

NGUYỄN VĂN TUỆ

**KỸ THUẬT  
ĐIỆN LỰC TỔNG HỢP  
MÁY ĐIỆN - MẠCH ĐIỆN  
VÀ HỆ THỐNG CẤP ĐIỆN**

**(Tập 1)**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM



NGUYỄN VĂN TUỆ

**KỸ THUẬT  
ĐIỆN LỰC TỔNG HỢP  
MÁY ĐIỆN - MẠCH ĐIỆN  
VÀ HỆ THỐNG CẤP ĐIỆN**

**(Tập 1)**

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM

## *Lời nói đầu*

**M**áy điện, mạch điện và hệ thống cấp điện là những bộ môn trong ngành điện lực. Ngày nay, đất nước ta đang phát triển về công nghiệp hóa, nông công – thương mại và mọi dịch vụ dân dụng... Nhưng đi đôi với các sự phát triển trên, ngành điện lực – điện năng cũng đã và đang xây dựng nhiều công trình thủy điện, nhiệt điện và sẽ có những dự án xây dựng nhà máy phát điện nguyên tử (hạt nhân) trong tương lai.

Do nhu cầu năng lượng và thiết bị, thiết kế hệ thống điện ngày càng cao cho các khu công nghiệp, khu chế xuất và những khu sinh hoạt quốc dân khác, chúng tôi biên soạn bộ sách này gồm ba chuyên đề như trình bày ở trên.

Với mục đích giúp học sinh và cán bộ – công nhân viên kỹ thuật điện và các ngành liên quan có tài liệu nghiên cứu, học tập và tham khảo. Chúng tôi hy vọng quyển sách sẽ là tài liệu hữu ích cho những học sinh, sinh viên và quý bạn đọc mới vào nghề, hoặc thanh niên thích nghiên cứu khoa học kỹ thuật, công nghệ.

Vì kinh nghiệm có hạn nên không tránh khỏi những thiếu sót, chúng tôi xin chân thành cảm ơn những ý kiến nhận xét và bổ sung của bạn đọc.

**NGUYỄN VĂN TUỆ**

# Phần I

## MÁY ĐIỆN CÁC LOẠI

### Chương 1

#### KHÁI NIỆM CHUNG VỀ MÁY ĐIỆN

##### 1-1. Vai trò và lịch sử phát triển máy điện

Máy điện là thuật ngữ chung để chỉ các thiết bị biến đổi cơ năng thành năng lượng điện, hoặc ngược lại biến đổi điện năng thành cơ năng hoặc biến đổi điện năng với điện áp, dòng điện, tần số này sang điện năng với điện áp, dòng điện hay tần số khác.

*Máy phát điện* là các máy điện biến đổi cơ năng thành điện. Trong công nghiệp điện, máy phát điện là nguồn chủ yếu có thể coi là nguồn duy nhất cung cấp điện năng cho hệ thống điện. Do đó, máy phát điện giữ vai trò quyết định, ảnh hưởng hết sức to lớn đến sự làm việc tin cậy và chất lượng cung cấp điện.

*Động cơ điện* là các máy biến đổi điện năng thành cơ năng để truyền động các máy công tác. Động cơ điện là nguồn động lực có rất nhiều điểm cơ bản như hiệu suất biến đổi cao, mở máy và ngừng máy dễ dàng và nhanh chóng, dễ thay thế tốc độ, cấu tạo to nhỏ nhiều dạng, làm việc chắc chắn và tin cậy, tuổi thọ lâu, dễ thực hiện tự động hóa và điều khiển xa, ít gây ồn và ô nhiễm môi trường... Vì thế, càng ngày, động cơ điện càng được sử dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân, phục vụ đời sống cũng như trong quốc phòng. Động cơ điện có loại rất lớn, hàng vạn kilowatt, dùng trong công nghiệp luyện kim, đến các loại tí hon vài phần của watt trong các thiết bị tự động...

*Máy biến áp* để biến đổi hệ thống điện xoay chiều từ điện áp này sang điện áp khác, phục vụ cho việc chuyển tải và phân phối điện năng, cũng như bảo đảm việc cung cấp điện có điện áp phù hợp với các nhu cầu rất đa dạng của thiết bị dùng điện.

Ngoài ra còn các loại máy điện đặc biệt như máy đổi tần số, nắn điện quay, máy điện khuếch đại v.v... ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau của ngành sử dụng điện.

---

Ngày nay, điện năng, do những ưu điểm hết sức to lớn chưa có dạng năng lượng nào sánh được, đã trở thành nguồn năng lượng chủ yếu và phổ biến trong mọi ngành hoạt động sản xuất và đời sống con người. Việc sản xuất, chuyển tải, phân phối, sử dụng điện năng chủ yếu thực hiện bằng các máy điện. Vì thế, trình độ phát triển của công nghiệp chế tạo máy điện quyết định cơ bản đến sự phát triển công nghiệp điện.

Các máy điện đều làm việc trên cơ sở hiện tượng điện từ và lịch sử phát triển máy điện không tách rời khỏi sự nghiên cứu ngày càng sâu sắc bản chất của quá trình điện từ. Hiện tượng điện từ được Ócotet phát hiện năm 1820, sau đó được Faraday phát triển (1822–1831) và được Macxoen hệ thống, tổng kết thành một lý luận hoàn chỉnh đã đặt cơ sở để phát triển máy điện.

Các máy điện được phát minh đầu tiên là các máy phát điện dùng nam châm vĩnh cửu (máy phát điện manhêto) do Pixi và Ritchi chế tạo năm 1832 và 1833. Sau đó đến loại máy phát điện xoay chiều một pha dùng nam châm vĩnh cửu, do Alianxơ và Hômmơ chế tạo năm 1855. Tiếp đó là các loại máy phát điện tự kích từ, được chế tạo năm 1851–1867.

Bước ngoặt trong lịch sử phát triển máy điện là những năm 1889–1893 khi Đôlivô–Đôbrônvônki phát minh ra máy phát điện và động cơ điện xoay chiều ba pha dựa trên lý luận về sự tạo thành từ trường quay của dòng điện ba pha. Do những ưu điểm rất cơ bản, hệ thống điện ba pha ngày càng mở rộng, và do đó, máy điện xoay chiều ba pha càng trở nên là loại máy điện chủ yếu, được dùng rất rộng rãi.

Ngày nay, máy điện được sản xuất rất nhiều kiểu, nhiều loại. Để nâng cao tính kinh tế, người ta có xu hướng nâng cao công suất và điện áp các tổ máy. Các máy phát điện ngày nay đã đạt tới công suất 200, 500, 1000Mw với mỗi tổ máy, đối với loại máy phát điện tuabin hơi, và 800Mw đối với máy phát điện tuabin nước. Máy biến áp đã đạt tới điện áp 220, 330, 500kV, công suất 400, 530, 1000MVA và đang nâng cao điện áp tới 750, 1000kV và cao hơn nữa.

Ở nước ta, công nghiệp điện đang phát triển, các loại máy điện đã được sử dụng khá phổ biến và ngày càng nhiều. Chúng ta đã sử dụng các tổ máy phát điện tuabin hơi công suất 12, 25, 50, 66, 110, 210MW trở lên, các tổ máy phát điện thủy lực công suất 36, 40, 80, 110MW trở lên. Các máy biến áp điện áp tới 110, 220, 500KV, công suất 25, 40, 75 đến 250MVA.

Công nghiệp chế tạo máy điện ở nước ta đã có một lịch sử phát triển gắn liền với sự nghiệp xây dựng XHCN. Chúng ta đã xây dựng ở hai

miền Nam–Bắc các sơ sở sản xuất động cơ điện, máy biến áp, máy phát điện và cũng đã chế tạo thành công nhiều máy biến áp cao thế, công suất vừa đến trên 20MVA...

## **1-2. Đại cương về các loại máy điện**

Người ta thường chia máy điện ra làm hai loại là máy điện tĩnh và máy điện quay. Máy điện tĩnh không có bộ phận thực hiện cân bằng chuyển động cơ học. Điển hình của loại này là máy biến áp.

Máy điện quay luôn luôn có bộ phận chuyển động quay, gọi là phần quay hay rôto. Phần còn lại là phần tĩnh hay stato, giữa phần tĩnh và phần quay có một khoảng cách nhỏ gọi là khe hở hay khe không khí. Tương tác điện từ giữa phần tĩnh và phần xoay sẽ xảy ra thông qua khe không khí.

Theo chiều hướng biến đổi năng lượng, người ta chia máy điện quay ra làm hai loại là máy phát điện biến đổi cơ năng thành điện, và động cơ điện biến đổi điện năng thành cơ. Như tiếp theo sau ta sẽ rõ, máy điện có một đặc tính cơ bản là “tính thuận nghịch” tức mỗi máy phát điện quay đều có thể làm việc ở chế độ máy phát điện hay động cơ điện. Nếu ta quay rôto bằng một công cơ học, máy điện sẽ phát ra điện năng (chế độ máy phát). Ngược lại, nếu ta đưa điện vào máy điện, nó sẽ quay và truyền cơ năng cho máy công tác (chế độ động cơ). Căn cứ theo dòng điện, người ta chia ra loại máy điện một chiều và xoay chiều. Máy điện xoay chiều có ưu điểm cơ bản là cấu tạo đơn giản, vận hành dễ dàng, làm việc tin cậy, nên được dùng rất phổ biến. Tuy nhiên, động cơ điện xoay chiều khó điều chỉnh tốc độ hơn so với động cơ một chiều, nên trong nhiều trường hợp cần điều chỉnh tốc độ trơn trượt, bằng phẳng và rộng, người ta dùng động cơ điện một chiều. Ngoài ra máy phát điện một chiều còn dùng để cấp cho bể mạ điện, điện phân, nguồn nạp acqui... không thể thay bằng nguồn xoay chiều được. Tuy nhiên, kỹ thuật nắn điện bằng đèn điện tử và dụng cụ bán dẫn làm việc tin cậy, chắc chắn, giá rẻ, hiệu suất biến đổi cao, đã dần dần thay thế máy phát điện một chiều.

Máy điện xoay chiều còn chia ra làm hai loại cơ bản, tùy theo nguyên tắc hoạt động, là máy điện đồng bộ và máy điện không đồng bộ.

Máy điện không đồng bộ còn chia ra làm hai loại là máy điện không đồng bộ không có cổ góp điện và máy điện không đồng bộ có cổ góp điện. Loại không có cổ góp điện có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, làm việc tin cậy, dễ điều khiển và vận hành. Tuy nhiên, loại có cổ góp điện lại có



ưu điểm rất lớn là tốc độ dễ điều chỉnh trơn trong phạm vi rộng. Vì thế, khi cần thay đổi tốc độ rộng rãi và bằng phẳng, người ta sử dụng động cơ có cổ góp điện (như trong công nghiệp nhuộm, hoặc đầu máy xe lửa điện).

### **1-3. Các bộ phận cấu tạo chính và vật liệu chế tạo máy điện**

Các máy điện đều có hai bộ phận chính là mạch từ và dây quấn mạch từ của máy điện làm nhiệm vụ tập trung từ trường sinh ra trong máy ở những khu vực nhất định theo yêu cầu hoạt động của máy. Vật liệu làm mạch từ là các vật liệu từ như các hợp kim của sắt. Đối với máy điện một chiều, ở những bộ phận có từ trường không biến thiên (gông từ, thân cực...) mạch từ có thể làm bằng gang hay thép khối. Nói chung các bộ phận còn lại của mạch từ đều làm bằng thép kỹ thuật điện. Thép kỹ thuật điện là loại sắt từ mềm, có mắt từ trễ nhỏ, nên giảm nhỏ tổn hao do từ trễ gây ra. Để giảm quán tính điện từ và tổn hao do dòng điện xoáy, thép được chế tạo thành lá, mặt lá quét sơn cách điện hoặc phủ giấy mỏng cách điện.

Đối với máy biến áp, mạch từ là một khối dẫn từ liên tục. Ở máy điện quay, mạch từ có hai phần: mạch từ rôto và mạch từ stato. Ngăn cách giữa hai phần là khe không khí. Từ thông của máy điện quay phải xuyên qua khe này để nối liền mạch từ rôto-stato.

Dây quấn của máy điện để duy trì dòng điện, điện áp và do đó, để tập trung năng lượng điện của máy. Dây quấn có thể nhận dòng điện để tạo ra từ trường, gọi là dây quấn kích từ hay cuộn cảm có thể tạo ra sức điện động và dòng điện cảm ứng do từ trường biến thiên, gọi là dây quấn phần ứng hay cuộn ứng. Dây quấn bằng dây dẫn đồng hay nhôm, có bọc cách điện.

Một thành phần cấu tạo quyết định rất lớn đến chất lượng máy điện là cách điện: cách điện trong máy điện dùng để cách điện giữa các vòng dây, giữa các lớp dây hay cuộn dây với nhau, giữa dây quấn và vỏ máy.

Cách điện dùng trong máy điện có thể là cách điện thể khí (không khí) cách điện lỏng (dầu máy biến áp) và phổ biến nhất là cách điện rắn. Cách điện rắn gồm các loại như cách điện gốc sợi (giấy, bìa các tông, vải, băng vải...) cách điện chất dẻo (bakêlit, tectôlit, hêtinac...) cách điện chất khoáng (mica, anian, thủy tinh, sứ...) ngoài ra còn có sơn và hợp chất cách điện (sơ tằm, men, bitum, êpôxi...) để tẩm và phủ cách điện, nhằm tăng cường chất lượng cách điện.

Ngoài ra, máy điện còn có các bộ phận khác như vỏ, nắp, bộ phận tán nhiệt làm mát, do nhiệt độ, phòng nổ, cháy... Đối với máy điện quay, còn có các tiết máy chuyển động như trục và ổ trục (ổ lăn, vòng bi)... các tiết máy cơ khí này chế tạo bằng các vật liệu công nghiệp như gang, thép, thau... Trục, vòng bi và ổ lăn được bôi trơn bằng dầu nhờn, mỡ nhớt...



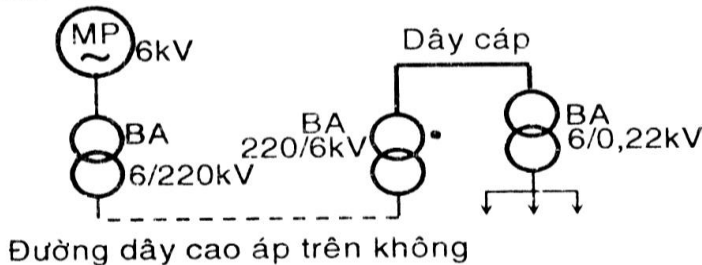
## Chương 2

# MÁY BIẾN ÁP

### 2-1. Những khái niệm chung

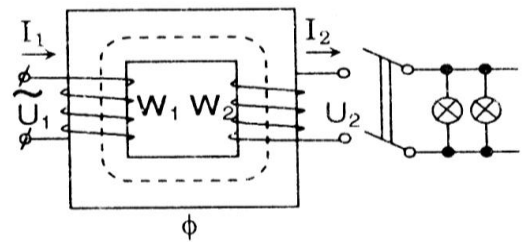
Trong việc sử dụng điện năng, một vấn đề rất lớn cần được giải quyết là vấn đề xây dựng các đường dây tải điện từ các nhà máy điện đến nơi tiêu thụ.

Phân tích tính kinh tế, kỹ thuật khi xây dựng các đường dây cho thấy rằng. Cùng một công suất truyền tải trên đường dây, nếu điện áp càng cao thì dòng điện đường dây càng bé, do đó tiết diện dây dẫn sẽ chọn nhỏ đi, trọng lượng và giá thành kim loại làm dây dẫn giảm xuống, đồng thời các tổn thất điện áp và điện năng trên đường dây cũng giảm. Hiện nay các đường dây truyền tải công suất lớn và đi xa đều có điện áp truyền tải công suất lớn và đi xa đều có điện áp từ 35kV đến 500kV hay hơn nữa. Nhưng thực tế do điều kiện chế tạo và an toàn trong vận hành điện áp đầu cực các máy phát điện thường chỉ bằng 6-18kV, nên ở đầu đường dây cần có các thiết bị tăng điện áp lên. Mặt khác các phụ tải lại yêu cầu điện áp thấp (thường từ 220V đến 380V), do đó ở cuối đường dây phải có thiết bị giảm điện áp xuống. Thiết bị dùng để tăng hoặc giảm điện áp gọi là máy biến áp. Như vậy, ta có thể định nghĩa: máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh, dùng để biến đổi dòng xoay chiều ở điện áp này thành dòng điện xoay chiều ở điện áp khác có cùng tần số. Trên đường dây truyền tải điện năng đi xa phải có ít nhất là ba cấp biến áp (h.2-1)



Hình 2-1

Sơ đồ đường dây  
truyền tải điện năng



Hình 2-2

Sơ đồ nguyên lý cấu tạo  
máy biến áp một pha

Các máy biến áp thông thường đều có lõi thép và có ít nhất là hai cuộn dây. Cuộn dây nhận năng lượng dòng điện xoay chiều cần được biến đổi điện áp gọi là dây quấn sơ cấp; các lượng như công suất, điện áp, điện trở... ở dây quấn này gọi là các lượng sơ cấp, và trong các ký hiệu của chúng có thêm số 1 ở sau (Ví dụ  $P_1$ ,  $U_1$ ,  $I_1$ ,  $r_1$ ). Cuộn dây đưa

năng lượng dòng điện xoay chiều đã được biến đổi điện áp từ máy tới các phụ tải gọi là dây quấn thứ cấp, các lượng điện áp, dòng điện, điện trở... ở dây quấn này gọi là các lượng thứ cấp, và trong các ký hiệu của chúng có thêm số 2 ở sau (Ví dụ  $U_2, I_2, r_2 \dots$ ) (h.2-2). Ngoài ra người ta cũng còn gọi dây quấn có điện áp cao là dây quấn cao áp, dây quấn có điện áp thấp là dây quấn thấp áp.

Nếu máy biến áp có điện áp thứ cấp lớn hơn điện áp sơ cấp thì gọi là máy biến áp tăng áp. Ngược lại, nếu điện áp thứ cấp nhỏ hơn điện áp sơ cấp thì gọi là máy biến áp giảm áp. Tùy theo máy biến áp dùng để biến đổi điện áp dòng điện một pha hay ba pha, mà người ta gọi nó là máy biến áp một pha hoặc ba pha. Các máy biến áp chỉ có một cấp điện áp thứ cấp (Ví dụ: 6/35kV) gọi là máy biến áp hai dây quấn. Nhưng cũng có những máy biến áp có hai cấp điện áp thứ cấp (Ví dụ 6/35/110kV) thì gọi là máy biến áp ba dây quấn.

Các máy biến áp dùng trong đường dây truyền tải điện năng như ở hình 2-1 gọi là máy biến áp công suất hoặc điện lực. Ngoài ra còn có những máy biến áp đặc biệt có các đặc điểm cấu tạo riêng như máy biến áp hàn, máy biến áp đo lường, máy tự biến áp...

Trong những trường hợp đặc biệt cần biến đổi điện áp dòng điện xoay chiều có tần số cao (từ 10.000–20.000Hz hay hơn nữa), thì ta dùng máy biến áp không có lõi thép, gọi là máy biến áp lõi không khí. Trong chương này chỉ trình bày máy biến áp lõi thép thường dùng.

Trên biển máy biến áp thường ghi có trị số định mức sau:

1. Công suất định mức tính bằng VA hoặc KVA.
2. Điện áp dây định mức (V hoặc KV)
3. Dòng điện dây định mức (A)
4. Tần số dòng điện (Hz)
5. Sơ đồ và tổ đấu dây
6. Điện áp gắn mạch
7. Số pha
8. Chế độ làm việc (ngắn hạn hay dài hạn)
9. Phương pháp làm mát (tản nhiệt)

## **2-2. Cấu tạo máy biến áp**

Máy biến áp gồm ba bộ phận chính: lõi thép, dây quấn và vỏ máy.