

NGUYỄN ĐỨC SỸ

# Giáo trình Vận hành và sửa chữa thiết bị điện



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

NGUYỄN ĐỨC SỸ

GIÁO TRÌNH  
**VẬN HÀNH VÀ SỬA CHỮA**  
**THIẾT BỊ ĐIỆN**

Sách dùng cho các trường đào tạo  
hệ Trung học chuyên nghiệp và Dạy nghề  
(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

## LỜI NÓI ĐẦU

Ở đâu ta cũng thấy có máy điện; từ các thiết bị sinh hoạt trong gia đình như quạt điện, máy giặt, máy hút bụi, máy cạo râu, máy nghe nhạc casset... đến các nhà máy hiện đại của các ngành công nghiệp trong hầm mỏ, trên các công trường xây dựng, giao thông vận tải, quốc phòng và nông nghiệp. Giấc mơ điện khí hóa nông thôn đang trở thành hiện thực, thậm chí ở cả những vùng sâu nhất, xa nhất và cao nhất của đất nước. Nguồn động lực cho tất cả các lĩnh vực trên chính là các máy phát điện và các động cơ điện.

Phạm vi các thông số kỹ thuật của máy điện rộng đến mức không có loại máy nào sánh được: Công suất trên một chiếc máy điện có thể từ một vài phần W đến một triệu kW; dòng điện từ một vài phần A đến nửa triệu A; điện áp từ một vôn rưỡi đến hàng trăm kV; tần số các máy điện từ đến hàng chục ngàn Hz; tốc độ của máy điện từ vài trăm vòng/phút đến vài trăm ngàn vòng/ phút; kích thước từ vài milimét đến vài chục mét. Về chủng loại, máy điện có năm loại cơ bản tuy nhiên trong thực tế có khoảng ba ngàn loại khác nhau, từ loại thông dụng đến các loại máy đặc biệt hoạt động trong tất cả các lĩnh vực động lực cũng như điều khiển.

Nước ta có một tiềm năng rất lớn về nhiệt điện và thủy điện. Trong những năm gần đây Đảng và Nhà nước đã chủ trương phát triển mạnh các nhà máy điện để tạo một nguồn điện mạnh và chất lượng cao, đáp ứng được nhu cầu ngày càng lớn của nền kinh tế quốc dân. Nhiều vùng ven biển, hải đảo và miền núi còn phát triển thêm nhiều nguồn điện nhỏ khác như phong điện, thủy điện nhỏ... để phục vụ tại chỗ. Nhu cầu về máy phát điện đang tăng với nhịp điệu nhanh.

Để truyền tải và phân phối một đơn vị công suất (1 kVA) từ máy phát điện đến hộ tiêu thụ chúng ta cần khoảng tám đến chín kVA công suất máy biến áp. Với một lượng lớn máy biến áp hoạt động trong lưới điện như vậy, nếu chất lượng chế tạo cũng như sửa chữa không tốt sẽ làm xấu các chỉ tiêu điện năng của lưới chẳng hạn hiệu suất,  $\cos\phi$  giảm, độ thay đổi điện áp tăng...

Ở Việt Nam nói riêng và các nước công nghiệp phát triển nói chung tính trung bình lượng máy điện cần sửa chữa trong tám năm tương đương lượng máy điện sản xuất ra trong một năm. Đó là một con số rất có ý nghĩa, vì vậy nhiều nước đặt vấn đề sửa chữa là một trong những lĩnh vực cần quan tâm vì tính kinh tế của nó. Công tác

227.226  
187

sửa chữa nếu tổ chức tốt không những có ý nghĩa kinh tế cho chủ đầu tư mà còn góp phần nâng cao tính kinh tế cho lưới điện về phương diện Cosφ.

Để vận hành máy điện chúng ta cần phải có các thiết bị đóng cắt, bảo vệ, các cơ cấu chỉ thị, các cơ cấu thừa hành, các thiết bị điều khiển. Tất cả các máy điện, máy biến áp và các thiết bị trên được gọi chung là **thiết bị điện**.

Việc nâng cao chất lượng sản xuất, vận hành và sửa chữa **thiết bị điện** là một việc rất cần thiết.

Giáo trình này được viết một phần cũng nhằm mục đích trên về phương diện đào tạo một đội ngũ công nhân điện lành nghề về vận hành và sửa thiết bị điện.

Đối tượng phục vụ chủ yếu là học sinh các trường Dạy nghề, các trường Trung học chuyên nghiệp và Cao đẳng. Ngoài ra giáo trình cũng giúp những người tự học nghề điện để phục vụ cho riêng mình nhưng không có điều kiện đến trường hoặc những công nhân đang làm việc trong nghề điện muốn có một cẩm nang sửa chữa máy điện bên mình. Giáo trình mang tính phổ cập, thiên về thực hành nên dễ hiểu, dễ làm theo.

Với những ý tưởng trên tác giả mong muốn được góp một chút công sức nhỏ trong sự nghiệp đào tạo, nâng cao dân trí và truyền bá kiến thức tới các thành viên trong cộng đồng.

Vì thời gian và khuôn khổ cuốn sách có hạn nên không thể nào tránh khỏi sai sót. Tác giả rất mong được các độc giả thứ lỗi. Mọi ý kiến xin gửi về địa chỉ: Công ty cổ phần Sách Đại học – Dạy nghề, Nhà xuất bản Giáo dục, 25 Hàn Thuyên - Hà Nội.

TÁC GIẢ

## Phần mở đầu

# ĐẠI CƯƠNG VỀ CÁC THIẾT BỊ ĐIỆN

---

### 1. Thiết bị điện là gì?

*Thiết bị điện bao gồm các máy điện và các khí cụ điện*

*Máy điện* là các thiết bị điện bao gồm các máy phát điện, các động cơ điện, và các máy biến áp. Mỗi loại máy trên đều bao gồm hai loại chính: các máy động lực và các máy đặc biệt làm việc trong các hệ thống điều khiển. Định nghĩa này mang tính tương đối bởi vì cũng có nơi, có lúc người ta chỉ cần nói *máy điện* tức là đã bao gồm cả hai loại máy điện quay và máy biến áp tuy nhiên cũng có lúc người ta phân biệt *máy điện* và *máy biến áp* là hai loại riêng. Khi đó ta hiểu máy điện chỉ bao gồm các máy điện quay (máy phát và động cơ), còn máy biến áp là một loại máy riêng. Trong công tác đào tạo hai loại máy này thường đi liền nhau và gọi máy điện và máy biến áp dưới một tên chung là *Máy điện*.

Máy điện quay là loại máy điện có hai phần: nếu xét về mặt nguyên lý có phần cảm và phần ứng; nếu xét về kết cấu có stato (phần tĩnh) và rôto (phần quay). Trong nhiều trường hợp phần tĩnh có thể là phần cảm hoặc phần ứng và ngược lại, phần quay lại có thể là phần ứng hoặc phần cảm.

Máy phát điện là loại máy điện biến đổi cơ năng thành điện năng. Cơ năng làm quay máy phát điện có thể lấy từ tuabin hơi, tuabin nước, động cơ Diesel, động cơ gió...

Động cơ điện là loại máy điện biến đổi điện năng thành cơ năng. Điện năng đưa vào động cơ được lấy chính từ các máy phát điện trên.

Máy biến áp là loại máy điện biến đổi một hệ thống điện có điện áp này thành một hệ thống điện có điện áp khác.

Máy điện đặc biệt là các loại máy điện thực hiện những chức năng đặc biệt: biến đổi pha, biến đổi tần số, các máy cao tần, siêu tốc...

*Khí cụ điện* bao gồm các thiết bị đóng cắt, bảo vệ; các thiết bị điều khiển, khống chế; các cơ cấu thừa hành.

Các thiết bị đóng cắt có hai loại: cao áp và hạ áp. Ở đây trong khuôn khổ cuốn sách này chỉ đề cập đến các khí cụ đóng cắt hạ áp. Khí cụ đóng cắt hạ áp bao gồm các loại cầu dao, aptômát, máy cắt không khí và công tắc tơ.

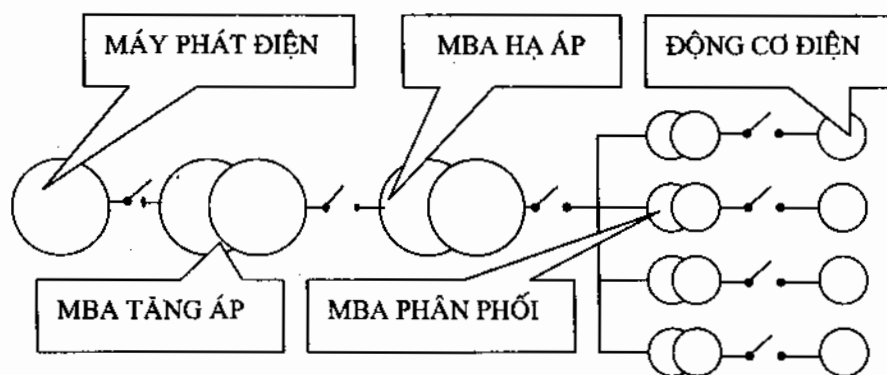
Các khí cụ bảo vệ, điều khiển, khống chế bao gồm các loại rơle, các bộ khống chế cơ khí hoặc điện tử. Khí cụ điện được chia làm hai loại: cao áp và hạ áp. Trong phạm vi quyển sách này chúng ta chỉ đề cập đến các khí cụ điện hạ áp.

Các cơ cấu thừa hành bao gồm các bộ ly hợp, phanh hãm...

## 2. Vị trí của thiết bị điện trong công nghiệp và đời sống

Hệ thống điện bao gồm các máy điện và máy biến áp và khí cụ điện được kết nối với nhau theo sơ đồ sau (hình M.1).

Điện phát ra từ máy phát điện thường chỉ đạt được tối đa khoảng 20kV. Để truyền tải điện đi xa với tổn hao trên đường dây ít và đường dây không quá lớn người ta phải nâng điện áp lên cao. Một số nước người ta truyền tải điện với điện áp 750kV, ở nước ta điện áp truyền tải cao nhất là 500kV (đường dây 500kV Bắc – Nam). Để đưa điện áp lên cao người ta dùng các máy biến áp (m.b.a) tăng áp. Đến nơi sử dụng người ta lại phải hạ điện áp xuống, điện áp thấp nhất có thể dùng trực tiếp là 400V.



Hình M.1. Vị trí các loại máy điện trong hệ thống điện.

Để hạ điện áp người ta dùng các m.b.a hạ áp.

Các động cơ điện là các phụ tải của các máy biến áp nằm ở cuối đường dây truyền tải điện.

Xen vào giữa các thiết bị trên là các thiết bị đóng cắt, điều khiển, bảo vệ, đo lường... mà ta thường gọi chung là các khí cụ điện.

Trong công nghiệp chúng ta gặp máy điện trong các máy cắt gọt kim loại, máy nén khí, máy hút chân không...

Trong nông nghiệp máy điện dùng để làm máy bơm nước, máy xay xát, máy chế biến nông sản và thức ăn gia súc.

Trong giao thông vận tải máy điện dùng làm động cơ kéo trên xe điện, tàu hỏa chạy điện và ô tô điện... Trong máy bay và tàu thủy cũng có rất nhiều máy điện làm việc.

Trong khí tài quân sự máy điện được dùng để quay và điều khiển các hệ thống tên lửa, ra đa pháo cao xạ...

Trong đời sống, máy điện được dùng làm quạt gió, tủ lạnh, máy điều hòa không khí, máy giặt, máy bơm nước, máy sấy tóc, máy cạo râu và đến cả... các loại đồ chơi.

Các khí cụ điện giữ chức năng kết nối, bảo vệ và điều khiển các máy điện trên.

### 3. Phân loại thiết bị điện

#### A. Đối với máy điện

a) Theo cách biến đổi năng lượng:

- Máy phát điện (biến cơ năng thành điện năng)
  - Máy phát điện một chiều.
  - Máy phát điện đồng bộ (cực ẩn, cực lõi, cảm ứng).
  - Máy phát điện không đồng bộ.
- Động cơ điện (biến điện năng thành cơ năng).
  - Động cơ điện một chiều.
  - Động cơ điện đồng bộ.
  - Động cơ điện không đồng bộ (rôto dây quấn, rôto lồng sóc).
  - Động cơ điện xoay chiều có cổ góp.
- Máy biến áp (biến điện năng thành điện năng).
  - Máy biến áp truyền tải (tự ngẫu, hai dây quấn, ba dây quấn).
  - Máy biến áp phân phối.
  - Máy biến áp đặc biệt (chỉnh lưu, hàn, lò, xung...).

b) Theo công suất: máy điện lớn (hàng chục ngàn kVA), máy điện có công suất trung bình (hàng trăm đến hàng ngàn kVA), máy điện nhỏ (đến hàng chục kVA) máy điện cực nhỏ (đến hàng W).

c) Theo mục đích sử dụng và tính năng: máy điện thông dụng và đặc biệt.

d) Theo nguyên lý làm việc:

- Máy điện một chiều (máy phát, động cơ).
- Không đồng bộ (máy phát, động cơ).
- Đồng bộ (máy phát, động cơ).
- Máy điện xoay chiều có cổ góp.
- Máy biến áp (tự ngẫu, hai dây quấn, ba dây quấn).

e) Theo tính chất dòng điện: một chiều, xoay chiều.

#### B. Đối với khí cụ điện

- a) Theo điện áp làm việc: khí cụ cao áp và hạ áp.
- b) Theo chức năng: khí cụ đóng cắt, bảo vệ, điều khiển, khống chế.
- c) Theo tính chất dòng điện: một chiều, xoay chiều.
- d) Theo nguyên lý làm việc: điện từ, điện động, điện từ.

### 4. Mục đích, ý nghĩa của công tác vận hành và sửa chữa thiết bị điện

Các nhà máy chế tạo máy biến áp, chế tạo động cơ và chế tạo khí cụ điện đã

cung cấp cho nền công nghiệp của chúng ta rất nhiều sản phẩm, đánh dấu một bước phát triển vượt bậc trong cả hai lĩnh vực: cơ sở vật chất và năng lực vận hành, sửa chữa, chế tạo thiết bị điện của đội ngũ cán bộ công nhân trong ngành điện nói chung và ngành chế tạo máy điện nói riêng. Trong thời kỳ đổi mới ngành thiết bị điện còn được bổ sung thêm một nguồn lực mới đó là các nhà máy liên doanh với các hãng lớn của thế giới như ABB (Thụy Sĩ), Takaoka (Nhật Bản)... Cho đến nay phần lớn các thiết bị hoạt động trong lưới điện từ 220kV trở xuống là các thiết bị sản xuất trong nước. Về máy biến áp chúng ta đã chế tạo được các máy công suất đến gần 100MVA, điện áp tới 110kV (đang chế tạo máy biến áp 125MVA, 220kV), sửa chữa được các máy công suất đến 200MVA, điện áp đến 500kV. Về động cơ điện ta đã có rất nhiều nhà máy chế tạo điện và đã chế tạo được các động cơ đến 1000kW. Các công ty chế tạo khí cụ điện đã cung cấp cho thị trường nhiều thiết bị điện hạ áp và lắp ráp được các tủ phân phối tới 35kV không thua kém bất cứ hãng nào trên thế giới.

Ngành sửa chữa thiết bị điện giữ một vai trò quan trọng bởi hai lý do sau:

a) Phục hồi những máy điện đã bị hỏng để tiếp tục làm việc nhằm tiết kiệm vốn đầu tư. Trung bình lượng máy điện sửa chữa trong tám năm tương đương với lượng máy điện được sản xuất ra trong một năm. Kinh phí sửa chữa thường chỉ chiếm khoảng 30% giá thành chế tạo mới. Nếu chất lượng sửa chữa tốt máy điện sau khi sửa chữa có thể tiếp tục làm việc với tuổi thọ như máy điện mới.

b) Các máy điện sau khi sửa chữa nếu đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật như hiệu suất,  $\cos\phi$  không thay đổi (theo chiều hướng xấu đi) thì các chỉ tiêu năng lượng của lưới điện cũng không bị suy giảm. Vì vậy nâng cao năng lực và chất lượng sửa chữa máy điện là góp phần cải thiện chất lượng điện của toàn hệ thống.

Công tác vận hành máy điện cũng ảnh hưởng rất lớn đến các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của bản thân máy điện và của hệ thống điện. Vận hành máy biến áp và động cơ điện không đồng bộ một cách hợp lý, không chỉ có lợi cho người sử dụng mà còn góp phần giảm tổn thất công suất và ổn định điện áp hệ thống điện. Trong những năm gần đây với nỗ lực của ngành điện và những người sử dụng điện, chất lượng điện của hệ thống điện Quốc gia đã được cải thiện đáng kể, không còn tình trạng tổn thất công suất lên tới 40% và nhà nhà dùng máy biến áp gia đình (souvolteur) như trước đây. Cho đến nay chúng ta đã có một đội ngũ cán bộ khoa học kỹ thuật và công nhân lành nghề đủ trình độ để vận hành một hệ thống điện hiện đại với chất lượng điện cao không kém các nước trong khu vực.

### Câu hỏi

1. Những thiết bị nào được coi là của các hộ tiêu thụ điện năng?
2. Khí cụ điện bao gồm những thiết bị gì?
3. Mối quan hệ giữa các thiết bị trong hệ thống năng lượng?



# Chương 1

## MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

### 1.1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ KẾT CẤU

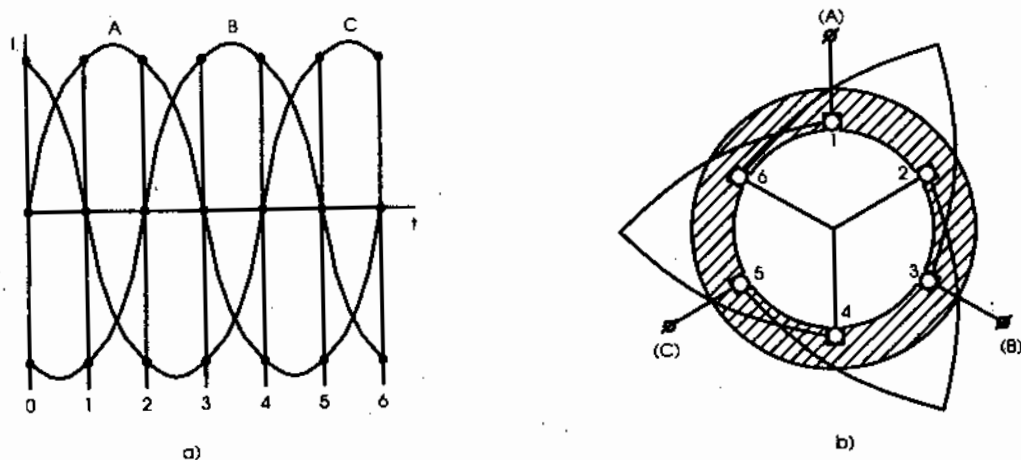
a) Nguyên lý tạo từ trường quay trong máy điện xoay chiều

Khi đấu một dây quấn ba pha vào một hệ thống điện ba pha lệch pha nhau về thời gian  $120^0$  điện thì trong các pha của dây quấn sẽ có dòng điện chạy:

$$I_A = I_{A\text{Max}} \sin \omega t; \quad I_B = I_{B\text{Max}} \sin(\omega t - 120^0); \quad I_C = I_{C\text{Max}} \sin(\omega t - 240^0) \quad (1-1)$$

Dòng điện trong mỗi pha tạo ra từ trường đập mạch còn tác dụng tổng của chúng thì tạo ra từ trường quay tương đối so với stato. Để thấy rõ nguyên lý tạo từ trường quay như thế nào chúng ta hãy khảo sát một dây quấn ba pha đơn giản nhất chỉ gồm hai cực, mỗi pha chỉ bao gồm một bối dây (quấn tập trung), đấu Y, đặt trong các rãnh tương ứng 1-4; 3-6; 5-2 trên lõi sắt stato (h.1.1b).

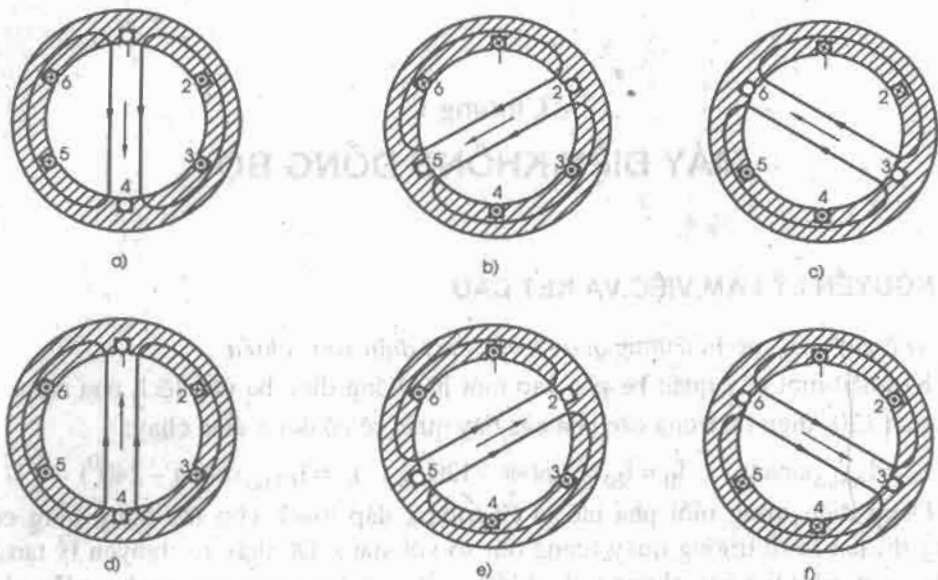
Sự phân bố các dòng điện trong các pha được trình bày trên hình 1.1a. Chúng ta hãy xét trị số các dòng điện trong các pha tại các thời điểm 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6.



Hình 1.1. Sự phân bố các dòng điện trong các pha (a) và dây quấn ba pha (b).

Tại thời điểm 0 dòng điện trong pha A bằng không, dòng điện trong pha B âm, còn dòng điện trong pha C dương. Chiều các dòng điện trong các rãnh của dây quấn stato và từ thông do chúng sinh ra (theo quy tắc vụn nút chai) được trình bày trên hình 1.2a. Rõ ràng các dòng điện trong ba pha đã tạo ra một sức từ động hướng thẳng góc từ trên xuống dưới.

Tại thời điểm 1 dòng điện trong pha C bằng không, dòng điện trong pha A dương còn trong pha B thì âm. Chiều các dòng điện trong các rãnh của dây quấn stato và từ thông do chúng sinh ra được trình bày trên hình 1.2. Rõ ràng các dòng điện trong ba pha bây giờ tạo ra một sức từ động có hướng đã lệch một góc  $60^0$  (bằng 1/3 bước cực) theo chiều quay kim đồng hồ (h.1.2b).



Hình 1.2. Nguyên lý tạo từ trường quay của dây quấn ba pha.

Tiến hành khảo sát tương tự tại các thời điểm 2; 3; 4; 5; 6 ta lần lượt được sức từ động ba pha tương ứng như hình 1.2 a, b, c, d, e, f. Chúng ta nhận thấy véc tơ sức từ động tại các thời điểm trên lần lượt lệch nhau góc  $120^\circ$  hay nói cách khác sức từ động đã quay được một vòng, tương ứng với một chu kỳ biến thiên của dòng điện. Nếu tần số dòng điện là 50Hz thì trong một giây sức từ động này sẽ quay được 50 vòng. Nếu dây quấn có p đôi cực và tần số của dòng điện trong dây quấn stato là  $f_1$  thì tốc độ quay của sức từ động sẽ là:

$$n_1 = 60f_1 / p \quad (1-2)$$

Tốc độ này của từ trường trong máy điện được gọi là tốc độ đồng bộ. Với tần số lưới điện bằng 50Hz, ứng với các số đôi cực khác nhau ta sẽ có các tốc độ đồng bộ sau:

Số đôi cực, p.....	1	2	3	4	5	6	...
Tốc độ đồng bộ $n_1$ (v/ph)...	3000	1500	1000	750	600	500	...

Sức từ động quay tạo ra trên bề mặt stato một từ trường quay. Muốn thay đổi chiều quay của từ trường ta thay đổi thứ tự pha, chẳng hạn từ A-B-C thành A-C-B. Cần chú ý là sự thay đổi chiều dòng điện trong tất cả các pha không làm thay đổi chiều quay.

Một điều nữa mà chúng ta cũng cần chú ý là từ trường do dây quấn một pha sinh ra là từ trường đập mạch tức là từ trường mà nếu chỉ xét sóng cơ bản thôi thì nó phân bố hình sin trong không gian và có trị số biến đổi hình sin theo thời gian. Từ trường này có thể phân tích thành hai từ trường quay, quay ngược nhau và có trị số bằng một nửa từ trường đập mạch. Chính vì vậy mà động cơ điện nếu chỉ có một pha dây quấn thôi thì không thể tự khởi động được. Để động cơ loại này chạy được ta cần có thêm các phần tử khởi động, đó chính là nguyên lý làm việc của các động cơ điện một pha. Mặt khác từ trường quay lại cũng có thể phân tích thành hai từ trường đập mạch lệch nhau trong không gian  $90^\circ$  và trong thời gian  $90^\circ$ . Theo đó nếu ta tạo ra