

LỜI MỞ ĐẦU

Hiện nay ở Việt Nam nói riêng và thế giới nói chung nhu cầu về năng lượng điện ngày một tăng cao trong đó các nhà máy điện sử dụng nguồn năng lượng truyền thống như thủy điện nhiệt điện... là các dạng năng lượng đang ngày càng cạn kiệt và gây mất cân bằng sinh thái ô nhiễm môi trường. Nguồn điện năng khai thác từ các nhà máy nguyên tử có chi phí lớn và cũng tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn. Bởi vậy việc sử dụng nguồn năng lượng sạch có khả năng tái tạo như năng lượng gió, năng lượng mặt trời là một xu hướng đang được phát triển mạnh trên thế giới. Tuy nhiên nguồn năng lượng mặt trời cũng đang trong giai đoạn phát triển và mới chỉ được thực hiện với công suất nhỏ. Do vậy việc sử dụng nguồn năng lượng tái tạo từ gió đang ngày càng được phát triển ở nhiều quốc gia trên toàn cầu.

Với nhu cầu trên, em được giao đề tài: ***“Nghiên cứu mô phỏng hệ thống điều khiển máy phát điện đồng bộ”***

Trong quá trình làm đồ án, được sự giúp đỡ hướng dẫn nhiệt tình của thầy giáo hướng dẫn và các bạn em đã hoàn thành được đồ án này. Tuy nhiên do trình độ có hạn, bản đồ án không thể tránh khỏi những thiếu sót.

Em mong nhận được sự góp ý của các thầy cô giáo và các bạn.

Hải Phòng, ngày....tháng...năm

CHƯƠNG 1.

NGUYÊN LÝ VÀ CẤU TẠO MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ 3 PHA

1.1. KHÁI QUÁT VỀ MÁY ĐIỆN

1.1.1. Khái niệm

Máy điện là thiết bị điện từ, nguyên lý làm việc dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Máy điện dùng để biến đổi dạng năng lượng như cơ năng thành điện năng và ngược lại. Hoặc dùng để biến đổi thông số như điện áp hoặc dòng điện.

1.1.2. Cấu tạo máy điện

Các phần tử cấu trúc của máy điện có thể chia thành:

- a. Mạch điện b. Mạch từ
- c. Các phần tử cơ khí d. Phần làm mát máy.

Người ta cũng còn có thể chia ra phần quay (rô to) và phần tĩnh (stato). Ngoài 2 phần cơ bản là mạch điện và mạch từ, người ta còn dùng các phần cơ khí phụ như: màng che, vỏ, nắp ổ bi để đảm bảo cho người sử dụng không chạm vào các phần quay hoặc các phần mang điện trong khi làm việc và ngăn cản không cho các vật rắn, nước lọt vào trong máy hoặc để các tia lửa lọt ra ngoài. Cách làm trên gọi là bảo vệ.

1.2. MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ

1.2.1. Khái niệm

Máy điện đồng bộ là loại máy điện xoay chiều có tốc độ quay của rô to bằng tốc độ từ trường quay. Hầu hết các máy điện đồng bộ làm việc như máy phát có tần số 50 Hz hoặc 60Hz. Máy điện đồng bộ cũng có thể làm việc như động cơ đồng bộ công suất lớn. Máy điện đồng bộ còn được dùng làm máy bù đồng bộ nhằm cải thiện hệ số công suất của lưới điện một xí nghiệp hay một nhà máy.

1.2.2. Cấu tạo

Cấu tạo của máy phát đồng bộ về nguyên lý thì có thể đặt phần cảm ở roto và phần ứng ở stator hoặc ngược lại. Tuy nhiên, thực tế các máy phát điện đồng bộ luôn chọn phần cảm (phần tạo ra từ trường chính) nằm trên roto còn phần ứng (phần tạo nên sức điện động cung cấp dòng điện cho phụ tải) đặt trên stator, lý do chủ yếu là với các máy điện có công suất lớn việc dẫn điện ba pha từ rotor ra ngoài cung cấp cho phụ tải gặp rất nhiều phiền phức khi phải thông qua vành trượt, chổi than. Như vậy, trong thực tế hầu hết các máy phát đồng bộ stator đóng vai trò phần ứng còn rotor đóng vai trò phần cảm. Máy điện xoay chiều thì dù là phần ứng hay phần cảm mạch từ cũng đều phải được chế tạo từ thép lá kỹ thuật điện (thép được pha chế một hàm lượng silic nhất định, có độ từ thẩm lớn $\mu > 1$, tổn hao từ trễ và dòng xoáy nhỏ...), được cán nóng hay cán lạnh, có độ dày từ 0,35 đến 0,5 mm, được dập định hình theo thiết kế, sơn cách điện rồi ghép chặt lại với nhau. Dây dẫn điện của máy phát điện đồng bộ được làm bằng các kim loại màu như đồng, nhôm và hợp kim của chúng, trong đó đồng mềm (99% Cu) là vật liệu cơ bản làm cuộn dây vì độ dẫn điện tốt, hệ số nhiệt điện trở nhỏ... Vì stator là phần ứng nên nó được quấn cuộn dây ba pha, các cuộn dây này có trục đặt lệch nhau 120° điện. Gọi là cuộn dây nhưng với các máy điện có công suất lớn, dây dẫn phần ứng thường là các thanh đồng đặt trong các rãnh xẻ sẵn trên stator, chính vì vậy công nghệ chế tạo máy phát điện đồng bộ có nhiều công đoạn khác biệt với các cách quấn dây các động cơ điện thông thường. Cuộn dây phần cảm tạo ra từ trường chính nằm trên rotor của máy điện đồng bộ. Rotor của máy điện đồng bộ thường được chế tạo theo hai dạng: rotor cực ẩn dùng cho các máy cao tốc (từ 1500 vòng/phút trở lên) và rotor cực hiện (cực lồi) thường dùng cho các loại máy phát có tốc độ từ 1500 vòng/phút trở xuống. Cách bố trí các cuộn dây kích từ trên rotor máy điện đồng bộ cũng hoàn toàn khác nhau trong đó ở rotor cực ẩn cuộn dây được quấn rải trên $\frac{3}{4}$ chu vi ngoài của rotor, còn ở rotor cực hiện cuộn dây kích từ được quấn tập trung trên các cực từ, các cuộn dây này

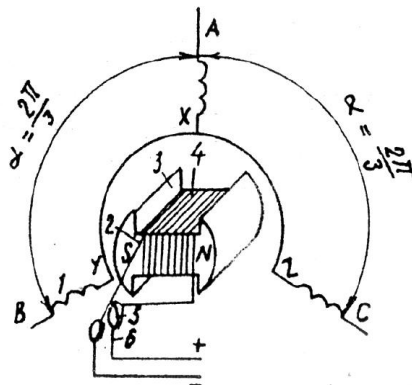
có thể nhìn rất rõ khi rút rotor máy điện đồng bộ ra khỏi stator. Vật liệu cách điện dùng cho máy điện đồng bộ có những đặc điểm sau: có tính cách điện tốt, chịu được nhiệt độ biến động thay đổi trong 1 phạm vi lớn, có độ bền cơ học cao, chịu và chống được ẩm cũng như tác động của các loại hóa chất. Tuổi thọ của chất cách điện hoàn toàn phụ thuộc vào nhiệt độ và môi trường công tác. Chất cách điện được phân làm 7 loại khác nhau ứng với khả năng chịu được nhiệt độ cao trong quá trình làm việc. Cấp cách điện bao gồm: Loại Y- 95, A-105, E-120, B-130, F-155, H-180, C>180.

Vỏ các máy đồng bộ có gắn bảng định mức chứa các thông số sau:

- điện áp định mức [V, KV]
- dòng định mức [A, KA]
- tần số định mức [Hz]
- Hệ số công suất định mức $\cos\varphi_{dm}$.
- Dòng kích từ định mức.
- Điện áp kích từ định mức.
- Công suất định mức [VA, KVA]
- Vòng quay định mức[V/p]

1.3. NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG MÁY ĐIỆN ĐỒNG BỘ 3 PHA

1.3.1. Sơ đồ máy phát đồng bộ



Hình 1.1: Sơ đồ máy phát điện đồng bộ 3 pha 2 cực

Trên hình 1.1 biểu diễn sơ đồ máy phát điện đồng bộ 3 pha 2 cực[4]. Cuộn dây phần ứng đặt ở stato còn cuộn dây phần cảm đặt ở rôto. Cuộn dây kích từ được nối với nguồn kích từ (dòng 1 chiều) qua hệ thống chổi than.

Để nhận được điện áp 3 pha trên chu vi stato ta đặt 3 cuộn dây cách nhau 120° và được nối sao (có thể nối tam giác). Dòng điện một chiều tạo ra từ trường không đổi. Bây giờ ta gắn vào trục rôto một động cơ lai và quay với tốc độ n . Ta được một từ trường quay tròn có từ thông chính ϕ khép kín qua rôto, cực từ và lõi thép stato. Từ thông này sẽ cắt các thanh dẫn phần ứng làm xuất hiện trong 3 cuộn dây 3 suất điện động như sau :

$$e_A = E_m \sin \omega t ; \quad e_B = E_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) ; \quad e_C = E_m \sin \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right)$$

Tần số biến thiên (ω) của các sđđ này phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto. Nếu số cặp cực là p thì tần số biến thiên của dòng điện sẽ là :

$$f = \frac{n \cdot p}{60} \quad (HZ) \quad (1.1)$$

Như vậy tần số biến thiên của dòng điện phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto và số đôi cực.

Nếu ba pha của máy điện được tải bằng 3 tải đối xứng, ta có 3 pha đối xứng.

Theo nguyên lý tạo từ trường quay nên trong máy phát đồng bộ lúc này cũng xuất hiện từ trường quay mà tốc độ được xác định bằng biểu thức :

$$n_{tt} = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (1.2)$$

Thay (1.1) vào (1.2) ta có $n = n_{tt}$. Nghĩa là trong máy đồng bộ tốc độ quay của rôto (tốc độ quay của từ trường kích từ) và tốc độ quay của từ trường tải bằng nhau. Hai từ trường này ở trạng thái nghỉ với nhau.

1.3.2. Các đặc tính máy phát đồng bộ

Để phân tích máy đồng bộ người ta dựa vào các đặc tính lấy được từ thí nghiệm hay xây dựng trên cơ sở của đồ thị véc tơ. Thông thường các máy điện đồng bộ làm việc với tốc độ không đổi nhằm giữ cho tần số không đổi. Vì thế các đặc tính được lấy với tốc độ không đổi.

Để so sánh các máy điện có cấu tạo, công suất khác nhau người ta không dùng các đại lượng vật lý mà dùng đại lượng tương đối. Ở hệ thống đo lường này các đại lượng điện áp, dòng điện, công suất được biểu diễn bằng phần trăm đại lượng so sánh (đại lượng cơ bản) được nhận giá trị 1. Ở máy điện đồng bộ các đại lượng sau đây được coi là đại lượng cơ bản (so sánh)

1. Công suất định mức $P_{dm} = m.U_{dm}.I_{dm}$
2. Điện áp pha định mức khi máy không tải $U_{dm} = E_o$.
3. Dòng định mức pha I_{dm} .
4. Mô men định mức M_{dm} .
5. Tốc độ quay định mức của rô to ω_{dm} .
6. Tổng trở định mức $Z_{dm} = \frac{E_o}{I_{dm}}$

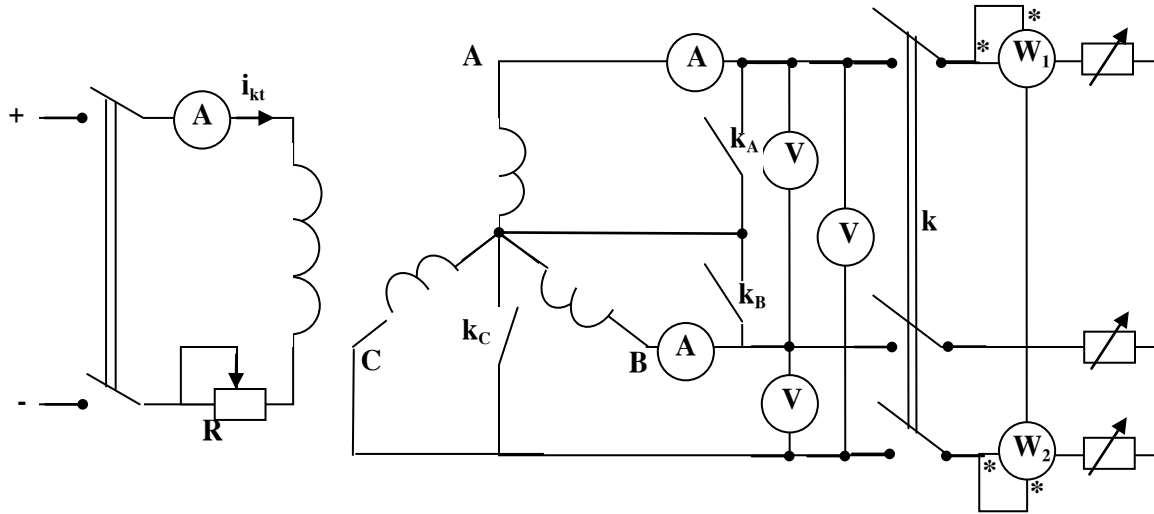
Trên cơ sở các đại lượng cơ bản này ta biểu diễn các đại lượng khác của máy đồng bộ ở đại lượng tương đối (thêm dấu sao) như sau :

$$P^* = \frac{P}{P_{dm}}; \quad U^* = \frac{U}{U_{dm}}$$
$$I^* = \frac{I}{I_{dm}}; \quad M^* = \frac{M}{M_{dm}}$$

Đặc tính không tải.

Đặc tính không tải là mối quan hệ hàm giữa sđđ với dòng kích từ $E_o = F(I_{kt})$ khi dòng tải $I=0$ và $n=n_{dm}$.

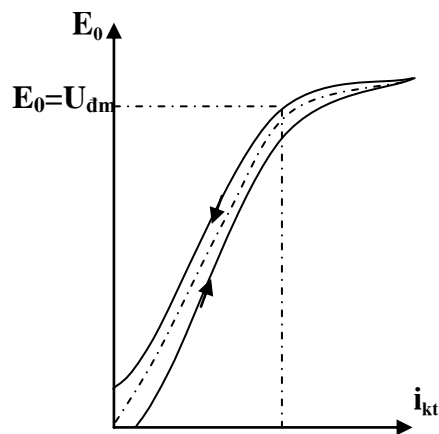
Ở chế độ không tải điện áp U bằng sđđ pha $U = E_o$.



Hình 1.2. Sơ đồ nối mạch để lấy các đặc tính máy phát

Để có đặc tính không tải ta mở các khoá k_A, k_B, k_C rô to quay với tốc độ không đổi, bằng điện trở R ta có thể thay đổi dòng kích từ từ giá trị lớn nhất tới giá trị nhỏ nhất. Số chỉ các đồng hồ sẽ cho ta các giá trị cần thiết. Từ số chỉ của các đồng hồ ta dựng mối quan hệ $E_o = f(I_{kt})$ Đặc tính biểu diễn trên hình 10.19.

Do có hiện tượng từ trễ đặc tính $E_o = f(I_{kt})$ khi i_{kt} tăng và khi i_{kt} giảm không trùng nhau. Điểm cắt của đặc tính với trục tung (khi $i_{kt} = 0$) là đại lượng sđd dư của máy phát.



Hình 1.3. Đặc tính không tải máy phát đồng bộ.

Tính không tải cho các máy phát khác nhau cắt nhau tại một điểm. Nếu đường nào nằm trên điểm đó sẽ có độ bão hoà lớn hơn. Để tiện cho tính toán ta

thường dùng đặc tính không tải trung bình là đường đi qua điểm gốc toạ độ và không có vùng từ trễ (đường không liên tục trên hình 1.24).

Đặc tính ngắn mạch.

Đặc tính ngắn mạch là mối quan hệ giữa dòng điện ngắn mạch với dòng kích từ khi điện áp $U = 0$ và $n = n_{dm}$.

Ngắn mạch có thể 3 pha khi cả 3 khoá k_A, k_B, k_C đóng (hình 1.23), hai pha khi k_A và k_B đóng, và 1 pha khi k_A đóng (hoặc k_B hay k_C).

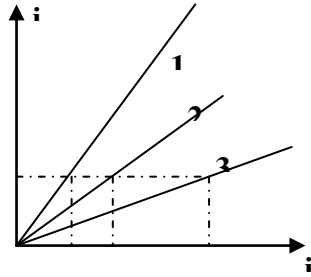
Khi làm thí nghiệm ngắn mạch thường cho dòng kích từ nhỏ nên mạch từ không bão hoà, do đó mối quan hệ $I_{ngm} = f(i_{kt})$ thường tuyến tính. Sự phi tuyến chỉ xuất hiện khi dòng ngắn mạch vượt giá trị định mức nhiều.

Trên 1.25 biểu diễn đặc tính ngắn mạch cho 3 trường hợp: Ngắn mạch 3 pha (đường 3), 2 pha (đường 2) và 1 pha (đường 1).

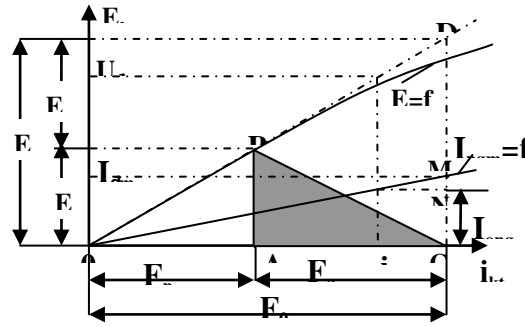
Từ hình vẽ chúng ta thấy rằng vì ngắn mạch 3 pha có phản ứng phần lớn nên nằm dưới cùng, sau đó là ngắn mạch 2 pha và nằm trên cùng là ngắn mạch một pha.

Nếu máy có từ dư thì đường đặc tính sẽ cắt trục tung tại điểm tương ứng với từ dư.

Đặc tính không tải cùng với đặc tính ngắn mạch cho phép ta xác định được tam giác đặc trưng, và ta có thể sử dụng tam giác đặc trưng này để dựng đồ thị véc tơ. Khi ngắn mạch đối xứng (3 pha) ta đặt dòng kích từ I_{kngm} sao cho dòng ngắn mạch của máy bằng dòng định mức thì stđ của các cực từ F_0 sẽ tạo ra cho sđđ E_0 . Nếu bỏ qua hiện tượng bão hoà từ thì đó là điểm D (đường thẳng kéo dài của đường không tải).



Hình 1.4. Đặc tính ngắn mạch máy phát đồng bộ 1) ngắn mạch một pha 2) ngắn mạch hai pha 3) ngắn mạch 3 pha



Hình 1.5. Xác định tỷ số ngắn mạch

Như phần trước đã nói dòng ngắn mạch ổn định này chỉ là thành phần dòng dọc trục $I_{ngm} = I_{ad}$ và stđ của phản ứng phần ứng F_{ad} sẽ có tác dụng khử từ do vậy stđ tổng:

$$E_p = E_s = I_{dm} X_{sad} \text{ sẽ nhỏ hơn } E_0 \text{ một đại lượng } E_{ad} \text{ xác định bằng:}$$

$$E_{ad} = I_{dm} X_{ad}$$

tức là:

$$E_p = E_0 - E_{ad}$$

Đặt E_p lên đặc tính không tải ta có điểm B. Trong tam giác ABC có : AC = F_{ad} , AB = E_p . Từ giá trị ở hình 1.26 ta có thể dựng được hình 10.17.

- Tỷ số ngắn mạch : Đó là tỷ số dòng ngắn mạch đối xứng đối với dòng định mức.

Theo định nghĩa ta có:

$$K_{ngm} = \frac{I_{ongm}}{I_{dm}} \text{ vì rằng:}$$

$$I_{ongm} = \frac{U_{dm}}{X_d} \text{ thì}$$

$$K_{ngm} = \frac{U_{dm}}{I_{dm} X_d} = \frac{1}{X_d^*}$$

Trong đó: X_d^* là đại lượng tương đối.

Từ tam giác đặc trưng ta có :

$$K_{ngm} = \frac{CN}{CM} = \frac{I_{ongm}}{I_{dm}} = \frac{I_{okt}}{I_{ktngm}}$$

Như vậy hệ số ngắn mạch có thể tính được bằng tỷ số dòng kích từ.

Hệ số ngắn mạch là một thông số rất quan trọng của máy điện vì cùng với X_d ta có thể xác định được giới hạn của tải ở chế độ công tác ổn định. Nếu hệ số ngắn mạch càng lớn thì giới hạn tải càng lớn. Với máy điện cực ẩn hệ số ngắn mạch có giá trị $0,8 \div 1,8$; còn cực hiện $0,4 \div 0,7$ và ở các máy phát điện tàu thủy hệ số ngắn mạch có giá trị $0,6 \div 1,0$.

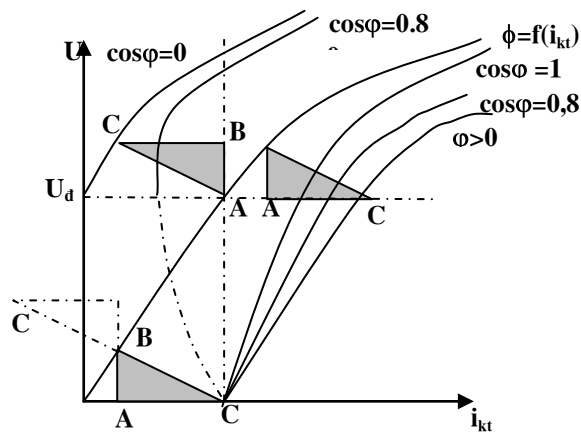
Đặc tính tải.

Đặc tính tải là mối quan hệ giữa điện áp và dòng kích từ khi $I = \text{const}$, $\cos\varphi = \text{const}$ và $n = n_{dm}$.

Đặc tính này không liên quan trực tiếp tới một chế độ nào của máy phát và được dùng như đặc tính phụ để biểu diễn một số đặc điểm của máy và xác định một số thông số của máy, ví dụ: trở kháng của máy. Đặc tính tải quan trọng nhất là đặc tính tải thuần kháng. ($\cos\varphi = 0, \varphi = \frac{\pi}{2}$) vì thế để thực hiện thí nghiệm ở hình 10.18 người ta dùng tải là biến áp tự ngẫu hay cuộn kháng có độ cảm kháng thay đổi.

Mở công tắc k_A, k_B, k_C và đóng công tắc k , thay đổi tải, thay đổi điện trở kích từ R , giữ $I = \text{const}$. Để giữ $\cos\varphi = \text{const}$ ta có thể điều chỉnh mô men của động cơ lai.

Trên hình 1.27 chúng ta biểu diễn đặc tính tải cho các loại tải khác nhau (có sự phản ứng phần ứng khác nhau).



Hình 1.6. Đặc tính tải của máy điện đồng bộ

Khi tải thuần cảm thì chỉ có phản ứng phản đứng dọc trục nên để có đặc tính tải thuần cảm ta có thể dùng đặc tính không tải và tam giác đặc trưng. Cách dựng thực hiện như sau: Cho đỉnh B của tam giác đặc trưng dịch chuyển tịnh tiến trên đặc tính không tải thì đỉnh C vẽ cho ta đặc tính tải thuần cảm ($\cos \varphi = 0$, $\varphi > 0$) còn đặc tính tải có $\cos \varphi = 0,8$ nằm trên đặc tính $\cos \varphi = 0$. Cần lưu ý rằng các đặc tính này không song song với đặc tính không tải. Đặc tính $\cos \varphi = 0$, $\varphi < 0$ có phản ứng phản ứng trợ từ nên đặc tính tải nằm trên đặc tính không tải. (hình 1.27)

Đặc tính ngoài.

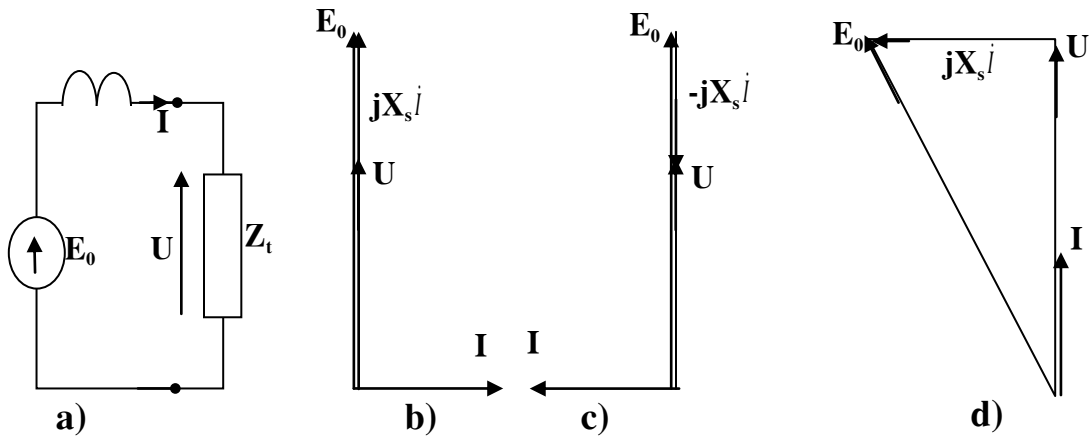
Đó là mối quan hệ hàm giữa điện áp trên cực máy phát với dòng tải khi $I_{kt} = \text{const}$, $n = \text{const}$ và $\cos \varphi = \text{const}$. Để nghiên cứu đặc tính tải ta dựa vào phương trình cân bằng sđđ và phân biệt cho các loại tải khác nhau.

Phương trình cân bằng sđđ cho máy phát điện đồng bộ bỏ qua điện trở thuần cuộn dây có dạng:.

$$\dot{U} = \dot{E}_o \pm jX_s I \quad (1.15) \quad \text{Dấu "+" cho trường hợp tải thuần}$$

dung, dấu "-" cho tải thuần cảm. Từ (1.15) ta dựng đồ thị vector.

a. Cho trường hợp tải thuần cảm ($Z_t = X_t$).



Hình 1.7. a) Sơ đồ tương đương máy điện đồng bộ b) Đồ thị véc tơ khi tải thuần cảm, c) Đồ thị véc tơ khi tải thuần dung, d) Khi tải thuần điện trở

Ta thấy vector E_o và $\dot{E}_o + jX_s \dot{I}$ trùng phương, nên ta có thể bỏ cách viết dạng vector và được:

$$E_o = U + X_s I$$

Vì $i_{kt} = \text{const}$, $n = \text{const}$ nên $E_o = \text{const}$, do vậy mối quan hệ $U = f(I)$ là một đường thẳng đi qua hai điểm E_o (khi không tải $I = 0$) và $I_{ngm} = \frac{E_o}{X_s}$ (khi $U = 0$, tức là ngắn mạch)

b. Khi tải thuần dung.

Phương trình cân bằng sđđ có dạng:

$$\dot{U} = \dot{E}_o + jX_s \dot{I}$$

Đồ thị vector biểu diễn ở hình 1.28c. Gống như khi tải thuần cảm phương của E_o và $\dot{U} - jX_s \dot{I}$ trùng nhau nên ta có thể viết:

$$U = E_o + X_s I$$

1.3.3. Các hệ thống tự động ổn định điện áp máy phát điện xoay chiều 3 pha

* Các nguyên lý xây dựng hệ thống tự động điều chỉnh điện áp.

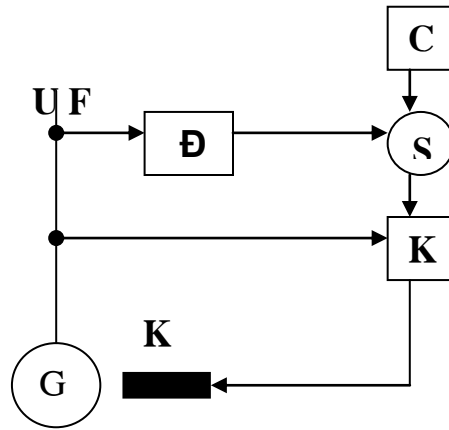
Hệ thống tự động điều chỉnh điện áp được thiết kế theo các nguyên tắc điều khiển cơ bản. Đến nay, đã có thêm những nguyên lý hiện đại nhưng với tự động điều chỉnh điện áp thì nguyên lý kinh điển vẫn còn giữ nguyên giá trị và để hệ thống đáp ứng những yêu cầu về chất lượng cao trong điều chỉnh. Dấu hiệu chính đặc trưng cho một nguyên tắc điều khiển là thông tin cần thiết để tạo nên tác động điều khiển và cấu trúc đường truyền tín hiệu trong hệ thống, nhận biết được các dấu hiệu này là nhận biết ra hệ thống với những đặc điểm riêng trong nguyên lý xây dựng.

- Nguyên lý điều khiển theo sai lệch;

Khi xây dựng hệ thống theo nguyên lý sai lệch, tác động điều khiển được thiết lập dựa trên độ sai lệch giữa đại lượng được điều chỉnh với giá trị đặt:

$$\varepsilon(t) = U_{\text{DAT}} - U_{\text{DO}} \quad (1.3)$$

Trên cơ sở đó hệ thống sẽ tác động theo xu hướng triệt tiêu độ sai lệch $\varepsilon(t)$, tín hiệu phản hồi được đưa về so sánh với tín hiệu đặt để tạo nên tín hiệu điều khiển, hình 1.5 trình bày hệ thống tự động điều chỉnh điện áp xây dựng theo nguyên lý độ lệch, trong đó: G: máy phát đồng bộ, Đ: Bộ đo và biến đổi (nếu cần), C: Bộ tạo tín hiệu chuẩn, S: Khâu so sánh, K: Khâu khuếch đại, KT: Cuộn dây kích từ.



Hình 1.8 Hệ thống tự động điều chỉnh điện áp xây dựng theo nguyên lý độ lệch.

- Nguyên lý điều khiển theo mẫu;

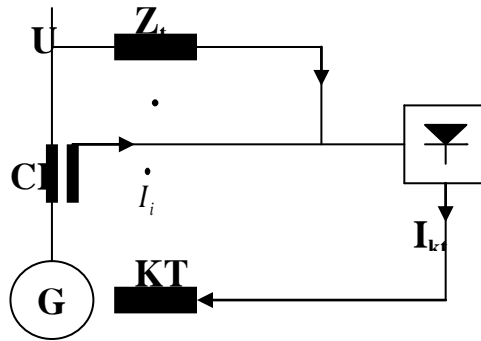
Nguyên lý điều khiển theo bù trừ nhiễu là nguyên lý được xây dựng trong đó tác động điều khiển được thành lập theo kết quả đo nhiễu tác động vào đối tượng. Các hệ thống khi được xây dựng theo nguyên lý này làm việc với mạch hở, không có mối liên hệ ngược (phản hồi) và cấu trúc hệ thống thường thiết kế có thiết bị bù tạo tín hiệu tác động ngược dấu với dấu của nhiễu tác động lên đối tượng. Ưu điểm của nguyên lý này là hệ thống tác động nhanh vì tác động gây nên sai lệch được đo trực tiếp, nhược điểm của nguyên lý này là không có khả năng khử được tất cả các loại nhiễu vì làm như vậy phần tử đo sẽ rất nhiều, tạo một hệ thống quá phức tạp. Hình 1.6 trình bày hệ thống tự động điều chỉnh điện áp xây dựng theo nguyên lý bù trừ nhiễu, trong đó:

G- máy phát đồng bộ

Z_t- Cuộn kháng

CT- Biến dòng, R_e- Bộ chỉnh lưu.

KT- Cuộn dây kích từ.

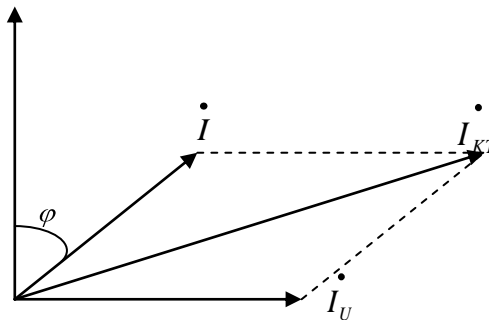


Hình 1.9 Hệ tự động điều chỉnh điện áp
xây dựng theo nguyên lý bù trừ

Về nguyên tắc, bộ tự động điều chỉnh điện áp xây dựng theo nguyên lý bù trừ nhiều làm việc với thuật điều khiển:

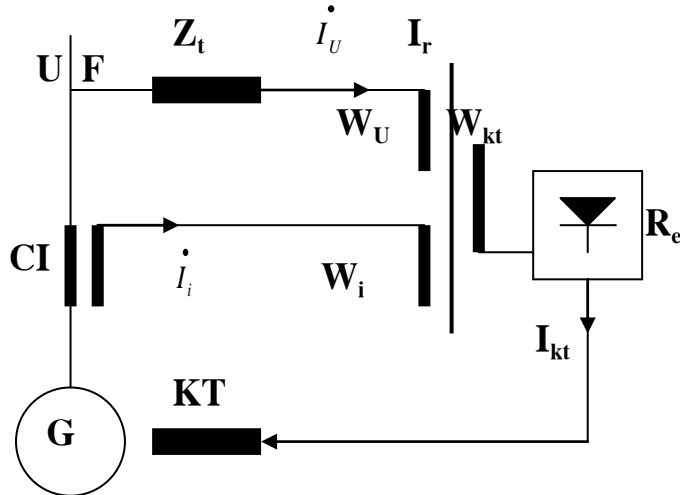
$$\dot{I}_{KT} = \dot{I}_U + \dot{I}_I \quad (1.3)$$

Trong đó dòng I_I chính là dòng tải còn dòng I_U là dòng điện đo điện áp máy phát rơi trên cuộn kháng Z_t , cuộn kháng Z_t là thuần cảm nên dòng điện I_U bao giờ cũng chậm sau điện áp U một góc 90° điện. Đồ thị vectơ của hệ thống như hình 1.7.



Hình 1.10 Đồ thị vectơ của hệ thống điều chỉnh
theo nguyên lý bù nhiều.

Nguyên lý của hệ thống trình bày trên hình 1.8. Trong đó: I_r là biến áp phức hợp với cuộn dây W_U mang tín hiệu điện áp dưới dạng dòng thông qua cuộn kháng Z_t , cuộn dây W_I lấy tín hiệu dòng tải từ biến dòng CT, cuộn dây tổng hợp W_{kt} là cuộn thứ cấp



Hình 1.11 Hệ tự động điều chỉnh điện áp dùng biến áp phức hợp.

- Nguyên lý điều khiển kết hợp;

Đây là các hệ thống được xây dựng dựa trên kết quả liên hợp giữa hai phương pháp điều chỉnh theo độ lệch và bù trừ nhiễu. Thực hiện liên hợp để tạo nên một hệ thống có tất cả các ưu điểm của hai hệ thống và khắc phục được những khuyết điểm của cả hai tức là tránh được những vùng tối trong điều khiển. Đặc điểm của nguyên lý kết hợp là bên cạnh các mạch vòng kín tạo nên tín hiệu phản hồi âm, còn có các mạch bù trừ tác động theo nhiễu thường là tín hiệu bù ngược dấu với nhiễu để tạo nên hướng điều chỉnh ngược lại hướng tác động của nhiễu hay các mạch phụ bù trừ sai số do tác động từ tín hiệu vào gây nên.

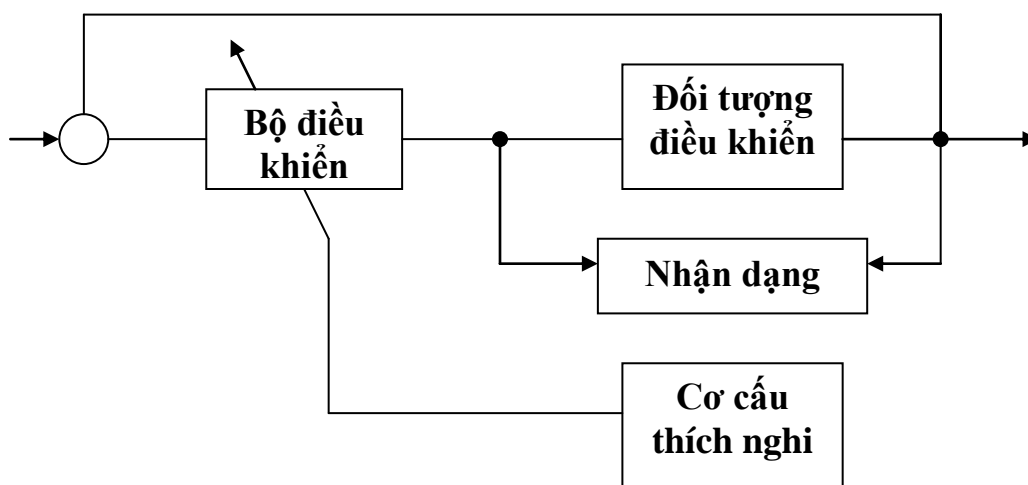
- Nguyên lý điều khiển thích nghi;

Trong hệ thống tự động điều chỉnh điện áp trên các con tàu hiện nay, nguyên lý này hoàn toàn chưa được thực hiện. Một trong những nguyên nhân mà điều khiển thích nghi chưa áp dụng cho hệ thống tự động điều chỉnh điện áp là do đây là một nguyên lý hiện đại, hệ thống điều chỉnh điện áp cũng chưa đòi hỏi

khất khe về các yêu cầu kỹ thuật và hệ thống thích nghi có cấu trúc rất phức tạp, giá thành cao...

Nguyên lý điều khiển thích nghi là nguyên lý điều khiển hiện đại, mang tính chất thích nghi nhờ áp dụng các phương tiện kỹ thuật đặc biệt với công nghệ cao mô phỏng hoạt động của các cơ thể sống. Với hệ thích nghi, bao giờ cũng phải sử dụng khâu quan sát để thu thập các thông tin thực tại của môi trường và các quá trình diễn ra trong hệ thống. Từ kết quả quan sát, thông tin được thông tin xử lý dữ liệu và sử dụng vào việc điều chỉnh tham số, cấu trúc hoặc thuật toán điều khiển cho hệ thống để đạt được trạng thái mong muốn khi các điều khiển thích nghi là cần hai vòng điều chỉnh trong đó một là vòng cơ bản còn vòng thứ hai là vòng điều chỉnh thích nghi.

Hệ điều khiển thích nghi là hệ mang tính chất của một hệ thống phi tuyến, không dừng. Việc xây dựng bộ điều khiển thích nghi có thể thông qua phương pháp trực tiếp với việc nhận dạng thường xuyên các tham số của đối tượng trong hệ kín. Nhận dạng thông số có thể thực hiện bằng việc đo thường xuyên trạng thái đối tượng dựa vào các tín hiệu vào/ra, trên cơ sở nhận dạng, chọn thuật toán điều khiển. Hình 1.9 trình bày hệ thống điều khiển thích nghi với việc nhận dạng liên tục.



Hình 1.12 Hệ thống điều khiển thích nghi với việc nhận dạng liên tục

Trong điều khiển thích nghi có thể xây dựng theo mô hình tự chỉnh cấu trúc, với mô hình này bộ điều khiển phải có khả năng tự chỉnh định các luật điều khiển. Việc chỉnh định các luật điều khiển cần phải xác định quan hệ giữa các giá trị được hiệu chỉnh ở đầu ra với giá trị biến đổi đầu vào và muốn thực hiện được điều này thì cần phải có mô hình của đối tượng, có như vậy mới có thể tính toán các đầu vào tương ứng với các giá trị đầu ra cần đạt được.

CHƯƠNG 2.

MÔ HÌNH TOÁN MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ 3 PHA

2.1 Mô hình toán máy phát đồng bộ xoay chiều 3 pha

2.1.1 Phương trình máy điện đồng bộ ở hệ trục 3 pha.

Để nghiên cứu quá trình quá độ (QTQĐ) trong máy điện đồng bộ [5] thường sử dụng phương trình vi phân ở hệ trục pha (hệ trục không chuyển động) của máy.

Các phương trình này viết dưới dạng ma trận sau:

$$\begin{aligned}
 -\frac{d}{dt}[\Psi] - R[I] &= [U] = -[U_s] \\
 \frac{d}{dt}[\Psi_r] + R_r[I_r] &= [U_r] \\
 J \frac{d^2\gamma}{dt^2} - M &= M_m
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Phương trình thứ nhất là phương trình cân bằng suất điện động của stato và có các giá trị như sau:

$$\begin{aligned}
 [\Psi] &= [\Psi_A \quad \Psi_B \quad \Psi_C]^T \\
 [I] &= [I_A \quad I_B \quad I_C]^T \\
 [U] &= [U_A \quad U_B \quad U_C]^T \\
 [U_s] &= [U_{sA} \quad U_{sB} \quad U_{sC}]^T
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

Trong đó: T – Kí hiệu ma trận chuyển vị

Phương trình vi phân thứ hai của (2.1) là phương trình cân bằng điện áp mạch roto có giá trị như sau:

$$\begin{aligned} [\Psi_r] &= [\Psi_f \quad \Psi_{rd} \quad \Psi_{rq}]^T \\ [I_r] &= [I_f \quad I_{rd} \quad I_{rq}]^T \\ [U_r] &= [U_f \quad U_{rd} \quad U_{rq}]^T \\ [R_r] &= \text{Re gona} [R_f \quad R_{rd} \quad R_{rq}]^T \end{aligned} \quad (2.3)$$

Phương trình vi phân thứ ba của (2.1) là phương trình mômen

Trong các phương trình trên: $\Psi_A, \Psi_B, \Psi_C, \Psi_f, \Psi_{rd}, \Psi_{rq}$ - từ thông móc vòng của các pha A, B, C của stato, của cuộn kích từ, cuộn ổn định trục dọc, cuộn ổn định trục ngang; $I_A, I_B, I_C, I_f, I_{rd}, I_{rq}$ - dòng điện các pha của stato, dòng điện kích từ, dòng cuộn trục ngang, trục dọc; U_{sA}, U_{sB}, U_{sC} - Điện áp các pha của lưới điện, chúng có dấu ngược với điện áp trên cực máy phát; J - Mômen quán tính của các phần quay; $M = dW_e/dt$ - mômen điện từ, W_e - năng lượng điện từ của máy; M_m - mômen cơ khí và γ là góc hợp bởi không chuyển động (trục pha A) với hướng trục d.

Trong các biểu thức trên, các đại lượng đo bằng các đại lượng vật lý.

Từ thông móc vòng có thể biểu diễn theo độ tự cảm của các pha stato và rôto và ngược lại.

Các ma trận này có giá trị như sau:

$$\begin{aligned} [\Psi] &= [L_{ss}] [I] + [M_{sr}] [I_r] \\ [\Psi_r] &= [L_{rr}] [I_r] + [M_{rs}] [I] \end{aligned} \quad (2.4)$$

Trong đó: $[L_{ss}], [L_{rr}]$ - ma trận độ tự cảm của các pha stato và rôto;

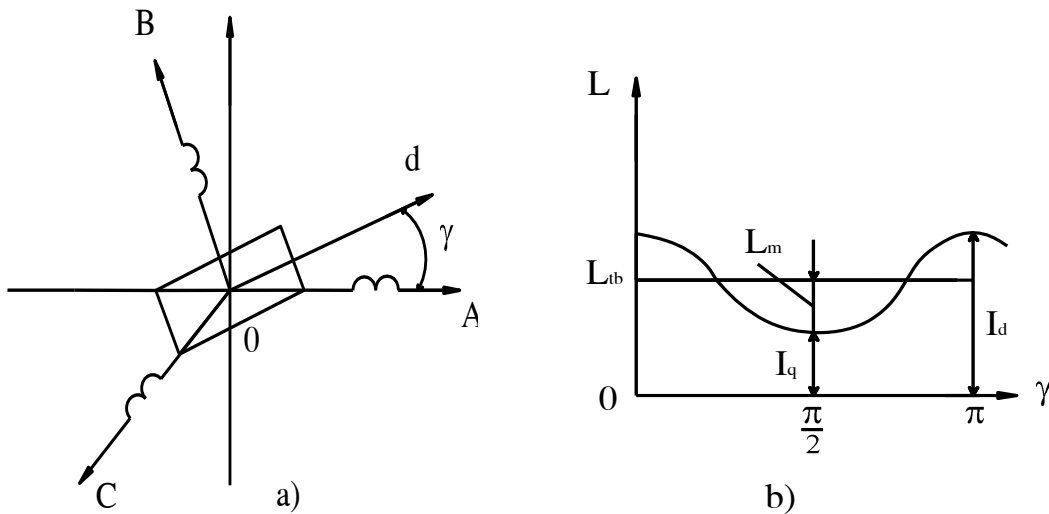
$[M_{sr}], [M_{rs}]$ - ma trận độ cảm ứng tương hỗ giữa mạch stato với rôto và ngược lại.

Các ma trận này có giá trị như sau:

$$[L_{ss}] = \begin{bmatrix} L_A & M_{AB} & M_{AC} \\ M_{BA} & L_B & M_{BC} \\ M_{CA} & M_{CB} & L_C \end{bmatrix} ; [L_{rr}] = \begin{bmatrix} L_f & M_{frd} & 0 \\ M_{rfd} & L_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & L_{rd} \end{bmatrix}$$

$$[M_{rs}] = [M_{sr}] = \begin{bmatrix} M_{Af} & M_{Ard} & M_{Arq} \\ M_{Bf} & M_{Brd} & M_{Brq} \\ M_{Cf} & M_{Crd} & L_{Crq} \end{bmatrix}$$

Theo lý thuyết máy điện đồng bộ thì độ tự cảm và tương hỗ của máy điện đồng bộ là hàm tốc độ góc quay của roto γ với chu kì π (hình 2.2).



Hình 2.1 Độ tự cảm của máy điện đồng bộ

Từ hình 2.1 ta có :

$$L_A = L_{tb} + L_m \cos 2\gamma$$

$$L_B = L_{tb} + L_m \cos(2\gamma - \frac{2\pi}{3}) = L_A = L_{tb} + L_m \cos(2\gamma + \frac{2\pi}{3})$$

$$L_C = L_{tb} + L_m \cos(2\gamma + \frac{2\pi}{3}) = L_A = L_{tb} + L_m \cos(2\gamma - \frac{2\pi}{3})$$

Trong đó $L_{tb} = \frac{l_d + l_q}{2}$, $L_m = \frac{l_d - l_q}{2}$; l_d, l_q là hệ số tự cảm cuộn dây pha ở vị trí trục dọc và trục ngang, ứng với $\gamma = 0$ và $\gamma = \pi/2$. Các giá trị này không đổi khi

satato đối xứng. Độ tự cảm tương hỗ các pha stato $M_{AB} = M_{BA}$, $M_{BC} = M_{CB}$, $M_{AC} = M_{CA}$, cũng là hàm chu kì góc quay, cụ thể :

$$M_{AB} = M_{BA} = M_{tb} + M_m \cos\left(2\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) = M_{tb} + M_m \cos 2\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$M_{BC} = M_{CB} = M_{tb} + M_m \cos 2\gamma = M_{tb} + M_m \cos 2\gamma$$

$$M_{AC} = M_{CA} = M_{tb} + M_m \cos\left(2\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) = M_{tb} + M_m \cos 2\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)$$

Trong đó $M_{tb} = \frac{m_d + m_q}{2}$, $M_m = \frac{m_d - m_q}{2}$; m_d , m_q là hệ số hỗ cảm của các

cuộn dây pha ở vị trí trục dọc và trục ngang, ứng với $\gamma = 0$ và $\gamma = \pi/2$. Các giá trị này không đổi khi stato đối xứng. Có thể nhận thấy rằng M_{tb} luôn có giá trị âm nên trục từ của các pha lệch một góc lớn hơn 90° . Biên độ hệ số hỗ cảm giữa các pha stato M_m thực tế bằng độ tự cảm L_m .

Hệ số hỗ cảm giữa các pha stato với cuộn kích từ cũng là hàm của góc quay rôto ($T = 2\pi$):

$$M_{Af} = M_{fA} = -M_{af} \cos \gamma$$

$$M_{Bf} = M_{fB} = -M_{af} \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$M_{Cf} = M_{fC} = -M_{af} \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)$$

Trong đó M_{af} – giá trị cảm ứng tương hỗ cực đại giữa các pha stato và kích từ (khi trục từ thông trùng nhau)

Hệ số cảm ứng tương hỗ giữa các pha stato với các cuộn ổn định trục dọc và trục ngang cũng là hàm của góc quay rôto ($T = 2\pi$).

$$M_{Ard} = M_{rdA} = -M_{ard} \cos \gamma$$

$$M_{Brd} = M_{rdB} = -M_{ard} \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$M_{Crd} = M_{rdC} = -M_{ard} \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (2.5)$$

$$M_{Arq} = M_{rqA} = -M_{arq} \sin \gamma$$

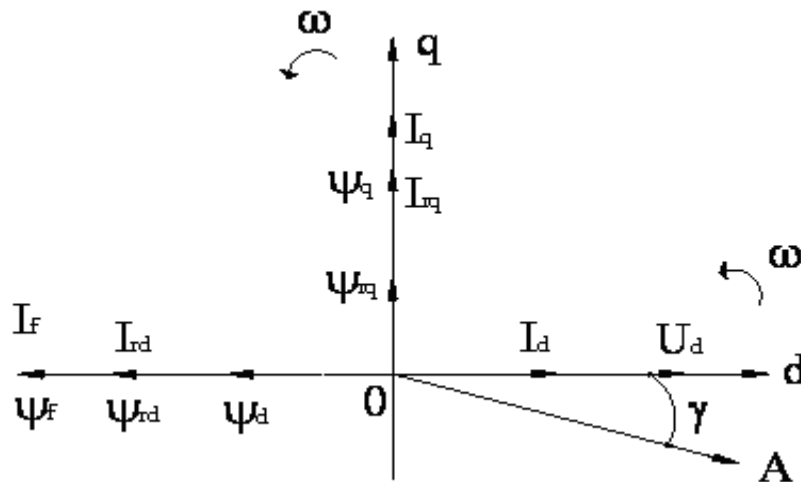
$$M_{Brq} = M_{rqB} = -M_{arq} \sin\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$M_{Crq} = M_{rqC} = -M_{arq} \sin\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)$$

Trong đó M_{ard} , M_{arq} - giá trị cảm ứng tương hỗ cực đại giữa các pha stato và kích từ (khi trục từ thông trùng nhau)

Hệ số hồ cảm giữa cuộn kích từ và các cuộn ổn định là giá trị không đổi, $M_{frd} = M_{rdf} = \text{const}$. Như vậy các độ tự cảm (trừ L_{rd} , L_{rq} , L_f) và độ tự cảm tương hỗ (trừ $M_{frd} = M_{rdf}$) đều là hàm của góc quay rôto, do đó ngay cả khi tần số không đổi các phương trình (2.1) cũng rất khó giải.

Nếu coi sự phân bố từ thông ở khe hở không khí là hình sin và bỏ qua độ bão hòa từ của lõi thép ta có thể dùng phép biến đổi tuyến tính Park để chuyển (2.1) thành các phương trình có hệ số không đổi. Nội dung cơ bản của phương pháp tuyến tính là: chuyển hệ trục pha của máy điện sang trục vuông góc. Lúc này máy điện có hai cuộn dây vuông góc với nhau theo hai trục d, q.



Hình 2.2 Chuyển hệ trục pha sang hệ trục vuông góc

Có ba hệ trục vuông góc:

- +Hệ gắn với stato máy điện (hệ trục không quay $\omega=0$)
- +Hệ gắn với rôto máy điện, rôto quay với tốc độ quay ω_r
- +Hệ quay đồng bộ với từ trường quay (hệ d, q), được gọi là hệ Park.

Biểu thức toán học biến đổi từ hệ trục ba pha sang hệ trục vuông góc dạng tổng quát như sau (ma trận Park)

$$\cdot [A_p] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos \gamma & \cos(\gamma - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\gamma + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin \gamma & -\sin(\gamma - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\gamma + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Giả thiết các đại lượng cần biến đổi là Y_A, Y_B, Y_C sang các đại lượng là Y_d, Y_q, Y_0 . Trong đó Y là các đại lượng U, U_s, Ψ, I . Nếu kí hiệu $[Y'] = [Y_d \ Y_q \ Y_0]^T$ thì:

$$[Y'] = [Y_d \ Y_q \ Y_0]^T = [A_p][Y_A \ Y_B \ Y_C]^T$$

$$[Y'] = [A_p][Y] = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} Y_A \cos \gamma & Y_B \cos(\gamma - \frac{2\pi}{3}) & Y_C \cos(\gamma + \frac{2\pi}{3}) \\ -Y_A \sin \gamma & -Y_B \sin(\gamma - \frac{2\pi}{3}) & -Y_C \sin(\gamma + \frac{2\pi}{3}) \\ \frac{1}{2} Y_A & \frac{1}{2} Y_B & \frac{1}{2} Y_C \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

Hoặc viết ở dạng:

$$Y_d = \frac{2}{3} [Y_A \cos \gamma + Y_B \cos(\gamma - \frac{2\pi}{3}) + Y_C \cos(\gamma + \frac{2\pi}{3})]$$

$$Y_q = -\frac{2}{3} [Y_A \sin \gamma + Y_B \sin(\gamma - \frac{2\pi}{3}) + Y_C \sin(\gamma + \frac{2\pi}{3})]$$

$$Y_0 = \frac{1}{3} (Y_A + Y_B + Y_C) \quad (2.53)$$

Hệ Park nhận trục q vượt trước trục d, trục d có hướng ngược với từ thông $\Psi_f, \Psi_{rd}, \Psi_{rq}$. Lựa chọn các hướng của trục d, q dựa trên giả thuyết dấu dương của I_q và I_d ở chế độ máy phát có kích từ thừa.

2.1.2 Phương trình máy điện đồng bộ viết ở hệ trục vuông góc

a. Phương trình Stator

Để chuyển về hệ trục vuông góc từ hệ trục 3 pha, nhân 2 vế của (2.1) với $[A_p]$ được:

$$[A_p][V] = [A_p][U_s] = -R[A_p][I] - [A_p]\frac{d}{dt}[P] \quad (2.9)$$

Ta có: $[U_p][U] = [U_d \quad U_q \quad U_0]^T = [U']$

$[U_p][U_s] = [U_{sd} \quad U_{sq} \quad U_{s0}]^T = [U_s']$

$[U_p][I] = [I_d \quad I_q \quad I_0]^T = [I']$

$[U_p][\Psi] = [-\Psi_d \quad \Psi_q \quad \Psi_0]^T = [\Psi']$

Cộng vào $[A_p]\frac{d}{dt}[P]$ và trừ phần tử $\frac{d}{dt}[A_p][P]$, dựa vào tích của đạo hàm ta có:

$$[A_p]\frac{d}{dt}[P] = [A_p]\frac{d}{dt}[P] + \frac{d}{dt}[A_p][P] - \frac{d}{dt}[A_p][P] = \frac{d}{dt}[A_p][P] - \frac{d}{dt}[A_p][P]$$

Sử dụng kết quả này, ta có thể viết:

$$[U'] = [-U_s'] = -R[I'] - \frac{d}{dt}[A_p][P] + \frac{d}{dt}[A_p][P] \quad (2.10)$$

Hay

$$[U_d \quad U_q \quad U_0]^T = -[U_{sd} \quad U_{sq} \quad U_{s0}]^T = -R[I_d \quad I_q \quad I_0]^T + \frac{d}{dt}[\Psi_d \quad -\Psi_q \quad -\Psi_0]^T + [\Psi_q \quad -\Psi_d \quad 0]^T \frac{d\gamma}{dt}$$

Hoặc dưới dạng phương trình:

$$U_d = -U_{sd} = -RI_d + \frac{d}{dt}\Psi_d + \Psi_q \frac{d\gamma}{dt}$$

$$U_q = -U_{sq} = -RI_q - \frac{d}{dt}\Psi_q + \Psi_d \frac{d\gamma}{dt}$$

$$U_0 = -U_{s0} = -RI_0 - \frac{d}{dt}\Psi_0$$

b. Phương trình rôto

Nhân hai vế phương trình hai của (2.1) với $[A_r]$ ta có:

$$[A_r][V_r] = [A_r][R_r][I_r] + [A_r]\frac{d}{dt}[P_r]$$

Trong đó:

$$\mathbf{A}_r = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

Đây là ma trận chú ý tới hướng các đại lượng của rôto với hướng trục d, q. Trong các phương trình biến đổi của rôto các thành phần của chúng có thể biểu diễn:

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_r \mathbf{V}_r &\equiv \mathbf{V}'_r \equiv \begin{bmatrix} U_f & 0 & 0^T \end{bmatrix} \\ \mathbf{A}_r \mathbf{R}_r \mathbf{I}_r &\equiv \mathbf{A}_r \mathbf{R}_r \mathbf{A}_r^{-1} \mathbf{I}'_r \\ &= \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_f & 0 & 0 \\ 0 & R_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & R_{rq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{I}'_r \equiv \mathbf{R}_r \mathbf{I}'_r \\ \mathbf{A}_r \mathbf{I}_r &\equiv \mathbf{I}'_r \equiv \begin{bmatrix} I_f & -I_{rd} & I_{rq}^T \end{bmatrix}; \quad \mathbf{A}_r \mathbf{\Psi}_r \equiv \mathbf{\Psi}'_r \equiv \begin{bmatrix} \Psi_f & -\Psi_{rd} & \Psi_{rq}^T \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} U_f & 0 & 0^T \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_f & 0 & 0 \\ 0 & R_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & R_{rq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_f & -I_{rd} & I_{rq}^T \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_f & -\Psi_{rd} & \Psi_{rq}^T \end{bmatrix} \quad (2.12) \end{aligned}$$

Sau khi nhân ma trận, ta có các phương trình rôto như sau:

$$\begin{aligned} U_f &= R_f I_f + \frac{d}{dt} \Psi_f \\ 0 &= R_{rd} I_{rd} + \frac{d}{dt} \Psi_{rd} \\ 0 &= R_{rq} I_{rq} + \frac{d}{dt} \Psi_{rq} \end{aligned} \quad (2.13)$$

c. Phương trình từ thông

Để nhận được phương trình từ thông viết dưới dạng d, q ta nhân phương trình thứ nhất của (2.1) với $[\mathbf{A}_p]$, còn phương trình thứ hai với $[\mathbf{A}_r]$ được:

$$\mathbf{\Psi}'_p \equiv \mathbf{A}_p \mathbf{\Psi}_p \equiv \mathbf{A}_p \mathbf{L}_{ss} \mathbf{I}_p + \mathbf{A}_p \mathbf{M}_{sr} \mathbf{I}'_r \quad (2.14)$$

$$\mathbf{\Psi}'_r \equiv \mathbf{A}_r \mathbf{\Psi}_r \equiv \mathbf{A}_r \mathbf{M}_{sr} \mathbf{I}_p + \mathbf{A}_r \mathbf{L}_{rr} \mathbf{I}'_r \quad (2.15)$$

Nếu biểu diễn từ thông quy đổi bằng độ cảm ứng tương hỗ ta dùng ma trận nghịch đảo của stato và rôto $[A_p]^{-1}$ và $[A_r]^{-1}$, chúng có dạng sau:

$$[A_p]^{-1} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 1 \\ \cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

$$[A_r]^{-1} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

Dùng (2.16) và (2.17) có thể viết dòng stato và rôto như sau:

$$[I] = [A_p]^{-1}[\dot{I}]$$

$$[I_r] = [A_r]^{-1}[\dot{I}_r]$$

Lúc này (2.14) và (2.15) có dạng:

$$[\dot{V}_p] = [A_p]^{-1}[\dot{V}] = [A_p]^{-1}L_{ss}[A_p]^{-1}[\dot{I}] + [A_p]^{-1}M_{sr}[A_r]^{-1}[\dot{I}_r] \quad (2.18)$$

$$\dot{V}_r = A_r^{-1}V_r = A_r^{-1}M_{sr}[A_p]^{-1}\dot{I} + A_r^{-1}L_{rr}A_r^{-1}\dot{I}_r \quad (2.19)$$

Trong (2.15) và (2.19), trước ma trận dòng phải là ma trận quy đổi của độ tự cảm và độ hỗ cảm. sau khi thực hiện phép nhân ma trận ta có:

$$[A_p]^{-1}L_{ss}[A_p]^{-1} = [L'_{ss}] = \begin{bmatrix} L_d & 0 & 0 \\ 0 & L_q & 0 \\ 0 & 0 & L_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_d & 0 & 0 \\ 0 & X_q & 0 \\ 0 & 0 & X_0 \end{bmatrix} \quad (2.20)$$

$$[A_p]^{-1}M_{sr}[A_r]^{-1} = [M'_{rs}] = \begin{bmatrix} M_a & M_{ard} & 0 \\ 0 & 0 & M_{arq} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_a & X_{ard} & 0 \\ 0 & 0 & X_{arq} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.21)$$

$$[A_r]^{-1}L_{rr}[A_r]^{-1} = [L'_{rr}] = \begin{bmatrix} L_f & M_{frd} & 0 \\ M_{rdf} & L_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & L_{rq} \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_f & X_{frd} & 0 \\ X_{rdf} & X_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & X_{rq} \end{bmatrix} \quad (2.22)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}_r \\ \mathbf{M}_{sr} \\ \mathbf{A}_p \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}'_{rs} \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} \frac{3}{2}M_{af} & 0 & 0 \\ \frac{3}{2}M_{ard} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}M_{arq} & 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} \frac{3}{2}X_{af} & 0 & 0 \\ \frac{3}{2}X_{ard} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}X_{arq} & 0 \end{bmatrix} \quad (2.23)$$

Từ lý thuyết máy điện: $L_d = I_d - m_d = L_{cp} + \frac{3}{2}L_m - M_{cp}$;

$$L_q = I_q - m_q = L_{tb} + \frac{3}{2}L_m - M_{tb}; \quad L_0 = I_{cp} - 2M_{tb}; \quad X_{fa} = \frac{3}{2}X_{af}; \quad X_{rda} = \frac{3}{2}X_{ard};$$

$$X_{rqa} = \frac{3}{2}X_{arq}.$$

Như vậy tất cả các giá trị L_0 , L_d , L_q cũng như X_0 , X_d , X_q đều có giá trị không đổi.

Từ thông viết dưới dạng như sau:

$$\begin{bmatrix} \Psi' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Psi_d \\ \Psi_q \\ \Psi_0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_d & 0 & 0 \\ 0 & X_q & 0 \\ 0 & 0 & X_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \\ I_0 \end{bmatrix} + \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_{af} & X_{ard} & 0 \\ 0 & 0 & X_{arq} \\ 0 & 0 & X_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I_f \\ -I_{rd} \\ I_{rq} \end{bmatrix} \quad (2.24)$$

$$\begin{bmatrix} \Psi'_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Psi_f \\ -\Psi_{rd} \\ \Psi_{rq} \end{bmatrix} = \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} \frac{3}{2}X_{af} & 0 & 0 \\ \frac{3}{2}X_{ard} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3}{2}X_{arq} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \\ I_0 \end{bmatrix} + \frac{1}{\omega_s} \begin{bmatrix} X_f & X_{frd} & 0 \\ X_{rdf} & X_{rd} & 0 \\ 0 & 0 & X_{rq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -I_f \\ -I_{rd} \\ I_{rq} \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

Viết dưới dạng phương trình được:

$$\Psi_d = M_{af}I_f - L_d I_d + M_{ard}I_{rd} = \frac{1}{\omega_s} \left(X_{af}I_f - X_d I_d + X_{ard}I_{rd} \right)$$

$$\Psi_q = L_q I_q + M_{arq}I_{rq} = \frac{1}{\omega_s} \left(X_q I_q + X_{arq}I_{rq} \right) \quad (2.26)$$

$$\Psi_0 = L_0 I_0 = \frac{1}{\omega_s} X_0 I_0$$

$$\Psi_f = \frac{1}{\omega_s} \left(X_f I_f - X_{fa} I_d + X_{frd} I_{rd} \right)$$

$$\Psi_{rd} = \frac{1}{\omega_s} \left(X_{rd} I_{rd} - X_{rda} I_d + X_{rdf} I_f \right) \quad (2.27)$$

$$\Psi_{rq} = \frac{1}{\omega_s} \left(X_{rq} I_{rq} + X_{rqa} I_q \right)$$

Trong đó: M_{af}, X_{af} - hệ số hỗ cảm, trở kháng hỗ cảm của pha stato gây ra bởi dòng kích từ; M_{fa}, X_{fa} - hệ số hỗ cảm và trở kháng hỗ cảm của kích từ gây ra bởi dòng pha stato; $M_{ard}, X_{ard}, M_{arq}, X_{arq}$ - hệ số hỗ cảm và trở kháng hỗ cảm của pha stato gây ra bởi dòng ổn định trục dọc và trục ngang; $L_{rd}, X_{rd}, L_{rq}, X_{rq}$ - hệ số tự cảm và trở kháng tự cảm của cuộn ổn định; $M_{rda}, X_{rda}, M_{rqa}, X_{rqa}, M_{rdf}, X_{rdf}, M_{frd}, X_{frd}$ - hệ số hỗ cảm và trở kháng hỗ cảm giữa cuộn kích từ và các cuộn ổn định; L_0, X_0 - hệ số tự cảm và trở kháng tự cảm của thành phần zero mạch stato; L_d, X_d - hệ số tự cảm và trở kháng tự cảm của thành phần dọc trục cuộn dây stato; L_q, X_q - hệ số tự cảm và trở kháng tự cảm của thành phần ngang trục cuộn dây stato.

Ta có:

$$X_d = X_s + X_{ad}$$

$$X_q = X_s + X_{aq}$$

$$X_f = X_{fs} + X_{fm}$$

$$X_{fm} = X_{af} X_{fa} / X_{ad}$$

Với X_{ad}, X_{aq}, X_{fm} - trở kháng phản ứng của trục dọc, trục ngang và trở kháng cuộn kích từ; X_s, X_{fs} - trở kháng tản cuộn dây stato và cuộn kích từ.

d. Phương trình mômen

Phương trình mômen điện từ của máy điện được xác định bằng biểu thức:

$$M = \frac{\partial W_e}{\partial \gamma} \quad (2.28)$$

Trong đó: W_e - năng lượng điện từ của máy điện xác định bằng biểu thức sau:

$$W_e = \frac{1}{2} \sum I_k \Psi_k, \quad k = A, B, C, f, rd, rq \quad (2.29)$$

Thay các đại lượng bằng dòng và từ thông đã chuyển trục rồi biến đổi được:

$$W_e = \frac{1}{2} \left[\begin{aligned} &3L_0 I_0^2 + \frac{3}{2} L_d I_d^2 - 3M_{af} I_d I_f - 3M_{ard} I_{rd} I_d + L_f I_f^2 \\ &+ 2M_{frd} I_f I_{rd} + L_{rd} I_{rd}^2 + \frac{3}{2} L_q I_q^2 + 3M_{arq} I_q I_{rq} + L_{rq} I_{rq}^2 \end{aligned} \right]$$

Đạo hàm riêng của $\frac{\partial W_e}{\partial \gamma}$ là:

$$\frac{\partial W_e}{\partial \gamma} = \frac{\partial W_e}{\partial I_d} \cdot \frac{dI_d}{d\gamma} + \frac{\partial W_e}{\partial I_q} \cdot \frac{dI_q}{d\gamma} \quad (2.30)$$

$$\text{Đặt } \frac{dI_d}{d\gamma} = I_q, \quad \frac{dI_q}{d\gamma} = -I_d.$$

Tính vi phân (2.30) theo I_d và I_q ta được:

$$\frac{\partial W_e}{\partial I_d} = \frac{3}{2} \left(L_d I_d - M_{af} I_f - M_{ard} I_{rd} \right)$$

$$\frac{\partial W_e}{\partial I_q} = \frac{3}{2} \left(L_q I_q + M_{arq} I_{rq} \right)$$

Kết hợp với (2.28) ta có:

$$M = \frac{\partial W_e}{\partial \gamma} = -\frac{3}{2} \left[\left(L_d I_d + M_{af} I_f + M_{ard} I_{rd} \right) I_q + \left(L_q I_q + M_{arq} I_{rq} \right) I_d \right] \quad (2.31)$$

Lưu ý đối với Ψ_d và Ψ_q thì biểu thức (2.31) có dạng:

$$M = -\frac{3}{2} \left(\Psi_d I_q + \Psi_q I_d \right) \quad (2.32)$$

Thay vào phương trình 3 của (2.1) được:

$$J \frac{d^2 \gamma}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\Psi_d I_q + \Psi_q I_d \right) = M_m \quad (2.33)$$

2.1.3 Phương trình vi phân máy phát đồng bộ

Các máy phát điện dùng trên tàu thủy có điểm trung tính cách điện nên thành phần zero không tồn tại. phương trình vi phân của máy đồng bộ như sau:

$$\begin{aligned}
U_d = -U_{sd} &= \frac{d}{d_t} \psi_d + \psi_q \frac{d}{d_t} \gamma - R I_d \\
U_q = -U_{sq} &= \frac{d}{d_t} \psi_d \gamma - \psi_q \frac{d}{d_t} - R I_q \\
U_f &= R_f I_f + \frac{d}{d_t} \psi_f
\end{aligned} \tag{2.34}$$

$$0 = R_{rd} I_{rd} + \frac{d}{d_t} \psi_{rd}$$

$$0 = R_{rq} I_{rq} + \frac{d}{d_t} \psi_{rq}$$

$$J \frac{d^2 \gamma}{d_t^2} + \frac{3}{2} (\psi_d I_q + \psi_q I_d) = M_m$$

Nếu máy đồng bộ không có cuộn ổn định thì phương trình vi phân có dạng như sau:

$$U_d = -U_{sd} = \frac{d}{d_t} \psi_d + \psi_q \frac{d}{d_t} \gamma - R I_d$$

$$U_q = -U_{sq} = \frac{d}{d_t} \psi_d \gamma - \psi_q \frac{d}{d_t} - R I_q$$

$$U_f = R_f I_f + \frac{d}{d_t} \psi_f$$

$$J \frac{d^2 \gamma}{d_t^2} + \frac{3}{2} (\psi_d I_q + \psi_q I_d) = M_m$$

Từ thông móc vòng và mô men có giá trị:

$$\psi_d = \frac{1}{\omega_s} (X_{af} I_f - X_d I_d)$$

$$\psi_q = \frac{1}{\omega_s} X_q I_q;$$

$$\psi_f = \frac{1}{\omega_s} (X_f I_f - X_{fa} I_d)$$

$$M = -\frac{3}{2}(\psi_d I_d + \psi_q I_q) = -\frac{3}{2} (M_{af} I_f - X_d I_d - X_q I_q) =$$

$$-\frac{3}{2\omega_s} (E_{af} - X_d I_d - X_q I_q) = -\frac{3}{2\omega_s} E_q I_q$$

Ở đây E_{af} là sđđ không tải của máy điện, nó có giá trị như sau:

$$E_{af} = \omega_s M_{af} I_f = X_{af} I_f$$

ỨNG DỤNG MATLAB MÔ PHỎNG MÁY PHÁT ĐIỆN VÀ KẾT QUẢ

3.1. Giới thiệu MATLAB

3.1.1 Giới thiệu chung

Chương trình MATLAB [21] là một chương trình viết cho máy tính PC nhằm hỗ trợ cho các tính toán khoa học và kỹ thuật với các phần tử cơ bản là ma trận trên máy tính cá nhân do công ty The MATHWORKS viết ra.

Thuật ngữ MATLAB là do hai từ MATRIX và LABORATORY ghép lại. Chương trình này hiện đang được sử dụng nhiều trong nghiên cứu các vấn đề tính toán của các bài toán kỹ thuật như: Lý thuyết điều khiển tự động, kỹ thuật thống kê xác suất, xử lý số các tín hiệu, phân tích dữ liệu, dự báo chuỗi quan sát, v.v...[20]

MATLAB được điều khiển bởi các tập lệnh, tác động qua bàn phím. Nó cũng cho phép một khả năng lập trình với cú pháp thông dịch lệnh – còn gọi là Script file. Các lệnh hay bộ lệnh của MATLAB lên đến số hàng trăm và ngày càng được mở rộng bởi các phần TOOLS BOX(thư viện trợ giúp) hay thông qua các hàm ứng dụng được xây dựng từ người sử dụng. MATLAB có hơn 25 TOOLS BOX để trợ giúp cho việc khảo sát những vấn đề có liên quan trên. TOOL BOX SIMULINK là phần mở rộng của MATLAB, sử dụng để mô phỏng các hệ thống động học một cách nhanh chóng và tiện lợi.

MATLAB 3.5 trở xuống hoạt động trong môi trường MS-DOS.

MATLAB 4.0, 4.2, 5.1, 5.2, ... hoạt động trong môi trường WINDOWS
Chương trình Matlab có thể chạy liên kết với các chương trình ngôn ngữ cấp cao như C, C++, Fortran.

3.1.2 Công cụ SIMULINK trong MATLAB

Simulink là một phần mềm mở rộng của MATLAB (1 Toolbox của Matlab) dùng để mô hình hoá, mô phỏng và phân tích một hệ thống động. Thông thường dùng để thiết kế hệ thống điều khiển, thiết kế DSP, hệ thống thông tin và các ứng dụng mô phỏng khác.

Simulink là thuật ngữ mô phỏng dễ nhớ được ghép bởi hai từ Simulation và Link. Simulink cho phép mô tả hệ thống tuyến tính, hệ phi tuyến, các mô hình trong miền thời gian liên tục, hay gián đoạn hoặc một hệ gồm cả liên tục và gián đoạn.

Để mô hình hoá, Simulink cung cấp cho bạn một giao diện đồ họa để sử dụng và xây dựng mô hình sử dụng thao tác "nhấn và kéo" chuột. Với giao diện đồ họa ta có thể xây mô hình và khảo sát mô hình một cách trực quan hơn. Đây là sự khác xa các phần mềm trước đó mà người sử dụng phải đưa vào các phương vi phân và các phương trình sai phân bằng một ngôn ngữ lập trình.

Điểm nhấn mạnh quan trọng trong việc mô phỏng một quá trình là việc thành lập được mô hình. Để sử dụng tốt chương trình này, người sử dụng phải có kiến thức cơ bản về điều khiển, xây dựng mô hình toán học theo quan điểm của lý thuyết điều khiển và từ đó thành lập nên mô hình của bài toán.

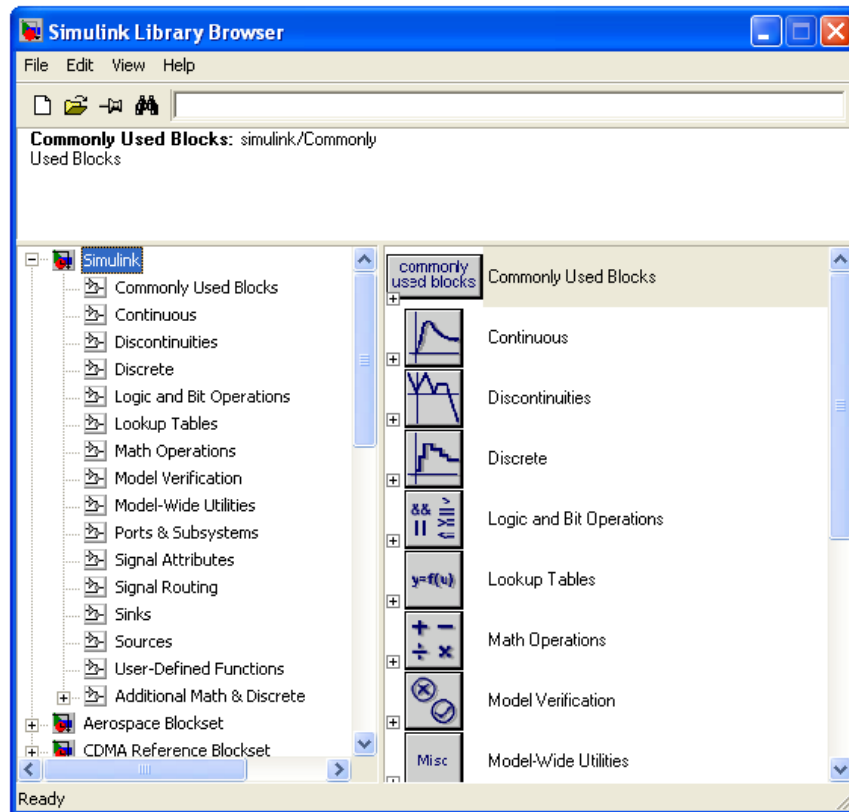
-Cách khởi tạo Simulink và vẽ sơ đồ mô phỏng:

Để vào Simulink trong Matlab, ta từ cửa sổ lệnh của Matlab đánh dòng lệnh:

```
>> simulink ↵
```

Khi khởi động Simulink xong ta được màn hình cửa sổ Simulink. Cửa sổ này hoạt động liên kết với cửa sổ lệnh MATLAB.

Ta thấy cửa sổ Simulink có nhiều khối chức năng (blocks library), trong đó có nhiều khối chức năng cụ thể: Khối nguồn (Sources), khối đầu đo (Sinks), khối phi tuyến (nonlinear), khối tuyến tính (linear), khối đầu nối (Connections)...



Hình 3.1 Các khối thư viện trong Simulink.

Trong Simulink việc giải các bài toán mô phỏng có nhiều phương pháp giải khác nhau. Sau đây là các cách giải được áp dụng trong Simulink.

+Phương pháp Euler : là phương pháp cổ điển với biến là bước. Phương pháp này khả thi cho bất cứ hệ thống nào có những bước nhỏ. Do đó những bài toán có liên quan đến việc tính toán quá nhiều thì không bao giờ chính xác. Phương pháp này chỉ nên dùng cho việc kiểm tra kết quả.

+Phương pháp Runge-Kutta 3 và Runge-Kutta 5: Đây là phương pháp thông dụng áp dụng cho mọi loại bài toán và nó có thể đạt chỉ tiêu chất lượng so với các phương pháp đặc biệt khác. Phương pháp này thích hợp cho cho hệ liên tục và hệ phi tuyến. Không làm việc với hệ có ma sát.

+Phương pháp Adams : là phương pháp tự chỉnh áp dụng cho hệ không có ma sát.

+Phương pháp Gear : là phương pháp tự chỉnh áp dụng cho hệ có ma sát. Phương pháp này không làm việc tốt khi hệ bị rối loạn do ngõ vào thay đổi liên tục.

+Phương pháp Adams / Gear : Chọn giữa hai phương pháp Adams và Gear.

+Phương pháp LinSim : là phương pháp dùng cho hệ tuyến tính. Nếu hệ mang tính chất tuyến tính nhưng có vài khối phi tuyến thì hệ cũng làm việc tốt.

Các thư viện trong Simulink gồm:

+ Commonly Used Blocks

+ Continuous

+Discontinuities

+Discrete

+Logic and Bit Operations

+Lookup Tables

+Math Operations

+Model Verification

+Model-Wide Utilities

+Port & Subsystems

+ Signal Routing

+Sinks

+Sources

+User-Defined Functions

+Additional Math& Discrete

Thư viện của Simulink bao gồm các khối chuẩn trên, người sử dụng cũng có thể thay đổi hay tạo ra các khối cho riêng mình. Simulink cũng giống như các phần mềm mô phỏng thiết kế mạch điện tử như : MicroSim Eval, EWB, Circuit Maker.... Vì vậy việc thiết kế hệ thống mô phỏng cũng rất thuận lợi.

3.2. MÔ HÌNH TOÁN MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ 3 PHA TRÊN MATLAB

3.2.1. Mô hình toán máy phát đồng bộ

Để xây dựng mô hình mô phỏng ta sử dụng các công thức toán học là các phương trình vi phân máy phát điện đồng bộ đã được xây dựng ở chương 2 như sau:

$$U_d = -U_{sd} = \frac{d}{dt}\psi_d + \psi_q \frac{d}{dt}\gamma - RI_d$$

$$U_q = -U_{sq} = \frac{d}{dt}\psi_d \gamma - \psi_q \frac{d}{dt} - RI_q$$

$$U_f = R_f I_f + \frac{d}{dt}\psi_f$$

$$0 = R_{rd} I_{rd} + \frac{d}{dt}\psi_{rd}$$

$$0 = R_{rq} I_{rq} + \frac{d}{dt}\psi_{rq}$$

Và các phương trình từ thông:

$$\psi_d = \frac{1}{\omega_s} (X_{af} I_f - X_d I_d)$$

$$\psi_q = \frac{1}{\omega_s} X_q I_q;$$

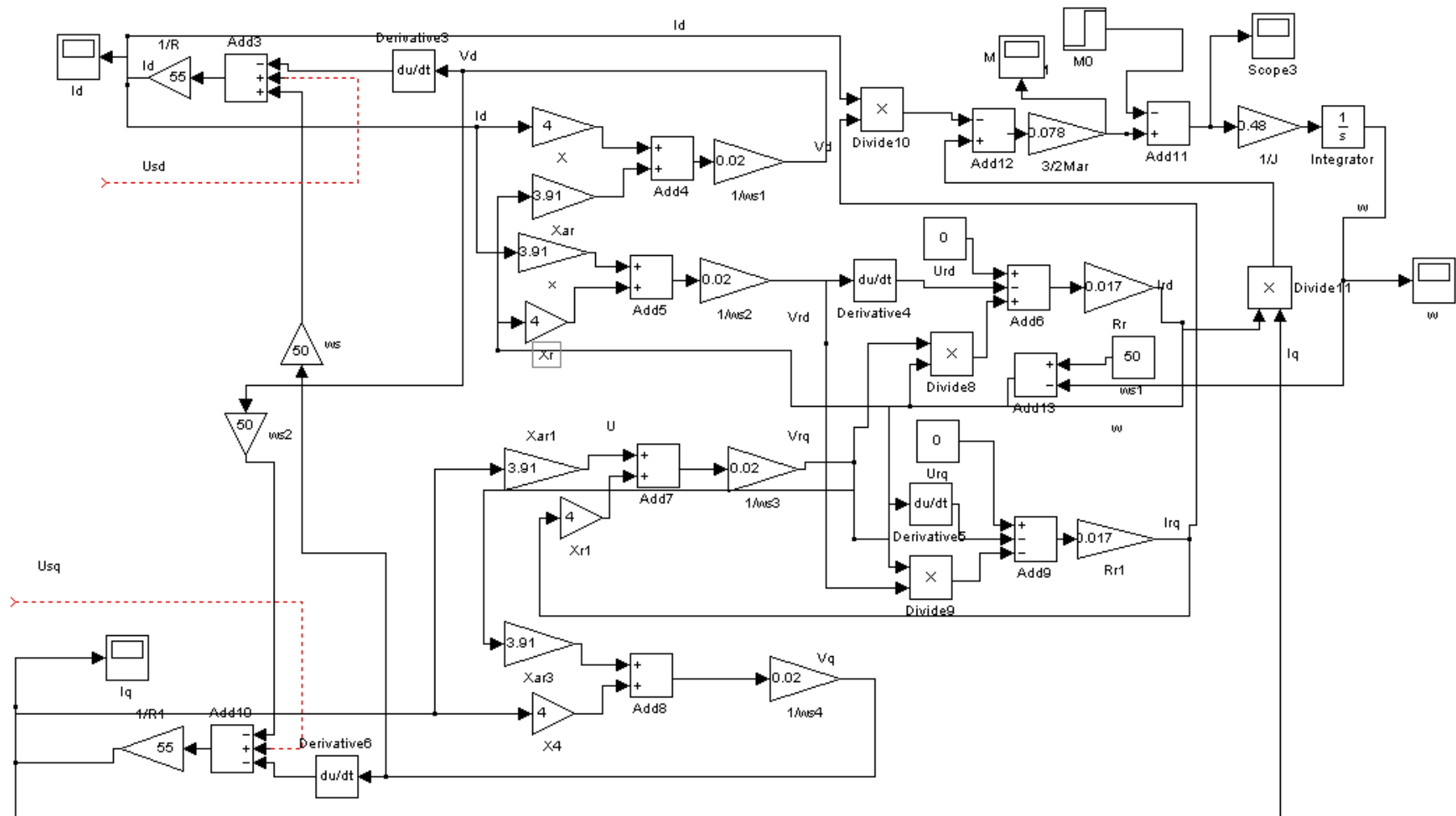
$$\psi_f = \frac{1}{\omega_s} (X_f I_f - X_{fa} I_d)$$

Từ các công thức $U_f = R_f I_f + \frac{d}{dt}\psi_f$ ta sẽ xây dựng được dòng kích từ I_f theo điện áp kích từ U_f và từ thông kích ψ_f , từ dòng kích từ I_f , I_d và I_q ta sẽ xây dựng được tín hiệu từ thông ψ_f và ψ_d sau đó áp dụng công thức $U_{sd} =$

$$\frac{d}{d_t}\psi_d + \psi_q \frac{d}{d_t}\gamma - RI_d \text{ và } U_{sq} = \frac{d}{d_t}\psi_d \gamma - \psi_q \frac{d}{d_t} - RI_q \text{ ta sẽ tính được } U_d \text{ và } U_q, \text{ kết quả}$$

được mô hình như ở hình 3.1.

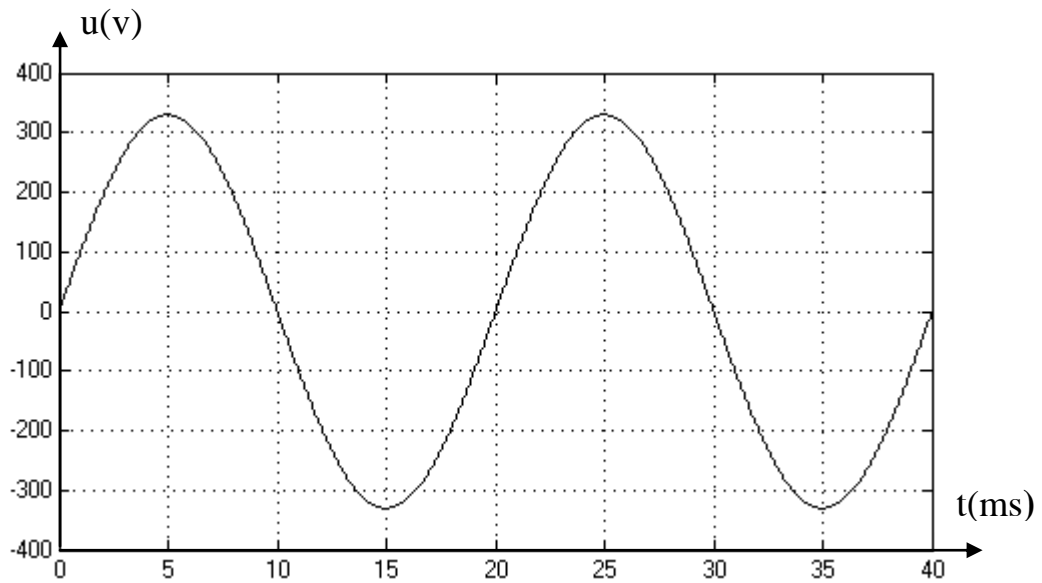
Từ mô hình ta thấy toàn bộ các phương trình toán học đã được thể hiện trong mô hình mô phỏng, các tín hiệu vào có thể điều khiển ở máy phát là tốc độ từ trường quay (đã giả thiết không đổi) và dòng kích từ, giá trị ra của máy phát là điện áp các cực của máy phát U_{sd} , U_{sq} , hai tín hiệu dòng tải I_{sd} , I_{sq} vẫn còn để trống vì các giá trị dòng này phụ thuộc vào tải là động cơ không đồng bộ 3 pha vì vậy đây là các tín hiệu chờ để kết nối với mô hình mô phỏng động cơ không đồng bộ 3 pha.



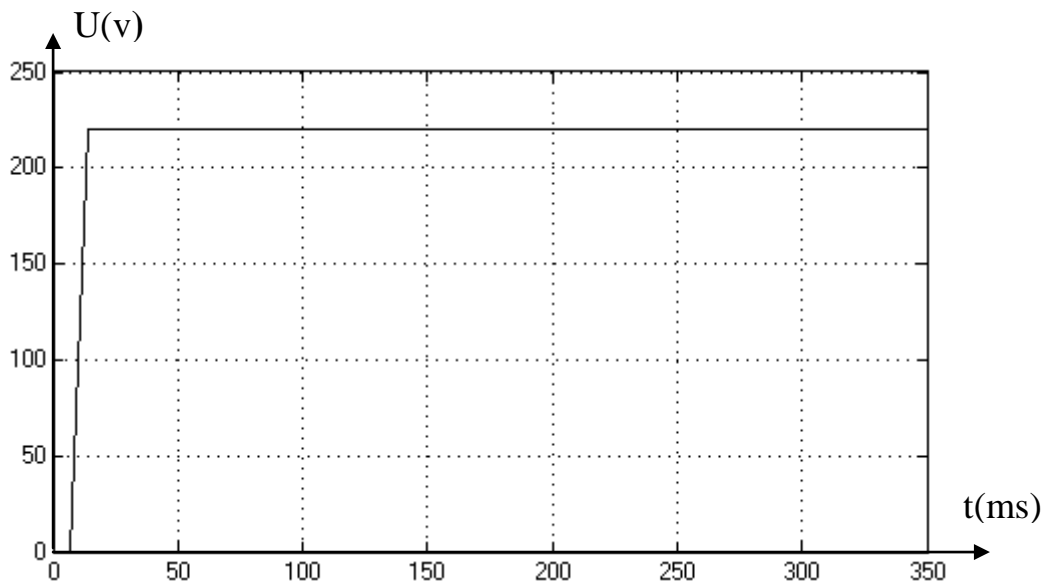
Hình 3.1 Mô hình máy phát xoay chiều đồng bộ 3 pha

Ta tiến hành chạy thử không tải máy phát tức các dòng tải là $I_d=0$ và $I_q=0$, và với giả thiết tốc độ động cơ không đổi và dòng kích từ máy phát được cung cấp giá trị cố định, ta có đặc tính điện áp tức thời và điện áp hiệu dụng của máy phát đồng bộ ba pha như hình 3.2 và hình 3.3.

Từ các đặc tính ta thấy mô hình mô phỏng trên hoạt động đúng nguyên lý, điện áp tức thời có dạng hình sin và giá trị hiệu dụng của điện áp ra các cực là $U=220V$.



Hình 3.2. Đặc tính điện áp tức thời hình sin của máy phát



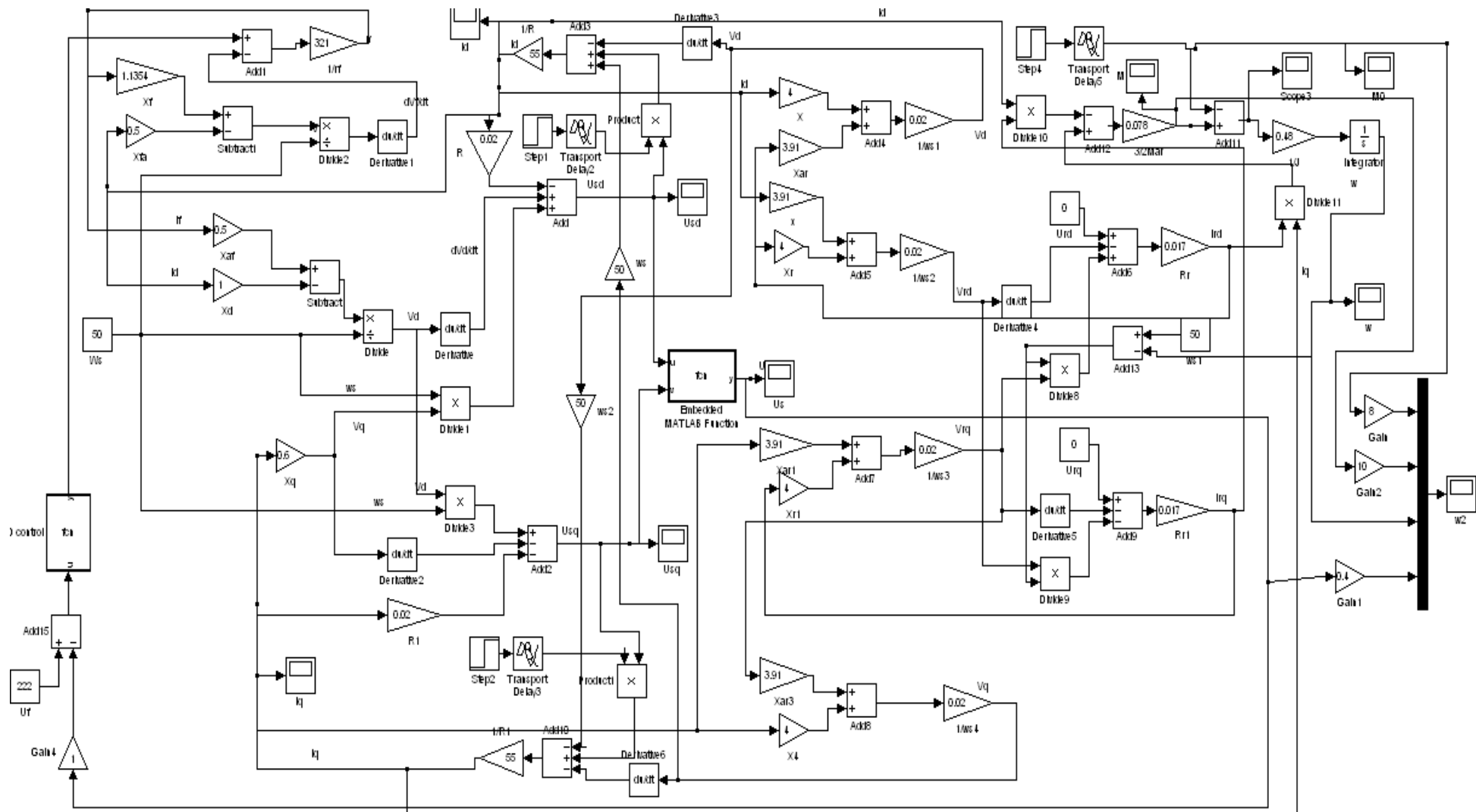
Hình 3.3. Đặc tính điện áp hiệu dụng của máy phát

3.2.2. Mô hình mô phỏng hệ thống phát điện đồng bộ 3 pha với tải là động cơ dị bộ 3 pha

* Xây dựng mô hình

Kết hợp mô hình động cơ không đồng bộ 3 pha và mô hình máy phát đồng bộ 3 pha và cách kết nối vào ra như sau: với giả thiết là tốc độ động cơ diesel là cố định nên tốc độ từ trường quay của máy phát là cố định, các giá trị điện áp đầu ra của máy phát đồng bộ 3 pha là U_{sd} và U_{sq} được sử dụng để cấp điện cho động cơ không đồng bộ 3 pha vì vậy các tín hiệu U_{sd} , U_{sq} của máy phát đồng bộ được kết nối với U_{sd} , U_{sq} của động cơ không đồng bộ. Các giá trị dòng điện tải của máy phát đồng bộ ba pha chính là dòng tiêu thụ của động cơ không đồng bộ ba pha, vì vậy các tín hiệu I_{sd} và I_{sq} của máy phát đồng bộ ba pha được kết nối với I_{sd} , I_{sq} động cơ không đồng bộ ba, kết quả ta được mô hình tổng thể hệ của cả thống như trên hình 3.4.

Trên mô hình ta đã sử dụng bộ điều khiển dòng kích từ (FCN) theo luật điều khiển PID với mục đích để điều chỉnh điện áp đầu ra của máy phát đồng bộ đạt được bằng những giá trị điện áp định trước và tăng chất lượng điện áp của máy phát khi tải của máy phát đồng bộ thay đổi.



Hình 3.4 Mô hình tổng thể hệ thống

3.2.3. Kết quả mô phỏng

Để có đánh giá tổng quan tác giả sẽ chạy mô phỏng hệ thống với các thông số của máy phát đồng bộ 3 pha và động cơ không đồng bộ 3 pha trong 2 trường hợp là công suất của động cơ phù hợp với công suất máy phát và công suất của động cơ lớn so với công suất máy phát.

a. Khi công suất động cơ phù hợp với công suất máy phát

Với mô hình được xây dựng như trên, để tiến hành thử nghiệm trường hợp công suất động cơ phù hợp với công suất máy phát ta chọn các thông số máy phát và động cơ như sau:

-Máy phát S=500KW; U=400v, f=50hz với các thông số sau [5]:

$$X_d=1 \quad X'_d=0.325$$

$$X''_d=0.21 \quad X_q=0.6$$

$$X''_q=0.325 \quad X_2=0.21$$

$$X_0=0.093 \quad R_a=0.02$$

$$r_f=0.21 \quad T_{d0}=1,16s$$

$$T''_{d0}=0.014s \quad T_a=0.0324$$

-Động cơ Se-280 M11 với các thông số như sau [5]:

$$P_{dm}=90KW \quad n=1475v/p$$

$$I_{dm}=158A \quad M_e=573Nm$$

$$\cos\varphi_{dm}=0.95 \quad H=1.15$$

$$I_r/I_{dm}=6.5 \quad R_1=0.018$$

$$R_2=0.017 \quad X_1=X_2=4$$

$$X_{st}=2.125 \quad T_m=0.582$$

- Giả thiết mômen cản của động cơ là cố định, $M_c = 10 \text{ N.m}$

Ta tiến hành chạy mô phỏng 2 trường hợp để thể hiện rõ vai trò chức năng của mạch điều khiển dòng kích từ trong máy phát là trường hợp không có điều khiển dòng kích từ và trường hợp có điều khiển dòng kích từ.

- Khi không có điều khiển dòng kích:

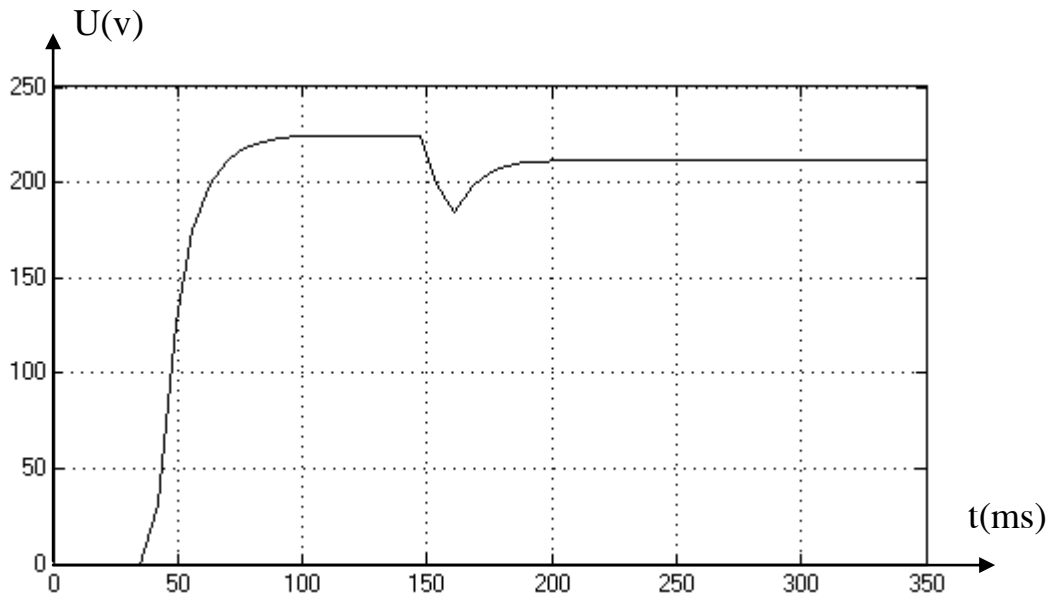
Các đặc tính điện áp, mômen điện từ của máy phát đồng bộ 3 pha và tốc của động cơ không đồng bộ 3 pha được thể hiện ở hình 3.4, hình 3.5 và hình 3.6 Hình 3.7 thể hiện các dạng đặc tính trên cùng một hệ toạ độ. Để thể hiện rõ các quá trình hoạt động của hệ thống tác giả chạy mô phỏng hệ thống với các giai đoạn và quá trình như sau:

-Thời điểm ban đầu $t=0$, cho động cơ điêzel chạy nhưng chưa cấp dòng kích từ cho máy phát.

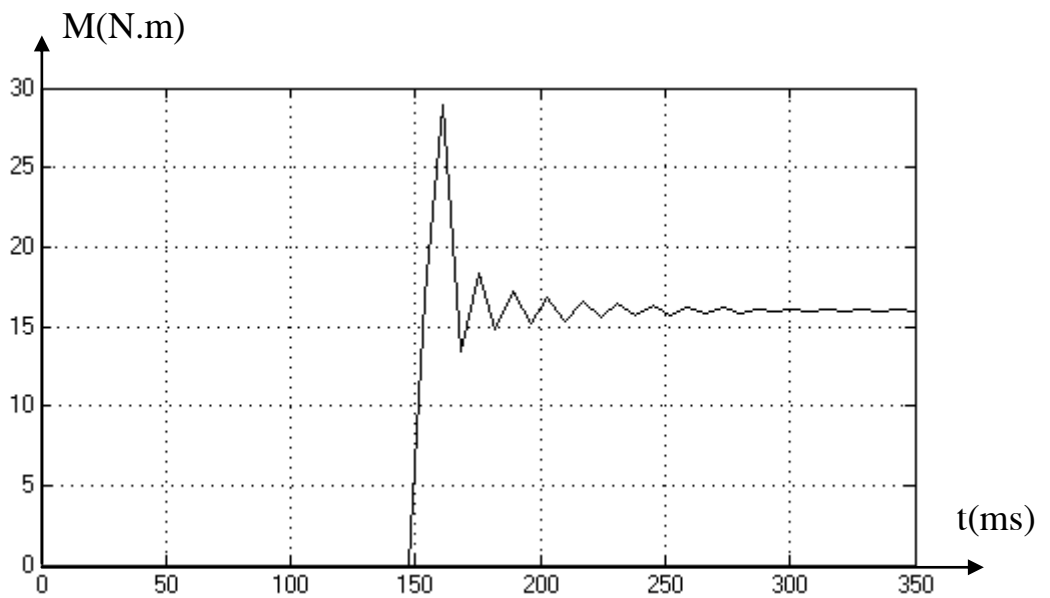
-Thời điểm $t=40\text{ms}$, ta cấp dòng kích từ cho máy phát.

-Thời điểm $t=150\text{ms}$ khi điện áp của máy phát ổn định ta đóng tải cho máy phát là động cơ không đồng bộ 3 pha.

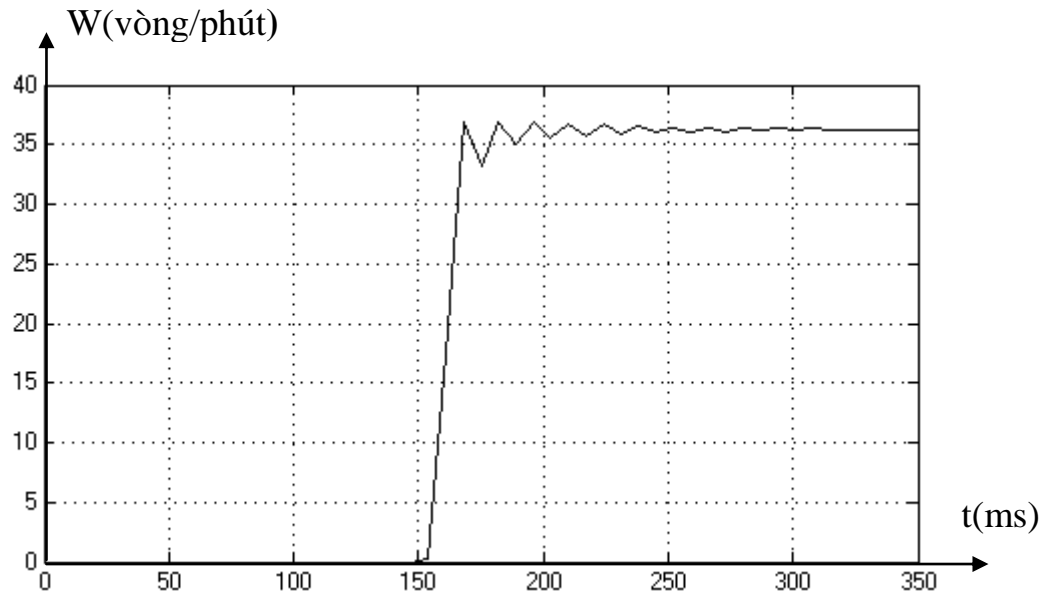
Kết quả cho thấy tại thời điểm ban đầu ($t=0\text{ ms}$) ta cho máy phát chạy nhưng chưa cấp dòng điện kích từ thì điện áp đầu ra của máy phát chưa có ($U_f=0$). Tại thời điểm $t=40\text{ms}$, ta cấp dòng điện kích từ cho máy phát thì điện áp đầu ra máy phát tăng dần và đạt tới giá trị định mức. Khi điện áp của máy phát ổn định tại thời điểm $t=150\text{ms}$, ta đóng phụ tải cho máy phát đồng bộ là động cơ điện không đồng bộ 3 pha thì ngay lập tức điện áp của máy phát bị sụt xuống, sau một thời gian điện áp của máy phát đồng bộ mới phục hồi tăng điện áp trở lại nhưng không đạt được giá trị điện áp ban đầu khi chưa chạy tải, và độ sụt áp ΔU khoảng 15V.



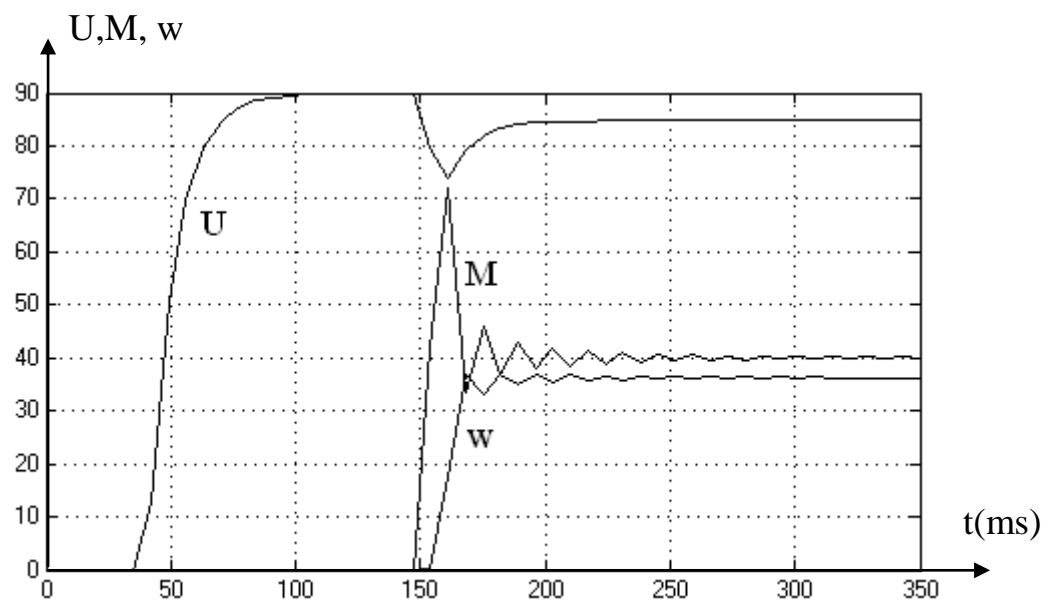
Hình 3.5 Đặc tính điện áp của máy phát khi không có điều chỉnh dòng kích từ.



Hình 3.6 Đặc tính mô men điện từ của máy phát khi không có điều khiển kích từ.



Hình 3.6 Đặc tính tốc độ của động cơ khi máy phát chưa điều khiển kích từ



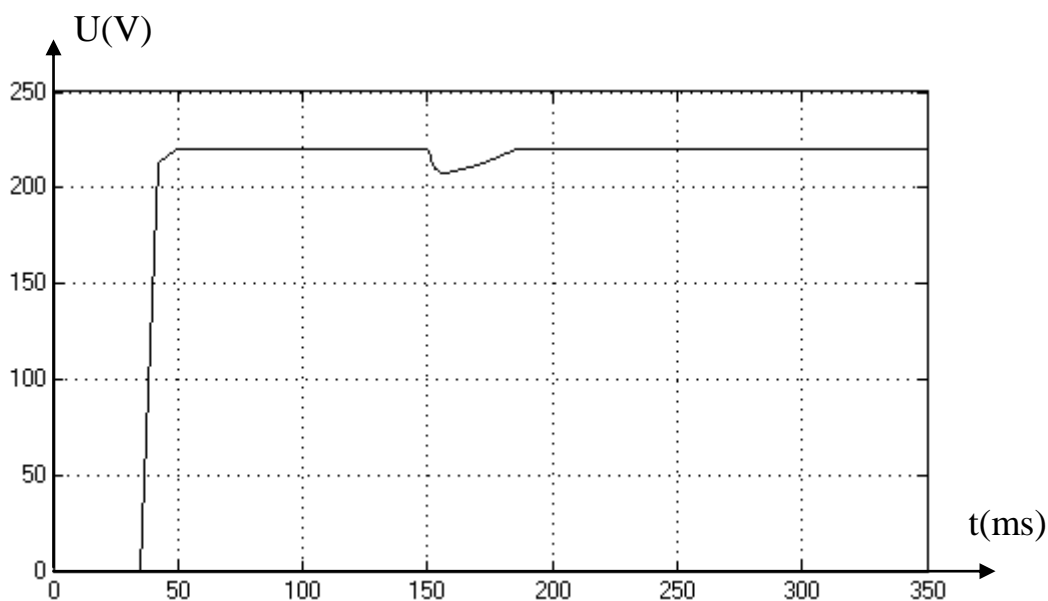
Hình 3.7 Các đặc tính khi chưa có điều khiển dòng kích từ

-Kết quả mô phỏng khi có điều khiển phản hồi dòng kích từ máy phát:

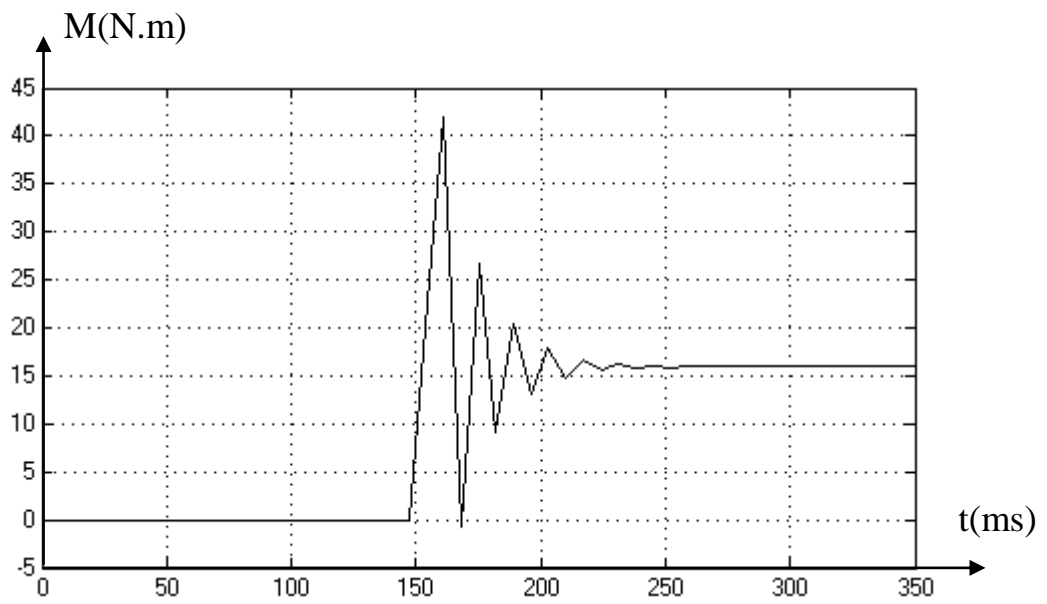
Để thể hiện rõ toàn bộ quá trình hoạt động của hệ thống trong trường hợp này ta cũng chạy hệ thống với các mốc thời gian như sau: tại thời điểm ban đầu $t=0$ ta cho máy phát chạy nhưng không cấp dòng kích từ cho máy phát. Tại thời điểm $t=40$ ms, cấp dòng điện kích từ cho máy phát đồng thời có điều khiển dòng kích

từ theo luật điều khiển PID. Tại thời điểm $t=150\text{ms}$, khi điện áp của máy phát đã ổn định thì ta đóng tải cho máy phát là động cơ không đồng bộ 3 pha.

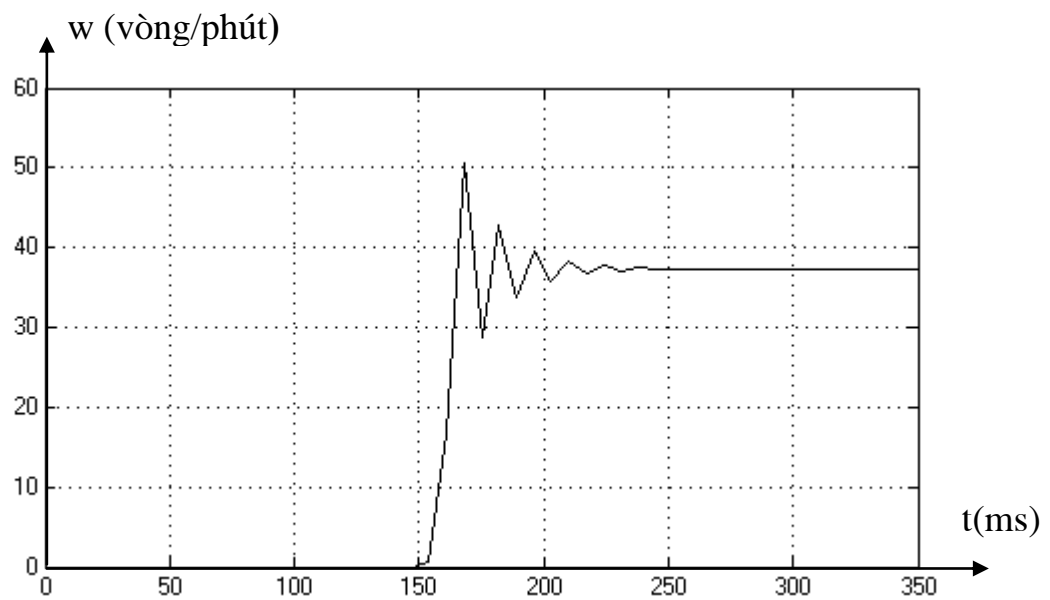
Các kết quả mô phỏng khi có điều khiển dòng kích từ máy phát được thể hiện như ở hình 3.8, hình 3.9, hình 3.10, hình 3.11 và hình 3.12. Từ kết quả thể hiện ta thấy khi có điều khiển dòng kích từ thì điện áp của máy phát đồng bộ 3 pha sẽ ổn định hơn rất nhiều khi khởi động tải là động cơ không đồng bộ 3 pha tức là độ sụt áp của máy phát khi động cơ khởi động là rất ít và giá trị điện áp của máy phát sẽ phục hồi gần với giá trị ban đầu khi chưa chạy động cơ (ΔU khoảng 2V), từ đó kéo theo là tốc độ của động cơ chạy đúng với điện áp định mức của nó nên động cơ sẽ có kết quả tốt hơn.



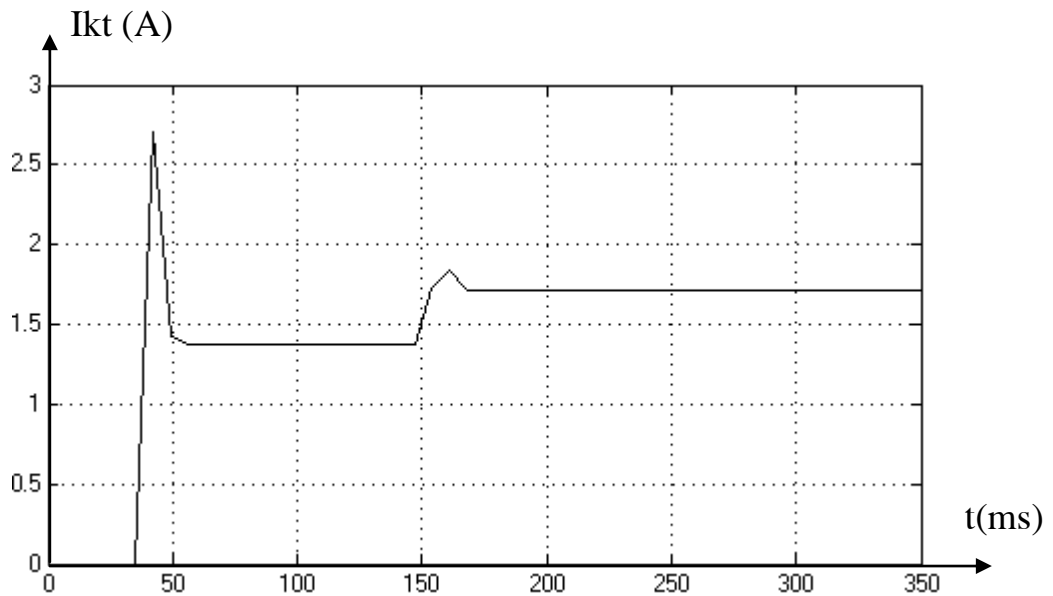
Hình 3.8 Đặc tính điện áp của máy phát khi có điều khiển dòng kích từ



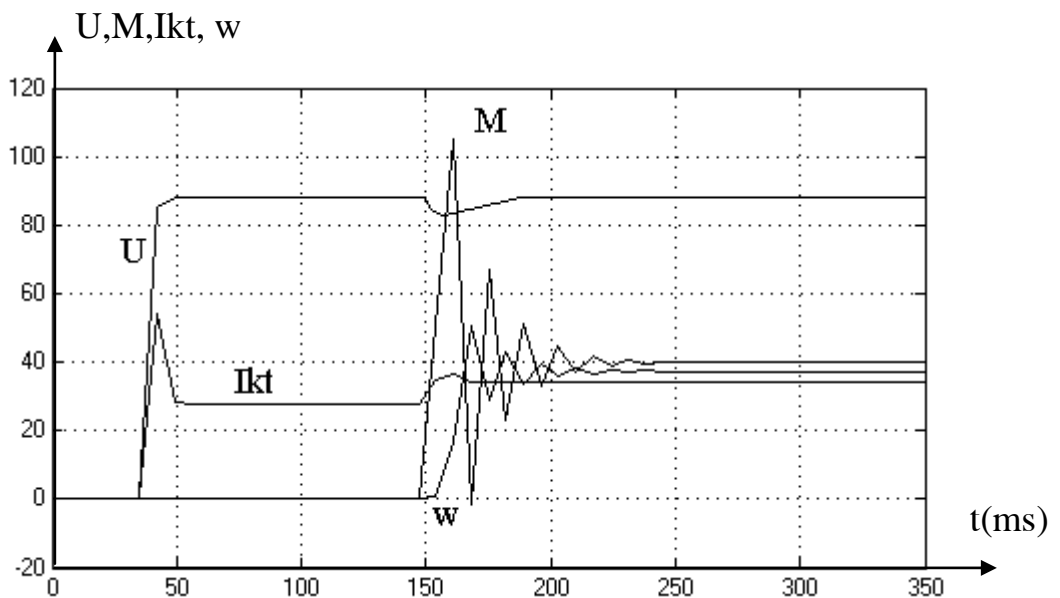
Hình 3.9 Đặc tính mô men của máy phát khí có điều khiển dòng kích từ



Hình 3.10 Đặc tính vận tốc của động cơ khi có điều khiển dòng kích từ



Hình 3.11 Đặc tính dòng điều khiển kích từ



Hình 3.12 Các đặc tính của hệ thống khi có điều chỉnh dòng kích từ.

Dòng kích từ được điều khiển theo luật PID, ta thấy khi khởi động ($t=40$ ms) dòng kích từ máy phát tăng rất nhanh và có giá trị lớn để điều khiển điện áp của máy phát nhanh chóng đạt giá trị định mức, khi điện áp của máy phát ổn định, dòng kích từ giảm xuống và cũng ổn định, khi đóng phụ tải ($t=150$ ms) cho máy phát là động cơ điện không đồng bộ 3 pha thì dòng kích của máy phát từ cũng tăng theo để đảm bảo điện áp của máy phát không bị sụt giảm.

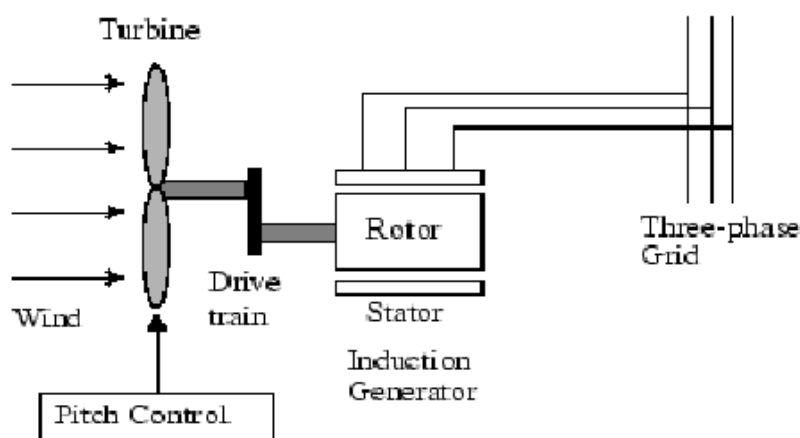
3.3. VÍ DỤ ỨNG DỤNG MÁY PHÁT ĐỒNG BỘ BA PHA CHO HỆ THỐNG SỨC GIÓ

3.3.1. Nguyên lý chung

Nguyên lý chung của máy phát điện là biến đổi các dạng năng lượng khác thành năng lượng điện. Máy phát điện chạy bằng sức gió cũng tuân theo nguyên lý chung đó. Hiện nay trên thế giới đã có nhiều nơi sử dụng máy phát điện chạy bằng sức gió hoặc sử dụng động cơ di bộ nguồn kép hoặc sử dụng đồng bộ kích thích vĩnh cửu, động cơ đồng bộ rôto dây quấn. Tùy theo từng vùng, điều kiện mà có thể sử dụng loại nào cho phù hợp. Dải công suất của loại máy này là rất rộng, từ vài kw đến vài trăm kw, hiện nay với loại động cơ đồng bộ kích thích vĩnh cửu có thể lên tới 600kw.

Gió làm quay cánh quạt, qua trục quay gắn với Rotor làm Rotor quay. Rotor quay tạo ra từ trường quay, từ trường này chuyển động tương đối so với các cuộn dây Stator làm xuất hiện trong chúng sức điện động cảm ứng. Sức điện động cảm ứng này có tần số và biên độ hoàn toàn phụ thuộc vào tốc độ quay của Rotor tức là hoàn toàn phụ thuộc vào sức gió. Do đó ở các đầu dây cuộn Stator ta thu được dòng điện ba pha có tần số và biên độ không ổn định. Để có thể đưa dòng điện này hoà vào lưới hay nuôi các thiết bị điện ta phải đảm bảo được chất lượng điện tức là phải đảm bảo được tần số, biên độ và góc pha. Vì vậy ta phải đưa dòng điện ở đầu ra của máy phát qua bộ phận chỉnh lưu. Đầu ra của chỉnh lưu đưa vào bộ phận nghịch lưu. Tại bộ phận nghịch lưu ta dùng μC hoặc Computer để điều khiển nhằm tạo ra dòng ba pha có tần số và biên độ theo ý muốn. Tuy nhiên dòng điện này vẫn tồn tại nhiễu, do đó cần phải có bộ lọc để triệt tiêu chúng. Nếu hoà vào lưới ta cần thêm khâu đồng bộ hoá nhằm tránh xung đột.

Sơ đồ máy phát đồng bộ chạy bằng sức gió



Hình 3.13. Sơ đồ cấu tạo tuabin gió

Stator được hòa trực tiếp vào lưới điện và tốc độ của roto phụ thuộc hoàn toàn vào năng lượng gió và tốc độ cánh quạt. Năng lượng tạo ra bởi các tua-bin gió và được chuyển đổi thành năng lượng điện do máy phát điện cảm ứng và hòa vào lưới điện qua cuộn dây stato. Tốc độ roto được kiểm soát để hạn chế công suất đầu ra máy phát điện với giá trị không đổi khi tốc độ gió cao. Để tạo ra năng lượng tốc độ máy phát điện cảm ứng phải hơi cao hơn tốc độ đồng bộ. Nhưng sự thay đổi tốc độ thường là quá nhỏ mà các máy phát điện cảm ứng được coi là một máy phát điện gió tốc độ cố định. Công suất phản kháng được hấp thụ bởi thiết bị phát điện cảm ứng được tạo ra bởi một số thiết bị như các ngân hàng tụ điện, SVC, STATCOM

Công thức tính đầu ra của tua bin gió

Mô hình này dựa trên các đặc điểm điện trạng thái ổn định của tuabin. Độ cứng của đảo tạo lái xe là vô hạn và các yếu tố ma sát và quán tính của tuabin phải được kết hợp với những máy phát điện cùng với các tua-bin. Công suất đầu ra của tuabin được cho bởi phương trình sau đây.

$$P_m = c_p(\lambda, \beta) \frac{\rho A}{2} v_{\text{wind}}^3,$$

Trong đó :

P_m Công suất cơ khí của tuabin (W)

c_p Hệ số của tuabin

ρ Mật độ không khí (kg/m³)

A Tuabin quét khu vực (m²)

v_{wind} Tốc độ gió (m / s)

λ Tỷ lệ tốc độ đỉnh của cánh quạt với tốc độ gió

β Góc cánh quạt (độ)

Mỗi đơn vị (pu) ta có :

$$P_{m_pu} = k_p c_{p_pu} v_{wind_pu}^3,$$

P_{m_pu} Năng lượng pu cho các giá trị cụ thể của ρ và A

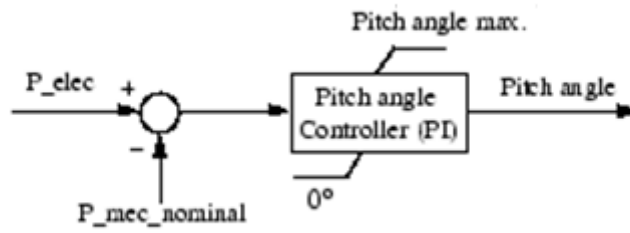
c_{p_pu} Hệ số hiệu suất trong pu giá trị tối đa c_p

v_{wind_pu} Tốc độ gió trong pu của tốc độ gió cơ sở (m/s)

k_p Năng lượng cho $c_{p_pu} = 1$ pu và $v_{wind_pu} = 1$ pu, k_p là nhỏ hơn hoặc bằng 1

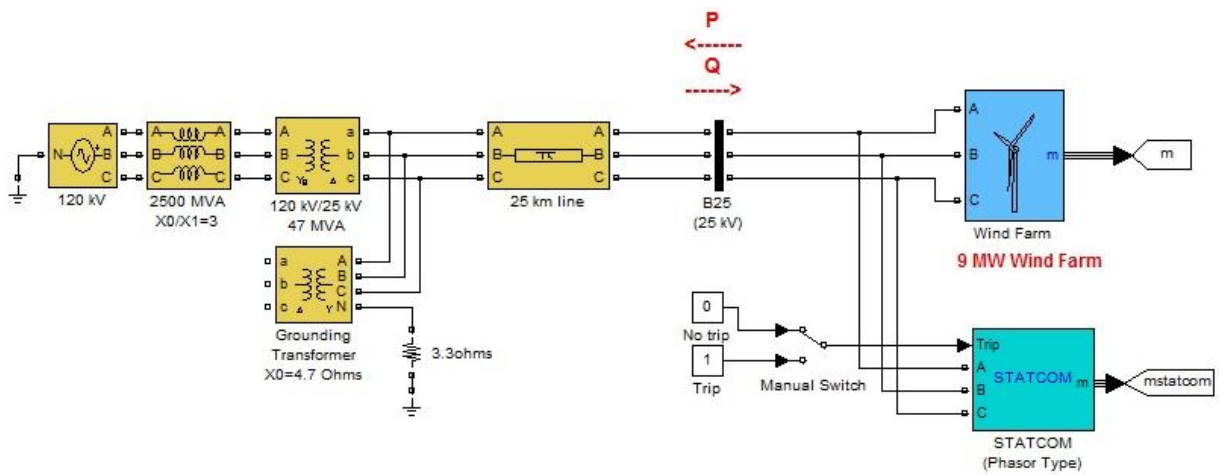
Hệ thống kiểm soát góc độ cánh quạt

Góc mở của cánh quạt A (PI) điều khiển theo tỷ lệ-tích được sử dụng để kiểm soát các góc mở cánh quạt để hạn chế sức mạnh sản lượng điện với sức mạnh cơ khí danh nghĩa. Góc mở được giữ ổn định ở mức độ không khí đo công suất điện là theo giá trị danh nghĩa của nó. Khi nó làm tăng trên giá trị danh nghĩa của nó điều khiển PI tăng góc mở để mang lại sức mạnh để đo giá trị danh nghĩa của nó. Hệ thống điều khiển được minh họa theo hình dưới đây :



Hình 3.14 Thiết bị điều khiển góc mở cánh quạt

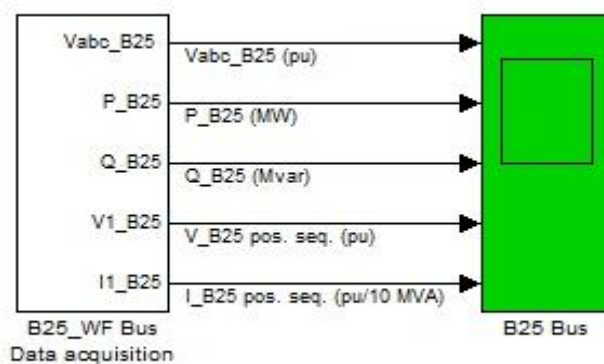
3.3.2 Mô hình mô phỏng máy phát đồng bộ



Hình 3.15. Mô hình máy phát đồng bộ

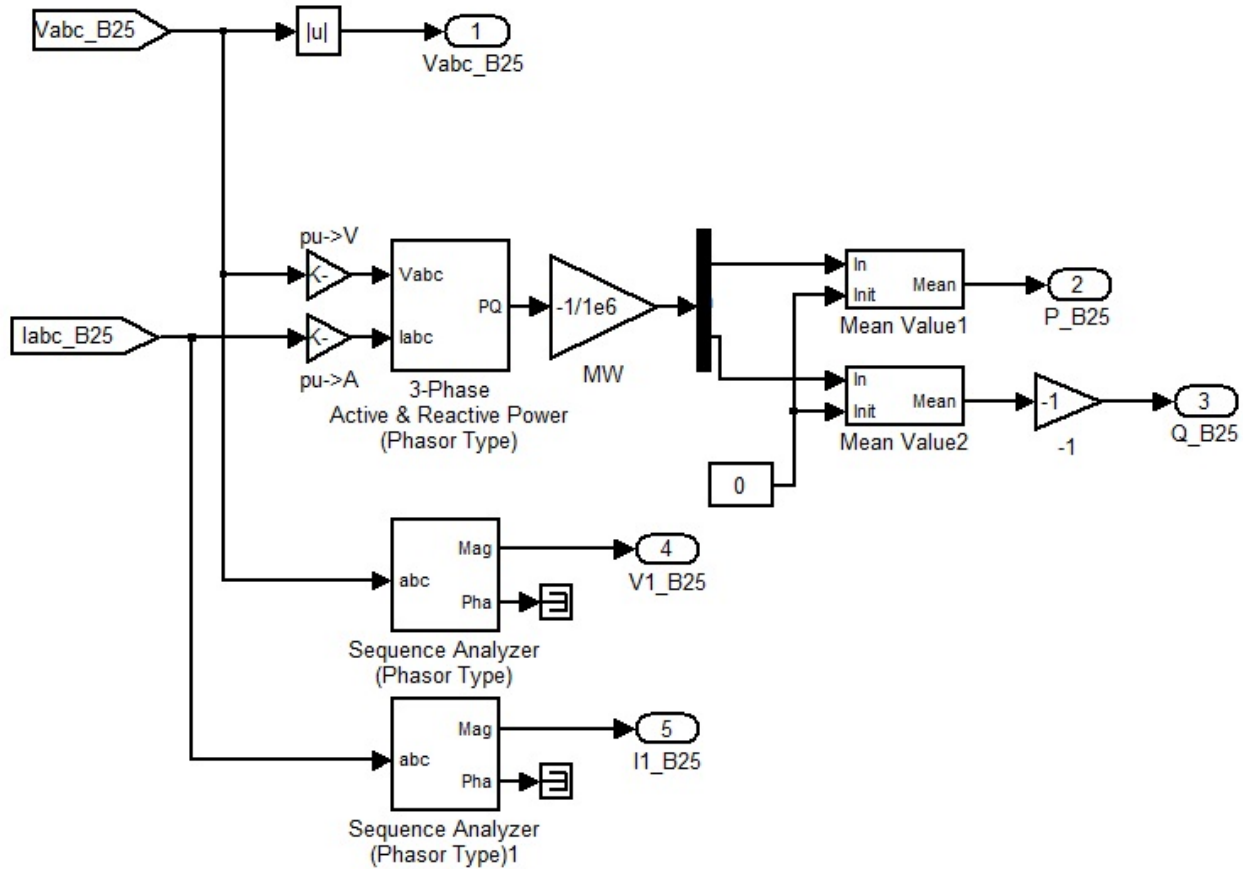
3.3.3 Các bộ thu thập dữ liệu

Bộ thu thập dữ liệu B25_WF



Hình 3.16. Bộ thu thập dữ liệu B25_WF

Sơ đồ cấu tạo:



Hình 2.5. Sơ đồ bộ B25_WF

Ký hiệu các phần tử:

Vabc_B25 Thiết bị so sánh sự chênh lệch điện áp

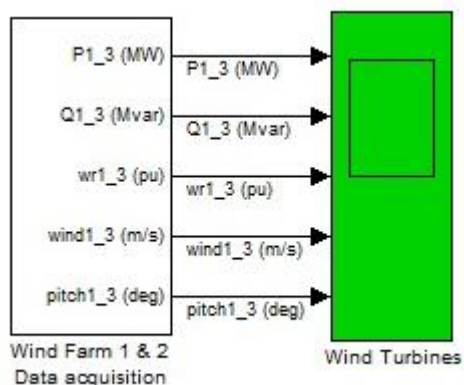
P_B25 Công suất tác dụng của máy phát

Q_B25 Đầu ra công suất phản kháng

V_B25 Điện thế tại điểm B25

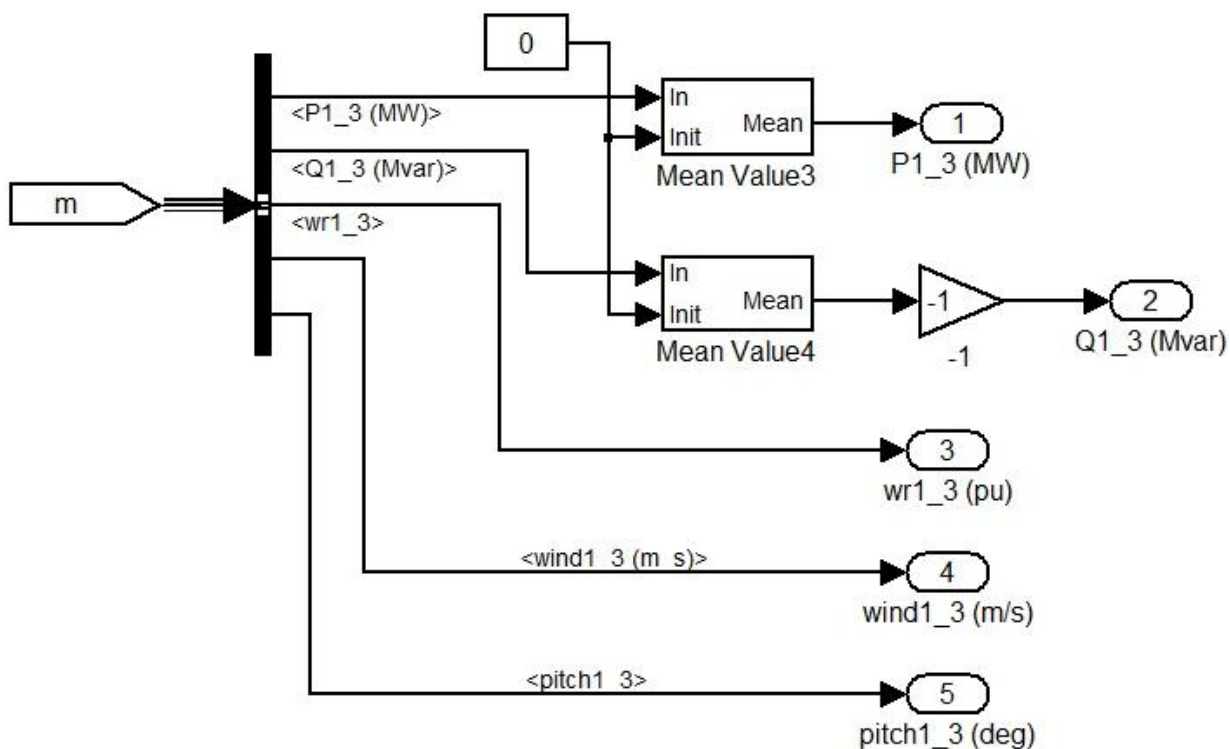
I_B25 Dòng điện tại điểm B25

Bộ thu thập dữ liệu điều chỉnh tốc độ cánh quạt



Hình 3.17. Bộ điều chỉnh tốc độ cánh quạt

Sơ đồ cấu tạo



Hình 3.18. Sơ đồ bộ điều chỉnh tốc độ

Ký hiệu các phân tử :

Wr1_3 Tốc độ 3 rô to

Wind1_3 Tốc độ 3 cánh quạt

P1_3 Công suất tác dụng máy phát

Q1_3 Công suất phản kháng máy phát

Pitch Tốc độ mở van cánh quạt

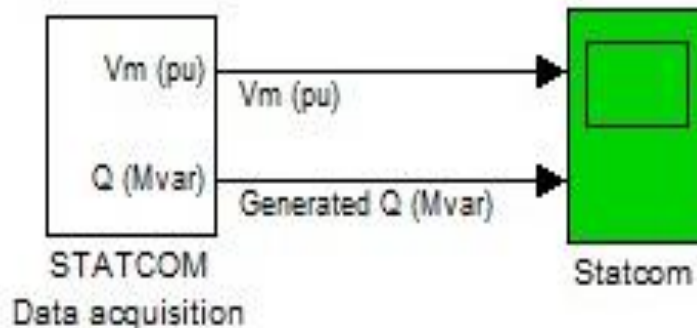
Nguyên lý hoạt động

Để duy trì công suất được biến đổi từ năng lượng gió thành công suất trên trục của động cơ là cực đại thì cần phải đảm bảo tốc độ gió phải ở trong dải cho phép. Việc điều chỉnh sao cho tốc độ tuốc bin đạt được giá trị cho phép phát ra công suất đỉnh được thực hiện thông qua việc điều khiển góc pitch. Ở tốc độ gió nằm ngoài dải tốc độ cho phép của tuốc bin thì cần phải cắt máy phát ra khỏi lưới và sử dụng phanh cơ khí để giữ cho tuốc bin không quay.

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

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

Thiết bị nâng cao độ ổn định điện áp STATCOM

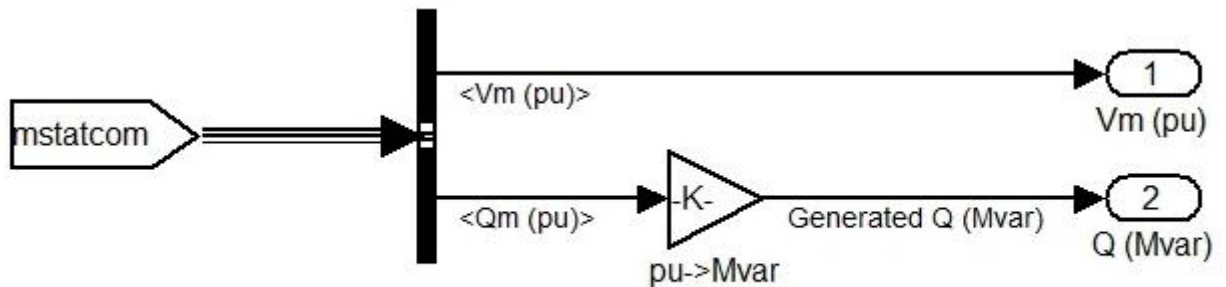


Hình 3.19. Bộ điều chỉnh nâng cao điện áp

Công suất phản kháng cung cấp cho turbin sẽ được lấy trực tiếp từ nguồn và từ hệ thống bù cố định, do đặc điểm của các nhà máy này thường ở rất xa các hệ thống điện nên công suất phản kháng cung cấp cho nó sẽ yếu và không ổn định. Chính các nguyên nhân này dẫn đến hiện tượng nhấp nháy điện áp và sự hoạt động không ổn định của các turbin gió.

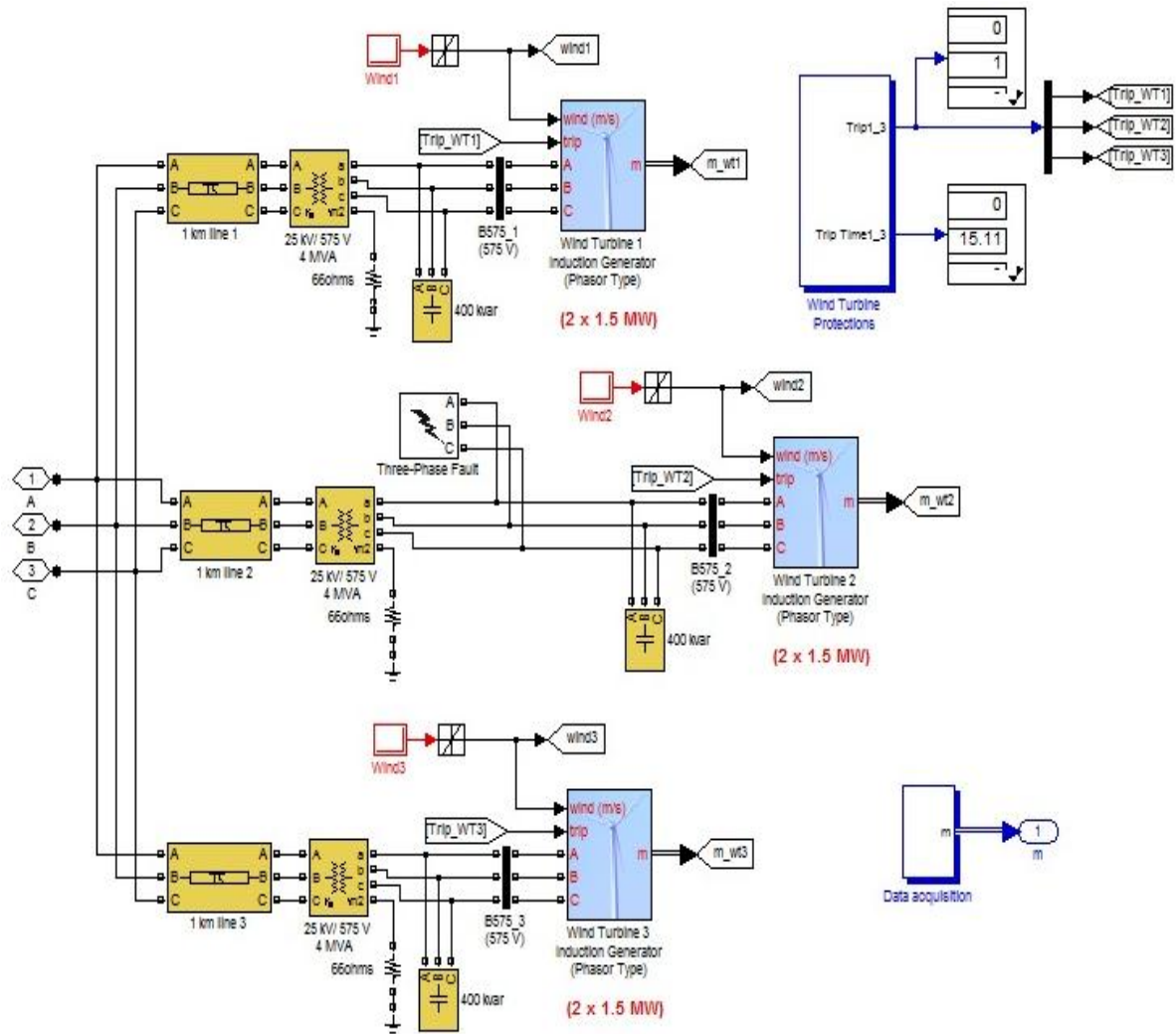
Để khắc phục hiện tượng nhấp nháy điện áp và tăng tính ổn định của nhà máy điện gió cần phải sử dụng hệ thống bù thông minh, phản ứng nhanh như hệ thống STATCOM.

Sơ đồ cấu tạo:



Hình 3.20. Sơ đồ bộ STATCOM

Mô hình 3 máy phát ghép nối

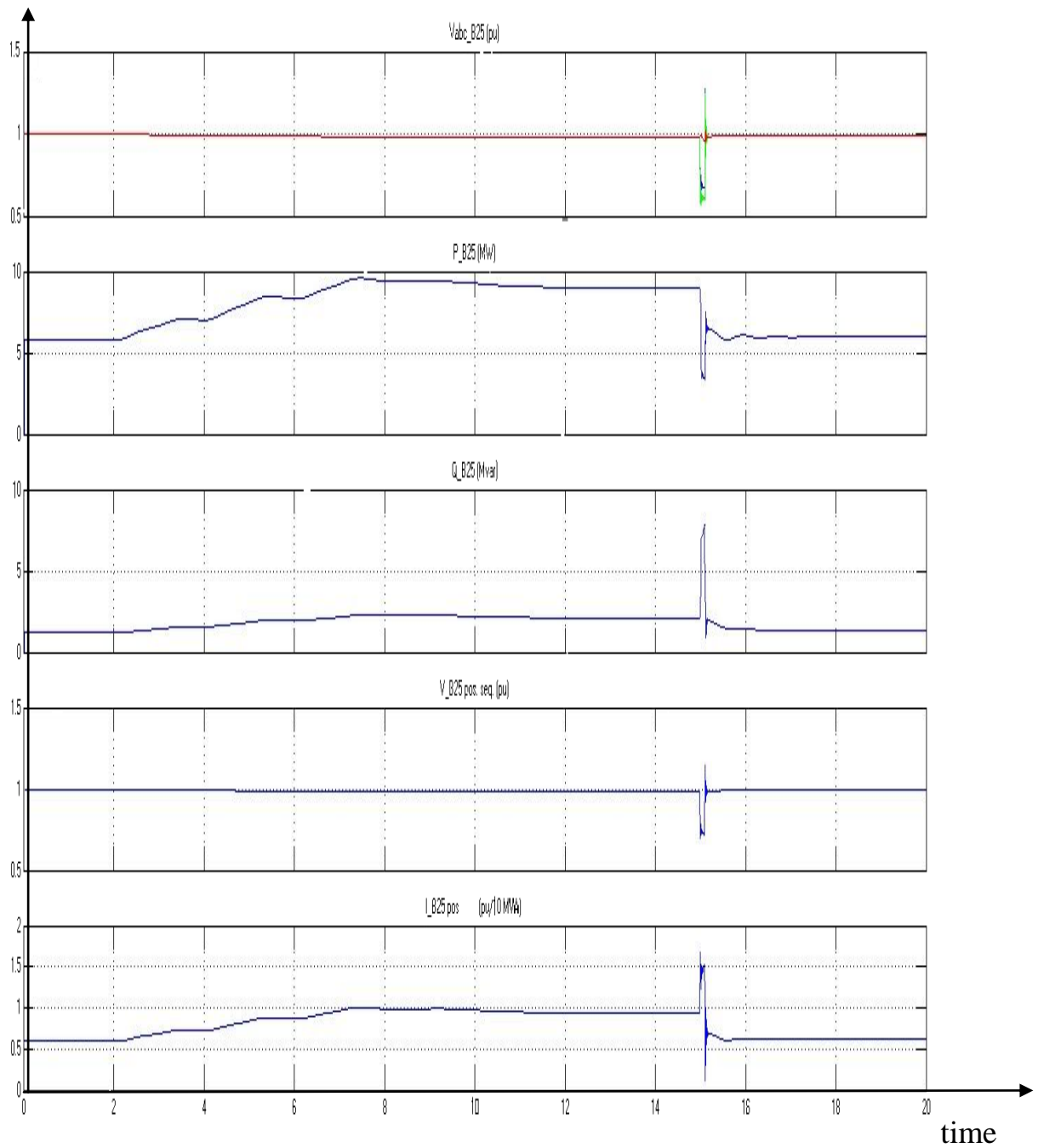


Hình 3.21. Mô hình 3 máy phát ghép nối

Đây là mô hình wind farm gồm 3 tuốc bin gió được hòa với nhau. Tổng công suất của các wind farm có thể lên tới hàng chục MW. Có 2 loại tuốc bin gió là tuốc bin trục đứng và tuốc bin trục ngang, mỗi loại đều có ưu nhược điểm khác nhau. Tuốc bin trục đứng có momen xoắn lớn nên không phù hợp đặt trên cao, vì vậy phù hợp lắp đặt ở vị trí thấp và có tốc độ gió nhỏ dẫn đến công suất nhỏ và vừa. Còn tuốc bin trục ngang sẽ khắc phục được nhược điểm của tuốc bin trục đứng nhưng giá thành và chi phí cao.

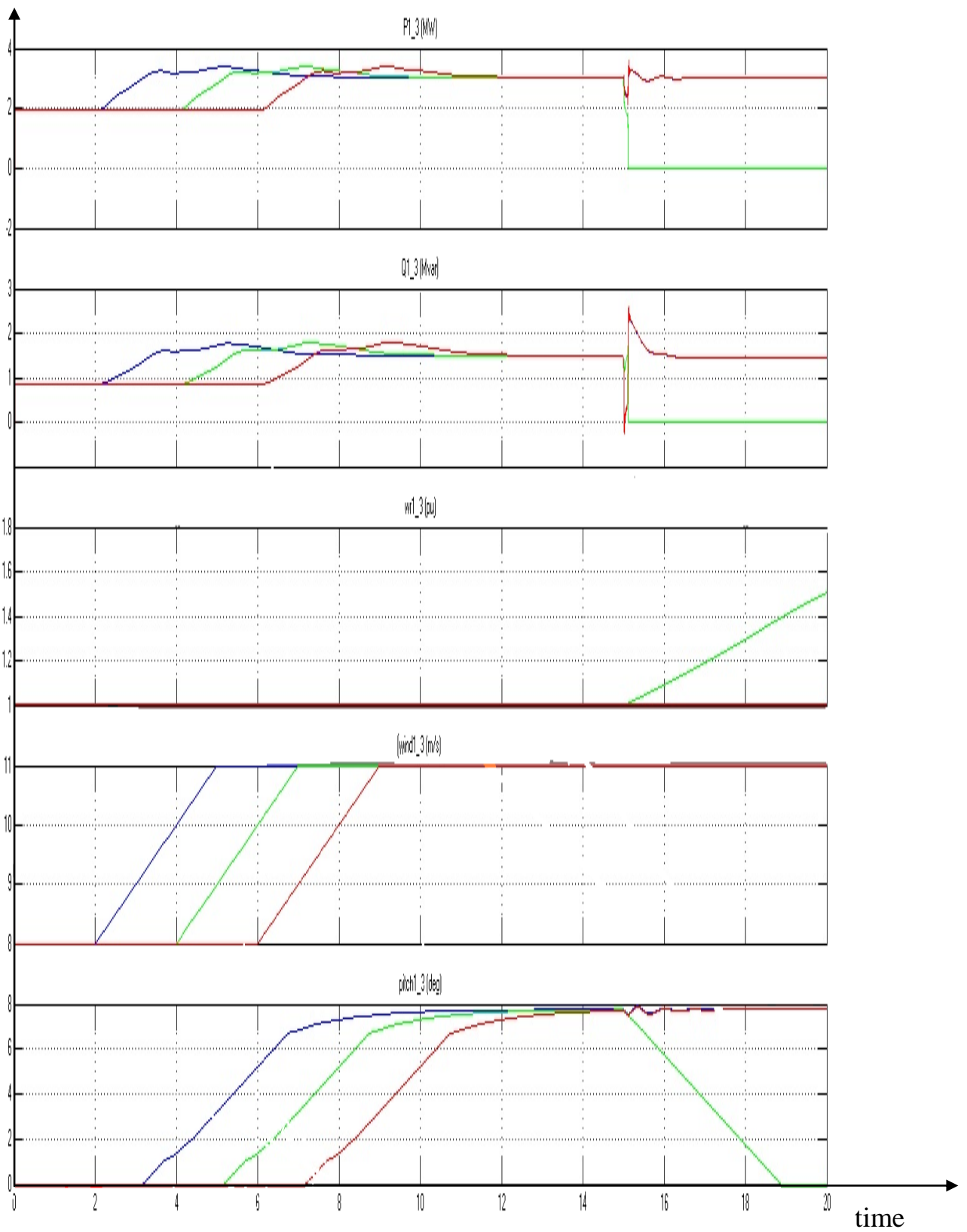
3.3.4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG BỘ B25_WF



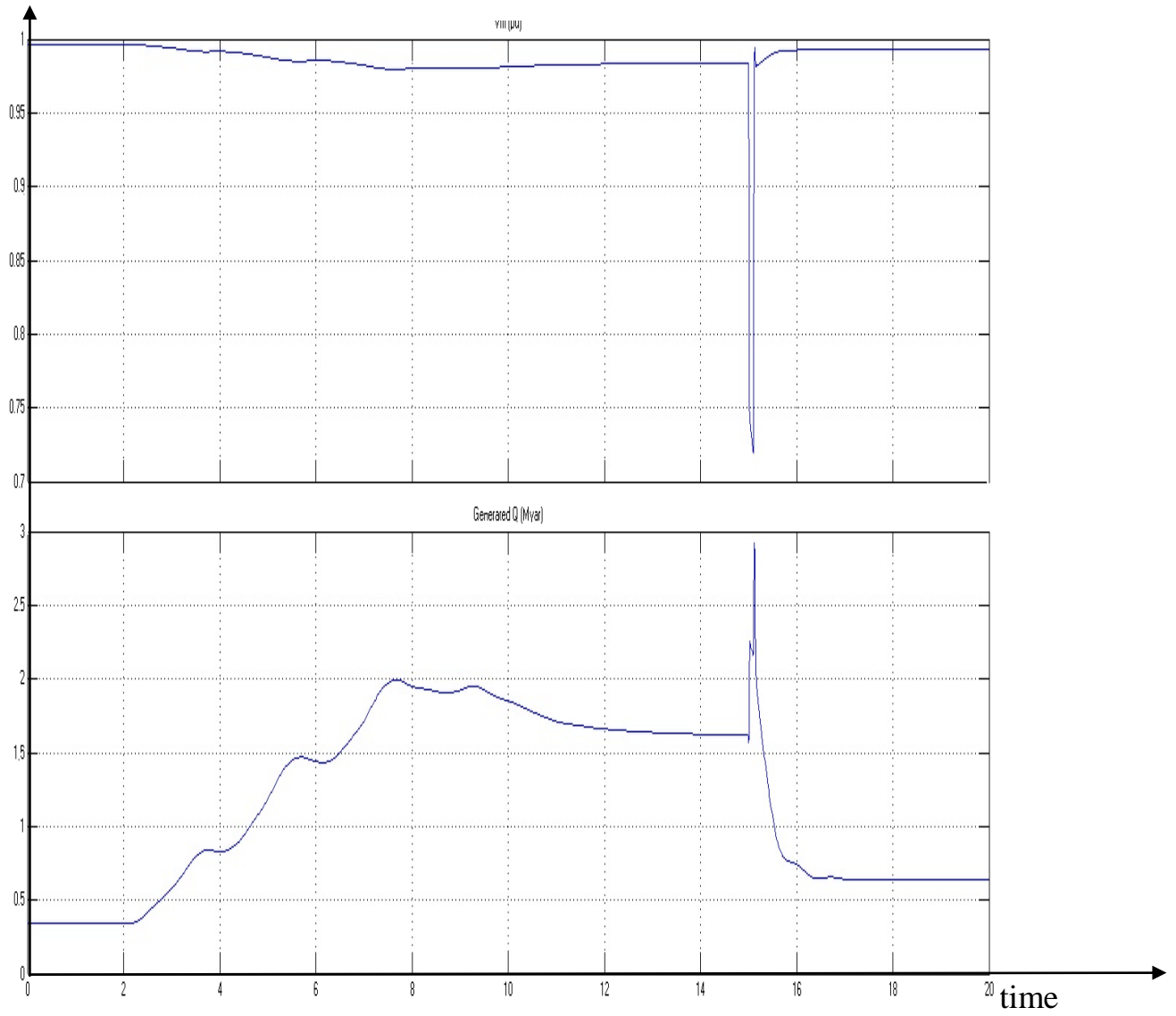
Hình 3.22. Kết quả mô phỏng bộ B25_WF

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG TUARBIN GIÓ ỨNG VỚI SỰ THAY ĐỔI GIÓ



Hình 3.23. Kết quả mô phỏng bộ điều chỉnh tốc độ cánh quạt

KẾT QUẢ MÔ PHỎNG BỘ STATCOM



Hình 3.24 Kết quả mô phỏng thiết bị điều chỉnh điện áp

KẾT LUẬN

Sau một khoảng thời gian ngắn thực hiện đề tài tốt nghiệp, cùng với nỗ lực cố gắng của bản thân sự giúp đỡ tận tình của các thầy cô giáo, bạn bè cùng lớp, đến nay em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp của mình. Trong đề tài của mình em đã tìm hiểu và thực hiện được các yêu cầu sau:

- Tìm hiểu về MATLAB
- Tìm hiểu về máy phát đồng bộ và công nghệ ứng dụng
- Ứng dụng MATLAB trong mô phỏng

Tuy nhiên để làm được những việc trên cần đòi hỏi một tầm hiểu biết nhất định về điện tử, tin học...nên em cũng gặp không ít khó khăn. Trong quá trình làm đồ án, mặc dù đã rất cố gắng nhưng do kiến thức và kinh nghiệm còn hạn chế nên đồ án này không thể tránh khỏi những thiếu sót. Em rất mong nhận được sự chỉ bảo đóng góp của các thầy, cô giáo và các bạn để đồ án này được hoàn thiện hơn.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn sự chỉ bảo, hướng dẫn tận tình của Th.S Nguyễn Trọng Thắng , các thầy cô trong khoa, các bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em trong quá trình thực hiện đề tài.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải phòng, ngày...tháng...năm 2012

Sinh viên thực hiện

Đặng Quốc Huy

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. GS TSKH Thân Ngọc Hoàn, (2005), *Máy điện*, Nhà xuất bản xây dựng.
2. GS TSKH Thân Ngọc Hoàn, TS Nguyễn Tiến Ban, (2007), *Điều khiển tự động các hệ thống truyền động điện*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
3. Ngô Hồng Quang, Vũ Văn Tầm (2006), *Thiết kế cấp điện*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
4. www.webdien.com
5. www.tailieu.vn
6. www.google.com.vn