

TRẦN KHÁNH HÀ - NGUYỄN HỒNG THANH

# THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN

EBOOKBKMT.COM  
Tìm kiếm tài liệu miễn phí



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

**TRẦN KHÁNH HÀ** – NGUYỄN HỒNG THANH

# THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN

*Sách dùng làm giáo trình cho sinh viên  
đại học và cao đẳng kỹ thuật  
In lần thứ 4 có sửa chữa, bổ sung*

**Sách chào mừng 50 năm thành lập  
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội**

[EBOOKBKMT.COM](http://EBOOKBKMT.COM)  
Tìm kiếm tài liệu miễn phí



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT  
HÀ NỘI - 2006**

## LỜI NÓI ĐẦU

Quyển sách "THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN" này được viết trên cơ sở các giáo trình "THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN VÀ THIẾT KẾ NHÒ MÁY TÍNH" kết hợp với thực tiễn tính toán thiết kế trong nhiều năm của bộ môn Thiết bị điện Trường đại học Bách khoa Hà Nội.

Dựa trên lý thuyết cơ bản của máy điện, tác giả đã phân tích những vấn đề thực tiễn trong thiết kế máy điện, đi sâu vào những phân trong điểm, có liên hệ thực tế sản xuất để bạn đọc nắm được những quy luật cơ bản trong thiết kế máy điện, đồng thời có thể nâng cao năng lực tư duy, phân tích và tích lũy kiến thức. Vì vậy, ở phần cuối cuốn sách có nêu lên cách dùng máy tính để tính toán máy điện, đề ra các phương pháp tính toán tự động và tối ưu.

Sách được bố cục theo trình tự giảng dạy gồm mười bảy chương, trong đó chín chương đầu nói về các vấn đề chung cho các loại máy điện như cách xác định kích thước chủ yếu, dây quấn, tính mạch từ, tham số, tổn hao, thông gió và phát nhiệt, tính toán cơ khí cho các kết cấu cơ bản. Bốn chương tiếp theo đi sâu vào tính toán thiết kế bốn loại máy điện cơ bản là máy điện không đồng bộ, máy điện đồng bộ, máy điện một chiều và máy biến áp, có kèm theo thí dụ tính toán. Bốn chương cuối nêu cách sử dụng máy tính để thiết kế máy điện, các mô hình toán và các phương pháp lập trình tính toán tự động và tối ưu, đồng thời có xét đến sai số công nghệ của các đầu ra. Cuối cùng là phần phụ lục đầy đủ dùng cho tính toán. Bốn chương cuối do PTS Nguyễn Hồng Thanh biên soạn, phần còn lại do PGS Trần Khánh Hà biên soạn.

Trong quá trình biên soạn lại lần này, chúng tôi đã cố gắng sửa hết những sai sót của lần trước, cải tiến phần tính mạch từ của máy điện không đồng bộ và thêm chi tiết về động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn, cũng như thêm chương tính toán máy biến áp để hoàn thiện việc thiết kế các loại máy điện tĩnh và quay. Về phần thiết kế bảng máy tính có thêm chương "Tác động của sai số cấu trúc công nghệ đến chất lượng của máy điện".

Các tác giả đã nhận được sự chân thành góp ý của các bạn đồng nghiệp. Xin chân thành cảm ơn tất cả.

Sách "THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN" này được dùng để giảng dạy hay tham khảo trong các trường đại học, cao đẳng, trung học chuyên nghiệp có chuyên ngành về thiết bị điện, nó cũng có ích cho các kỹ sư, kỹ thuật viên ở các nhà máy và các viện nghiên cứu khi cần tra cứu.

Vì trình độ, thời gian và tài liệu có hạn, nên sách không tránh khỏi có sơ suất, xin bạn đọc miễn thứ. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về Bộ môn Thiết bị điện Trường đại học Bách khoa Hà Nội.

**Các tác giả**

**PGS. Trần Khánh Hà**

**TS. Nguyễn Hồng Thanh**

# Đại cương về thiết kế máy điện quay

## 1.1. TÁC DỤNG CỦA SẢN XUẤT MÁY ĐIỆN TRONG NỀN KINH TẾ QUỐC DÂN

Xã hội không ngừng phát triển, sinh hoạt của nhân dân không ngừng được nâng cao nên cần phát triển nhiều loại máy điện mới. Tốc độ phát triển của nền sản xuất công nông nghiệp của một nước đòi hỏi một tốc độ phát triển tương ứng của ngành công nghiệp điện lực. Thường tốc độ phát triển này cao hơn khoảng 20% tốc độ phát triển của nền sản xuất, do đó đòi hỏi ngành chế tạo máy điện phải có những yêu cầu cao hơn. Do công suất đơn chiếc càng lớn thì giá thành trên đơn vị công suất càng hạ nên công suất của máy ngày càng lớn. Hiện tại các máy phát nhiệt điện công suất đơn chiếc đã đạt đến 1 ~ 1,5 triệu kilôoat và máy phát thủy điện đã đạt đến 70 ~ 80 vạn kilôoat.

Động cơ điện dùng làm nguồn động lực cho các loại thiết bị, công suất từ vài chục oát đến hàng vạn kilôoat, vòng quay từ vài trăm vòng/phút đến 3000 vòng/phút.

Ở nhiều trường hợp cần thiết phải điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng thì động cơ điện một chiều có đặc tính điều chỉnh tốc độ ưu việt (như trong cán thép...). Động cơ điện đồng bộ có tốc độ không đổi,  $\cos\varphi$  cao chủ yếu dùng trong các thiết bị cơ khí lớn (như quạt gió, bơm nước, máy nghiền...). Động cơ điện không

đồng bộ được dùng nhiều nhất vì giá thành hạ, bảo dưỡng đơn giản, vận hành chắc chắn, nhất là loại rôto lồng sóc (như trong máy cái, quạt gió, bơm nước...). Loại động cơ không đồng bộ rôto dây quấn điều tốc, khởi động thuận tiên.

Sự phát triển của các thiết bị điện gia dụng ngày càng đòi hỏi phải có nhiều loại động cơ điện không đồng bộ một pha (như quạt máy, điều hòa nhiệt độ, máy giặt, tủ lạnh...) và các máy điện xoay chiều vạn năng (như máy khâu, máy hút bụi, khoan tay...).

Theo sự phát triển của khoa học công nghệ, kỹ thuật mới và vật liệu mới không ngừng được phát triển làm cho ngành chế tạo máy điện không ngừng đổi mới. Ví dụ, kỹ thuật biến tần không ngừng được hoàn thiện và giá thành chế tạo các thyristor công suất lớn không ngừng hạ xuống nên kỹ thuật điện tử áp dụng vào máy điện phát triển rất nhanh. Các loại thiết bị biến tần điều tốc không ngừng đổi mới và đang phát triển thành một tổ hợp gồm động cơ điện - thiết bị biến tần - thiết bị khống chế.

## **1.2. NHIỆM VỤ VÀ PHẠM VI THIẾT KẾ MÁY ĐIỆN**

Nhiệm vụ thiết kế máy điện được xác định từ hai yêu cầu sau:

1. Yêu cầu từ phía nhà nước, bao gồm các tiêu chuẩn nhà nước, các yêu cầu kỹ thuật do nhà nước quy định.
2. Yêu cầu từ phía nhà máy và người tiêu dùng thông qua các hợp đồng ký kết.

Nhiệm vụ của người thiết kế là đảm bảo tính năng kỹ thuật của sản phẩm đạt các tiêu chuẩn nhà nước quy định và tìm khả năng hạ giá thành để đạt hiệu quả kinh tế cao nhất, nói tóm lại là đạt chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cao

Các bước thiết kế gồm có:

### **1.2.1. Thiết kế điện từ**

Nhiệm vụ của người thiết kế trong giai đoạn này là theo trình

tư thiết kế điện từ xác định một phương án điện từ hợp lý, có thể tính bằng tay, cũng có thể nhờ vào máy tính. Phương án này mới thỏa mãn yêu cầu về tính năng kỹ thuật theo tiêu chuẩn nhà nước, đồng thời có giá thành thấp nhất. Trong phương án phải xác định toàn bộ kích thước lõi sắt stato, rôto, dây quấn stato, rôto, kết cấu cách điện. Ngoài ra còn phải tính toán nhiệt để đảm bảo khi làm việc ổn định ở chế độ định mức, độ tăng nhiệt không vượt quá tiêu chuẩn quy định.

### 1.2.2. Thiết kế kết cấu

Trong giai đoạn này phải xác định kết cấu cụ thể về phương thức thông gió và làm nguội, kết cấu cố định dây quấn trong rãnh và phần đầu nối, kết cấu cụ thể về cách bôi trơn ổ đỡ, kết cấu thân máy và nắp máy...

Khối lượng tính toán của hai bước thiết kế chủ yếu nói trên được liệt kê trong bảng 1.1.

*Bảng 1.1. Khối lượng tính toán*

1. Tính kích thước cơ bản	5
2. Tính toán điện từ	35
3. Thiết kế kết cấu	30
4. Tính toán cơ khí	5
5. Tính thông gió	5
6. Tính nhiệt	5
7. Tính kinh tế	5
8. Hoàn thành thiết kế và tổng kết	10

Để có thể chế tạo được máy điện còn phải qua các khâu thiết kế sau:

\* Thiết kế thi công, có nhiệm vụ vẽ tất cả các bản vẽ lắp ráp và chi tiết.

\* Thiết kế khuôn mẫu và gá lắp dùng trong gia công các chi tiết của máy

\* Thiết kế công nghệ, dụng cụ kiểm tra công nghệ trong qua trình gia công.

### **1.3. TẦM QUAN TRỌNG CỦA TIÊU CHUẨN HÓA, THIẾT KẾ DÂY VÀ THÔNG DỤNG HÓA TRONG THIẾT KẾ**

Trong sản xuất, khuynh hướng chung là bố trí các nhà máy sản xuất máy điện theo công suất máy vì kích thước máy chỉ phối quy trình công nghệ và trang thiết bị của nhà máy. Để tiện cho việc thiết kế chế tạo và thỏa mãn được yêu cầu của nền kinh tế, người ta thiết kế máy điện theo dây, nghĩa là theo một số cấp công suất nhất định theo quy định của tiêu chuẩn nhà nước, giữa chúng có sự liên quan với nhau về kết cấu và công nghệ chế tạo. Thiết kế dây tương đối phức tạp vì phải kết hợp nhiều yêu cầu thông thường khác nhau như đòi hỏi tính thông dụng của chi tiết gia công cao, chế tạo đơn giản mà vẫn đảm bảo đặc tính của máy tốt, do đó thiết kế này phải thể hiện một sự hợp lý về thiết kế điện từ, công nghệ chế tạo, tổ chức sản xuất. Ví dụ, hiện nay người ta cố gắng thiết kế sao cho một khuôn dập lõi sắt có thể bố trí để dùng cho hai hoặc ba công suất máy bằng cách thay đổi chiều dài, như vậy việc tổ chức sản xuất sẽ đơn giản và giá thành hạ hơn nhiều.

### **1.4. PHƯƠNG PHÁP HỌC TẬP MÔN HỌC NÀY**

Thiết kế máy điện là một môn học chuyên ngành. Học môn này có thể căn cứ vào yêu cầu của sản xuất thiết kế ra sản phẩm, vì vậy khi học phải có sự liên hệ giữa lý luận và thực tế.

Có những tham số thiết kế không thể dựa vào kết quả tính toán tốt nhất từ sự suy diễn lý luận vì bị công nghệ sản xuất hạn chế, như khe hở không khí trong máy điện không đồng bộ chẳng hạn. Khe hở càng nhỏ thì  $\cos\varphi$  càng cao nhưng công nghệ gia



công se rất khó khăn. Nhưng kiến thức thực tế đó phải được tích lũy trong quá trình tham gia sản xuất.

Ngoài ra cần phải hiểu, nắm vững, vận dụng được những quy luật liên quan giữa các đại lượng. Ví dụ, nhiệm vụ của thiết kế điện tử là trong điều kiện tiết kiệm nguyên vật liệu, đề ra được một phương án thiết kế có tính năng kỹ thuật ưu việt trong đó vật liệu tôn silic dùng làm lõi sắt là hàm số của kích thước chủ yếu D và l; tiết diện và số vòng dây của dây quấn quyết định lượng đồng sử dụng. Đó là hai loại vật liệu tác dụng của máy điện. Các tham số máy điện có quan hệ hàm số cố định với lõi sắt, số rãnh, dạng rãnh, số vòng dây và tiết diện dây, còn đặc tính của máy điện thì được tính theo mạch điện thay thế gồm các tham số đã được tính.

Tóm lại, thiết kế máy điện là phân tích ảnh hưởng của vật liệu tác dụng, kích thước máy đến quy luật nội tại và quan hệ hàm số của các tham số và tính năng.

Những năm gần đây người ta đã đề ra một phương pháp thiết kế trực tiếp. Đặc điểm chính của phương pháp này là trình tự tính toán ngược lại với phương pháp thiết kế thường thấy, tức là từ tính năng máy xác định tham số và tham số quyết định kích thước hình học. Còn trong thiết kế thông thường thì chọn kích thước hình học trước rồi tính tham số, sau đó kiểm nghiệm lại tính năng. Nếu kiểm nghiệm không đạt thì chọn lại kích thước và tính lặp lại.

Phương pháp tính trực tiếp đòi hỏi có một số lượng thông kê rất lớn các số liệu kinh nghiệm về các sản phẩm hiện có làm cơ sở để tính toán, nên dùng để thiết kế các thiết bị biến tần lớn để biến tốc bằng điện tử thì có lợi hơn.

Trong lý thuyết máy điện thường lấy sóng cơ bản làm chính. Trong thiết kế máy điện, khi sóng bậc cao ảnh hưởng nhiều đến đặc tính của máy thì cần phải phân tích định tính, định lượng như ảnh hưởng của sự phối hợp răng rãnh stato, rôto đến mômen v.v...

## 1.5. CÁC KÍCH THƯỚC CHỦ YẾU VÀ HẰNG SỐ MÁY ĐIỆN

### 1.5.1. Các kích thước chủ yếu

Đường kính  $D$  và chiều dài  $l$  của phần ứng là các kích thước chủ yếu của máy điện. Đường kính  $D$  ở máy điện một chiều là đường kính ngoài của phần ứng, ở máy điện không đồng bộ và máy điện đồng bộ thường là đường kính trong của lõi sắt stato.

Kích thước  $D$ ,  $l$  và tỷ lệ giữa chúng quyết định trọng lượng, giá thành, các đặc tính kinh tế kỹ thuật và độ tin cậy lúc làm việc của máy. Vì vậy xác định các kích thước chủ yếu là giai đoạn rất cơ bản của công việc thiết kế máy điện. Mặt khác kích thước  $D$  và  $l$  phụ thuộc vào công suất  $P$ , tốc độ quay  $n$ , tải điện từ  $A$ ,  $B_\delta$  của vật liệu tác dụng của máy.

### 1.5.2. Hằng số máy điện

Kích thước chủ yếu được xác định từ công suất tính toán (công suất điện từ) của máy điện:

$$P' = mEI \cdot 10^{-3} ; \text{ kVA hay kW} \quad (1-1)$$

trong đó:

$m$  - số pha (ở máy điện một chiều  $m = 1$ );

$E$  - sức điện động pha của phần ứng,  $V$ ;

$I$  - dòng điện pha của phần ứng,  $A$ .

Sức điện động phần ứng bằng:

$$E = 4k_s k_d w \Phi ; V$$

ở đây:

$k_s$  - hệ số sóng ( $k_s = 1.11$  khi sóng hình sin);

$p$  - số đôi cực;

$n$  - tốc độ quay ( $vg/ph$ )

$k_d$  - hệ số dây quấn (ở máy điện một chiều  $k_s k_d = 1$ );