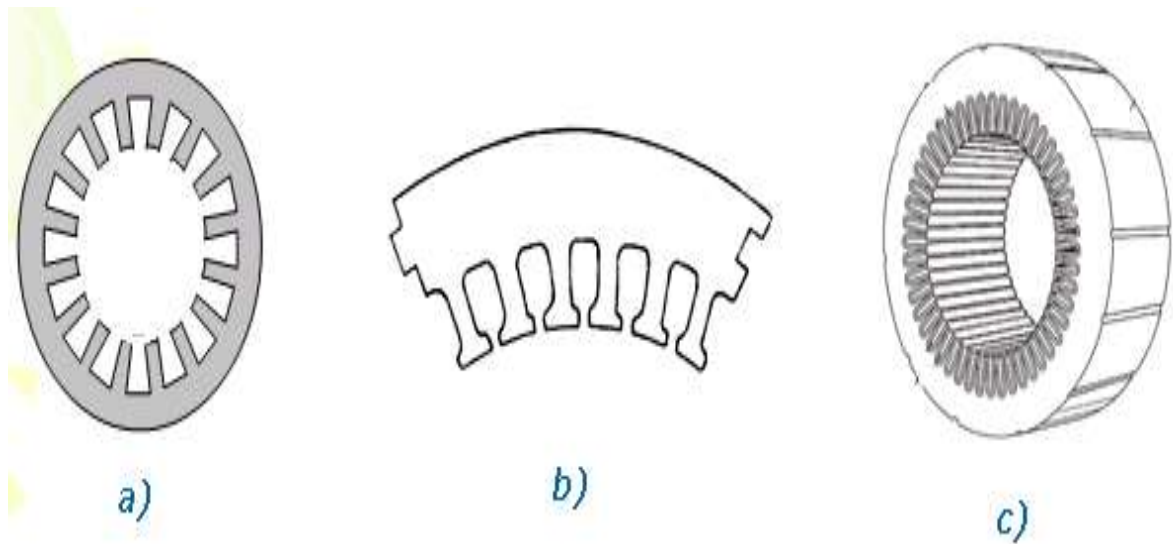
#### 1.1.1.1. Cấu tạo của máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn.

Máy điện không đồng bộ rotor dây quấn gồm các bộ phận chính sau: stato, rotor.

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 1.1 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 1-1a. Khi đường kính ngoài lõi thép lớn (trên 990 mm) các lá thép được dập thành hình rẻ quạt (hình 1-1b). 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 1-1c.

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 1.1 Lõi thép stato máy điện không đồng bộ**

**a) Hình vành khăn ; b) Hình rẻ 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  $120^0$  điện, mỗi pha gồm nhiều bó dây, mỗi bó dây gồm nhiều vòng dây (hình 1-2a). Mỗi vòng dây có hai cạnh tác dụng. Các bó dây được đặt vào rãnh của lõi thép stato (hình 1-2b) 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.



**a**



**b**

**Hình 1.2 Dây quấn stato**

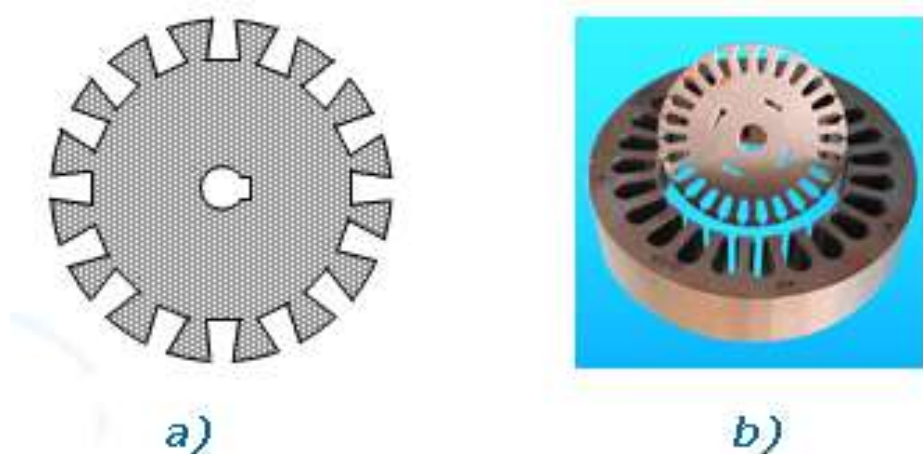
- Vỏ máy: Vỏ máy làm bằng nhôm hoặc gang dùng để cố định lõi thép và dây quấn cũng như cố định máy trên bệ, không dùng để làm mạch dẫn từ. Đối với máy có công suất tương đối lớn (1000kw) thường dùng thép tấm hàn lại thành vỏ. Tùy theo cách làm nguội máy mà dạng vỏ cũng khác nhau. Hai đầu vỏ có nắp máy 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 rôto được làm bằng các lá thép kỹ thuật điện, dập như hình 1-3a.

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 rôto, 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 rôto 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 rô to. Hình 1.3 trình bày về cấu trúc của lõi Rotor.



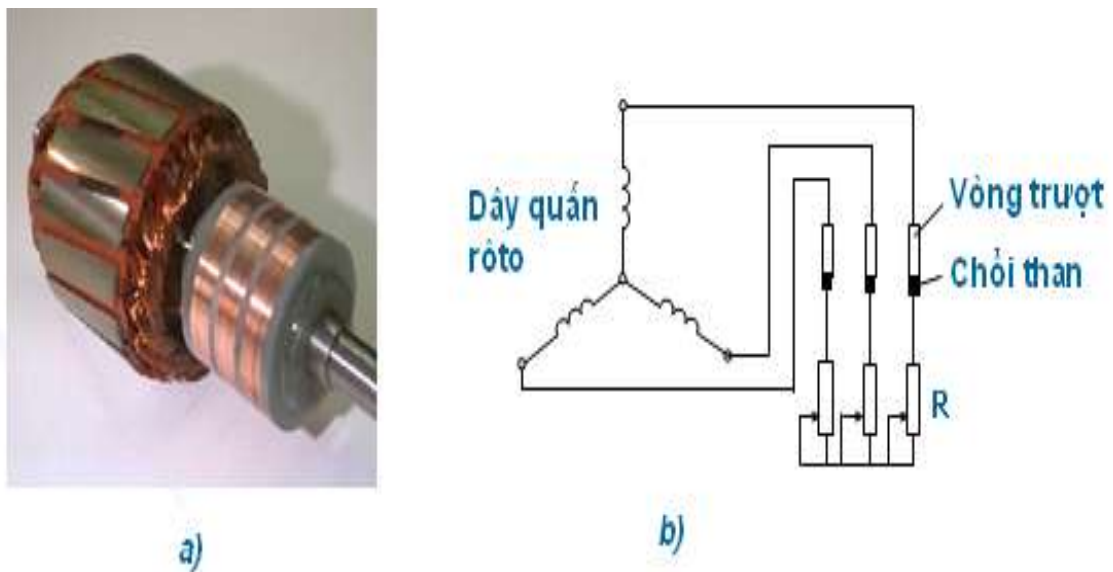
**Hình 1.3 Lá thép rôto của máy điện không đồng bộ**

Dây quấn Roto cũng được thực hiện như công nghệ quấn dây của Stato. Cuộn dây Roto cũng là ba pha với cách quấn được thiết kế giống như stato 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 Rotor.

Dây quấn được đặt trong rãnh của lõi thép rôto. Dây quấn 3 pha của rôto thường đấu hình sao (Y), ba đầu còn lại được nối với ba vành trượt làm bằng đồng cố định ở đầu trục, từ lên ba vành trượt là ba chổi than (hình 1-4b). Hệ thống chổi than và vành trượt của Rotor 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 rôto trong chế độ động cơ và để ghép nối với các bộ Inverter, Converter trong chế độ máy phát (nếu cần).

Hình 1.4 trình bày hình ảnh một rôto dây quấn của máy điện dị bộ (hình 1.4a) và cách ghép nối giữa cuộn dây Rotor với điện trở bên ngoài trong chế độ động cơ (hình 1.4b).



**Hình 1.4 Rôto dây quấn (a) và sơ đồ mạch điện (b) của rôto dây quấn**

- Nhận xét:

- ❖ Máy điện dị bộ Rotor dây quấn có cấu trúc phức tạp, việc chế tạo khó khăn và với quan điểm tin cậy thì mạch điện của loại máy điện này có



nhiều khâu nên chắc chắn sẽ có độ tin cậy thấp hơn so với loại roto dây quấn.

❖ Trong ghép nối mạch điện với mạch ngoài vấn đề công nghệ cũng đòi hỏi phải có những yêu cầu khắt khe và chắc chắn, nên người thực hiện phải có trình độ tay nghề cũng như lý luận thực tế.

#### **1.1.1.2. Nguyên lý hoạt động của máy phát không đồng bộ rotor dây quấn.**

Máy phát điện không đồng bộ rotor 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.

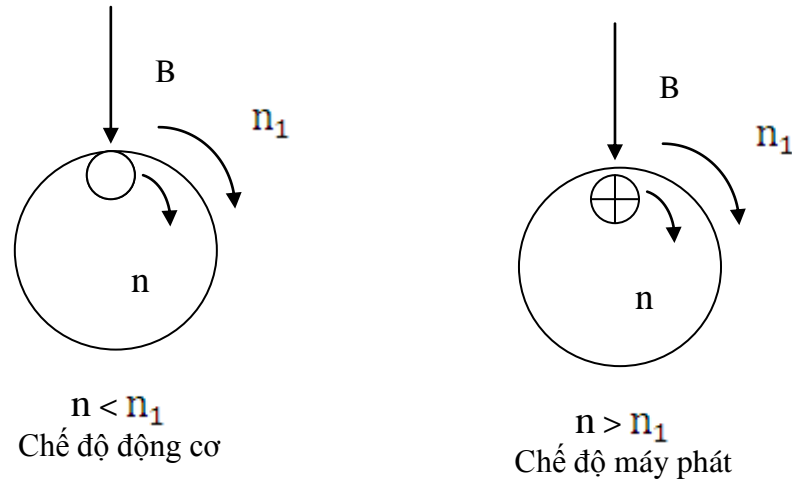
Khi nghiên cứu máy điện dị bộ trong chế độ máy phát người ta phải đưa điện xoay chiều 3 pha vào 3 cuộn dây của Stato – Dòng điện 3 pha này tạo thành từ trường quay quay với tốc độ:

$$n_1 = \frac{60f}{p} \quad (1.1)$$

Trong đó:  $f$ : Tần số ;  $p$ : Số đôi cực

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

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0 \quad (1.2)$$



**Hình 1.5 Dòng điện Rotor 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 1.5 trình bày chiều dòng điện Rotor 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  $\cos\varphi$  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. Chính lý do này như đã trình bày ở trên nên so với máy điện đồng bộ thì máy phát điện dị bộ bị lãng quên trong quá khứ là hoàn toàn có lí.

## **1.1.2. Máy phát điện không đồng bộ rotor lồng sóc.**

### **1.1.2.1. Cấu tạo máy phát điện không đồng bộ rotor lồng sóc.**

Bao gồm hai kết cấu chính là mạch từ và dây quấn.

a) Mạch từ của máy phát là hai khối thép đồng trục cách nhau bởi một khe hở không khí đảm bảo cho một trong hai khối thép có thể chuyển động quay tương đối so với khối kia. Khối đứng yên gọi là phần tĩnh hay stato còn khối quay được gọi là phần quay hay rôto. Do từ thông trong khối thép là xoay chiều nên các lá thép được ghép bằng các lá thép kỹ thuật điện (tôn silíc) dày  $0,35 \div 0,5$  mm để giảm tổn hao do dòng xoáy. Các dây quấn của máy phát được đặt hai phía khe hở trong các rãnh của stato và rôto. Các bộ phận kết cấu khác bao gồm: Vỏ máy, nắp máy, trục, ổ bi và quạt gió làm mát ...

- Vỏ stato: Có nhiệm vụ truyền nhiệt, làm mát và lắp đặt các chi tiết phụ vỏ phải đảm bảo về độ cứng và độ bền sau khi lắp li thép và gia công vỏ.

Vỏ có hai loại, loại gang đúc và loại thép tấm hàn lại. Loại gang đúc được chia làm hai loại: Loại có gân trong và loại không có gân trong:

+ Loại có gân trong có đặc điểm là khi gia công tốc độ cắt gọt chậm. Phương pháp cố định lõi sắt trong máy điện cỡ nhỏ và vừa thường là đai lõi thép lại rồi ép vào vỏ hoặc xếp trực tiếp các lá thép vào rồi chốt hai đầu lại. Ở máy điện lớn thì xếp các lá tôn silíc vào vỏ rồi dùng bulông ép lại.

- Lõi sắt stato: Khi đường kính ngoài lõi sắt nhỏ hơn một mét thì sử dụng thép lõi với tấm nguyên để làm lõi sắt, lõi sắt sau khi ép vào vỏ sẽ có một chốt cố định với vỏ để khỏi bị quay dưới tác dụng của mômen điện từ. Nếu đường kính ngoài lớn hơn một mét thì dùng các tấm hình rẻ quạt ghép lại, khi ấy để ghép chặt lõi sắt thường dùng hai tấm thép dày ép hai đầu. Để tránh lực hướng tâm và lực hút các tấm thép thường làm những cánh đuôi nhọn hình rẻ quạt trên các tấm để ghép các tấm vào các gân trên vỏ máy.

b) Rôto: Nếu đường kính rôto nhỏ hơn 350 mm thì lõi sắt rôto thường được ép trực tiếp lên trục hoặc ống lồng trục, đó là vì đường kính rôto không

lớn, phần trong của lá thép cắt ra không dùng được vào việc gì có giá trị kinh tế lớn mà kết cấu của rôto lại được đơn giản hóa. Việc dùng ống lồng cũng rất hạn chế, chỉ dùng khi cần thiết như động cơ điện trên tàu điện để thay trục được dễ dàng. Khi đường kính rôto lớn hơn 350 mm đường kính trong rôto cố gắng lấy ra lớn hơn để dùng lõi thép lấy ra sử dụng vào việc khác, do đó còn có giá đỡ rôto. Khi đường kính rôto lớn hơn 1000 mm thì dùng các tấm tôn silíc hình rẻ quạt gập lại. Khi đó dùng giá đỡ rôto hình sao, giá đỡ rôto trong các máy lớn thường làm bằng thép tấm ghép lại. Lõi sắt thường được ép chặt với áp suất từ  $5 \text{ kg/cm}^2$  đối với cỡ trung, đến  $10 \text{ Kg/cm}^2$  với máy cỡ nhỏ và phải có vòng ép để giữ chặt áp suất đó, để tránh lõi sắt ở hai đầu bị tản ra thì trong các máy nhỏ thường dùng những tấm thép dày 1,5 mm ép lại. Trong máy lớn thường dùng những tấm ép có răng, răng phải tán hay hàn vào lá thép ép để khi quay không văng ra. Rôto máy phát điện không đồng bộ rôto lồng sóc thường có rãnh và được đúc đầy trong rãnh rôto là các thanh dẫn bằng nhôm hoặc đồng, các thanh dẫn này dài ra khỏi lõi sắt và được nối tắt hai đầu bằng hai vành ngắn mạch bằng nhôm hoặc đồng làm thành một cái lồng mà người ta quen gọi là lồng sóc. Trong máy điện cỡ nhỏ rãnh rôto thường được làm chéo đi một góc so với tâm trục để cải thiện dạng sóng suất điện động.



**Hình 1.6** Dây quấn rôto lồng sóc (a) và rôto lồng sóc rãnh chéo (b)

- Quạt gió: Nhiệm vụ của quạt gió là tạo ra một áp suất đủ lớn để đưa dòng khí cần thiết qua hệ thống thông gió của máy để làm mát máy. Quạt được gắn trên trục động cơ, tốc độ của quạt là tốc độ của máy phát, kích thước của quạt bị giới hạn bởi kết cấu của máy phát, trong máy điện thường có ba loại quạt thường dùng: Quạt ly tâm, quạt hướng trục và quạt hỗn hợp ly tâm và hướng trục, nhưng thông dụng nhất vẫn là quạt ly tâm. Ở quạt ly tâm khi cánh quạt quay không khí ở giữa khe các cánh quạt bị đẩy ra ngoài dưới tác dụng của lực ly tâm, do đó ở vùng vòng trong của cánh quạt nơi lỗ gió vào tạo thành vùng không khí loãng còn vùng ngoài của vòng ngoài cánh quạt nơi thoát gió ra có áp suất cao, quạt ly tâm được dùng nhiều trong máy điện vì tạo được áp suất khí cao phù hợp với đặc tính của hệ thống thông gió trong máy điện nhưng nhược điểm của nó là hiệu suất thấp .

- Dây quấn: Dây quấn của máy phát không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc gồm nhiều phần tử nối với nhau theo một quy luật nào đó. Phần tử ở đây chính là bó dây và được đặt vào trong các rãnh phần ứng. Bó dây có thể chỉ là một vòng dây (gọi là dây quấn kiểu thanh dẫn, bó dây thường chế tạo dạng 1/2 phần tử và tiết diện thường lớn), cũng có thể có nhiều vòng dây (tiết diện dây nhỏ và gọi là dây quấn kiểu vòng dây). Số vòng dây của mỗi bó dây, số bó dây của mỗi pha và cách nối phụ thuộc vào công suất, điện áp, tốc độ, điều kiện làm việc của máy và quá trình tính toán điện từ. Dây quấn có các yêu cầu sau :

+ Điện áp ba pha phải bằng nhau, trong dây quấn ba pha điện áp ba pha lệch nhau  $120^\circ$  góc độ điện .

+ Điện trở và điện kháng của các mạch song song của ba pha bằng nhau.

+ Có thể đấu thành các mạch song song khi cần thiết .

+ Dễ chế tạo và sửa chữa .

+ Cách điện giữa các vòng dây, các pha và với đất ít tốn kém và chắc chắn.

+ Kết cấu chắc chắn, có thể chịu được ứng lực cơ khi máy bị ngắn mạch đột ngột hay khi khởi động.

- Gối trục: Máy điện có thể dùng gối trục là ổ bi hay ổ trượt. Máy điện nhỏ và vừa hiện nay dùng ổ bi là chủ yếu, chỉ trong những máy nhỏ yêu cầu không có tiếng ồn mới dùng bạc. Máy lớn phải dùng ổ bi, ổ bi có các ưu điểm sau là kích thước nhỏ, kết cấu gọn, độ mài mòn không lớn, bảo dưỡng đơn giản, tổn hao ma sát nhỏ, điều này rất quan trọng đối với những máy thường khởi động.

➤ Nhận xét:

❖ Ưu điểm

- Kết cấu đơn giản nên giá thành rẻ.
- Vận hành dễ dàng, bảo quản thuận tiện.
- Sử dụng rộng rãi và phổ biến trong phạm vi công suất nhỏ và vừa.

❖ Khuyết điểm

- Khó điều chỉnh tốc độ.
- Đặc tính mở máy không tốt, dòng mở máy lớn.

#### **1.1.2.2. Nguyên lý hoạt động của máy phát không đồng bộ rotor lồng sóc**

Máy phát điện không đồng bộ rotor lồng sóc có 2 dây quấn: 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.

Khi ta tạo một từ trường với tốc độ  $n_1 = \frac{60f}{p}$  trong lõi thép stato của máy điện không đồng bộ, thì từ trường này quét qua dây quấn nhiều pha tự ngắn mạch đặt trên lõi thép rotor và cảm ứng trong dây quấn đó suất điện động và dòng điện. Từ thông do dòng điện này sinh ra hợp với từ thông của stato tạo thành từ thông tổng ở khe hở. Dòng điện trong dây quấn tác dụng với

từ thông khe hở sinh ra momen, tác dụng đó có quan hệ mật thiết với tốc độ quay của roto.

Khi roto quay thuận (cùng chiều từ trường) và nhanh hơn tốc độ đồng bộ nghĩa là vượt tốc độ đồng bộ ( $n > n_1$ ), khi đó chiều của từ trường quay quét qua dây dẫn sẽ có chiều ngược lại, sức điện động và dòng điện trong dây dẫn roto cũng đổi chiều nên chiều của mome cũng ngược chiều quay của  $n_1$  nghĩa là ngược lại với chiều của roto nên đó là mome hãm. Máy điện đã biến cơ năng tác dụng lên trục dòng điện nghĩa là máy điện làm việc ở chế độ máy phát điện.

Trong quá trình hoạt động ở tốc độ cố định, máy phát không đồng bộ roto lồng sóc được nối trực tiếp với lưới điện; điện áp và tần số máy phát được quyết định bởi lưới điện.

Hệ thống ở tốc độ cố định thường làm việc ở hai cấp tốc độ cố định. Điều này được thực hiện bằng cách sử dụng hai máy phát có công suất định mức và có số cặp từ khác nhau, hoặc cùng một máy phát nhưng có hai cuộn dây với định mức và số cặp từ khác nhau. Máy phát không đồng bộ thường cho phép làm việc trong phạm vi độ trượt từ 1-2 %, vì độ trượt lớn đồng nghĩa với tổn hao tăng lên và hiệu suất thấp hơn.

- ❖ Ưu điểm: Cấu tạo đơn giản, vững chắc và độ tin cậy cao.
- ❖ Nhược điểm:
  - + Không thể điều khiển công suất tối ưu
  - + Do tốc độ roto được giữ cố định nên ứng lực tác động lên hệ thống rất lớn khi rôto ngừng đột ngột.
  - + Không có khả năng điều khiển tích cực.

Khi hệ thống làm việc với tốc độ thay đổi (biến đổi toàn bộ công suất). Hệ thống được trang bị một bộ biến đổi công suất đặt giữa stator máy phát và lưới điện, máy phát có thể là máy phát đồng bộ hoặc máy phát không đồng bộ roto lồng sóc, với cấu hình này, có thể điều khiển tối ưu công suất nhận được,

nhưng do phải biến đổi toàn bộ công suất phát nên tổn hao lớn cũng như chi phí đầu tư cho bộ biến đổi công suất tăng lên.

## 1.2. BIẾN TẦN

### 1.2.1 Giới thiệu chung

Bộ biến tần là một thiết bị điện tử biến đổi năng lượng điện xoay chiều từ tần số  $f_1$  sang nguồn điện có tần số khác  $f_2$ .

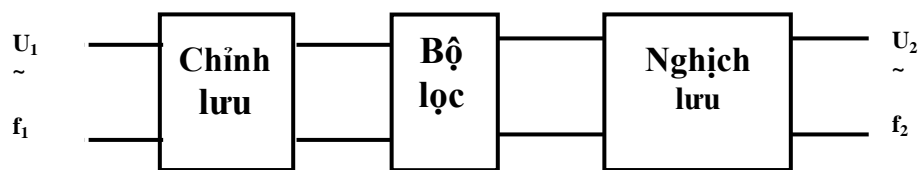
#### ➤ Phân loại.

Biến tần được chia thành 2 loại:

- Biến tần trực tiếp.
- Biến tần gián tiếp.

Trong giới hạn của đề án này em đi sâu nghiên cứu biến tần gián tiếp

### 1.2.2 Biến tần gián tiếp



**Hình 1.7 Sơ đồ khối biến tần gián tiếp**

Từ sơ đồ chức năng trên hình 1.7 thấy rằng biến tần gián tiếp gồm một số khâu cơ bản sau:

- Khâu chỉnh lưu: Đây là khâu dùng để biến đổi dòng điện xoay chiều thành dòng một chiều và trong thực tế người ta thường sử dụng sơ đồ cầu. Nếu là bộ chỉnh lưu một pha thì người ta sử dụng sơ đồ cầu 1 pha, còn nếu là bộ biến tần 3 pha thì người ta sử dụng sơ đồ cầu 3 pha.

Bộ chỉnh lưu có thể dùng diode (chỉnh lưu không điều khiển), hoặc Thyristo hoặc Transistor (thường là IGBT) nếu có yêu cầu điều khiển. Lúc đó



tùy theo yêu cầu cụ thể mà ta sẽ chọn lựa bộ chỉnh lưu đó là loại gì. Nếu trong hệ thống phải sử dụng cầu chỉnh lưu làm việc được trong chế độ nghịch lưu thì bắt buộc phải dùng Thyristo hoặc Transistor công suất.

- Bộ chỉnh lưu: Sẽ biến đổi dòng xoay chiều thành dòng 1 chiều để cung cấp năng lượng cho lưới một chiều DC link.

- Bộ lọc: Vì sau chỉnh lưu thì chất lượng điện áp một chiều trên mạch DC là không “đẹp” nên người ta thường phải sử dụng một mạch lọc để nâng cao chất lượng cho lưới DC. Mạch lọc ở đây có thể sử dụng loại mạch lọc tĩnh kinh điển. Tuy nhiên trong thực tế do yêu cầu điều khiển nên đa số trong đó sử dụng loại mạch lọc tích cực và cũng sử dụng các linh kiện và thiết bị cùng loại ( hoặc là Thyristo hoặc là Transistor như trong mạch chỉnh lưu và nghịch lưu).

Mạch một chiều này có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong điều khiển vì nó vừa là nơi tích trữ năng lượng vừa là khâu trung gian phục vụ cho yêu cầu từ hai phía. Độ lớn của điện áp mạch một chiều thể hiện công suất và khả năng tạo nên ổn định cho biến tần.

- Mạch nghịch lưu: Đây là mạch biến đổi từ năng lượng một chiều thành xoay chiều với tần số đầu vào theo yêu cầu của điều khiển. Cũng như mạch chỉnh lưu, ở mạch nghịch lưu người ta phải sử dụng các thiết bị bán dẫn công suất để tạo nên hệ thống. Có thể sử dụng Thyristo hoặc là Transistor nhưng không thể sử dụng các diode thuần túy.

Nghịch lưu trong biến tần gián tiếp hoạt động trong chế độ độc lập vì vậy nó hoàn toàn phải được thiết kế điều khiển được.

Chất lượng đầu ra là dạng sóng của điện áp – Người ta mong muốn sóng điện áp sẽ càng gần sinus càng tốt – Chính vì yêu cầu này mà vấn đề chọn lựa thiết bị rất quan trọng. Không thể tùy tiện thiết kế và tính toán lựa chọn điện tử công suất.

Cũng như khâu chỉnh lưu, khâu nghịch lưu này cũng phải làm việc trong chế độ chỉnh lưu vì vậy nếu sử dụng Transistor IGBT thì trong mạch không thể quên các Diode công suất ghép song song để làm nhiệm vụ chỉnh lưu khi cần thiết.

- Điều khiển.

Trong sơ đồ chức năng không vẽ thiết bị điều khiển nhưng để cho biến tần hoạt động được, đặc biệt là các loại biến tần gián tiếp hoạt động hai chiều thì không thể thiếu thiết bị điều khiển.

Thiết bị điều khiển phải thực hiện được việc đo lường, tính toán, phát lệnh trong các chế độ khác nhau cho nên trong biến tần phải có một CPU để thực hiện. Hiện nay, CPU của các biến tần được các hãng sử dụng như là một máy tính, nó có đầy đủ:

- Phần cứng: Các cửa I/O, trung tâm xử lý, giao diện, hiển thị.
- Phần mềm: Các thuật điều khiển được thiết kế và cài đặt vào máy.

Ngoài ra, để cho biến tần hoạt động được người ta còn phải sử dụng các sensor mạch ngoài....

#### **1.2.2.1. Biến tần dùng nghịch lưu dòng**

Dùng chỉnh lưu có điều khiển, nghịch lưu transistor.

❖ Ưu điểm:

- Đơn giản và sử dụng loại transistor với tần số không cao lắm
- Khi dùng với động cơ không đồng bộ là sơ đồ có khả năng trả năng lượng về lưới. Khi động cơ chuyển sang chế độ máy phát, dòng đầu vào nghịch lưu vẫn giữ không đổi, nhưng chỉnh lưu chuyển sang chế độ làm việc, với góc điều khiển lớn hơn  $90^0$ , nghĩa là chuyển sang chế độ nghịch lưu phụ thuộc, nhờ đó năng lượng từ phía nghịch lưu được đưa về lưới. Biến tần nguồn dòng cũng không sợ chế độ ngắn mạch vì có hệ thống giữ dòng không đổi nhờ chỉnh lưu có điều khiển và cuộn kháng trong mạch một chiều. Với công suất nhỏ thì sơ đồ này không phù

hợp vì hiệu suất kém, công kênh nhưng với công suất cỡ trên 100KW thì đây là một phương án rất hiệu quả.

❖ **Nhược điểm:**

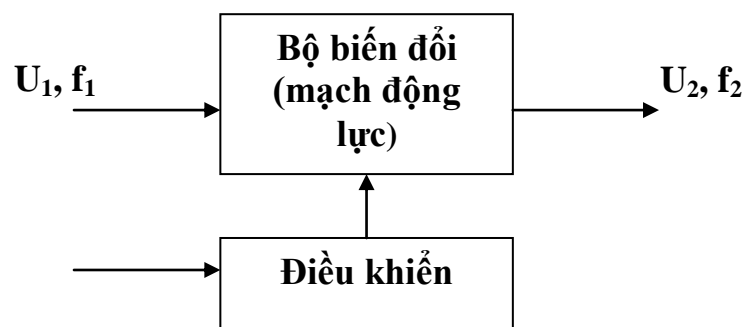
Hệ số công suất thấp, phụ thuộc vào phụ tải, nhất là khi tải nhỏ.

### 1.2.2.2. Biến tần dùng nghịch lưu áp

Là loại biến tần mà nguồn tạo ra điện áp một chiều là nguồn áp (nghĩa là điện trở nguồn bằng 0). Dạng của điện áp trên tải tùy thuộc vào dạng của điện áp nguồn, còn dạng của dòng điện trên tải phụ thuộc vào thông số của mạch tải quy định.

Bộ biến tần nguồn áp có ưu điểm là tạo ra dạng dòng điện và điện áp sin hơn, dải biến thiên tần số cao hơn nên được sử dụng rộng rãi hơn.

Bộ biến tần nguồn áp có hai bộ phận riêng biệt, đó là: bộ phận động lực và bộ phận điều khiển.



- Phần động lực gồm có các phần sau:

+ Bộ chỉnh lưu: Có nhiệm vụ biến đổi dòng xoay chiều có tần số  $f_1$  thành dòng 1 chiều.

+ Bộ nghịch lưu: Là thành phần rất quan trọng trong bộ biến tần, nó biến đổi dòng điện một chiều được cung cấp từ bộ chỉnh lưu thành dòng điện xoay chiều có tần số  $f_2$ .

+ Bộ lọc: Là bộ phận không thể thiếu được trong mạch động lực cho phép thành phần một chiều của bộ chỉnh lưu đi qua và ngăn chặn thành phần xoay chiều. Nó có tác dụng san bằng điện áp tải sau khi chỉnh lưu.

### - Phần điều khiển

Là bộ phận không thể thiếu được, quyết định sự làm việc của mạch động lực, để đảm bảo các yêu cầu tần số, điện áp ra của bộ biến tần đều do mạch điều khiển quyết định.

➤ Bộ điều khiển nghịch lưu gồm 3 phần:

- Khâu phát xung chủ đạo: Là khâu tự dao động tạo ra xung điều khiển đưa đến bộ phận phân phối xung điều khiển đến từng transito. Khâu này đảm nhận điều chỉnh xung một cách dễ dàng, ngoài ra nó còn có thể đảm nhận luôn chức năng khuếch đại xung.

- Khâu phân phối xung: Làm nhiệm vụ phân phối các xung điều khiển vào khâu phát xung chủ đạo.

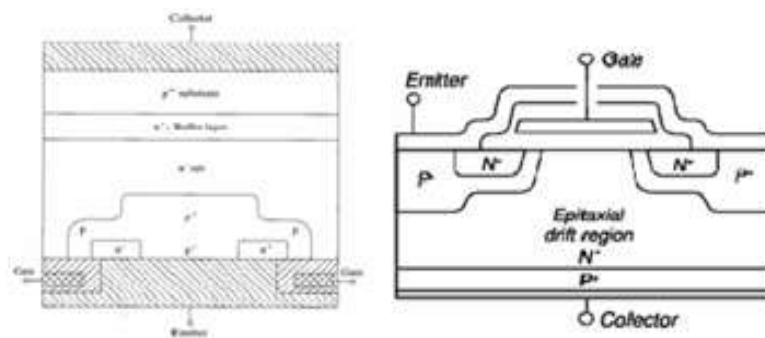
- Khâu khuếch đại trung gian: Có nhiệm vụ khuếch đại xung nhận được từ bộ phận phân phối xung đưa đến đảm bảo kích thích mở van.

➤ Nhận xét:

Biến tần nguồn áp có dạng điện áp ra xung chữ nhật, biên độ được điều chỉnh nhờ thay đổi điện áp một chiều. Hình dạng và giá trị điện áp ra không phụ thuộc phụ tải, dòng điện do tải xác định

### 1.2.3 Linh kiện bán dẫn điều khiển hoàn toàn IGBT (insulated gate bipolar transistor)

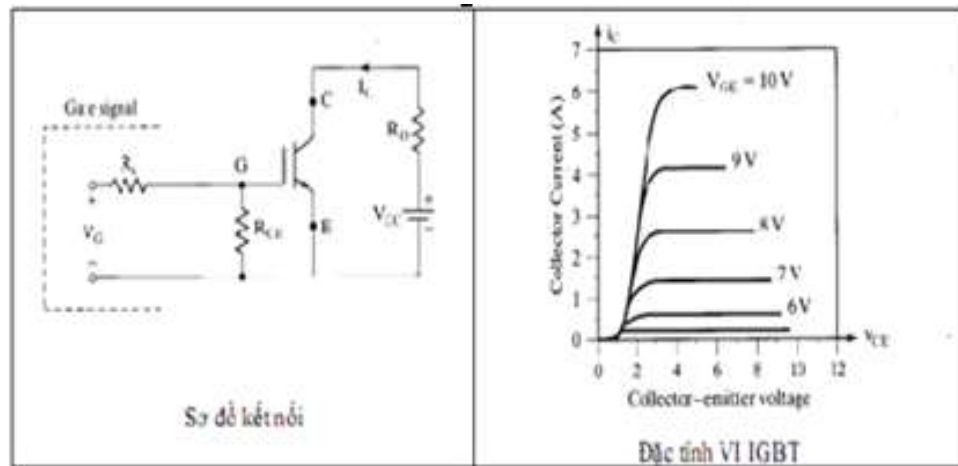
- Cấu tạo và nguyên lý hoạt động



Hình 1.8 Hình dạng và cấu tạo của IGBT

- IGBT có cấu trúc gồm bốn lớp p-n-p-n. IGBT có cấu tạo gồm 3 cổng Gate(G), Collector(C), Emitter(E). Mạch điều khiển nối vào cổng GE, mạch công suất được nối giữa cổng C-E.
- IGBT được thực hiện từ sự kết hợp giữa IGBT đầu vào với cổng Gate cách ly và transistor dạng n-p-n đầu ra, nhờ đó mà IGBT tập hợp được những đặc tính của cả IGBT và IGBT. Cổng Gate của IGBT giống như cổng Gate của MOSFET, còn cực Collector và Emitter giống như BJT.
  - IGBT là transistor công suất hiện đại, cho nên kích thước gọn nhẹ. Nó có khả năng chịu được điện áp và dòng điện lớn cũng như tạo nên độ sụt áp vừa phải khi dẫn điện.
    - ❖ Hoạt động.
      - Việc kích dẫn IGBT được thực hiện bằng xung điện áp đưa vào cổng kích G. Khi tác dụng lên cổng G điện thế dương so với Emitter để kích đóng IGBT, các hạt mang điện loại n được kéo vào kênh p gần cổng G làm giàu điện tích mạch cổng p của transistor n-p-n và làm cho IGBT dẫn điện. Để ngắt IGBT ta ngắt điện áp cấp cho cổng GE.
      - Lớp p cực Collector của IGBT kết hợp với lớp n vùng khuếch tán tạo tiếp xúc p-n, khi dẫn. Để đơn giản ta giả thiết cực E là điện thế mát.
        - + Khi điện thế cực C âm, lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực ngược ngăn không cho dòng điện tải chạy trong linh kiện – linh kiện ở trạng thái ngắt.
        - + Khi cực G có điện áp mát mà điện áp dương trên cực C, tiếp xúc p-n khuếch tán cũng phân cực ngược làm cho dòng điện tải không chạy trong linh kiện- linh kiện ở trạng thái chưa dẫn.
        - + Khi cực G mang điện thế dương lớn hơn điện áp đóng  $V_{th}$ , kênh n được tạo thành cho phép điện tử dịch chuyển vào vùng n – khuếch tán. Lớp tiếp xúc p-n khuếch tán phân cực thuận và điện tích lỗ hổng dịch chuyển vào vùng khuếch tán. Trong vùng này điện tử kết hợp với điện tích lỗ hổng thiết lập khoảng trung hòa, các điện tích lỗ hổng còn lại kết hợp với cực E, tạo dòng điện giữa hai cực E-C.

- Đặc tính Volt-Amper IGBT
  - Đặc tính V-A của IGBT có dạng tương tự như đặc tính V-A của MOSFET.



**Hình 1.9** Sơ đồ kết nối và đặc tính VI của IGBT

- ❖ Đặc tính VI của IGBT được chia làm 3 vùng:
  - + Vùng nghịch :  $V_{GE} < V_{Th}$  , đặc tính ra với thông số  $I_D=0$ . Nằm trong vùng này IGBT ở chế độ ngắt. Trong đó là  $V_{Th}$  điện áp đóng của MOSFET
  - + Vùng tích cực:  $V_{CE} < V_{GE} - V_{Th}$  ;  $V_{GE} > V_{Th}$  là vùng mà IGBT dẫn, dòng điện chạy từ cổng Drain đến cổng Source. Dòng  $I_C$  tỷ lệ với điện áp  $V_{CE}$ . Dòng  $I_C$  lớn và điện áp C-E nhỏ. IGBT hoạt động như khóa đóng ngắt.
  - + Vùng bão hòa:  $V_{CE} > V_{GE} - V_{Th}$  ;  $V_{GE} > V_{Th}$  : Dòng  $I_C$  hầu như không đổi khi điện áp  $V_{CE}$  tăng và IGBT hoạt động như một khâu khuếch đại.

Để ngắt IGBT, cực G được nối tắt với cổng E làm cho dòng điện trong Transistor p-n-p ngưng. Dòng IC đột ngột giảm, nguyên nhân là vì kênh điện tử bị gỡ bỏ, đồng thời hạt điện tích dương dư thừa trong vùng n - khuếch tán bị suy giảm vì kết hợp lại với điện tử.

- ❖ Các thông số cơ bản IGBT
  - IGBT kết hợp những ưu điểm của MOSFET và BJT.
  - Ưu điểm của IGBT là khả năng đóng ngắt nhanh, làm nó được sử

dụng trong các bộ biến đổi điều chế độ rộng xung tần số cao. IGBT hiện chiếm vị trí quan trọng trong công nghiệp với hoạt động trong phạm vi công suất đến 10MW hoặc cao hơn nữa.

- Công nghệ chế tạo IGBT phát triển tăng nhanh công suất của IGBT đã giúp nó thay thế dần GTO trong một số ứng dụng công suất lớn.
- Giống như MOSFET, linh kiện IGBT có điện trở mạch công lớn làm hạn chế công suất tổn hao khi đóng và ngắt. IGBT có thể làm việc với dòng điện lớn. Tương tự như GTO, transistor IGBT có khả năng chịu áp ngược cao.
- So với thyristor, thời gian đáp ứng đóng và ngắt IGBT rất nhanh và khả năng chịu tải đạt đến mức điện áp vài ngàn Volt (6kV) và dòng điện vài ngàn Amper.
  - + Khả năng đóng cắt nhanh đến 100kHz
  - + Điện áp định mức đến 6.3 kV
  - + Dòng định mức đến 2,4 kA
  - + Ứng dụng cho bộ biến đổi có công suất lớn đến 10MW
  - + Có khả năng chịu áp ngược cao.
  - + Sụt áp thấp 2-3V với áp định mức 1000V.

- Các trạng thái đóng ngắt.

- $V_{CE} > 0, V_{GE} > 0$  : IGBT đóng
- $V_{GE} \leq 0$  : IGBT ngắt

- Mạch bảo vệ: IGBT có khả năng hoạt động tốt không cần đến mạch bảo vệ. Trong trường hợp đặc biệt, có thể sử dụng mạch bảo vệ của MOSFET áp dụng cho IGBT

- Mạch kích: Mạch kích IGBT được thiết kế tương tự như mạch kích cho MOSFET. Do giá thành IGBT cao, và đặc biệt cho công suất lớn, mạch kích lái IGBT được chế tạo dưới dạng IC công nghiệp. Các IC này có khả năng tự bảo vệ chống quá tải, ngắn mạch.

## **1.2.4. Các khối trong biến tần gián tiếp**

### **1.2.4.1. Khối chỉnh lưu có điều khiển**

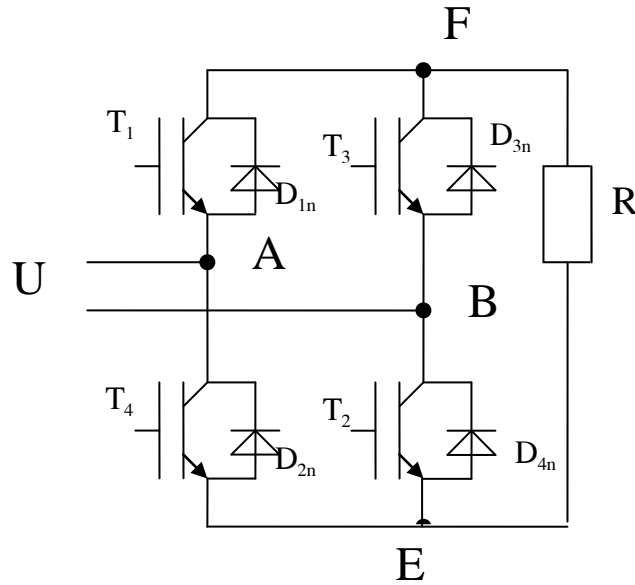
Bộ chỉnh lưu có chức năng biến nguồn xoay chiều thành nguồn một chiều. Các bộ chỉnh lưu này có thể là chỉnh lưu có điều khiển hoặc không điều khiển. Để giảm công suất tác dụng, người ta thường mắc song song ngược với tải một chiều diot. Trong các sơ đồ chỉnh lưu có diot ngược, khi có và không có điều khiển, năng lượng được truyền từ phía lưới xoay chiều sang một chiều, nghĩa là các loại chỉnh lưu đó chỉ có thể làm việc ở chế độ chỉnh lưu nhận năng lượng từ lưới. Các bộ chỉnh lưu có điều khiển, không có diot ngược có thể trao đổi năng lượng theo hai chiều. Khi năng lượng truyền từ lưới xoay chiều sang tải một chiều, bộ nguồn làm việc ở chế độ chỉnh lưu nhận năng lượng từ lưới, khi năng lượng truyền theo chiều ngược lại (nghĩa là từ phía tải một chiều về lưới xoay chiều) thì bộ nguồn làm việc ở chế độ nghịch lưu trả năng lượng về lưới.

Theo dạng xoay chiều cấp nguồn, có thể chia thành một hay ba pha. Các thông số quan trọng của sơ đồ chỉnh lưu là: dòng điện và điện áp tải; dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp của máy biến áp; số lần đập mạch trong một chu kỳ. Dòng điện chạy trong cuộn thứ cấp có thể là dòng một chiều hay xoay chiều. Số lần đập mạch trong một chu kỳ là quan hệ của tần số sóng hài thấp nhất của điện áp chỉnh lưu với tần số điện áp xoay chiều.

Trong đề tài này tôi xin đi nghiên cứu sâu về mạch chỉnh lưu điều khiển hoàn toàn IGBT, bộ chỉnh lưu gồm các nhóm van điều chỉnh lưu và máy biến áp.

- + Van có tác dụng đóng mở tạo thành dòng 1 chiều
- + Máy biến áp có tác dụng biến đổi điện áp nguồn phù hợp với yêu cầu cần thiết của phụ tải, cách ly phụ tải lưới điện để vận hành an toàn, cải thiện được dạng sóng nguồn lưới điện.





**Hình 1.10 Sơ đồ chỉnh lưu cầu 1 pha dùng IGBT**

Sơ đồ hình trên biểu diễn chỉnh lưu cầu một pha điều khiển đối xứng được cấu tạo từ bốn con IGBT mắc theo sơ đồ hình 1.10.

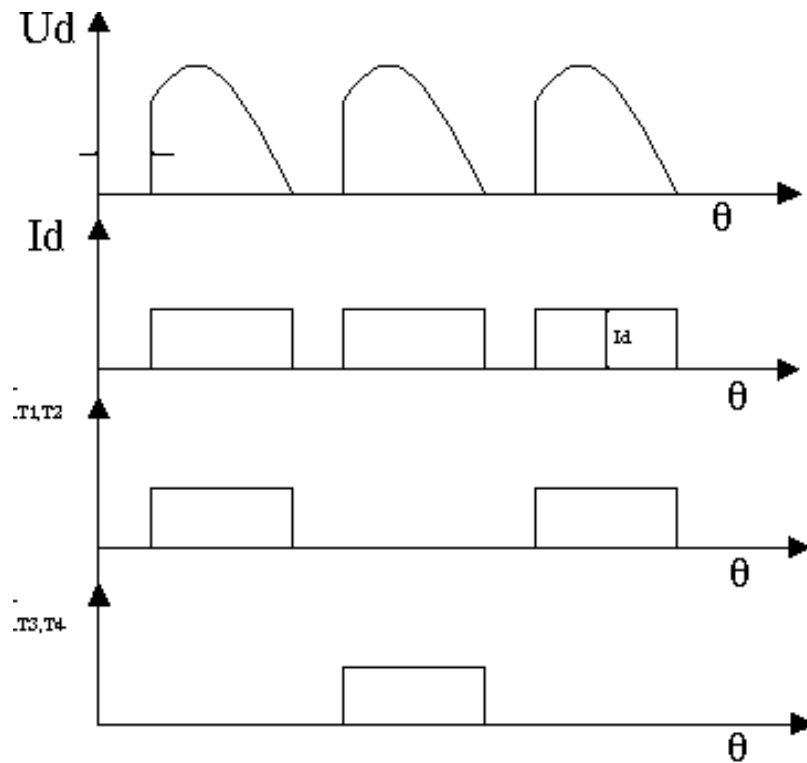
➤ Hoạt động.

Trong nửa chu kì ( $U_{AB} > 0$ ) điện áp anod của Transistor  $T_1$  dương (catod  $T_2$  âm), nếu có xung điều khiển cho cả hai van  $T_1, T_2$  đồng thời, thì các van này sẽ được dẫn để đặt điện áp lưới lên tải. Điện áp tải một chiều còn trùng với điện áp xoay chiều chừng nào các Transistor còn dẫn (khoảng dẫn của các Transistor phụ thuộc vào tính chất của tải). Đến nửa chu kì sau, điện áp đổi dấu ( $U_{AB} < 0$ ), anod của Transistor  $T_3$  dương catod  $T_4$  âm, nếu có xung điều khiển cho cả hai van  $T_3, T_4$  đồng thời, thì các van này sẽ được dẫn, để đặt điện áp lưới lên tải, với điện áp một chiều trên tải có chiều trùng với nửa chu kì trước.

- Khi  $\theta = \theta_1$  cho xung điều khiển mở  $T_1$  và  $T_2$ :  $u_d = u_2$

Hai transistor này sẽ tự nhiên bị khóa lại khi  $u_2 = 0$

- Khi  $\theta = \pi + \alpha$  cho xung điều khiển mở  $T_3$  và  $T_4$ :  $u_d = u_2$



**Hình 1.11 Sơ đồ điện áp và dòng điện**

➤ Nhận xét:

- Chỉ lưu cầu một pha có điện áp ngược trên van bé, biến áp dễ chế tạo và có hiệu suất cao hơn.
- Tuy nhiên chúng có số lượng van nhiều hơn, giá thành cao hơn, sụt áp trên van lớn, điều khiển phức tạp hơn.

#### **1.2.4.2. Khối nghịch lưu**

Nghịch lưu là thiết bị biến đổi nguồn một chiều thành nguồn xoay chiều với tần số tùy ý.

Các van bán dẫn trong bộ nghịch lưu có thể là thyristo hoặc transito. Nhưng phù hợp và ưu việt hơn ta dùng transito. Ưu điểm dễ thấy là tổn hao đổi chiều nhỏ hơn. Bộ nghịch lưu dùng transito có kích thước nhỏ và nhẹ hơn bộ nghịch lưu tương đương dùng thyristo. Khuyết điểm của nó là đòi hỏi tác động liên tục vào cực gốc trong chu kỳ dẫn của transito, một khuyết điểm nữa là điện áp định mức thấp hơn của thyristo. Tuy nhiên dùng transito công suất

mở rộng được phạm vi và phát huy các ưu điểm hơn thyristo do cải thiện được đại lượng định mức và giá thành.

Nguồn áp vẫn là nguồn được sử dụng phổ biến trong thực tế. Hơn nữa điện áp ra của ngược lưu áp có thể điều chế theo phương pháp khác nhau để có thể giảm được sóng điều hòa bậc cao.

Trước kia nghịch lưu áp bị hạn chế trong ứng dụng vì công suất của các van động lực điều khiển hoàn toàn còn nhỏ. Hơn nữa việc sử dụng nghịch lưu áp bằng tiristo khiến cho hiệu suất của bộ biến đổi giảm, sơ đồ điều khiển phức tạp.

Ngày nay công suất của các van động lực IGBT, GTO càng trở nên lớn và có kích thước gọn nhẹ, do đó ngược lưu áp trở thành bộ biến đổi thông dụng và được chuẩn hóa trong các bộ biến tần công nghiệp. Do đó sơ đồ nghịch lưu áp trình bày sau đây sử dụng van điều khiển hoàn toàn. Vì vậy dưới đây xem xét nghịch lưu điện áp 3 pha dùng van an toàn.

Trong quá trình nghiên cứu ta giả thiết các van động lực là các khóa điện tử lý tưởng, tức là thời gian đóng và mở bằng không nên điện trở nguồn bằng không.

#### ❖ Cấu tạo

Sơ đồ nghịch lưu áp ba pha hình 1.12 được ghép từ ba sơ đồ 1 pha có điểm trung tính.

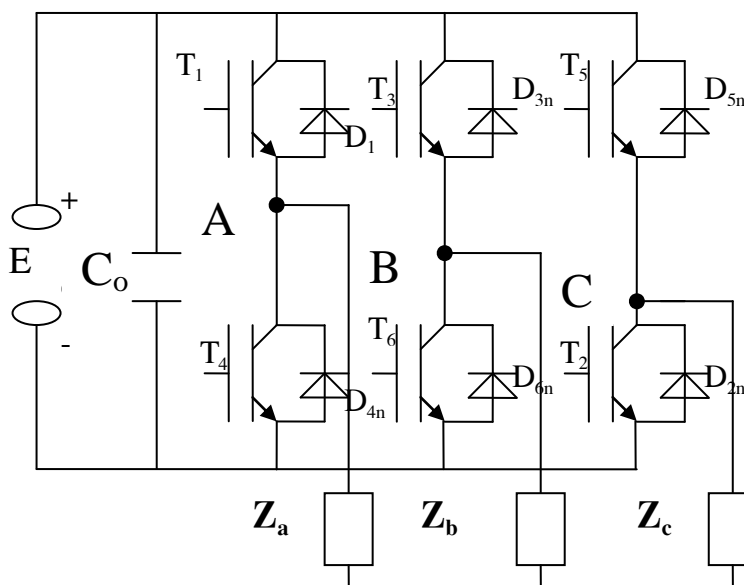
Để đơn giản hóa việc tính toán ta giả thiết như sau :

- Giả thiết các van là lý tưởng, nguồn có nội trở nhỏ vô cùng và dẫn điện theo hai chiều.

- Van động lực cơ bản  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$  làm việc với độ dẫn điện  $\lambda = 180^\circ, Z_a = Z_b = Z_c$ .

Các diôt  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$  làm chức năng trả năng lượng về nguồn và tụ C đảm bảo nguồn cấp là nguồn áp đồng thời tiếp nhận năng lượng phản kháng từ tải.

Ta xét cụ thể nguyên lý và luật điều khiển cho các transistor như sau:



**Hình 1.12. Sơ đồ nghịch lưu áp ba pha**

❖ Hoạt động :

Tụ  $C_0$  có nhiệm vụ đảm bảo điện áp nguồn ít bị thay đổi.

Phương pháp điều khiển các van transistor thông thường nhất là điều khiển cho góc mở của van là  $\lambda = 180^\circ$  và  $\lambda = 120^\circ$ . Ở đây ta xét góc dẫn với tải đấu sao như hình vẽ bằng cách xác định điện áp trên tải trong từng khoảng thời gian  $60^\circ$  (vì cứ  $60^\circ$  có một sự chuyển trạng thái mạch) với nguyên tắc van nào dẫn thì thông mạch. Nhìn chung sơ đồ này có dạng một pha tải nối tiếp với hai pha đầu song song nhau. Do vậy điện áp trên tải sẽ chỉ có giá trị là  $u_z/3$  (khi một pha đầu song song với một trong hai pha còn lại) hoặc  $2u_z/3$ . Với giả thiết là tải đối xứng.

❖ Nguyên tắc chuyển mạch

Cho góc mở của mỗi transistor là  $180^\circ$  và cứ  $60^\circ$  tiếp theo ( kể từ khi transistor trước đó mở thì cho 1 transistor khác mở). Như vậy trong cùng một thời gian có 3 transistor mở.

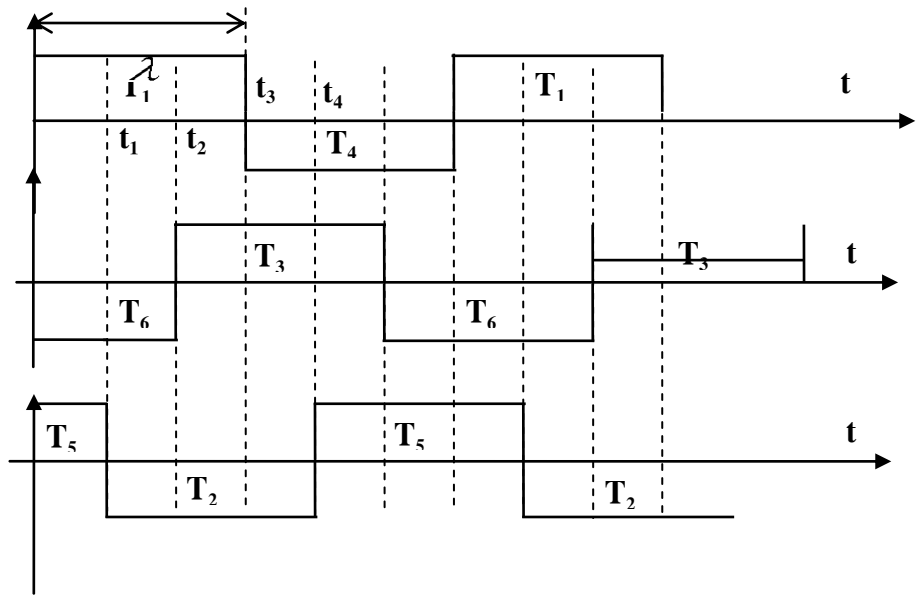
Bảng trạng thái quá trình mở các transito.

<b>T</b>	$0^\circ \div 60^\circ$	$60^\circ \div 120^\circ$	$120^\circ \div 180^\circ$	$180^\circ \div 240^\circ$	$240^\circ \div 300^\circ$	$300^\circ \div 360^\circ$
<b>T1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>T2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>T3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<b>T4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>T5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>T6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

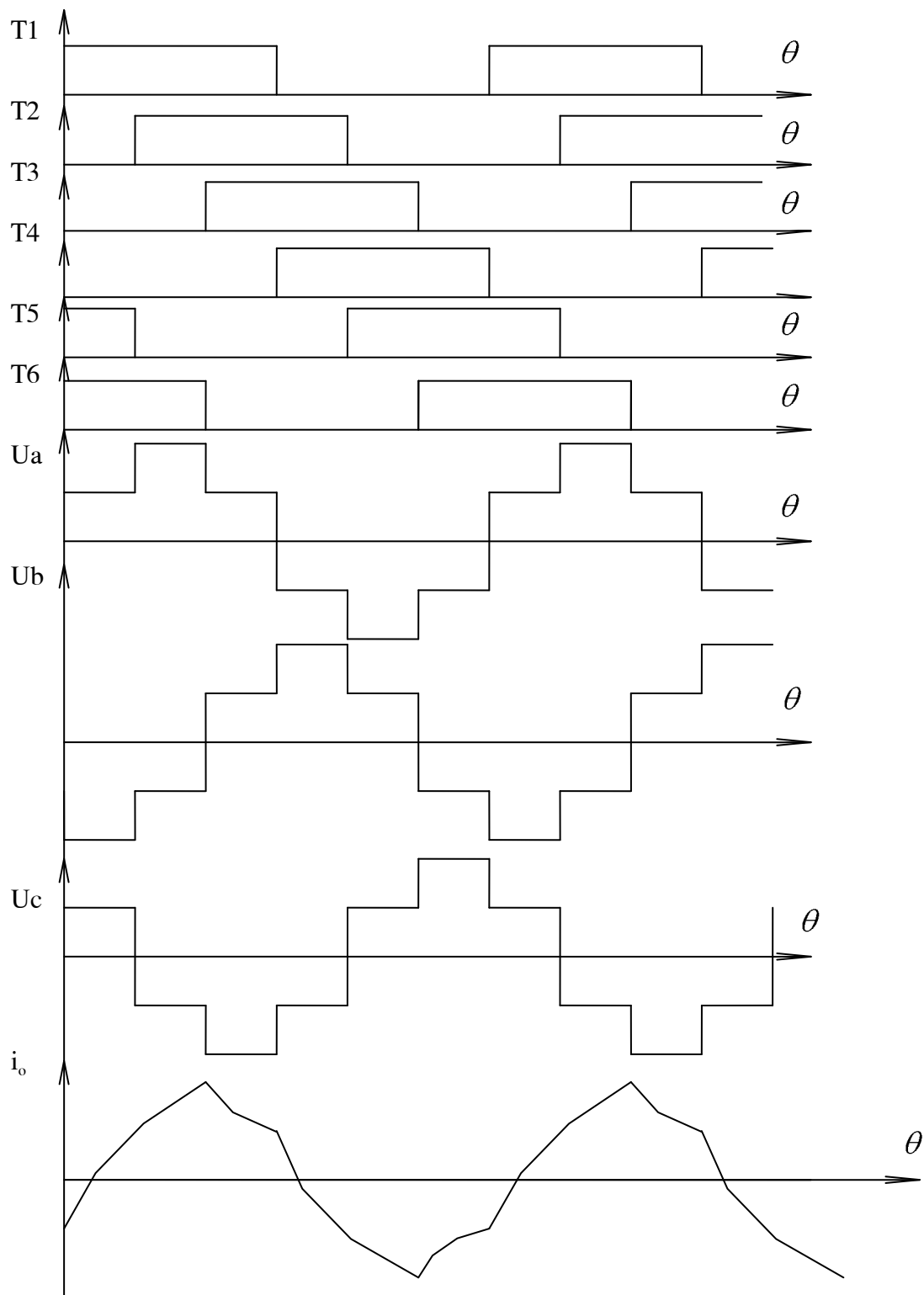
Xét quá trình chuyển mạch từ T5 sang T2 tương ứng khoảng từ  $(0^\circ \div 60^\circ)$  sang  $(60^\circ \div 120^\circ)$

Trong khoảng  $(0^\circ \div 60^\circ)$  thì T1, T5, T6, dẫn. Chiều dòng điện trên tải được xác định theo chiều mũi tên, đến thời điểm  $60^\circ$  thì đảo trạng thái từ T5 sang T2. Do trên tải có  $Z_c$  mang tính cảm nên dòng điện không đảo ngay lập tức mà năng lượng tích lũy trong  $Z_c$  duy trì theo chiều cũ một thời gian, lúc đó buộc dòng điện duy trì phải thoát qua diod  $D_2$ , qua tải về âm nguồn đến lúc dòng điện đổi chiều sẽ mang dòng điện duy trì thì  $D_2$  khóa. Quá trình chuyển mạch kết thúc.

Cũng lý luận tương tự ta được thứ tự chuyển mạch như sau :



**Hình 1.13. Luật điều khiển các tranristo**



**Hình 1.14 Dạng sóng nghịch**

Nhận xét :

- Điện áp dây của tải có dạng xung chữ nhật
- Điện áp pha của tải có dạng bậc thang
- Dòng điện của tải có dạng xoay chiều

## CHƯƠNG 2

### HỆ THỐNG MÁY PHÁT KHÔNG ĐỒNG BỘ NGUỒN KÉP

#### 2.1. ĐẶT VẤN ĐỀ.

Máy phát là bộ phận chuyển đổi năng lượng cơ năng thành điện năng, máy phát điện là một phần tử rất quan trọng trong hệ thống. Các loại máy phát có thể sử dụng như: Máy phát điện một chiều, máy phát điện xoay chiều đồng bộ, máy phát điện xoay chiều không đồng bộ.... Gần đây người ta đã phát triển và sử dụng máy phát cảm ứng cấp nguồn từ hai phía (DFIG).

Lý do sử dụng của máy phát cảm ứng nguồn kép DFIG:

Với mô hình của máy phát không đồng bộ roto dây quấn, bây giờ ta gắn vào trục máy phát một động cơ lai và quay nó cùng chiều từ trường nhưng với tốc độ lớn hơn, lúc này độ trượt có giá trị âm, dòng rotor đổi chiều do thay đổi thứ tự cắt các thanh dẫn của từ trường, momen quay của máy phát đổi chiều, chống lại chiều quay của roto và trở thành momen cản. Máy điện dị bộ làm việc như máy phát điện, biến cơ năng của máy lai

Do máy lai có tốc độ không ổn định có thể làm việc ở tốc độ định mức, nhiều khi làm việc trên giá trị đồng bộ. Nếu máy điện đồng bộ thường thì không thể đáp ứng được cho yêu cầu :

$$u = \text{const}$$

$$f = \text{const.}$$

Chỉ có máy điện dị bộ nguồn kép dưới sự điều khiển của bộ biến tần mới đáp ứng được yêu cầu này.

- Khi tốc độ  $n < n_{dm}$ , đó là tốc độ vận hành dưới đồng bộ. Trong trường hợp này máy phát lấy năng lượng từ lưới qua roto.

- Khi tốc độ  $n > n_{dm}$ , đó là tốc độ vận hành trên đồng bộ. Trường hợp này máy phát hoàn năng lượng về lưới cũng qua roto.

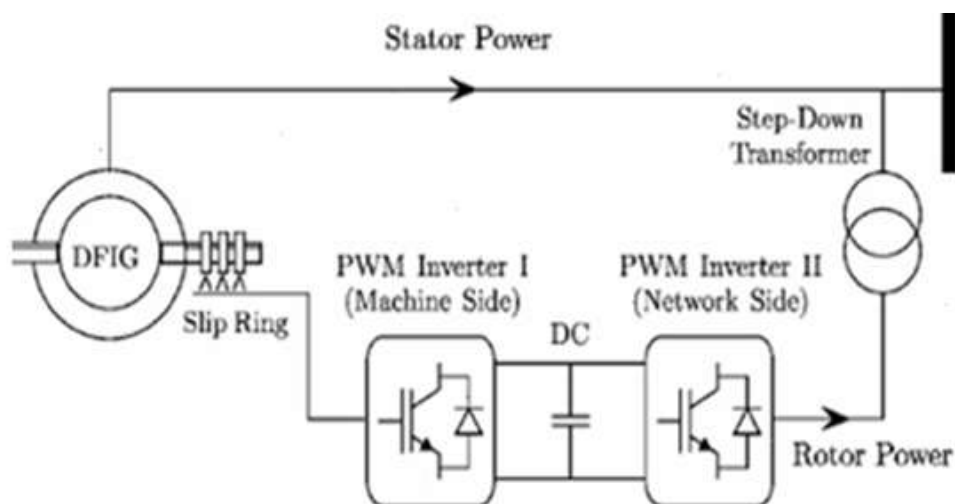


- Khi tốc độ  $n = n_{dm}$ , lúc đó máy điện dị bộ đạt được hai lần tốc độ đồng bộ, tức là hệ thống đã đạt hai lần công suất.

\* Máy điện loại này không cần các cơ cấu chuyển mạch cơ khí và dòng điện một chiều để kích thích máy phát. Vì vậy nó có thể làm việc một cách tin cậy hơn với giá thành và chi phí bảo dưỡng thấp. Hơn nữa, các máy điện không đồng bộ rotor dây quấn có thể được điều chỉnh tốc độ bằng cách điều chỉnh điện trở của rotor hoặc đưa thêm hay thu hồi công suất, được gọi là công suất trượt ở rotor. Các máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn như vậy được gọi là máy phát điện không đồng bộ nguồn kép DFIM (doubly-fed induction machine).

Hiện nay người ta đã chế tạo và sử dụng máy phát điện không đồng bộ nguồn kép DFIG với nhiều cải tiến và mang lại hiệu quả tốt hơn.

Máy phát không đồng bộ Roto dây quấn (KĐB-RDQ), còn được gọi là không đồng bộ nguồn kép (doubly-fed induction Generator:DFIG). Máy phát KĐB-RDQ có Stato ghép trực tiếp vào lưới, còn phía Rotor được nối với lưới qua thiết bị điều khiển (hình 2.1).

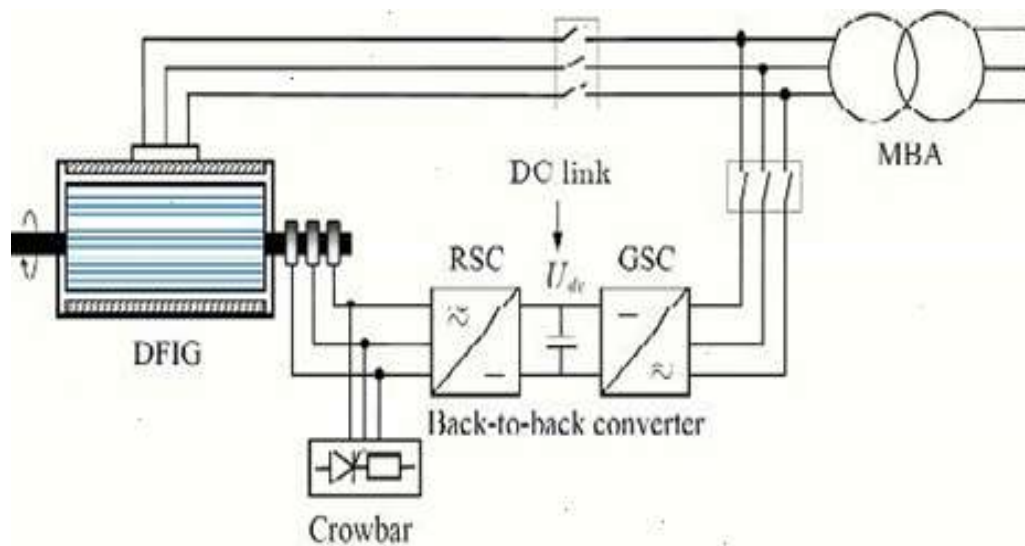


**Hình 2.1** Mô hình hệ thống máy phát không đồng bộ Roto dây quấn (KĐB-RDQ)

Máy phát DFIG được xem là giải pháp tốt nhất cho các hệ thống chuyển đổi năng lượng có tốc độ thay đổi. Bởi vì bộ biến đổi công suất đặt bên phía rotor nên làm giảm tổn hao, chi phí thấp hơn. Vấn đề duy nhất là khó điều khiển hơn.

## 2.2. CẤU TẠO CỦA MÁY PHÁT DFIG:

DFIG thực chất là máy điện không đồng bộ rotor dây quấn (đã nêu ở chương 1 kết hợp với các bộ biến đổi Converter và Inverter thành một hệ thống). Trong hệ thống chuyển đổi năng lượng sử dụng DFIG thì stator của DFIG được kết nối trực tiếp với lưới điện và mạch rotor nối với bộ biến đổi công suất thông qua vành trượt. Một tụ điện DC link được đặt ở giữa đóng vai trò tích trữ năng lượng.



**Hình 2.2 Cấu trúc máy phát cảm ứng cấp nguồn từ hai phía (DFIG).**

Vành trượt được đặt ở phía đầu của rotor, có nhiệm vụ đưa dòng điện một chiều ra ngoài.

Thiết bị crowbar được trang bị ở đầu cực roto để bảo vệ quá dòng và tránh quá điện áp trong mạch một chiều. Khi xảy ra tình trạng quá dòng thiết bị crowbar sẽ ngắt mạch đầu cực roto thông qua điện trở crowbar, ngưng hoạt

động của bộ điều khiển converter và cho phép DFIG làm việc như một máy phát điện không đồng bộ thông thường, lúc này là tiêu thụ điện năng từ lưới.

Trong thực tế, điện áp định mức của rotor thường nhỏ hơn điện áp định mức bên phía mạch stator, nên máy biến áp nối giữa DFIG và lưới điện sẽ có ba cuộn dây.

❖ Bộ converter phía máy phát RSC có các ưu điểm sau:

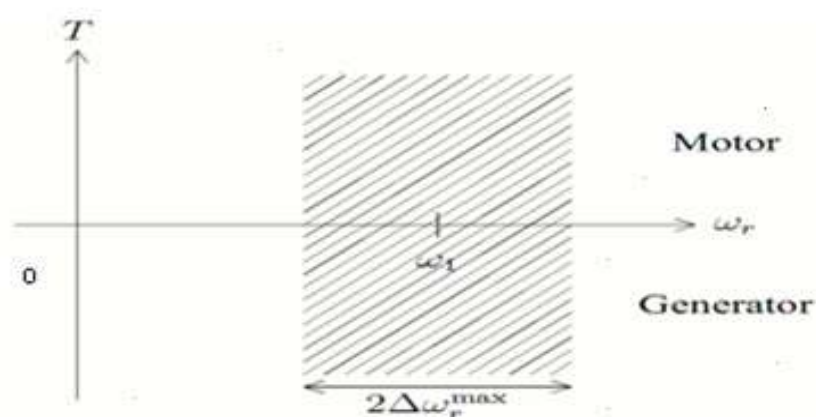
+ Khả năng điều khiển công suất phản kháng: DFIG có khả năng tiêu thụ hoặc phát công suất phản kháng về lưới và khả năng tự điều chỉnh điện áp trong trường hợp lưới yếu.

+ Có khả năng hoàn toàn tự kích từ DFIG thông qua mạch rotor, độc lập với điện áp lưới.

+ Khả năng điều khiển độc lập công suất tác dụng và công suất phản kháng. Bộ converter phía máy phát RSC còn điều khiển mômen, tốc độ máy phát và điều khiển hệ số công suất đầu cực stator.

Trong khi đó, nhiệm vụ chính của bộ converter phía lưới GSC là giữ cho điện áp phát DC link không đổi.

Máy phát DFIG còn ưu điểm là có thể làm việc với tốc độ rotor thay đổi trong khoảng  $\pm\Delta\omega_r^{max}$  so với tốc độ đồng bộ  $\omega_1$ . Hình 2.3 thể hiện đặc tính mômen tốc độ của máy.



**Hình 2.3** Đặc tính mômen, tốc độ làm việc của máy phát DFIG.

### 2.3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT DFIG:

Khi ta tác dụng một lực vào turbine quay, thông qua hộp số và trục truyền động làm roto quay. Khi đã đạt đến tốc độ trên đồng bộ ( $n_2 > n_1$ ), thì máy phát DFIG sẽ tạo ra dòng điện dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ.

Tốc độ từ trường:  $n_1 = \frac{60f}{p}$

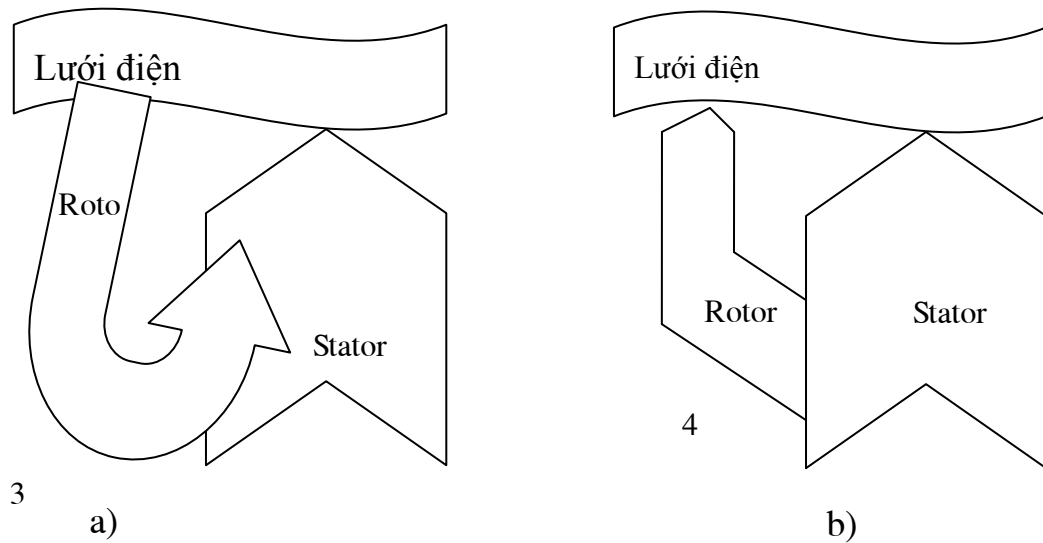
Cuộn dây stator của máy phát DFIG phát điện trực tiếp vào lưới điện tương tự như các máy phát điện không đồng bộ. Sự khác biệt là phần rotor cũng được kết nối với lưới điện thông qua chuyển đổi năng lượng điện tử. Vì vậy, trong hệ thống DFIG, năng lượng cấp cho lưới điện không chỉ bởi stator, mà còn bởi rotor. Do đó, hệ thống này được gọi là "máy phát nguồn kép".

Mạch roto được cấp nguồn từ bộ nghịch lưu nguồn áp VSC (voltage source converter) có biên độ và tần số thay đổi thường sử dụng linh kiện điện tử công suất IGBT. Khi đã hòa đồng bộ với lưới điện dòng năng lượng qua máy phát có thể được mô phỏng xảy ra hai trường hợp:

- + Khi mômen quay ứng với tốc độ thấp hơn tốc độ đồng bộ, đó là tốc độ vận hành dưới đồng bộ. Trường hợp này máy phát lấy năng lượng từ lưới qua rotor.

- + Khi mômen quay ứng với tốc độ lớn hơn tốc độ đồng bộ, đó là tốc độ vận hành trên đồng bộ. Trường hợp này máy phát hoàn toàn năng lượng về lưới cũng qua rotor.

Để đảm bảo DFIG vận hành như máy phát ở hai chế độ trên, thì bộ biến đổi công suất cả hai phía (phía máy phát: RSC và phía lưới: GSC đều phải là nghịch lưu có khả năng điều khiển dòng công suất theo hai chiều).



**Hình 2.4** Chiều của dòng năng lượng qua máy phát DFIG ở 2 chế độ.

**a. Chế độ dưới đồng bộ ;**

**b. Chế độ trên đồng bộ**

Bộ converter cho phép DFIG làm việc trong cả bốn góc phần tư của mặt phẳng phức  $dq$ , nghĩa là DFIG có khả năng phát công suất phản kháng về lưới (điều này ngược lại với máy điện thông thường). Trên hết, công suất phản kháng trao đổi giữa DFIG và lưới điện có thể được điều khiển độc lập với công suất thực.

Máy điện thường hoạt động như động cơ trước khi đạt tới tốc độ nhất định (tốc độ trên đồng bộ), rồi sau đó mới phát ngược công suất vào lưới.

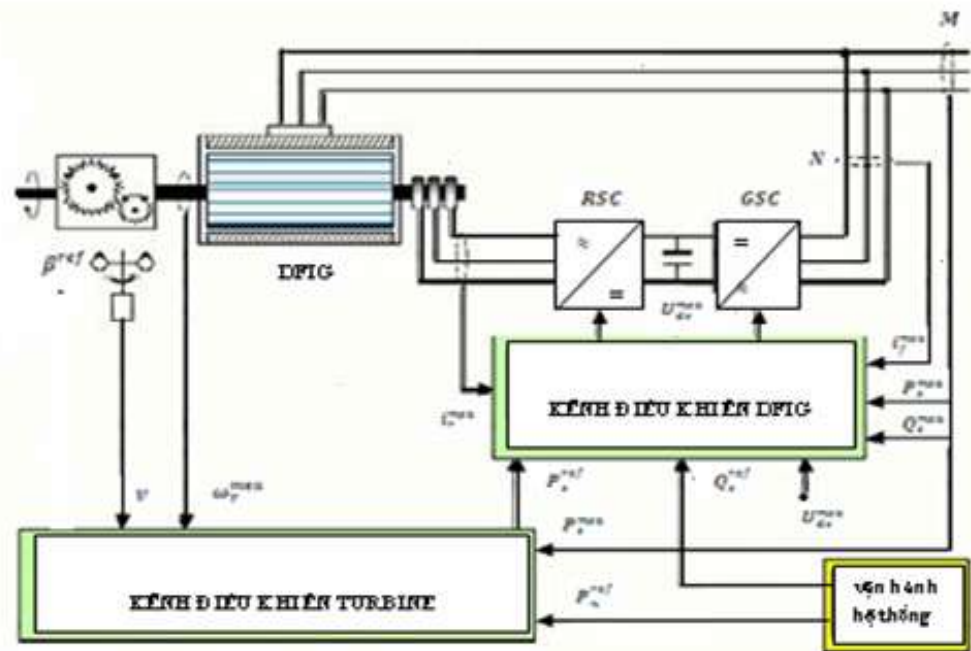
- Mục tiêu của điều khiển máy phát DFIG bao gồm:

+ Chế độ vận hành thứ nhất là giữ cho công suất đầu ra bằng hằng số: điều khiển công suất phản kháng trao đổi giữa máy phát DFIG và lưới điện thông qua rotor, góp phần ổn định hệ thống điện. Thuận lợi của chế độ vận hành thứ nhất là lưới được cung cấp một nguồn năng lượng không đổi, tuy nhiên năng lượng lại không được sử dụng một cách hiệu quả.

+ Chế độ vận hành thứ hai là giữ cho công suất đầu ra lớn nhất: Điều khiển công suất tác dụng bám các điểm vận hành tối ưu của turbine, nhằm tối

ưu công suất thực nhận được hoặc để hạn chế công suất đầu vào. Tránh quá tải cho máy phát khi tốc độ quá lớn và tránh lãng phí công suất. Thuận lợi của chế độ vận hành thứ hai là tối ưu hóa năng lượng biến đổi từ năng lượng sang điện năng trong một khoảng thay đổi tốc độ rộng.

Mỗi hệ thống turbine đều có chứa những hệ thống phụ (điện-điện tử, cơ khí, khí động học...) với hằng số thời gian đáp ứng khác nhau. Thời hằng của các hệ thống điện thường nhỏ hơn rất nhiều so với thời hằng của các hệ thống cơ. Sự khác nhau về thời hằng càng rõ ràng khi ta điều chỉnh tốc độ, do đó hệ thống điện càng phức tạp thì yêu cầu của hệ thống điều khiển cũng phức tạp theo.



**Hình 2.5 Sơ đồ điều khiển turbine có tốc độ thay đổi DFIG.**

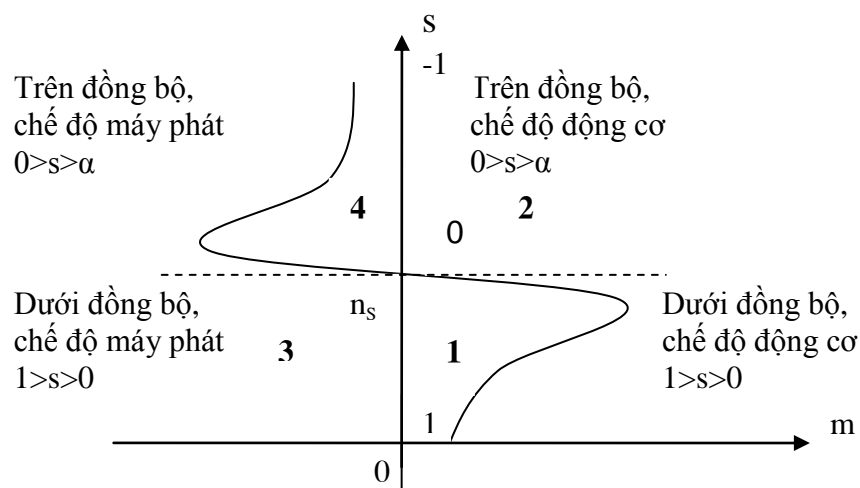
Hình 2.5 trình bày sơ đồ điều khiển tổng thể của hệ thống biến đổi năng lượng tốc độ thay đổi trang bị máy phát không đồng bộ cấp nguồn từ hai phía DFIG. Trong đó có thể phân biệt thành hai kênh điều khiển như sau:

+ Điều khiển máy phát DFIG (điều khiển độc lập công suất tác dụng và công suất phản kháng): Bao gồm điều khiển bộ biến đổi công suất phía roto RSC và điều khiển bộ biến đổi công suất phía lưới GSC.

+ Điều khiển turbine: Kênh này đáp ứng chậm hơn, bao gồm điều khiển tốc độ.

## 2.4. PHẠM VI HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT KĐB – RDQ

Nhờ khả năng cấp nguồn từ phía Rotor, máy điện không đồng bộ Rotor dây quấn cho phép thực hiện đơn giản bốn chế độ vận hành như hình 2.6, hoàn toàn độc lập với tốc độ quay cơ học (trên hoặc dưới đồng bộ), việc máy hoạt động ở chế độ động cơ hay máy phát chỉ phụ thuộc vào dấu cho trước của mômen  $m_M$ . Theo hình 2.6, máy điện sẽ hoạt động ở chế độ máy phát, nếu mômen mang dấu âm. Ta đã biết, kích cỡ của  $m_M$  đặc trưng cho kích cỡ của công suất phát ra (ở chế độ máy phát) hoặc công suất lấy vào (ở chế độ động cơ) của máy điện KĐB-RDQ và việc điều khiển/điều chỉnh công suất đó (ví dụ: thông qua mômen) không được phép ảnh hưởng đến hệ số công suất (HSCS)  $\cos \varphi$  đã đặt cho thiết bị.



Hình 2.6 Phạm vi hoạt động của máy phát KĐB-RDQ

### CHƯƠNG 3

## MÔ HÌNH MÁY PHÁT KHÔNG ĐỒNG BỘ ROTOR DÂY QUẤN – XÂY DỰNG TRÊN CƠ SỞ ĐIỀU KHIỂN

### 3.1. MÔ HÌNH TOÁN CỦA MÁY PHÁT KĐB-RDQ

Xuất phát điểm để xây dựng mô hình là các phương trình điện áp Stato, roto trên hệ thống cuộn dây Stato, Roto.

- Phương trình điện áp Stato (chỉ số "s" viết bên phải, trên cao: tọa độ cố định trên Stato):

$$u_s^s = R_s i_s^s + \frac{d\psi_s^s}{dt} \quad (3.1)$$

- Phương trình điện áp Roto (chỉ số "r" viết bên phải, trên cao: tọa độ cố định trên Roto):

$$u_r^r = R_r i_r^r + \frac{d\psi_r^r}{dt} \quad (3.2)$$

Do máy có cấu trúc cân xứng về mặt cơ học, ta có thể bỏ qua các chỉ số phụ như trong (3.1) và (3.2), nếu ta biểu diễn các vector từ thông trên cùng một hệ tọa độ:

$$\psi_s = \begin{cases} \psi_s = i_s L_s + i_r L_m \\ \psi_r = i_r L_r + i_s L_m \end{cases} \quad (3.3)$$

Phương trình (pt.) mômen có dạng như sau:

$$m_M = \frac{3}{2} z_p \psi_s * i_s - \frac{3}{2} z_p \psi_r * i_r \quad (3.4)$$

Sau khi chuyển các pt.(3.1), (3.2) sang biểu diễn trên hệ tọa độ dq bất kỳ chuyển động quay tròn với tốc độ góc  $\omega_s$  ta thu được:



$$\begin{cases} u_s^s = R_s i_s^s + \frac{d\psi_s^s}{dt} + j\omega_s \psi_s^s \\ u_r^r = R_r i_r^r + \frac{d\psi_r^r}{dt} + j\omega_r \psi_r^r \end{cases} \quad (3.5)$$

Trong đó:  $\omega_s = \omega + \omega_r$  (3.6)

Sau khi triệt tiêu dòng Stator  $i_s$  và từ thông rotor  $\psi_r$ , từ hệ pt.(3.5) ta thu được hệ sau:

$$\begin{cases} \frac{di_r}{dt} = -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) i_r - j\omega_r i_r + \frac{1-\sigma}{\sigma} \left( \frac{1}{T_s} + j\omega \right) \psi_s' + \frac{1}{\sigma L_r} u_r - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} u_s \\ \frac{d\psi_s'}{dt} = \frac{1}{T_s} i_r - \left( \frac{1}{T_s} + j\omega \right) \psi_s' + \frac{1}{L_m} u_s \end{cases} \quad (3.7)$$

Trong đó :  $\psi_s' = \psi_s / L_m$ . Viết (3.7) dưới dạng thành phần ta sẽ thu được mô hình điện toàn phần của máy phát KĐB-RDQ.

$$\begin{cases} \frac{di_{rd}}{dt} = -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) i_{rd} + \omega_r i_r + \frac{1-\sigma}{\sigma} \left( \frac{1}{T_s} \psi_{sd}' + \psi_{sq}' \omega \right) + \frac{1}{\sigma L_r} u_{rd} - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} u_{sd} \\ \frac{di_{rq}}{dt} = -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) i_{rq} - \omega_r i_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \left( \frac{1}{T_s} \psi_{sq}' + \psi_{sd}' \omega \right) + \frac{1}{\sigma L_r} u_{rq} - \frac{1-\sigma}{\sigma L_m} u_{sq} \\ \frac{d\psi_{sd}'}{dt} = \frac{1}{T_s} i_{rd} - \frac{1}{T_s} \psi_{sd}' + \omega_s \psi_{sq}' + \frac{1}{L_m} u_{sd} \\ \frac{d\psi_{sq}'}{dt} = \frac{1}{T_s} i_{rq} - \frac{1}{T_s} \psi_{sq}' - \omega_s \psi_{sd}' + \frac{1}{L_m} u_{sq} \end{cases} \quad (3.8)$$

Để chọn được hệ tọa độ thích hợp ta hãy theo dõi suy nghĩ sau: Do Stato của máy phát được nối mạch với lưới và vì vậy tần số mạch Stato chính là tần số lưới, điện áp rơi trên điện trở  $R_s$  có thể bỏ qua được so với tổng điện áp rơi trên hồ cảm Stato  $L_m$  và điện áp tiêu tán  $L_s$ , Phương trình (3.1) có thể được viết gần đúng như sau:

$$u_s \approx \frac{d\psi_s}{dt} \text{ hoặc } u_s \approx j\omega_s \psi_s \quad (3.9)$$

Phương trình (3.9) cho thấy từ thông stator luôn chậm pha so với điện áp một góc chừng  $90^\circ$ , hoặc diễn đạt cách khác: vector từ thông stator luôn đứng vuông góc với

vector điện áp stator. Trong tương quan cố định đó, việc hướng của vector nào đó được chọn làm hướng tựa cho hệ thống điều chỉnh không có nghĩa quyết định nữa. Nếu tựa:

- Theo hướng từ thông Stator ta có:  $u_{sd}=0, \psi_{sq}=0$
- Theo hướng điện áp Stator ta có  $u_{sq}=0, \psi_{sd}=0$

Khi tựa theo hướng của điện áp lưới ta cần chú ý rằng điện áp rất có thể bị méo dạng (ví dụ: Do nhiễu của các thiết bị điện tử công suất đang hoạt động, do nhiễu của sấm chớp trên khí quyển) gây khó khăn cho việc đo góc pha của điện áp. Vì vậy, phải chú ý thực hiện chống nhiễu tốt cho phép đo góc pha. Hệ pt.(3.8) có thể được viết lại dưới dạng mô hình trạng thái như sau:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + B_s u_s + B_r u_r \quad (3.10)$$

Với:

- Vector trạng thái:  $x^T = i_{sd}, i_{sq}, \psi'_{sd}, \psi'_{sq}$
- Vector điện áp Stator:  $u_s^T = u_{sd}, u_{sq}$  là vector đầu vào phía Stato
- Vector điện áp Rotor:  $u_r^T = u_{rd}, u_{rq}$  là vector đầu vào phía Roto

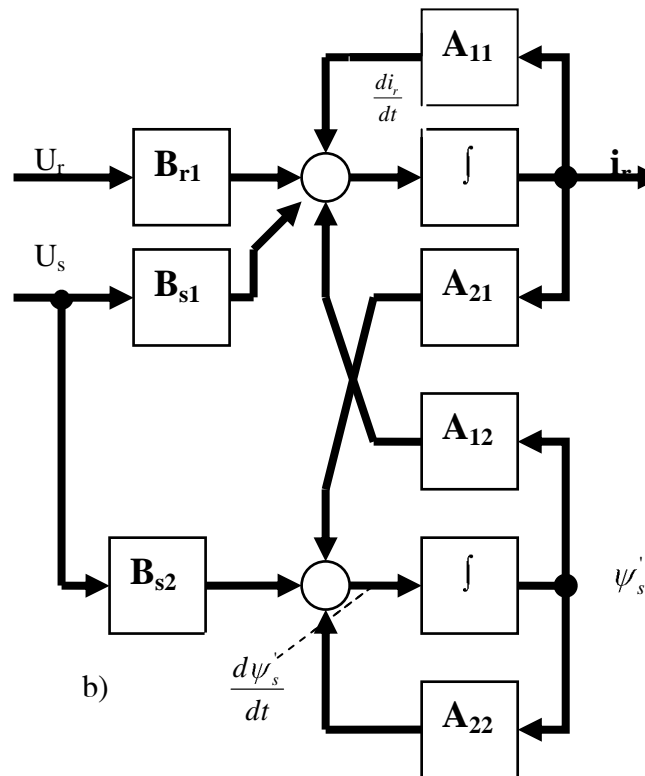
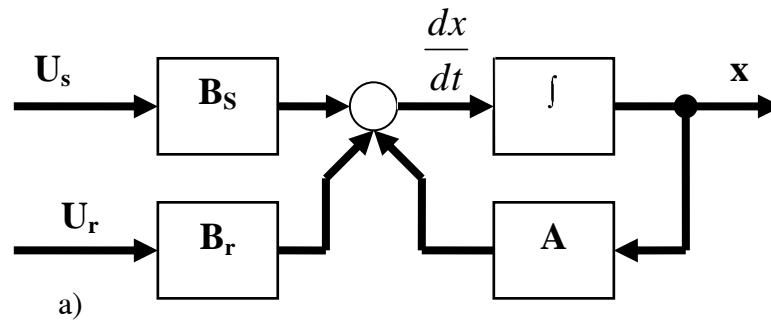
Ma trận hệ thống A, ma trận vào phía Stator B, và ma trận vào phía rotor B, có công thức tính sau:

$$A = \left[ \begin{array}{cc|cc}
-\frac{1}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) & \omega_r & -\frac{1-\sigma}{\sigma T_s} & -\frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \\
-\omega_r & -\frac{1}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) & \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega & \frac{1-\sigma}{\sigma T_s} \\
\hline
& \frac{1}{T_s} & 0 & -\frac{1}{T_s} \\
& 0 & \frac{1}{T_s} & -\omega_s \\
& & & -\frac{1}{T_s}
\end{array} \right];$$

$$B_s = \left[ \begin{array}{cc|cc}
-\frac{1-\sigma}{\sigma L_m} & 0 & \frac{1}{L_m} & 0 \\
0 & -\frac{1-\sigma}{\sigma L_m} & 0 & \frac{1}{L_m} \\
\hline
& & & 
\end{array} \right]; B_r = \left[ \begin{array}{cc|cc}
\frac{1}{\sigma L_r} & 0 & 0 & 0 \\
0 & \frac{1}{\sigma L_r} & 0 & 0 \\
\hline
& & & 
\end{array} \right] \quad (3.11)$$

Ma trận trạng thái của máy phát KĐB-RDQ được thể hiện ở hình 3.1a. Các ma trận của mô hình (2.10) cũng có thể được viết dưới dạng các ma trận con (hình 3.1b) như sau:

$$A = \left[ \begin{array}{c|c}
\frac{A_{11}}{A_{21}} & \frac{A_{12}}{A_{22}} \\
\hline
\end{array} \right]; B_s = \left[ \begin{array}{c}
\frac{B_{s1}}{B_{s2}} \\
\hline
\end{array} \right]; B_r = \left[ \begin{array}{c}
\frac{B_{r1}}{0} \\
\hline
\end{array} \right] \quad (3.12)$$



**Hình 3.1 a) Mô hình trạng thái theo (3.10)**

**b) Mô hình trạng thái sử dụng ma trận con ở (3.12)**

- Nhận xét:

Mô hình trạng thái sử dụng ma trận con hình (3.1b) cho thấy rất rõ ràng là điện áp Rotor  $u_r$  không ảnh hưởng trực tiếp, mà chỉ có thể ảnh

hưởng gián tiếp tới từ thông Stato  $\psi_s$ , thông qua dòng Rotor  $i_r$ . Điện áp Stator  $u_s$  (đồng thời là điện áp lưới  $u_N$  sau khi hòa đồng bộ) có ảnh hưởng trực tiếp, mang ý nghĩa quyết định tới  $\psi_s$ , ảnh hưởng của  $u_s$  tới  $i_r$  chỉ giữ vai trò như một đại lượng nhiễu với module cố định, với góc pha cho trước/ đo được và vì vậy có thể bị triệt tiêu dễ dàng nhờ một khâu bù nhiễu thông thường.

### 3.2. MÔ HÌNH TRẠNG THÁI GIÁN ĐOẠN CỦA MÁY PHÁT KĐB-RDQ

Nhờ phép tích phân lặp pt.(3.10) trong phạm vi một chu kỳ trích mẫu, ta thu được mô hình gián đoạn của máy. Mô hình đó sẽ là xuất phát điểm để thiết kế các khâu điều chỉnh sau này:

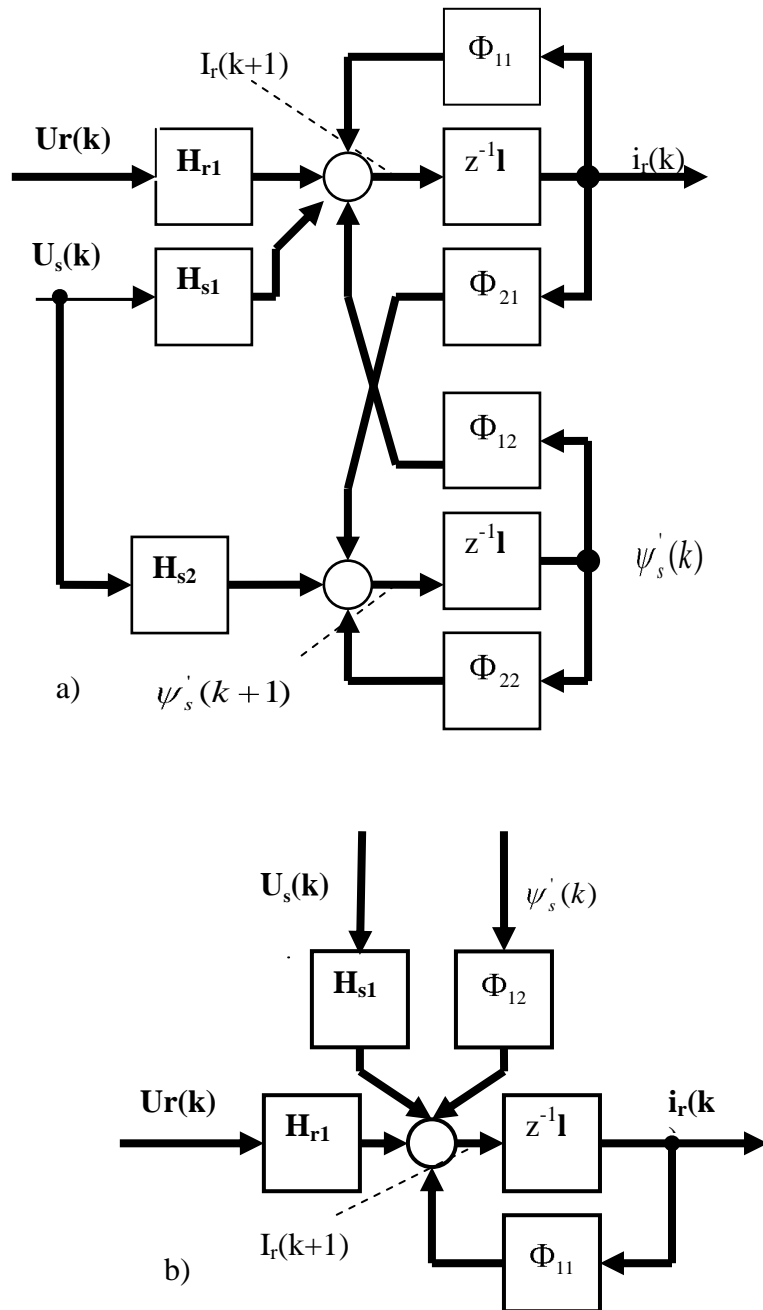
$$x(k+1) = \Phi x(k) + H_r u_r(k) \quad (3.13)$$

Ma trận quá độ trạng thái  $\Phi$ , các ma trận đầu vào  $H_s$  phía Stator,  $H_r$  phía Rotor có công thức như sau:

$$\Phi = \left[ \begin{array}{cc|cc} 1 - \frac{T}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) & \omega_r T & \frac{T}{T_s} \frac{1-\sigma}{\sigma} & -\frac{1-\sigma}{\sigma} \omega T \\ -\omega_r T & 1 - \frac{T}{\sigma} \left( \frac{1}{T_r} + \frac{1-\sigma}{T_s} \right) & \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega T & \frac{T}{T_s} \frac{1-\sigma}{\sigma} \\ \hline & \frac{T}{T_s} & 0 & 1 - \frac{T}{T_s} \\ & 0 & \frac{T}{T_s} & -\omega_s T \\ & & & \frac{T}{T_s} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c|c} \Phi_{11} & \Phi_{12} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} \end{array} \right]$$

$$H_s = \left[ \begin{array}{cc|cc} -\frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{T}{L_m} & 0 & \frac{T}{L_m} & 0 \\ 0 & -\frac{1-\sigma}{\sigma} \frac{T}{L_m} & 0 & \frac{T}{L_m} \\ \hline & & & \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} H_{s1} \\ H_{s2} \end{array} \right]; H_r = \left[ \begin{array}{cc|cc} \frac{T}{\sigma L_r} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{T}{L_r \sigma} & 0 & 0 \\ \hline & & & \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} H_{r1} \\ \underline{0} \end{array} \right] \quad (3.14)$$

Mô hình gián đoạn (3.13) của MP sử dụng ma trận con (3.14) được thể hiện trong hình (3.2a). Tách nửa trên ra thể hiện trên hình (3.2b), ta thu được mô hình dòng Rotor, xuất phát điểm để thiết kế khâu điều chỉnh dòng (ĐCD) sau này.



**Hình 3.2 a) Mô hình trạng thái gián đoạn theo pt.(3.13)**

**b) Mô hình dòng của máy phát KĐB-RDQ**

\*Nhận xét:

Từ hình (3.2b), ta thấy rất rõ ràng rằng hai đại lượng  $u_s$  và  $\psi_s$  - vì máy phát được ghép với lưới điện 3 pha ổn định – chỉ giữ vai trò hai đại lượng nhiễu biến thiên rất chậm và do đó có thể bị khử ảnh hưởng bằng một khâu bù xuôi đơn giản.

### 3.3 CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH PHÍA MÁY PHÁT.

#### 3.3.1 Mô hình dòng Rotor

Sau khi tách mô hình trạng thái gián đoạn pt.(3.10) của máy phát, ta thu được mô hình dòng Rotor ở hình 3.2b với phương trình sau đây:

$$i_r(k+1) = \Phi_{11}i_r(k) + \Phi_{12}\psi'_s(k) + H_{s1}u_s(k) + H_{r1}u_r(k) \quad (3.15)$$

Phương trình (3.15) có thể được viết lại dưới dạng thành phần cho hệ tọa độ dq:

$$\begin{cases} i_{rd}(k+1) = \Phi_{11}i_{rd}(k) + \Phi_{12}i_{rq}(k) + \Phi_{14}\psi'_{sq}(k) + h_{11r}u_{rd}(k) + h_{11s}u_{sd}(k) \\ i_{rq}(k+1) = -\Phi_{12}i_{rd}(k) + \Phi_{11}i_{rq}(k) + \Phi_{13}\psi'_{sq}(k) + h_{11r}u_{rq}(k) \end{cases} \quad (3.16)$$

Trong pt.(2.16), điện áp và từ thông Stator có thể được coi là các đại lượng nhiễu biến thiên chậm. Vì vậy, ảnh hưởng của chúng có thể bị khử một cách dễ dàng nhờ một khâu bù nhiễu. Tuy nhiên, vì các đại lượng đó gần như không đổi, chúng có thể bị thành phần tích phân (tiềm ẩn trong khâu DC dòng) bù một cách chính xác và đủ nhanh mà không cần thêm khâu bù bên ngoài. Điều này được chứng minh nhiều qua thực tế. Tuy nhiên, để đảm bảo tính chính xác, chặt chẽ về phương diện toán học, ta vẫn giữ nguyên khâu bù trong các xử lý tiếp theo.

Giả thiết  $y(k)$  là đầu ra của một khâu điều chỉnh vector  $R_I$  mà ta đang cần tìm, ta có thể viết phương trình có bù nhiễu sau:

$$u_r(k+1) = H_{r1}^{-1} [y(k) - \Phi_{12}\psi'_s(k+1) - H_{s1}u_s(k+1)] \quad (3.17)$$

Sau khi thay (3.17) vào (3.15) ta thu được mô hình dòng Rotor đã bù nhiễu:

$$i_r(k+1) = \Phi_{11}i_r(k) + y(k-1)$$

$$\text{hoặc } zi_r(z) = \Phi_{11}i_r(z) + z^{-1}y(z) \quad (3.18)$$

Vế  $y(k-1)$  trong pt.(3.18) chỉ rõ ràng một nhịp trễ do tính toán đã được xét đến.

### 3.3.2. Điều khiển cách ly công suất tác dụng P và công suất kháng Q bằng bộ điều chỉnh dòng hai chiều.

Các dẫn dắt ở trên đã chỉ ra rõ ràng: Điều kiện tiên quyết để có thể ĐK cách ly tốt 2 thành phần công suất P và Q chính xác là khâu ĐC hai chiều, bảo đảm áp đặt nhanh, chính xác và không tương tác (tách kênh, decoupled) hai thành phần dòng  $i_{rd}$  và  $i_{rq}$ .

Giả thiết ta sử dụng ma trận điều chỉnh  $R_I$  như trong hình 3.3. Khâu ĐC đó sẽ thỏa mãn phương trình sau trên miền z:

$$y(z) = R_I i_r^*(z) - i_r(z) \quad (3.19)$$

Chỉ số “\*” viết bên phải, trên cao: giá trị cần, giá trị đặt.

Sau khi thay (3.19) vào (3.18) ta thu được hàm truyền của mô hình dòng đã khép kín mạch vòng điều chỉnh.

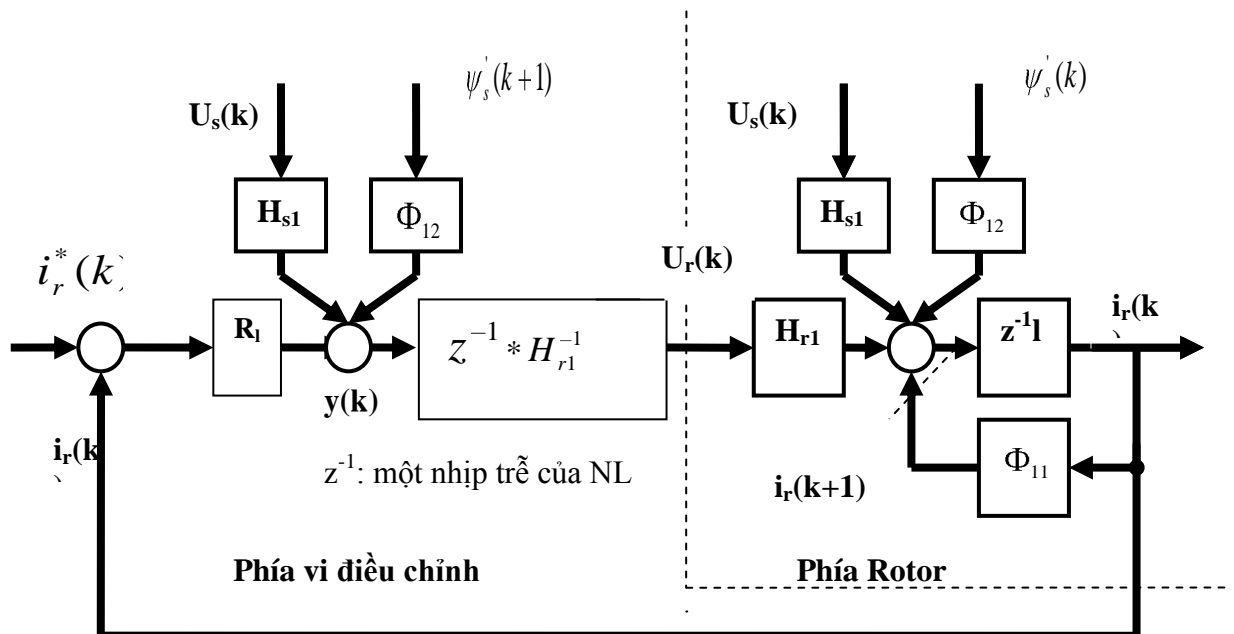
$$i_r(z) = z^{-1} \frac{I - \Phi_{11} + z^{-1}R_I}{1 - z^{-1}R_I} i_r^*(z) \quad (3.20)$$

Phương trình (3.20) sẽ thỏa mãn nếu ta sử dụng khâu điều chỉnh với điện áp ứng tức thời theo phương trình sau:

$$R_I = \frac{I - z^{-1}\Phi_{11}}{1 - z^{-2}} \quad (3.21)$$

Trong đó: **I** Ma trận đơn vị:





**Hình 3.3 Cấu trúc của khâu điều chỉnh dòng Rotor**

Khâu điều chỉnh theo (3.21) và hình (3.3) có đặc tính động học rất cao, chính xác và đồng thời bảo đảm cách ly tốt hai thành phần dòng  $i_{rq}$  và  $i_{rd}$ . Ngoài ra, ta cũng có thể thiết kế khâu ĐC dòng với đáp ứng hữu hạn.

### 3.4. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN PHI TUYẾN PHÍA MÁY PHÁT

#### 3.4.1 Đặt vấn đề.

Đối với các hệ thống ĐK cho MP điện, cấu trúc Đk tuyến tính trình bày ở mục 3.3 đã đáp ứng được các đòi hỏi rất cao về chất lượng. Tuy nhiên, cấu trúc ở hình 3.3 được thiết kế trên cơ sở mô hình dòng tuyến tính (3.15) thu được nhờ phép ”tuyến tính hóa trong phạm vi một chu kỳ trích mẫu” và thực hiện với điều kiện  $\omega_r = \text{const}$  trong phạm vi một chu kỳ trích mẫu. Trong thực tế vận hành, ta hay gặp các sự cố như sập điện áp lưới (sập theo tỷ lệ %), hay mất cân pha nghiêm trọng. Đó là những trường hợp mà điều kiện  $\omega_r = \text{const}$

không còn thỏa mãn, dẫn đến suy giảm chất lượng của phương pháp ĐK tuyến tính. Vì lý do ấy, một cấu trúc ĐK phi tuyến, phù hợp với bản chất phi tuyến của MP sẽ giúp tránh được nhược điểm trên.

### 3.4.2. Khái quát về phương pháp tuyến tính hóa chính xác

Xét lớp đối tượng phi tuyến có dạng:

$$\dot{x} = f(x) + H(x)u; y = g(x). \quad (3.22)$$

Với:

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{pmatrix}; u = \begin{pmatrix} u_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ u_m \end{pmatrix}; g() = \begin{pmatrix} g_1(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g(x) \end{pmatrix};$$

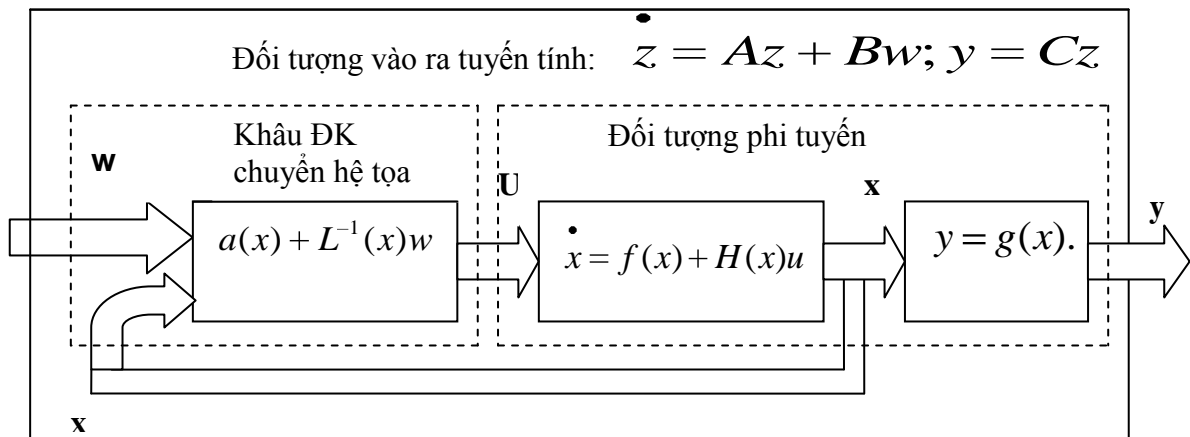
$$H(x) = [h_1(x), h_2(x), \dots, h_m(x)]$$

Nếu lớp đối tượng (3.22) thỏa mãn một số điều kiện (ví dụ: sự tồn tại của vector bậc tương đối, tính suy biến của ma trận L), ta có thể sử dụng phép chuyển hệ tọa độ:

$$z = \begin{pmatrix} z_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ z_n \end{pmatrix} = m(x) = \begin{pmatrix} g_1(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ L_f^{r_1-1} g_1(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_m(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ L_f^{r_m-1} g_m(x) \end{pmatrix} \quad (3.23)$$

Để chuyển (3.22) từ hệ tọa độ trạng thái  $x$  sang hệ tọa độ trạng thái  $z$  mới:

$$\dot{z} = Az + Bw; y = Cz \quad (3.24)$$



**Hình 3.4 Chuyển hệ tọa độ trạng thái (TTHCX) cho đối tượng phi tuyến**

Trên hệ tọa độ trạng thái  $z$ , phương trình (3.24) có đặc điểm của một hệ vào-ra tuyến tính với công thức của các ma trận  $A, B, C$  sẽ được đưa ra cho các trường hợp cụ thể sau. Vector biến vào nguyên thủy  $u$  được ĐK theo luật sau:

$$\begin{aligned}
L(x) &= \begin{cases} L_h L_f^{r-1} g_1(x) \dots L_h L_f^{r-1} g_1(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ L_h L_f^{r-1} g_m(x) \dots L_h L_f^{r-1} g_m(x) \end{cases} \\
u &= a(x) + L^{-1}(x)w \text{ với} \\
a(x) &= -L^{-1}(x) \begin{pmatrix} L_f^r g_1(x) \\ \cdot \\ \cdot \\ L_f^r g_m(x) \end{pmatrix}
\end{aligned} \tag{3.25}$$

### 3.4.3. Đặc điểm phi tuyến của mô hình máy phát KĐB-RDQ

Sau khi thay thế tham số của máy bởi các kí hiệu:

$a = 1/(\sigma T_r) + (1 - \sigma)/(\sigma T_s)$ ,  $b = (1 - \sigma)/(\sigma)$ ,  $c = (1)/(\sigma L_r)$ ,  $d = (1 - \sigma)/(\sigma L_m)$ ,  $e = (1 - \sigma)/(\sigma T_s)$  (chú ý: Các kí hiệu a, b, c, d, e chỉ có ý nghĩa tại mục này), máy điện KĐB-RDQ được mô tả trên hệ tọa độ dq như sau:

$$\begin{cases} \dot{i}_{rd} = -a i_{rd} + \omega_r i_{rq} + e \psi'_{sd} - b \omega \psi'_{sq} + c u_{rd} - d u_{sd} \\ \dot{i}_{rq} = -a i_{rq} - \omega_r i_{rd} + e \psi'_{sq} + b \omega \psi'_{sd} + c u_{rq} + d u_{sq} \\ \dot{\psi}'_{sd} = i_{rd} / T_s - \psi'_{sd} / T_s + \omega_s \psi'_{sq} + u_{sd} / L_m \\ \dot{\psi}'_{sq} = i_{rq} / T_s - \psi'_{sq} / T_s - \omega_s \psi'_{sd} + u_{sq} / L_m \\ \dot{v}_r = \omega_r \end{cases} \tag{3.26}$$

Sau khi định nghĩa các tham số mới, ta có thể chuyển viết (2.26) dưới dạng cơ bản như công thức (3.22):

$$\begin{aligned}
x &= \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} i_{rd} \\ i_{rq} \\ v_r \end{pmatrix}; u = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e\psi'_{sd} - b\omega\psi'_{sq} + cu_{rd} - du_{sd} \\ e\psi'_{sq} + b\omega\psi'_{sd} + cu_{rq} + du_{sq} \\ \omega_r \end{pmatrix} \\
y &= \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x) \\ g_2(x) \\ g_3(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}; f(x) = \begin{bmatrix} -ax_1 \\ -ax_2 \\ - \end{bmatrix} \\
h_1 &= \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; h_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; h_2(x) = \begin{bmatrix} x_2 \\ -x_1 \\ 1 \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{3.27}$$

Trong mô hình (3.27), hai đại lượng nhiễu  $u_s$  và  $\psi_s$  đã được đưa vào các biến ĐK  $u_1$  và  $u_2$ . Vector biến vào  $u$  được bổ sung thêm biến  $\omega_r$  là điều đúng với bản chất của máy điện. Mô hình (3.27) chỉ rõ đặc điểm "cấu trúc phi tuyến" của đối tượng, một đặc điểm chỉ có thể chế ngự tốt bởi một giải pháp điều khiển phi tuyến.

#### 3.4.4. Điều khiển cách ly công suất tác dụng P và công suất kháng Q bằng cấu trúc thiết kế theo phương pháp tuyến tính hóa chính xác (TTHCX).

Điều kiện tuyến tính hóa chính xác phần mô hình dòng Rotor – hai phương trình đầu tiên của hệ pt.(3.8). Theo pt.(3.25), ta dễ dàng tìm được hàm điều khiển truyền động trạng thái dưới đây cho mô hình dòng Rotor của máy điện không đồng bộ nguồn kép:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}}_u = \underbrace{\begin{bmatrix} ax_1 \\ ax_2 \\ 0 \end{bmatrix}}_{a(x)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_2 \\ 0 & 1 & x_1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}}_{L^{-1}(x)} \underbrace{\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix}}_w \tag{3.28}$$

Kết quả cuối cùng là mô hình thay thế trên hệ tọa độ trạng thái mới có dạng tổng quát như pt.(3.24) với hai đặc điểm vào ra tuyến tính và thiết kế tuyến tính đã được đề cập đến. Có thể chỉ ra ngay hai tính chất quan trọng khi áp dụng TTHCX cho đối tượng máy phát loại KĐB-RDQ, đó là:

- Tính chất 1: Có thể áp dụng các phương pháp thiết kế ĐK tuyến tính quen biết cho đối tượng (3.24). Với tính chất này, khi thiết kế khâu ĐC dòng

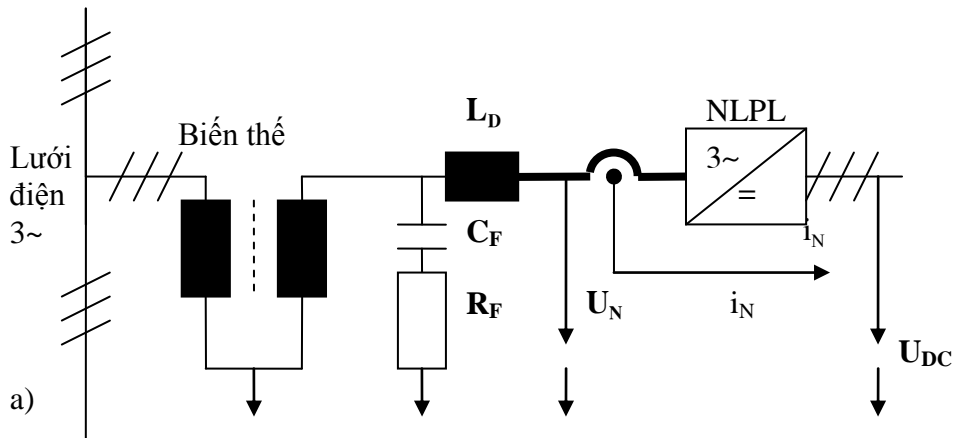
Rotor ta không còn phụ thuộc vào điều kiện  $\omega_r$  là hằng trong một chu kỳ trích mẫu.

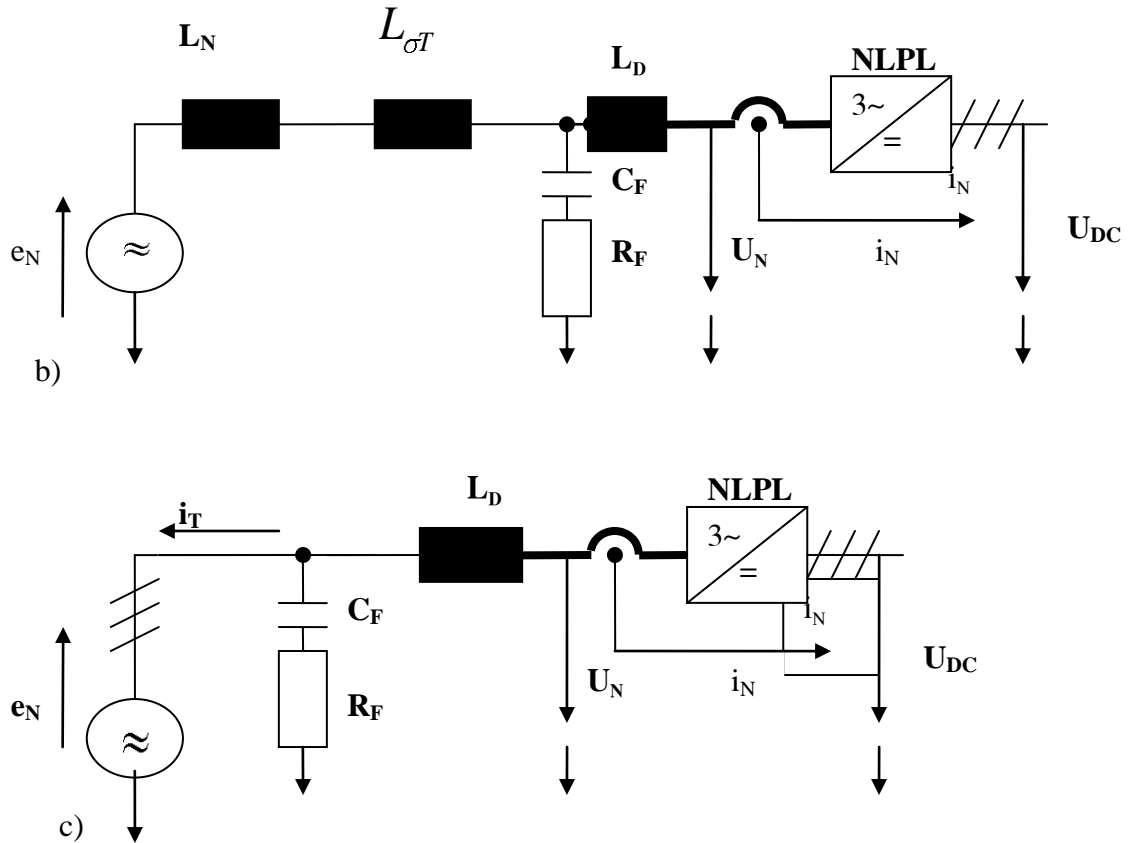
- Tính chất 2: Mô hình (3.24) còn có đặc điểm tách kênh vào – ra. Với đặc điểm này, việc ĐK cách ly hai quá trình tạo công suất tác dụng P và phản kháng Q đã trở lên vô cùng đơn giản.

Như mục 3.3 đã giới thiệu, chìa khóa của hệ thống ĐK máy phát KĐB-RDQ chính là mạch vòng ĐC dòng Rotor trên hệ tọa độ dq, sử dụng 2 thành phần dòng Rotor  $i_{rd}$  và  $i_{rq}$  làm các biến ĐK cách ly công suất tác dụng P (ĐK mômen  $m_G$ ) công suất phản kháng Q (ĐK hệ số công suất  $\cos \varphi$ ). Dễ dàng nhận thấy, tại đây ta cũng có thể thay thế khâu ĐC 2 chiều  $R_I$  bởi một cấu trúc mới với khâu ĐK chuyển hệ tọa độ trạng thái và 2 khâu ĐC  $R_{Ird}$ ,  $R_{Irq}$  riêng rẽ cho 2 thành phần dòng đã tách kênh.

### 3.5. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN PHÍA LƯỚI

#### 3.5.1. Mô hình toán mạch điện phía lưới.





**Hình 3.5 Sơ đồ mạch điện phía lưới: a) Sơ đồ tổng quát ;  
b) Sơ đồ thay thế và c) Mô hình dòng phía lưới.**

Đầu ra của NLPL thường được ghép với lưới thông qua cảm kháng  $L_D$  (có điện trở cuộn dây là  $R_D$ ), qua khâu lọc  $R_C$  và biến áp (hình 3.5a). Điện cảm của lưới cho trước là  $L_N$ , biến áp được thay thế tương đương bởi điện cảm tiêu tán  $L_{OT}$  và điện áp lưới được thay bởi nguồn áp  $e_N$ , từ đó ta có sơ đồ mạch điện phía lưới như hình 3.5b. Vì tổng điện áp rơi trên biến thế và điện cảm lưới rất nhỏ so với điện áp rơi trên khâu lọc, ta có thể bỏ qua chúng và thu được sơ đồ tối giản phục vụ thiết kế ở hình 3.5c .

Ở trạng thái xác lập, ta thu được phương trình lọc  $R_C$  từ hình 3.5c như sau:

$$e_N = \frac{1}{j\omega_s C_F} i_F + R_F i_F \quad (3.29)$$

Trên hệ tọa độ THĐAL với  $e_N = e_{Nd} + je_{Nq}$ , trong đó  $e_{Nq} = 0$  ta có thể viết:

$$\begin{cases} e_{Nd} = R_F i_{Fd} - \frac{1}{\omega_s C_F} i_{Fq} \\ 0 = R_F i_{Fq} + \frac{1}{\omega_s C_F} i_{Fd} \end{cases} \quad (3.30)$$

Trong đó  $i_F = i_{Fd} + ji_{Fq}$ . Nhờ phương trình 3.30 ta có thể tính chính xác giá trị của các thành phần dòng  $i_{Fd}$ ,  $i_{Fq}$  ở chế độ xác lập, các thành phần dòng kể trên cùng với điện áp lưới là không đổi, vì vậy đối với mạch vòng DC dòng phía lưới chúng cũng chỉ giữ vai trò của các đại lượng nhiễu cố định. Tương tự khâu dòng DC dòng Rotor, các đại lượng nhiễu phía lưới cũng có thể bị triệt tiêu ảnh hưởng nhờ khâu bù nhiễu hoặc nhờ thành phần tích phân tiềm ẩn trong thuật toán điều chỉnh dòng.

Từ hình 3.6c ta có thể xây dựng các pt.dòng áp phía lưới như sau:

$$\begin{cases} u_N = R_D i_N + L_D \frac{di_N}{dt} + e_N \\ i_N = i_T + i_F \end{cases} \quad (3.31)$$

Sau khi chuyển pt.(3.31) sang hệ tọa độ dq đồng thời thế dòng  $i_N$  trong phương trình thứ nhất bởi  $i_N$  thuộc phương trình thứ 2 ta thu được phương trình điện áp mới.

$$\begin{aligned} u_N &= R_D i_T + L_D \frac{di_T}{dt} + e_{Nv} + j\omega_s L_D i_T \\ e_{Nv} &= R_D i_F + e_N + j\omega_s L_D i_F = e_{Nvd} + je_{Nvq} \\ L_D \frac{di_F}{dt} &= 0 \end{aligned} \quad (3.32)$$

Phương trình (3.32) có thể được viết lại dưới dạng mô hình trạng thái như sau:



$$\begin{cases} \frac{di_{Td}}{dt} = -\frac{1}{T_D} i_{Td} + \omega_s i_{Tq} + \frac{1}{L_D} (u_{Nd} - e_{Nvd}) \\ \frac{di_{Tq}}{dt} = -\frac{1}{T_D} i_{Tq} - \omega_s i_{Td} + \frac{1}{L_D} (u_{Nq} - e_{Nvq}) \end{cases} \quad (3.33)$$

Từ (3.33) ta thu được ngay mô hình dòng gián đoạn phía lưới như sau:

$$i_T(k+1) = \Phi_N i_T(k) + H_N u_N(k) - H_N e_{Nv}(k)$$

Với  $\Phi_N = \begin{bmatrix} 1 - \frac{T}{T_D} & \omega_s T \\ -\omega_s T & 1 - \frac{T}{T_D} \end{bmatrix}; H_N = \begin{bmatrix} \frac{T}{L_D} & 0 \\ 0 & \frac{T}{L_D} \end{bmatrix}$  (3.34)

Mô hình (3.34) chính là xuất phát điểm để thiết kế khâu ĐC dòng phía lưới. Giả thiết rằng ta chỉ trực tiếp đo dòng  $i_N$  ở đầu ra của NLPL, vậy ta phải sử dụng pt.(3.30) để tính dòng rồi sau đó nhờ pt.(3.31) tính giá trị thực dòng lưới (dòng biến thế)  $i_R$ .

#### 2.2.4.2. Cấu trúc điều khiển

Như trên đã chỉ ra: Then chốt của cấu trúc ĐK phía lưới là khâu ĐC dòng hai chiều, cho phép áp đặt nhanh và chính xác 2 thành phần dòng phía lưới là  $i_{Nd}$  và  $i_{Nq}$  (hình 3.6)

Trình tự thiết kế khâu ĐC dòng phía lưới cũng giống hệt như phía Rotor của MP. Giả thiết là biến  $y_N(k)$  đầu ra của khâu điều chỉnh vector  $R_{IN}$ , ta có thể viết pt. điều chỉnh sau, trong đó đã có bù nhiễu và trễ thời gian tính:

$$u_N(k+1) = H_N^{-1} [y_N(k) + H_N e_{Nv}(k+1)] \quad (3.35)$$

Thay (2.35) vào (2.34) ta thu được mô hình dòng đã bù nhiễu sau đây:

$$i_T(k+1) = \Phi_N i_T(k) + y_N(k-1) \quad (3.36)$$

Tại đây ta có hai nhận xét:

- Mô hình dòng phía lưới có cấu trúc hoàn toàn tương tự như mô hình dòng Rotor (3.18).

-  $e_{NV}$  chỉ giữ vai trò của đại lượng nhiễu cố định và vì vậy ảnh hưởng của nó có thể bị loại trừ chỉ nhờ thành phần tích phân tiềm ẩn trong khâu DC dòng mà không cần bất kỳ khâu bù phụ nào.

Để thu được đáp ứng tức thời đồng thời cách ly tốt hai thành phần của vector dòng, ta có thể sử dụng ngay khâu DC như pt.(3.21)

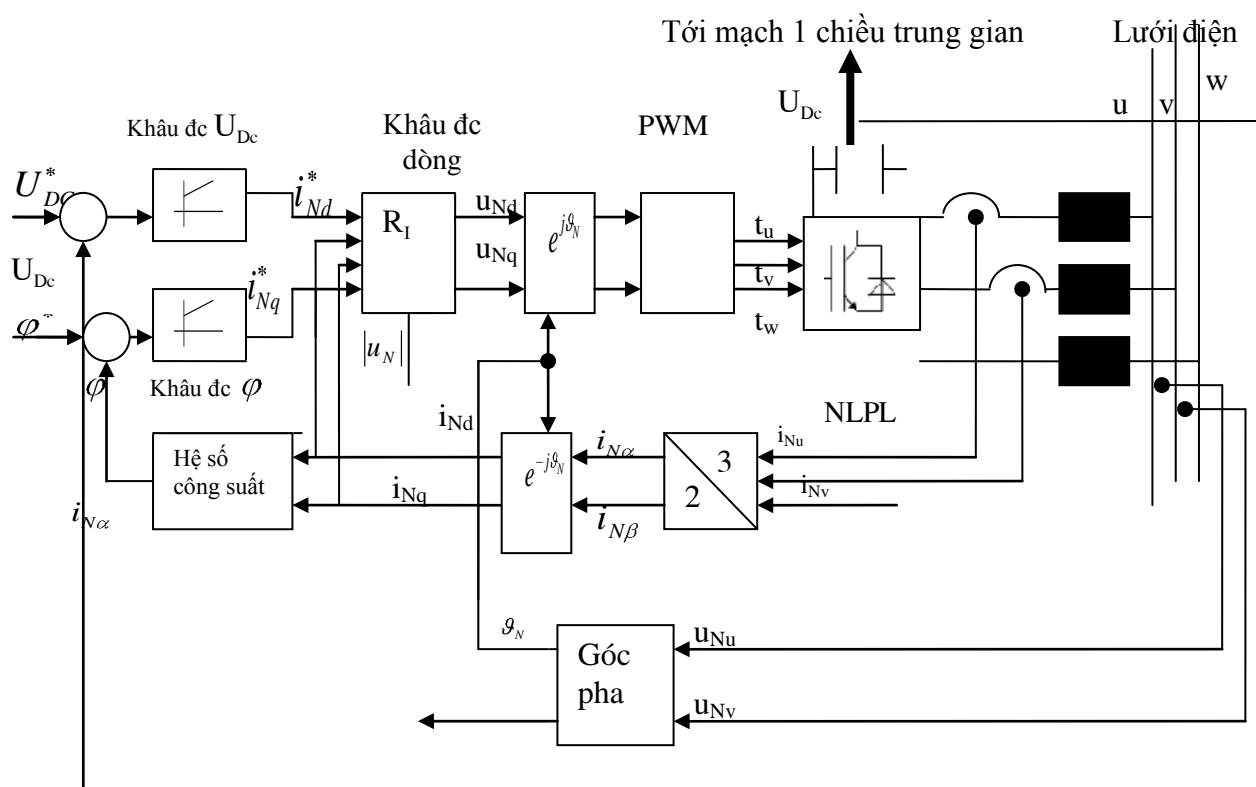
$$R_{IN} = \frac{I - z^{-1}\Phi_N}{1 - z^{-2}} \quad (3.37)$$

Bỏ qua khâu bù phụ thêm, ta thu được nhờ pt. (3.37) tính cụ thể của khâu ĐCD như sau:

$$\begin{cases} u_{Nd}(k+1) = \frac{L_D}{T} \left[ x_{Td}(k) - \left(1 - \frac{T}{T_D}\right) x_{Td}(k-1) - \omega_s T x_{Tq}(k-1) + y_{Nd}(k-2) \right] \\ u_{Nq}(k+1) = \frac{L_D}{T} \left[ x_{Tq}(k) - \left(1 - \frac{T}{T_D}\right) x_{Tq}(k-1) + \omega_s T x_{Td}(k-1) + y_{Nq}(k-2) \right] \end{cases} \quad (3.38)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} x_T &= x_{Td} + jx_{Tq}; x_{Td} = i_{Td}^* - i_{Td}; x_{Tq} = i_{Tq}^* - i_{Tq} \\ y_N &= y_{Nd} + jy_{Nq} \end{aligned}$$



**Hình 3.6 Cấu trúc điều khiển phía lưới với khâu ĐC vector dòng.**

Tuy rằng về lý thuyết các biến động của đại lượng nhiễu  $e_{Nv}$  có thể được thành phần I tiềm ẩn trong (3.37) san bằng và vì vậy ta có thể bỏ qua không cần khâu bù phụ ở (3.38), thiết bị chỉ có thể hoạt động dưới điều kiện:  $y_N$  nhận được giá trị ban đầu chuẩn xác.

$$y_N(k=0) = -H_N e_{Nv}(k=0) \quad (3.39)$$

Với ( $k=0$ ) tính theo các phương trình (3.30) và (3.31). Khâu ĐC theo (3.37)-(3.39) có độ tin cậy cao và kém nhạy tham số, đó là ưu điểm lớn. Tuy nhiên, có thể tồn tại khả năng là  $L_D$  không đủ lớn, dẫn đến méo dạng hình sin của dòng  $i_T$  do khâu điều chỉnh có tính động cao (đáp ứng tức thời). Đây là điều mà các nhà quản lý lưới điện khó chấp nhận. Chỉ có hai khả năng khắc phục, hoặc ta thiết kế  $L_D$  chuẩn xác hơn, hoặc ta chọn giải pháp điều chỉnh có tốc độ chậm hơn. Ví dụ: với tốc độ đáp ứng hữu hạn, thỏa mãn các yêu cầu trên, ta có thể bảo đảm rất tốt dạng hình sin  $\varphi$  cho dòng phía lưới  $i_T$  đặc biệt khi MP phát huy hết công suất.

- Nhận xét:

- Lưới điện trong hình có thể là lưới điện quốc gia (khi hệ thống phát điện có hòa lưới ) hoặc chỉ là lưới phụ tải cục bộ (khi hệ thống phát điện không hòa lưới).

- Cấu trúc điều khiển phía lưới không chỉ góp phần điều khiển cách ly một cách chắc chắn hai thành phần công suất tác dụng P và công suất phản kháng Q trong mọi chế độ vận hành. Bằng cách cài đặt một phương pháp điều khiển thích hợp, ta có thể loại trừ được các thành phần hài phát lên lưới (vai trò lọc tích cực) hay bù hệ số công suất  $\cos \varphi$  mà không cần đến tụ bù.

## KẾT LUẬN

Sau thời gian thực hiện đề tài tốt nghiệp với sự hướng dẫn tận tình của các thầy cô trong bộ môn Điện công nghiệp, đặc biệt là sự chỉ bảo và giúp đỡ tận tình của thầy giáo TS.Nguyễn Tiến Ban cùng những cố gắng của bản thân, em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp “Máy điện dị bộ, nghiên cứu máy điện dị bộ nguồn kép trong chế độ máy phát sử dụng động cơ lai có tốc độ dải rộng”.

Đề án đã hoàn thành một số công việc:

- Nghiên cứu máy điện dị bộ làm việc trong chế độ máy phát.
- Nghiên cứu hệ thống máy phát điện dị bộ nguồn kép.
- Xây dựng các mô hình toán của hệ thống DFIG.

Do điều kiện khách quan và chủ quan đề tài còn có một số khuyết điểm và hướng nghiên cứu của đề tài là thực hiện mô phỏng, các mô hình điều khiển máy điện dị bộ nguồn kép trên nền MATLAB & Simulink để lấy kết quả phục vụ cho việc ứng dụng thực tế sau này.

Nghiên cứu máy phát dị bộ nguồn kép là một lĩnh vực mới và có nhiều khó khăn vì vậy cuốn đề án mới dừng lại ở 3 nội dung đã tổng kết ở phía trên. Tác giả mong nhận được sự đóng góp của các thầy cô và các bạn.

Xin chân thành cảm ơn.

Hải Phòng, ngày 12 tháng 7 năm 2010.

Sinh viên thực hiện

Hoàng Xuân An

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. PGS. TSKH Thân Ngọc Hoàn, (2005), *Máy điện*, Nhà xuất bản xây dựng.
- [2]. Lê Văn Doanh, Nguyễn Thế Công, Trần Văn Thịnh,(2005), *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản khoa học - kỹ thuật.
- [3]. PGS. TSKH Thân Ngọc Hoàn, TS Nguyễn Tiến Ban, *Điều khiển tự động các hệ thống truyền động điện*, (2007), Nhà xuất bản khoa học - kỹ thuật.
- [4]. Nguyễn Phùng Quang, (Hà Nội 4/1998), *Máy điện dị bộ nguồn kép dùng làm máy phát trong hệ thống phát điện chạy sức gió: Các thuật toán điều chỉnh bảo đảm phân ly giữa mômen và các hệ số công suất* , Tuyển tập hội nghị toàn quốc lần thứ 3 về tự động hóa, tr. 413-437.
- [5]. Nguyễn Phùng Quang; A. Dittrich, ( 2006), *Truyền động điện thông minh*, Nhà xuất bản khoa học - kỹ thuật.
- [6]. Cao Xuân Tuyền, Nguyễn Phùng Quang,( Hà Nội 6/2005), *Các thuật toán phi tuyến trên cơ sở kỹ thuật Backstepping điều khiển máy điện dị bộ nguồn kép trong hệ thống phát điện chạy sức gió*, Hội nghị toàn quốc lần thứ 6 về tự động hóa, tr. 545-550.
- [7]. Nguyễn Quang Tuấn, Phạm Lê Chi, Nguyễn Phùng Quang, (2005), *Cấu trúc tách kênh trực tiếp điều khiển hệ thống máy phát điện không đồng bộ nguồn kép*, Chuyên san “ Kỹ thuật điều khiển tự động”, số 6(2), tr. 28-35,tạp chí Tự động hóa ngày nay.

# MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU .....	1
CHƯƠNG 1.....	3
MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ .....	3
TRONG CHẾ ĐỘ MÁY PHÁT .....	3
1.1. MÁY PHÁT ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ.....	3
1.1.1. Máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn.....	4
1.1.1.1. Cấu tạo của máy phát điện không đồng bộ rotor dây quấn.....	4
1.1.1.2. Nguyên lý hoạt động của máy phát không đồng bộ rotor dây quấn.....	8
1.1.2.1. Cấu tạo máy phát điện không đồng bộ rotor lồng sóc.....	10
1.1.2.2. Nguyên lý hoạt động của máy phát không đồng bộ rotor lồng sóc	
1.2. BIẾN TẦN .....	15
1.2.1. Giới thiệu chung.....	15
1.2.2. Biến tần gián tiếp .....	15
1.2.2.1. Biến tần dùng nghịch lưu dòng .....	17
1.2.2.2. Biến tần dùng nghịch lưu áp .....	18
1.2.3. Linh kiện bán dẫn điều khiển hoàn toàn IGBT (insulated gate bipolar transistor) .....	19
1.2.4. Các khối trong biến tần gián tiếp .....	23
1.2.4.1. Khối chỉnh lưu có điều khiển .....	23
1.2.4.2. Khối nghịch lưu.....	25
CHƯƠNG 2.....	31
HỆ THỐNG MÁY PHÁT KHÔNG ĐỒNG BỘ NGUỒN KÉP.....	31
2.1. ĐẶT VẤN ĐỀ.....	31
2.2. CẤU TẠO CỦA MÁY PHÁT DFIG: .....	33
2.3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT DFIG: .....	35
2.4. PHẠM VI HOẠT ĐỘNG CỦA MÁY PHÁT KĐB – RDQ.....	38
CHƯƠNG 3.....	39
MÔ HÌNH MÁY PHÁT KHÔNG ĐỒNG BỘ ROTOR DÂY QUẤN – XÂY DỰNG TRÊN CƠ SỞ ĐIỀU KHIỂN.....	39
3.1. MÔ HÌNH TOÁN CỦA MÁY PHÁT KĐB-RDQ .....	39
3.2. MÔ HÌNH TRẠNG THÁI GIÁN ĐOẠN CỦA MÁY PHÁT KĐB-RDQ .....	44
3.3. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN TUYẾN TÍNH PHÍA MÁY PHÁT. ....	46
3.3.1. Mô hình dòng Rotor .....	46
3.3.2. Điều khiển cách ly công suất tác dụng P và công suất kháng Q bằng bộ điều chỉnh dòng hai chiều. ....	47
3.4. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN PHI TUYẾN PHÍA MÁY PHÁT .....	48
3.4.1. Đặt vấn đề.....	48
3.4.2. Khái quát về phương pháp tuyến tính hóa chính xác.....	49
3.4.3. Đặc điểm phi tuyến của mô hình máy phát KĐB-RDQ .....	51

3.4.4. Điều khiển cách ly công suất tác dụng P và công suất kháng Q bằng cấu trúc thiết kế theo phương pháp tuyến tính hóa chính xác (TTHCX) .	52
3.5. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN PHÍA LƯỚI	53
3.5.1. Mô hình toán mạch điện phía lưới.	53
2.2.4.2. Cấu trúc điều khiển	56
KẾT LUẬN	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO	61