

BỘ CÔNG THƯƠNG
ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HỒ CHÍ MINH



Bài giảng

KỸ THUẬT ĐIỆN – ĐIỆN TỬ
ELECTRICITY AND ELECTRONICS

Lecturer : Le Ngoc Tran, PhD

Email : lengoctran@iuh.edu.vn

Chapter 5: Electric machines-Máy điện



Phân loại máy điện



Máy biến thế



Máy phát điện và động cơ điện 1 chiều



Máy phát điện và động cơ điện xoay chiều



Động cơ bước (Step motor)



Động cơ servo (Servo motor)

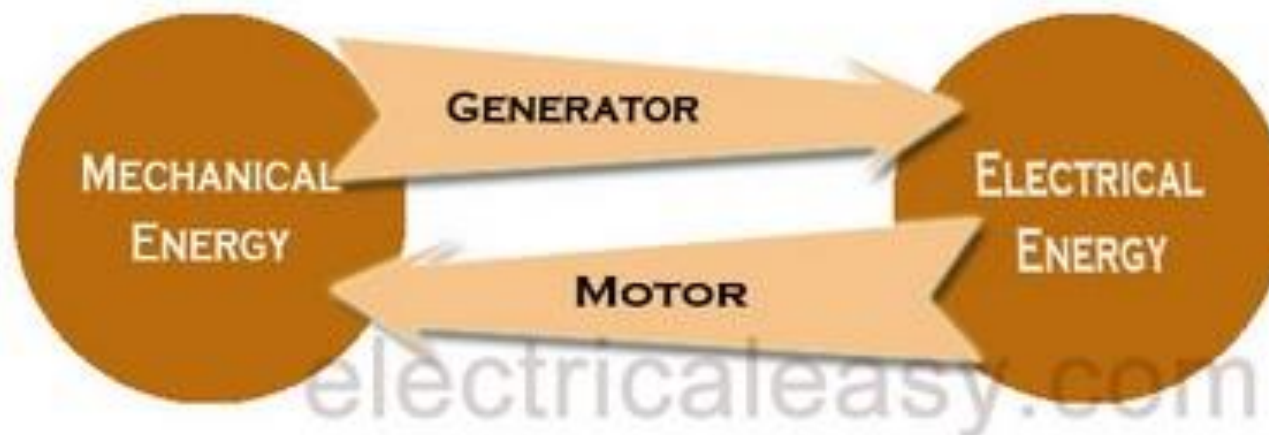


Ứng dụng của máy điện đặc biệt

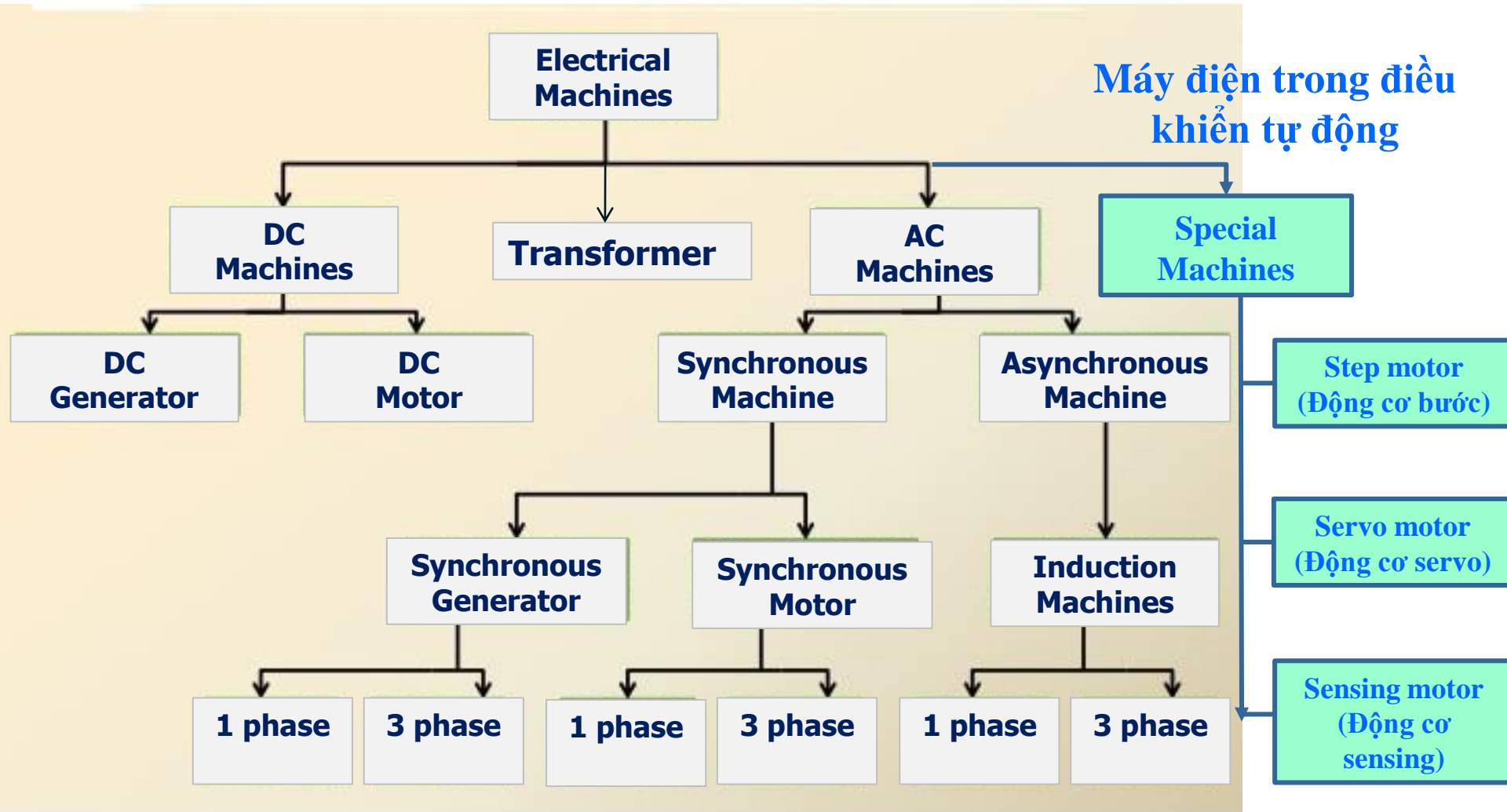
5.1 Phân loại máy điện

Định nghĩa về máy điện

Máy điện là thiết bị chuyển đổi năng lượng **cơ khí** sang năng lượng điện (**Máy phát điện** - generator) hoặc năng lượng điện sang năng lượng cơ khí (**motor điện**). Máy điện cũng bao gồm **máy biến thế** (transformers) là thiết bị mà không thực sự chuyển đổi năng lượng giữa cơ và điện chúng chỉ có chức năng chuyển đổi dòng điện AC từ mức điện áp này sang mức điện áp khác nhưng vẫn giữ nguyên tần số.



5.1 Phân loại máy điện



TRANSFORMERS- MÁY BIẾN ĐỔI

- ☐ Máy biến thế (Voltage Transformer)
- ☐ Máy biến dòng (Current Transformer)
- ☐ Ổn áp (Auto-Transformer)

5.2 Transformers- Máy biến thế

Định nghĩa máy biến thế

- Máy biến thế là máy điện tĩnh, chuyển đổi năng lượng điện (U, I) từ một mạch này sang mạch khác nhưng không kết nối trực tiếp giữa hai mạch mà dựa vào cảm ứng hỗ tương (***mutual induction***) giữa hai cuộn dây. Nó chuyển đổi công suất từ mạch này sang mạch khác nhưng không thay đổi về tần số nhưng chỉ thay đổi về mức điện áp (***voltage level***) (Từ U_1, I_1 sang U_2, I_2).



5.2 Transformers- Máy biến thế

Nguyên lý làm việc: MBA làm việc theo nguyên lý cảm ứng hồ tương giữa 02 cuộn dây hoặc định luật cảm ứng điện từ (Faraday Law's Of Electromagnetic induction). Khi dòng điện trong cuộn sơ cấp thay đổi từ thông móc vòng đến cuộn thứ cấp cũng thay đổi, do đó một EMF cảm ứng sang cuộn thứ cấp theo định luật cảm ứng điện từ của Faraday.

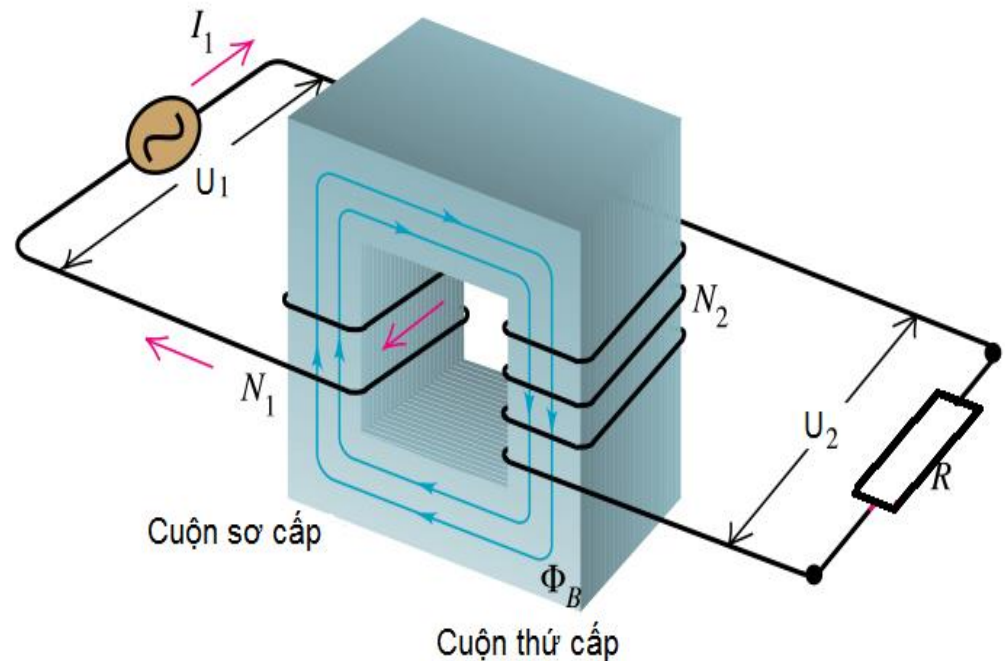
Ideal transformer equations

$$e_1 = - W_1 .d\Phi/dt$$

$$e_2 = - W_2 .d\Phi/dt$$

$$k = E_1/ E_2 = W_1/ W_2$$

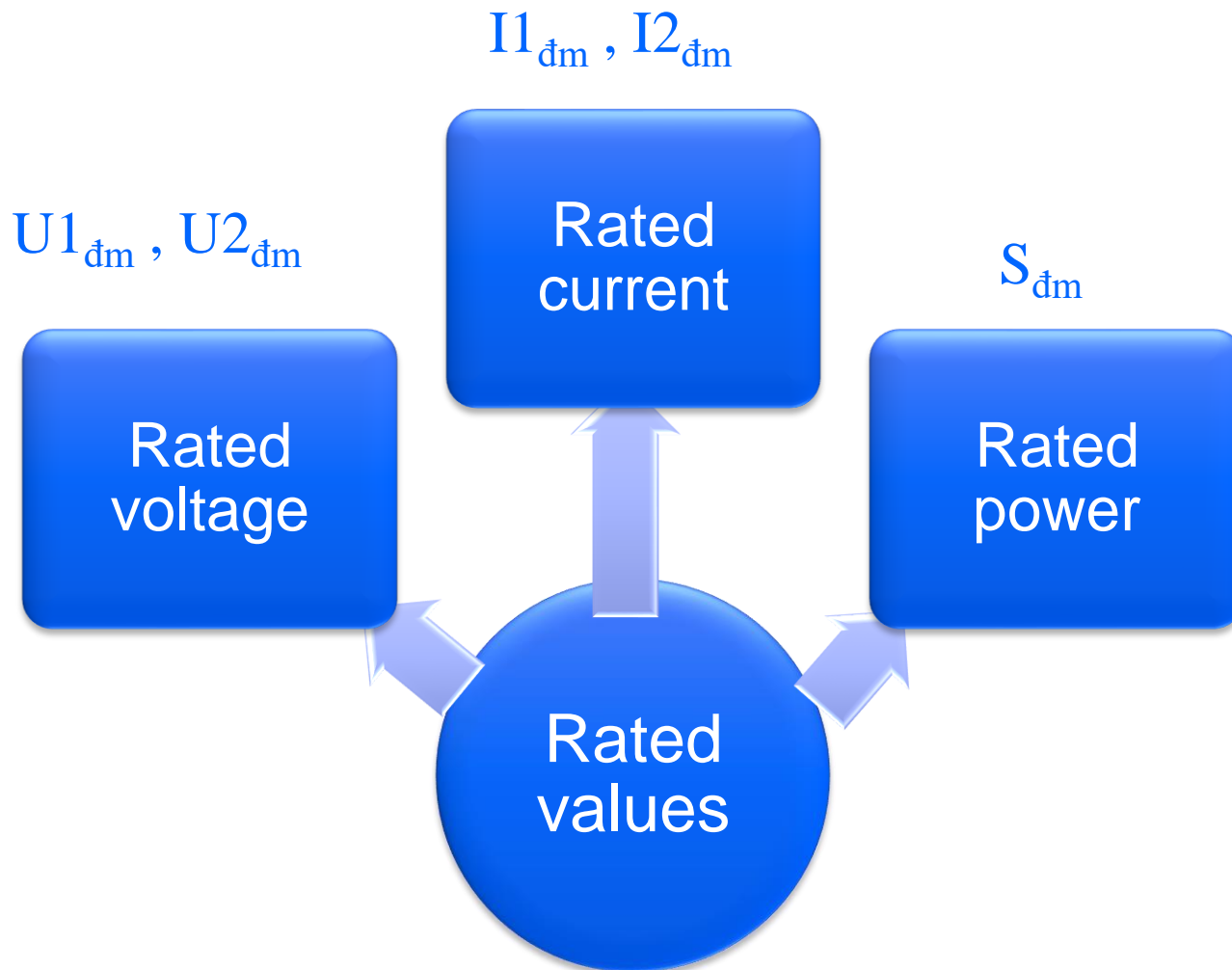
$$k = E_1/ E_2 \approx U_1/ U_2$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

5.2 Transformers- Máy biến thế

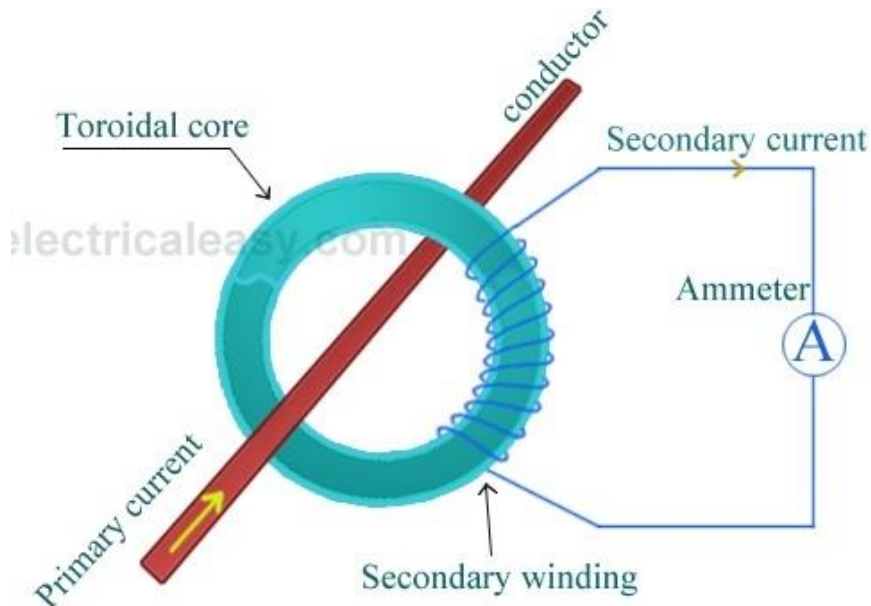
Rated values of transformer



5.2 Transformers- Máy biến đổi

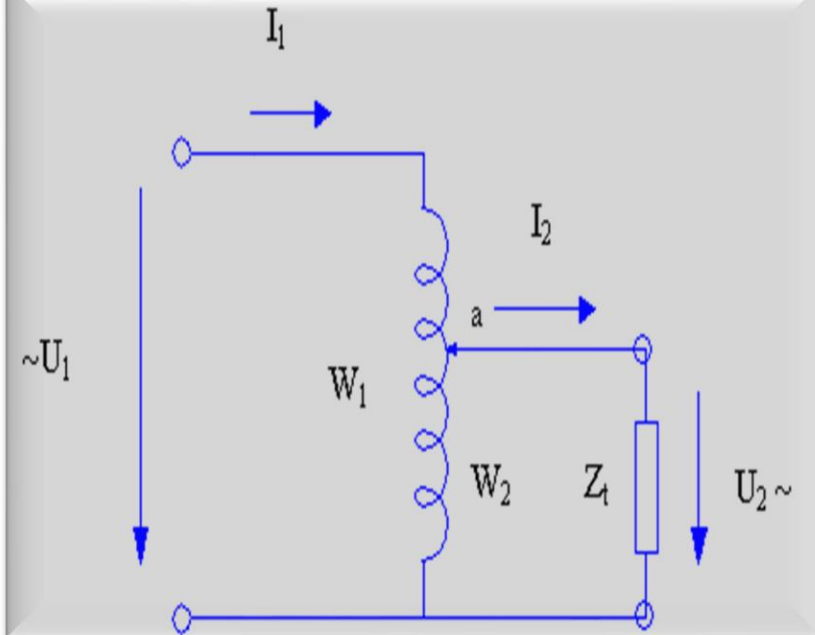
Biến dòng - Current Transformer

Biến dòng được tạo ra sử dụng cho mục đích đo dòng điện biên độ lớn (**Measure currents of high magnitude**). Chức năng hạ cấp dòng điện cho mục đích đo lường, do đó nó có thể đo ở dải dòng bình thường (ammeter). Biến dòng (**CT- Current transformer**) chỉ có một vài vòng dây ở cuộn sơ cấp. Cuộn sơ cấp có thể chỉ một thanh dẫn. Cuộn thứ cấp có số vòng dây lớn hơn để tang độ chính xác theo tỉ lệ của dải đo. Do đó các nấc của biến dòng (up) tang điện áp trong khi các bước hạ (down) giảm dòng điện.



5.2 Transformers- Máy biến đổi

Autotransformer- Ổn áp



Autotransformer has only one single voltage winding which is common to both sides.

$$U_1/U_2 = W_1/W_2 \Rightarrow U_2 = U_1 \cdot W_2 / W_1$$

5.2 Transformers- Máy biến đổi

Application of transformer

1

- To step up and step down the voltage level in electric transmission, distribution.

2

- Voltage Regulator: This can easily be seen at your home for over voltage protection.

3

- Welding Machine: Transformer reduces the voltage level and increases the current in welding process.

4

- Rectification: The rectification process does AC to DC conversion.

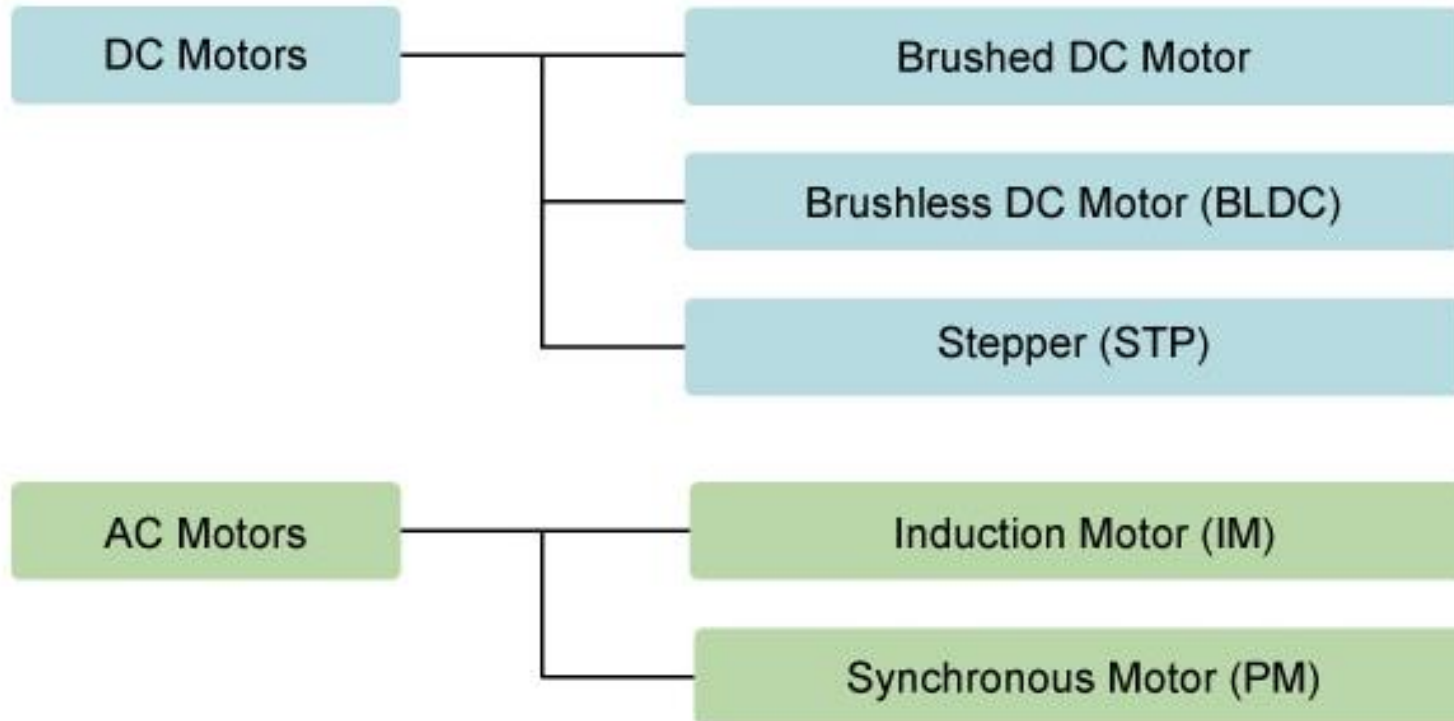


MOTORS- **ĐỘNG CƠ ĐIỆN**

- ☐ Động cơ điện một chiều (DC motor)
- ☐ Động cơ điện xoay chiều (AC motor)
- ☐ Động cơ không chổi than (Brushless Motor)

5.3. Động cơ điện

Phân loại động cơ



5.3. Định nghĩa về động cơ điện

❖ Định nghĩa và phân loại:

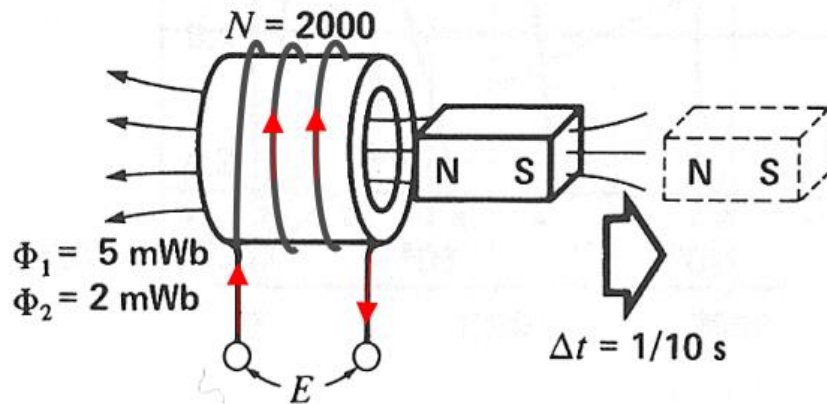
- Động cơ điện dùng để chuyển đổi năng lượng điện được cung cấp thành năng lượng cơ học để dẫn động máy công tác.
- Nhiều loại động cơ DC đang được sử dụng phổ biến (Động cơ DC có chổi than và không chổi than).
- Trong số này, động cơ DC không chổi than (BLDC) có hiệu suất cao và khả năng điều khiển tuyệt vời với độ chính xác cao, và được sử dụng rộng rãi trong nhiều ứng dụng. Động cơ BLDC có ưu điểm tiết kiệm điện so với các loại động cơ khác.
- Ngoài ra còn có động cơ AC (Induction Motor)

5.3 Máy điện một chiều (DC Machine)

NGUYÊN LÝ CƠ BẢN

Faraday's Law of Electromagnetic Induction

(Cảm ứng điện từ dựa trên luật Faraday)



$$E = -N \frac{d\phi}{dt}$$

Dấu “-” chỉ ra rằng điện áp cảm ứng có xu hướng làm giảm sự thay đổi của từ thông

$$E = -2000 \times \frac{0.002 - 0.005}{0.1} = 60 \text{ V}$$

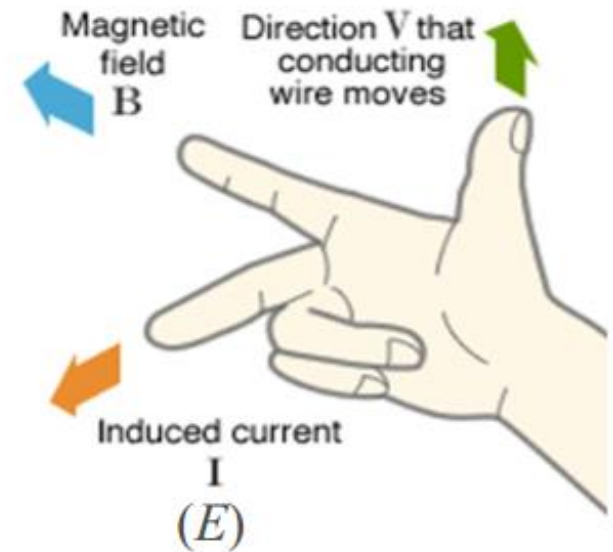
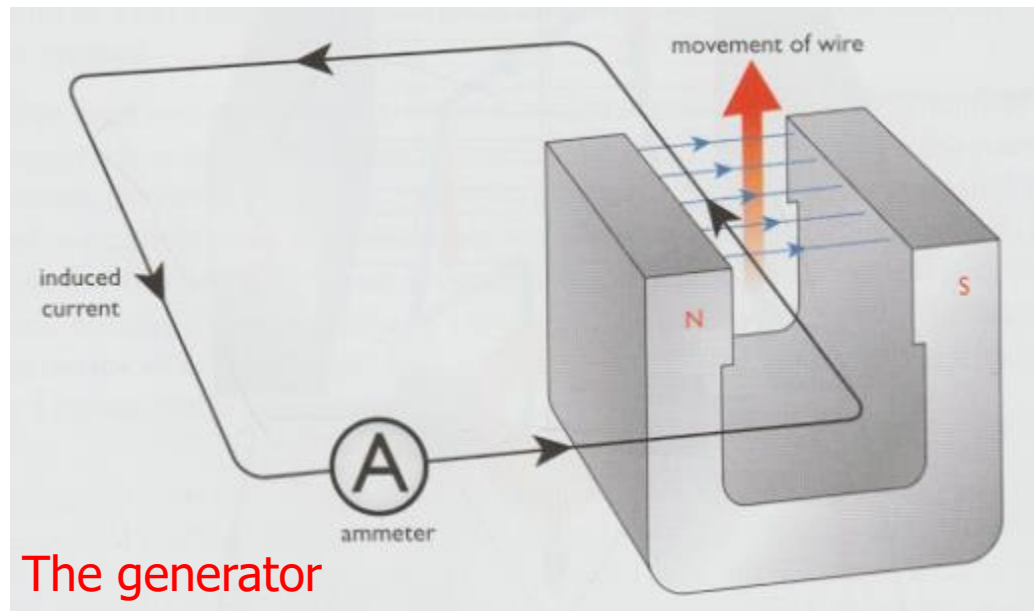
1. If the flux linking a loop (or turn) varies as a function of time, a voltage is induced between its terminals.
2. The value of the induced voltage is proportional to the rate of change of flux

5.3 DC Machines: motor

NGUYÊN LÝ CƠ BẢN

Faraday's Law of Electromagnetic Induction (Cảm ứng điện từ dựa trên luật Faraday)

When a wire moves through a magnetic field a voltage is generated in the wire



$$e = - W \frac{d\Phi}{dt} \quad \Rightarrow \quad e = B.l.v$$

Right-hand rule

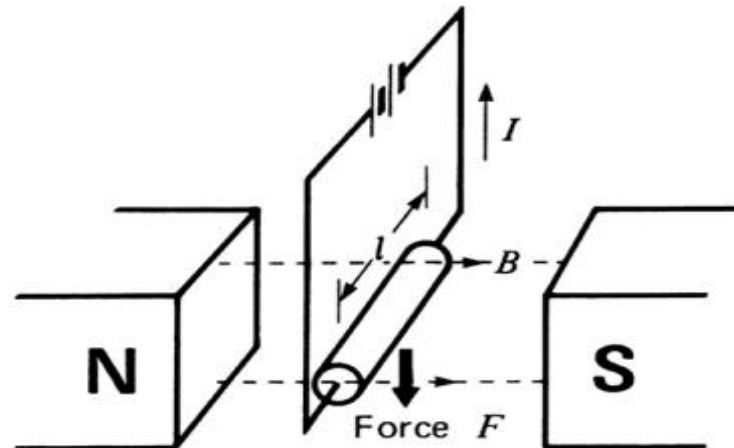
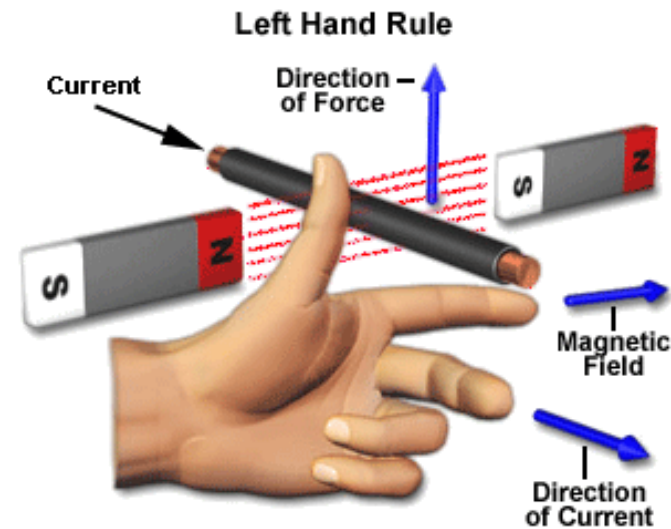
5.3 DC Machines: motor

Basic Laws

$$F = B.L.I$$

The direction of mechanical force is given by Fleming's Left-hand Rule and its magnitude is given by $F = BIL$ Newton.

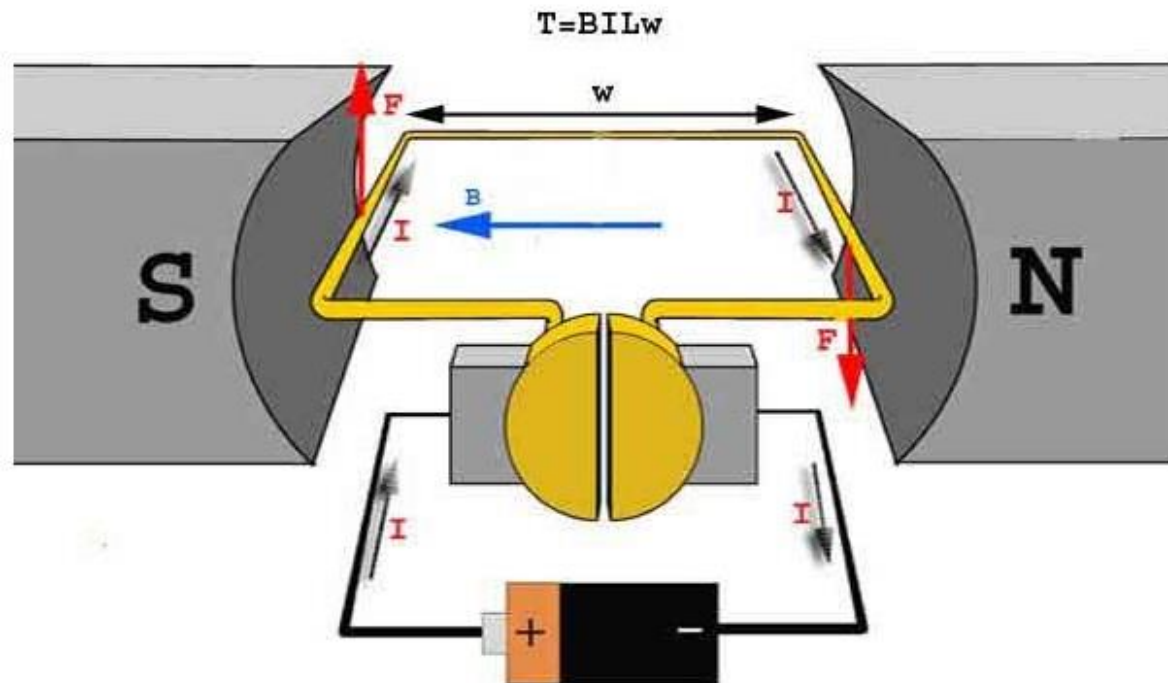
Lorentz Force on a Conductor



5.3 DC Machines: motor

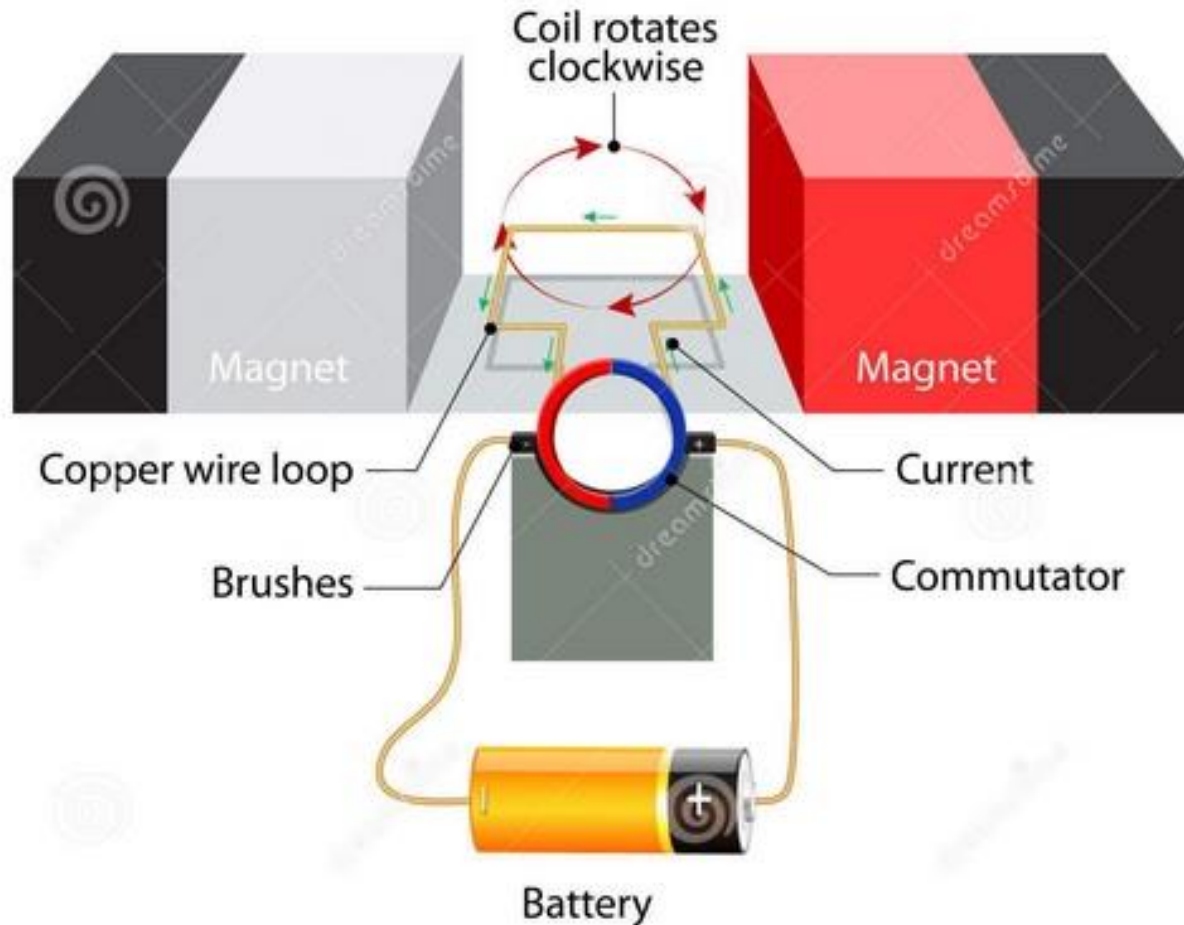
Principle

- An electric DC motor is a machine which converts electric energy into mechanical energy. The working of DC motor is based on the principle that when a current-carrying conductor is placed in a magnetic field, it experiences a mechanical force.



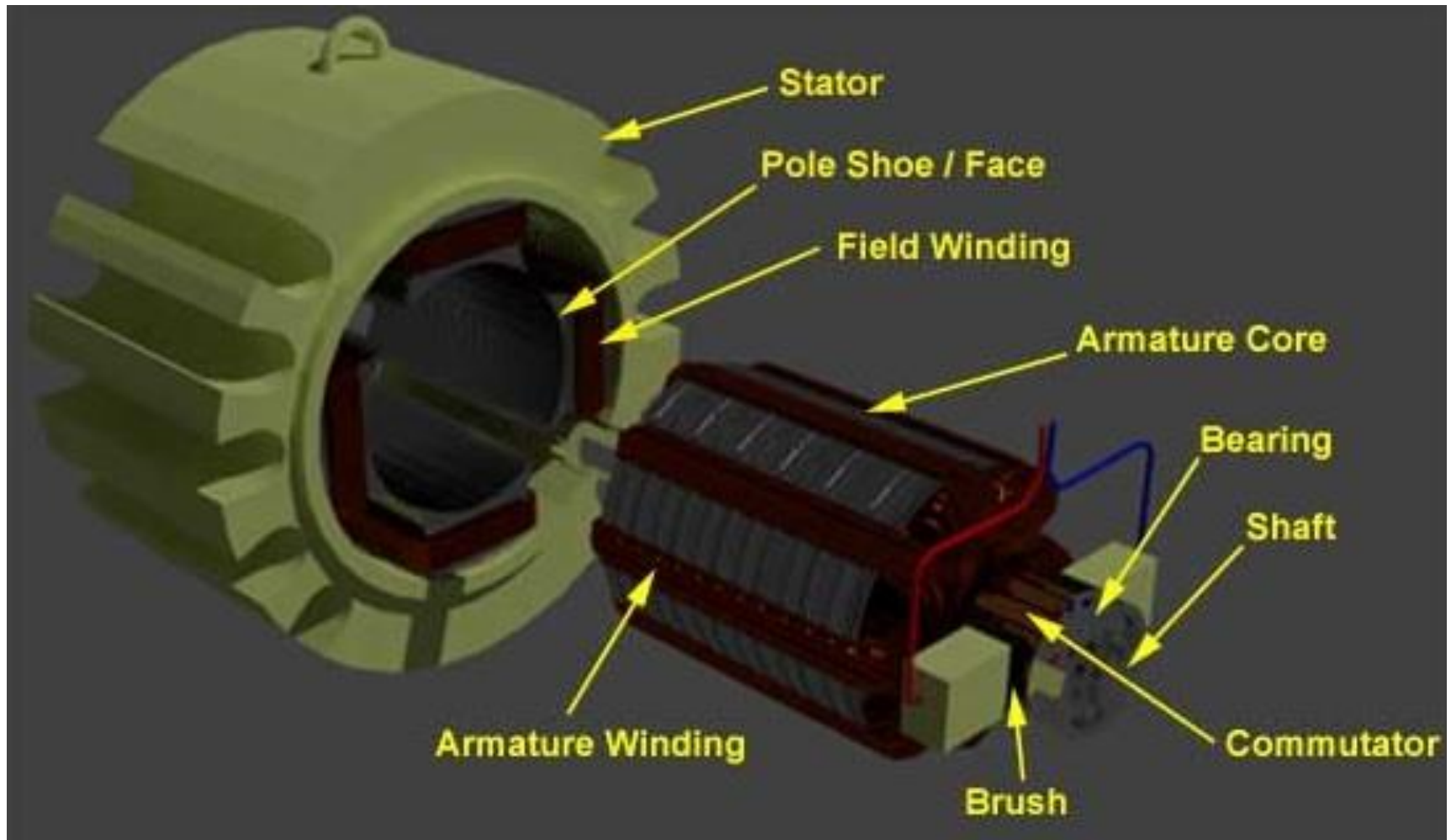
5.3 DC Machines (Máy điện một chiều): **motor**

A simple electrical motor



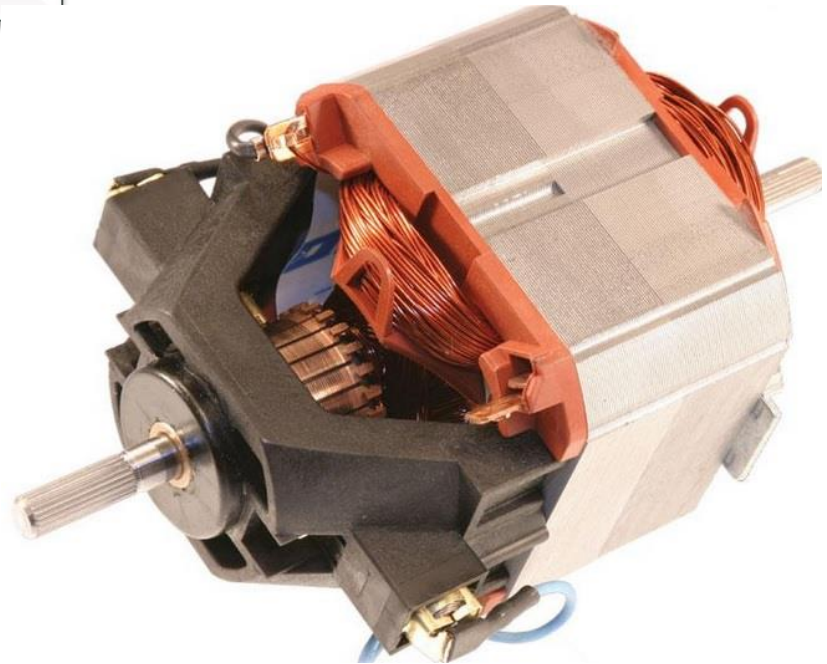
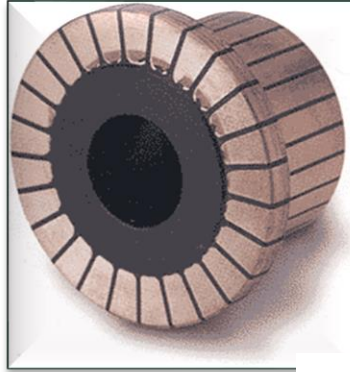
5.3 DC Machines: **motor**

Components of DC motor



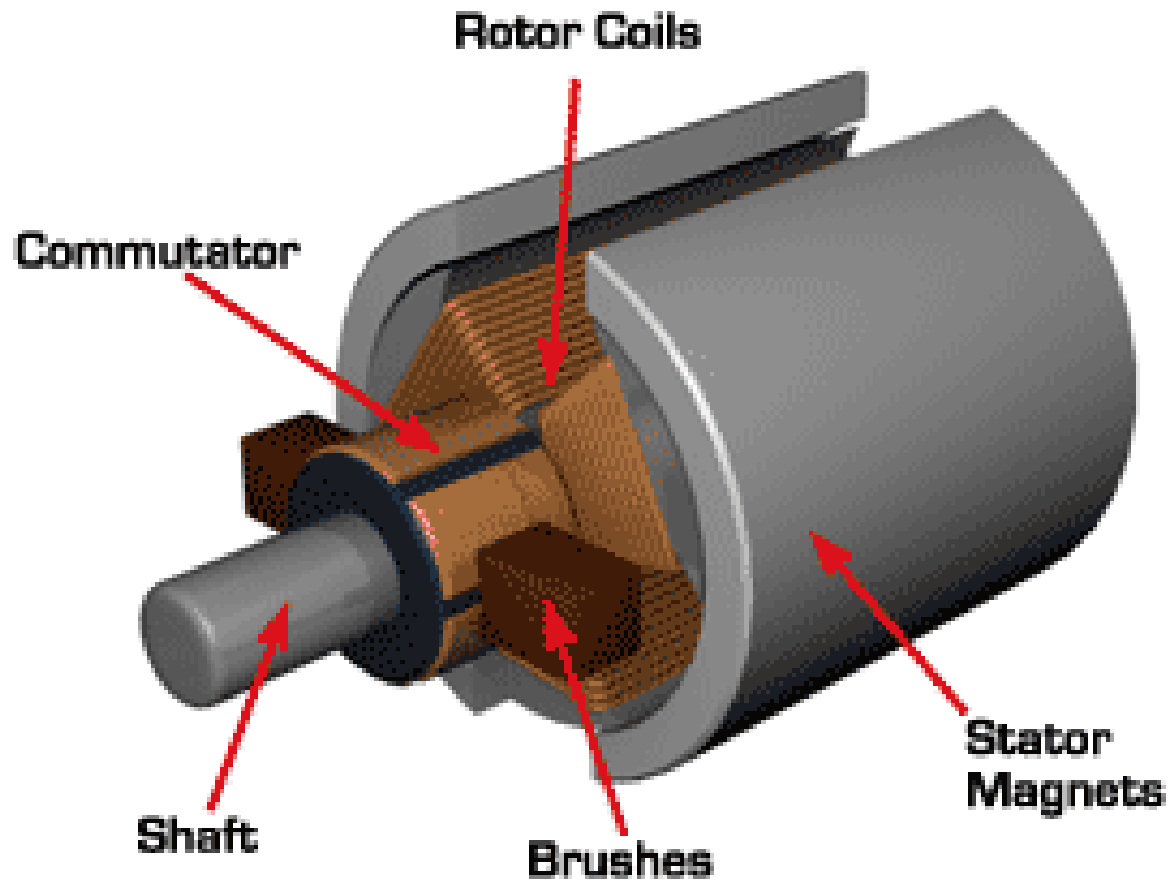
5.3 DC Machines: **motor**

Commutator



5.3 DC Machines: **motor**

3D Animation of DC motor



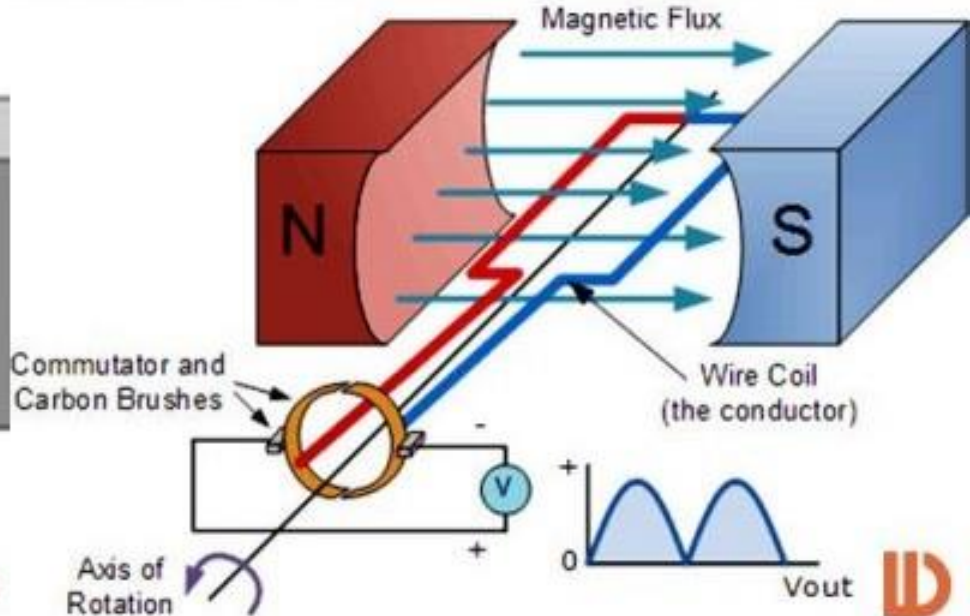
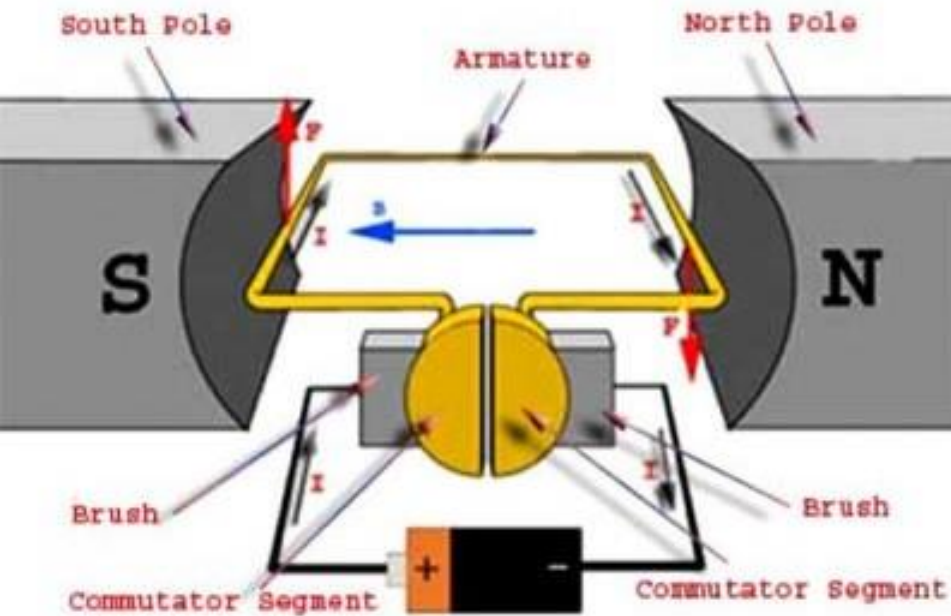
5.3 DC Machines: motor

Composition of DC motor and generator

DC MOTOR

VS

DC GENERATOR



There is no basic difference in the construction of a DC generator and a DC motor. In fact, the same DC machine can be used interchangeably as a generator or as a motor.

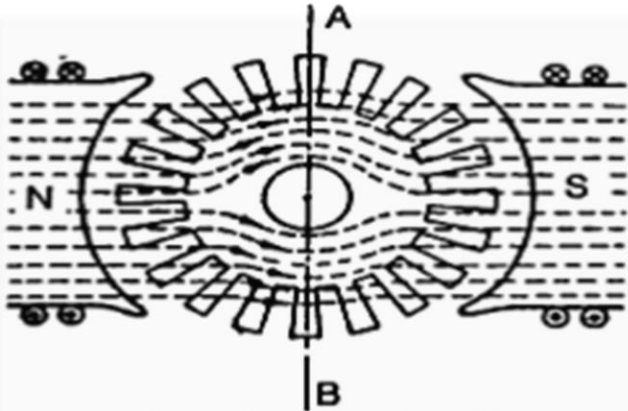
5.3 DC Machines: motor

Movie: DC motor and generator

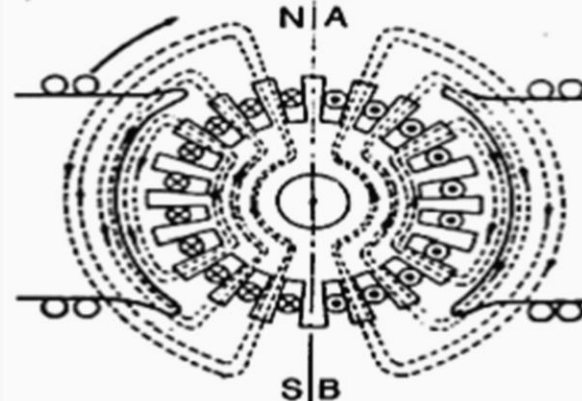
Motors
&
Generators

5.3 DC Machines: motor

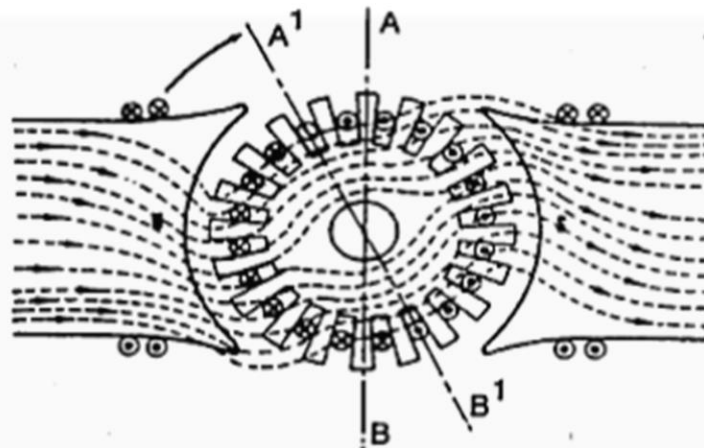
Field in DC motor



Field of stator



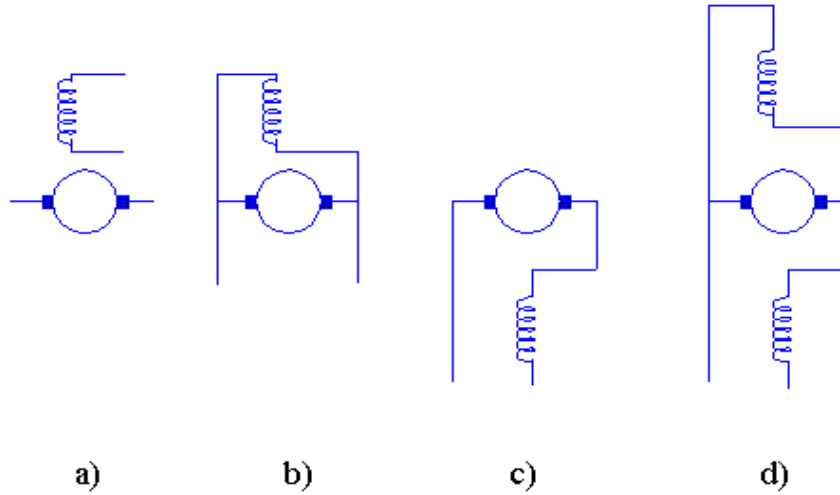
Field of rotor



Field of motor

5.3 DC Machines: motor

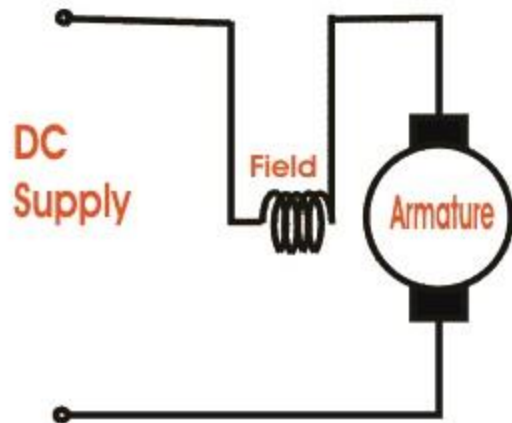
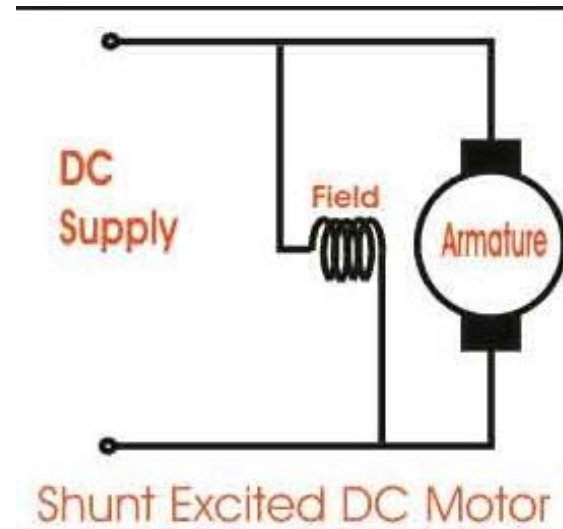
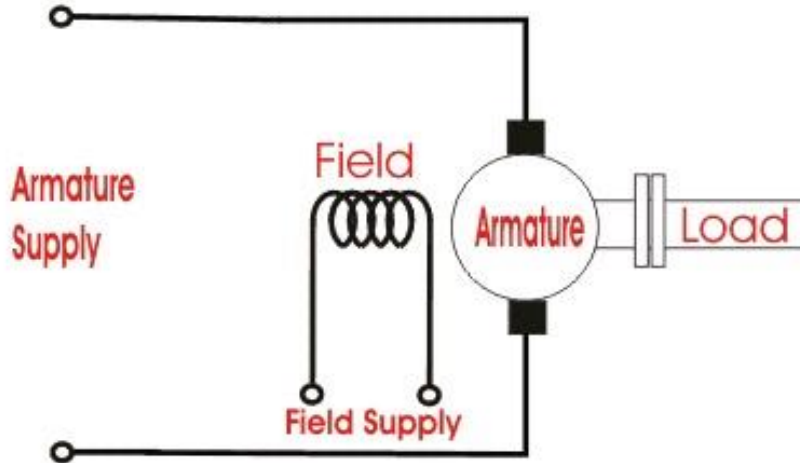
Classification of DC motors



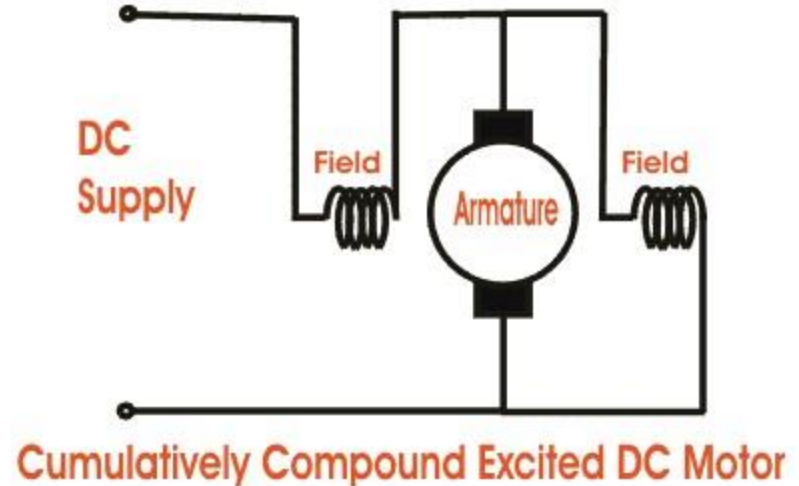
1. Separately excited DC motor
2. Shunt excited DC motor
3. Serial excited DC motor
4. Cumulatively compound excited DC motor

5.3 DC Machines: motor

Separately Excited DC Motor



Series Excited DC Motor



Cumulatively Compound Excited DC Motor

5.3 DC Machines: motor



5.4 AC Motors: Asynchronous

Invented by Nikola Tesla (1856–1943) in 1888

(No Model.)

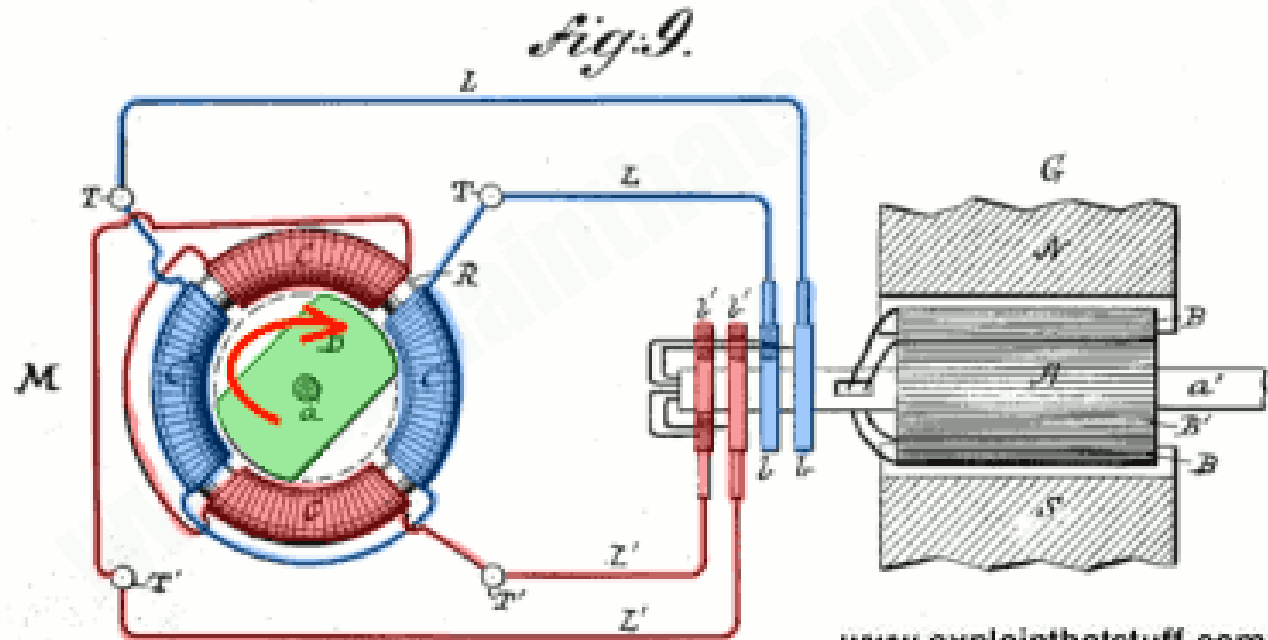
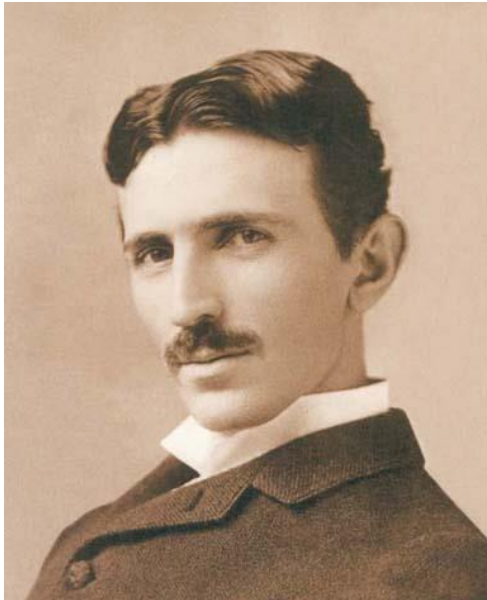
4 Sheets—Sheet 2.

N. TESLA.

ELECTRO MAGNETIC MOTOR.

No. 381,968.

Patented May 1, 1888.

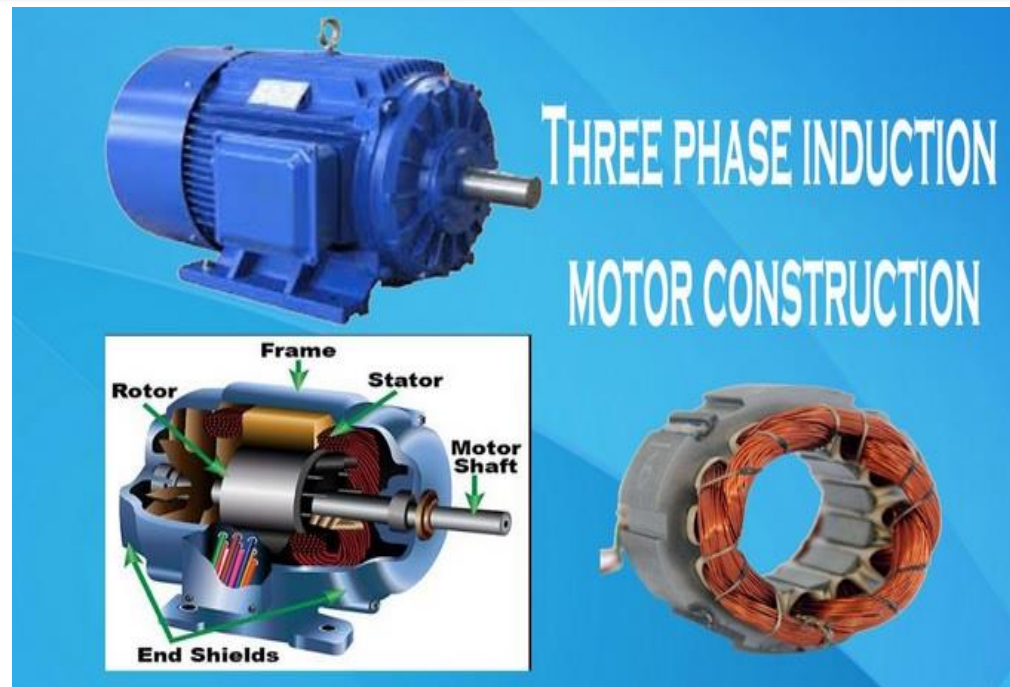


www.explainthatstuff.com

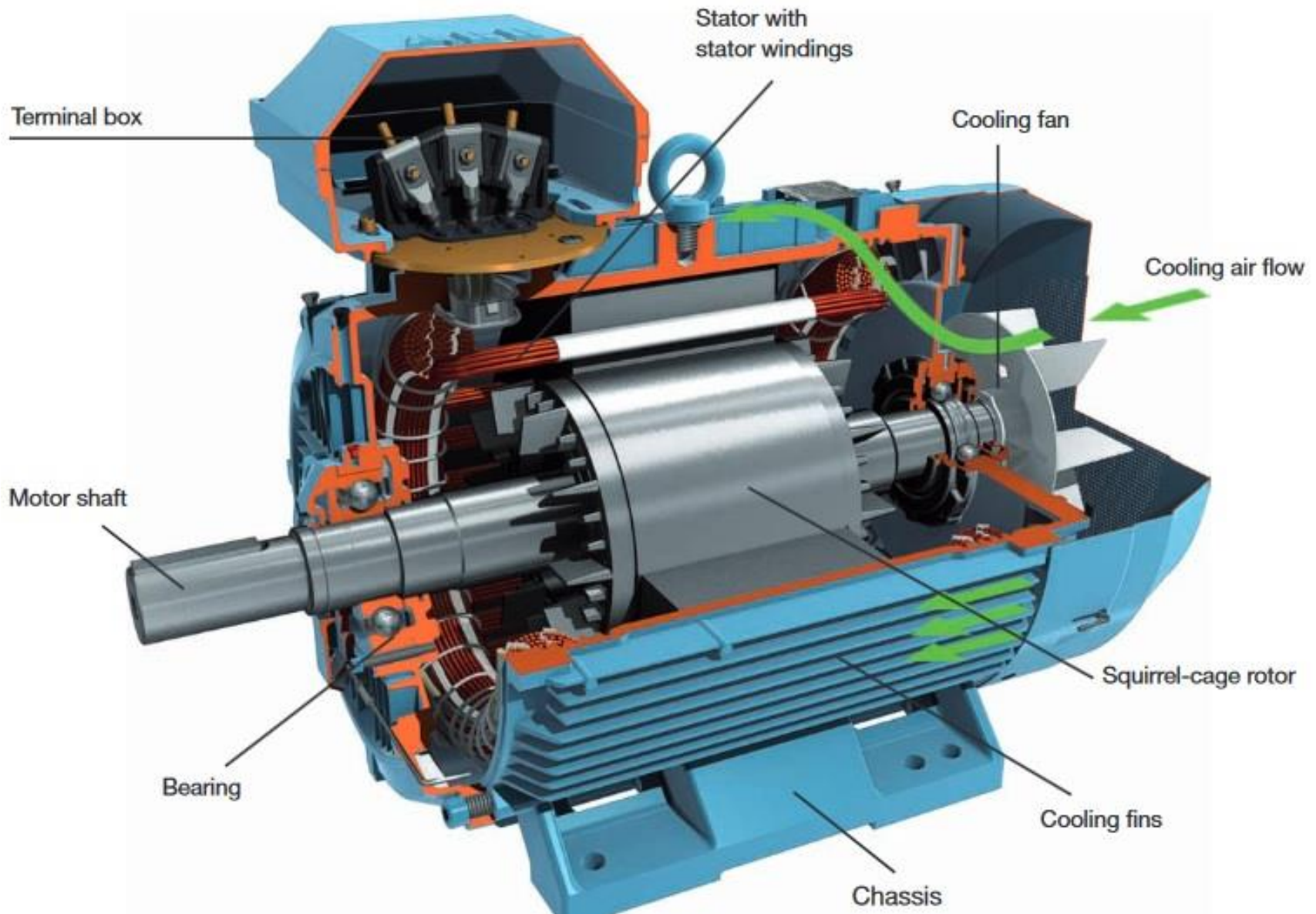
5.4 AC Motors: Asynchronous

Definition

- An asynchronous motor is a rotating electric machine (an AC electric motor) in which the electric current in the rotor needed to produce torque is obtained by electromagnetic induction from the magnetic field of the stator winding. The speed of rotor is not equal the speed of the magnetic field.

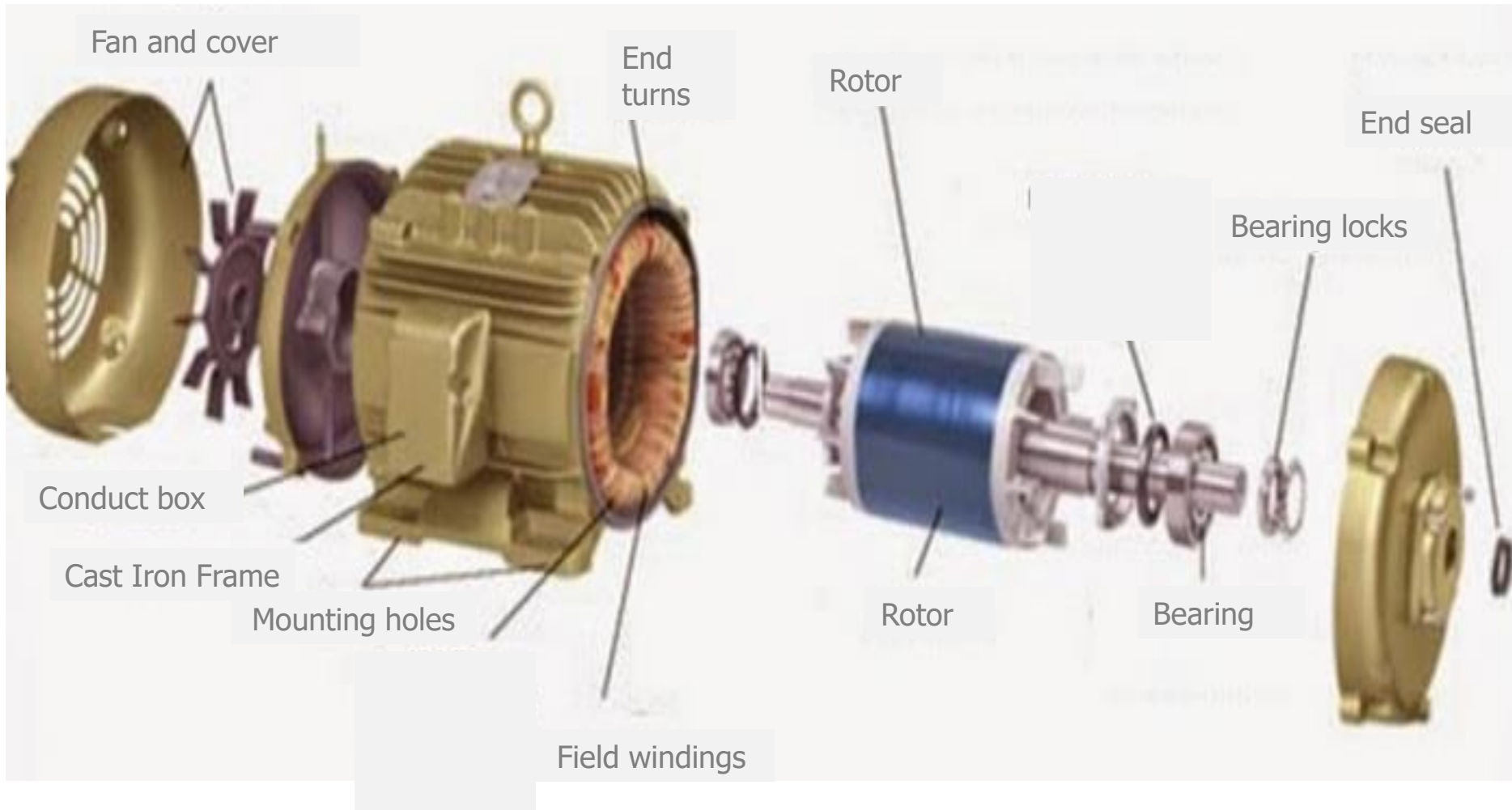


5.4 AC Motors: Asynchronous



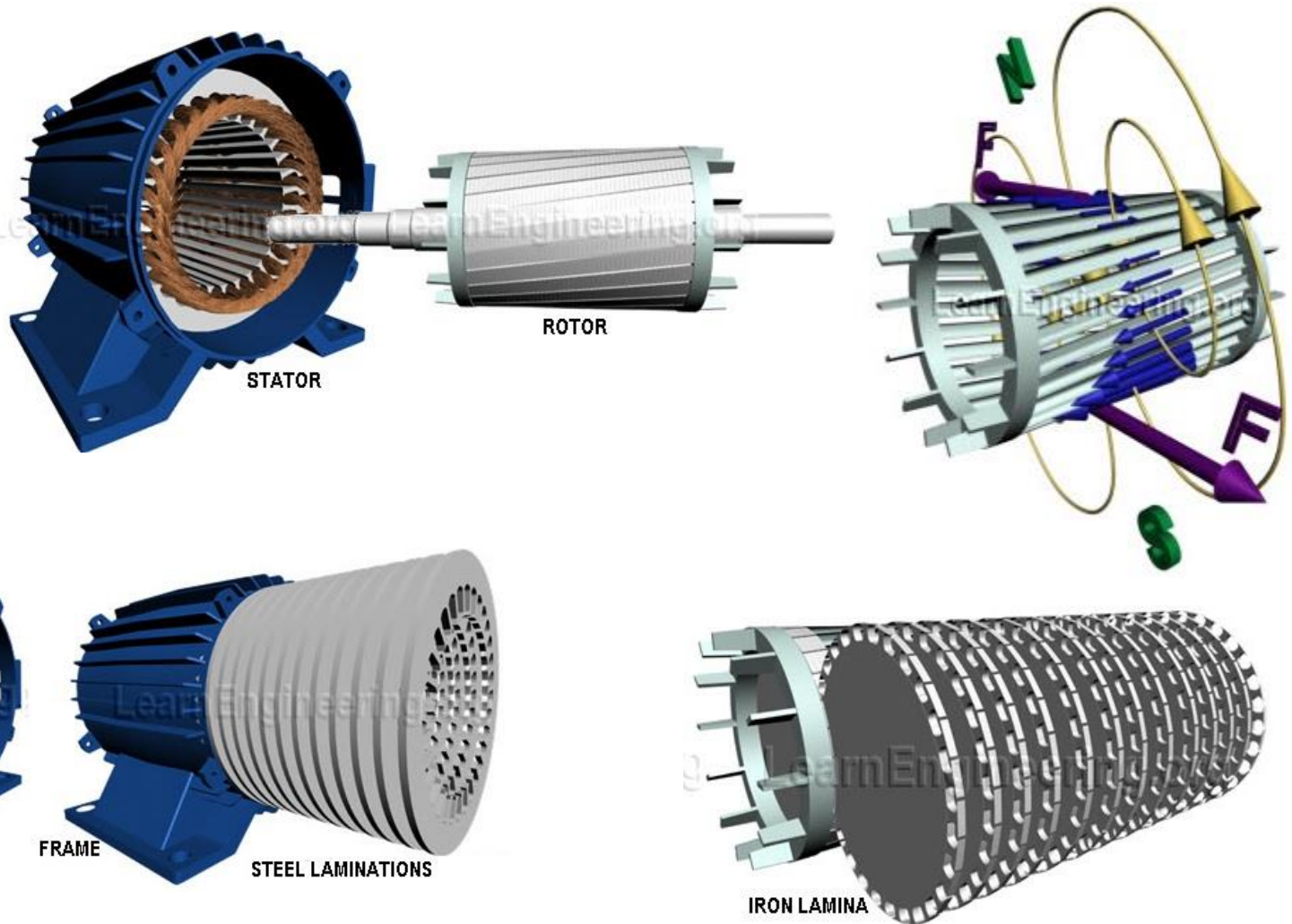
5.4 AC Motors: Asynchronous

Parts of An asynchronous motor



5.4 AC Motors: Asynchronous

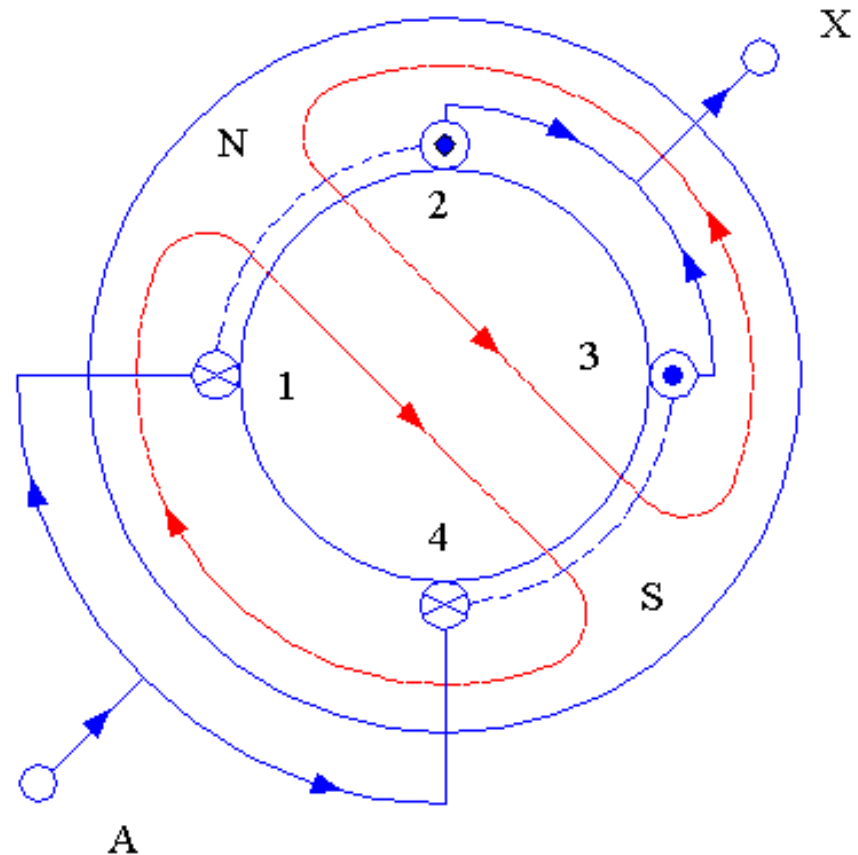
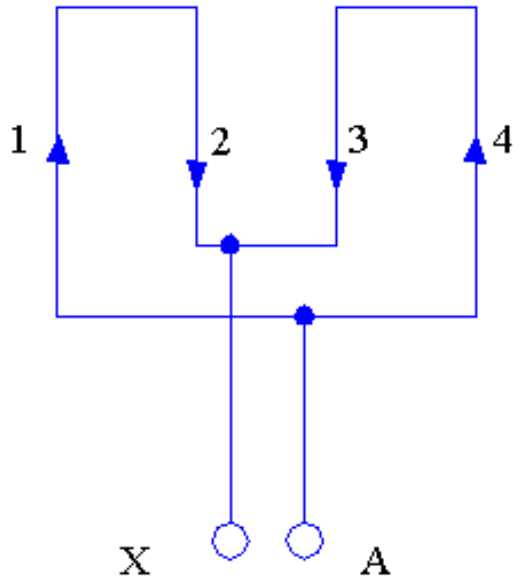
Stator and rotor of asynchronous motors



5.4 AC Motors: Asynchronous

Working principle

Magnetic field of one phase winding



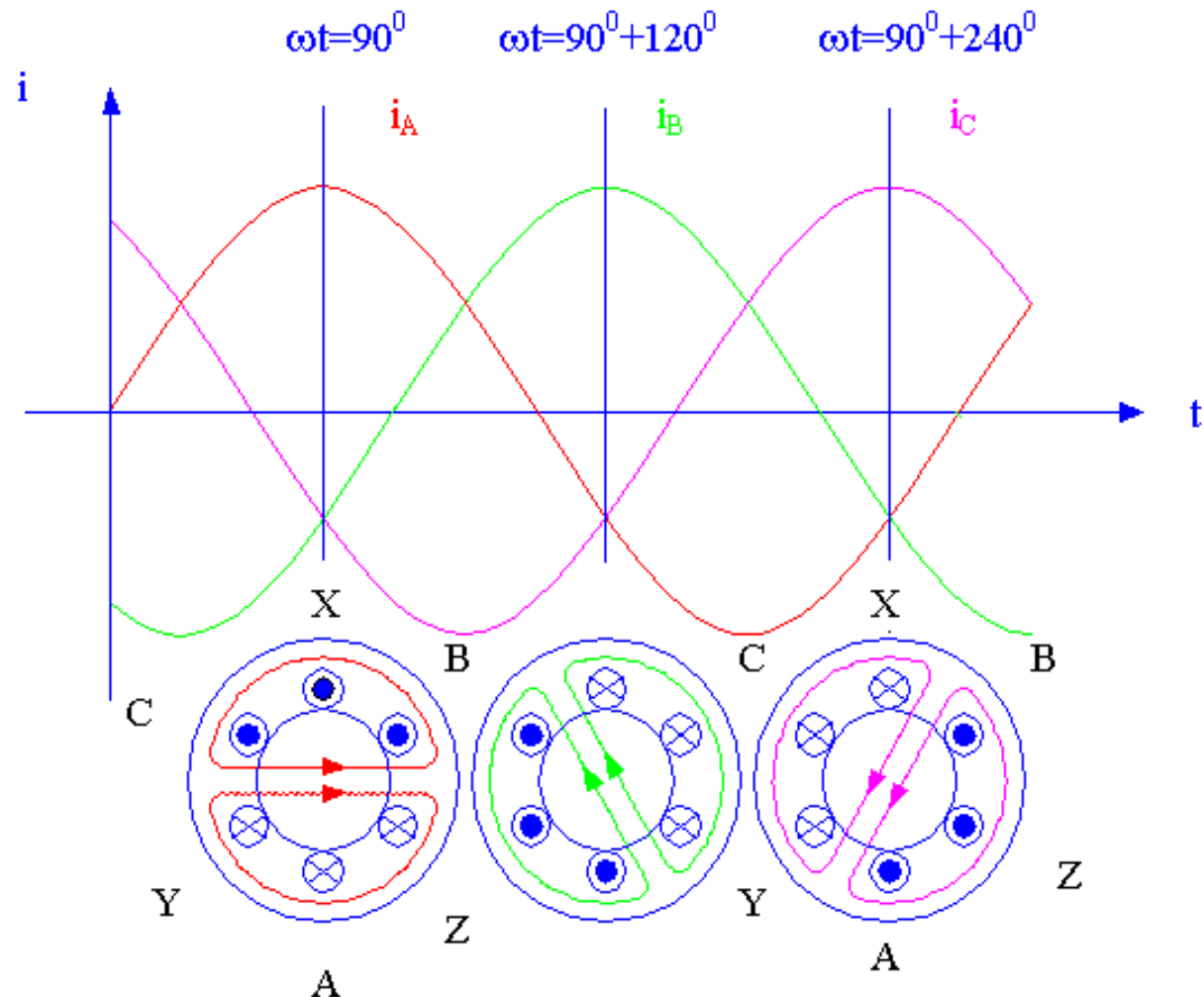
5.4 AC Motors: Asynchronous

Rotating magnetic field of three phase winding

$$i_A = I_{\max} \sin \omega t$$

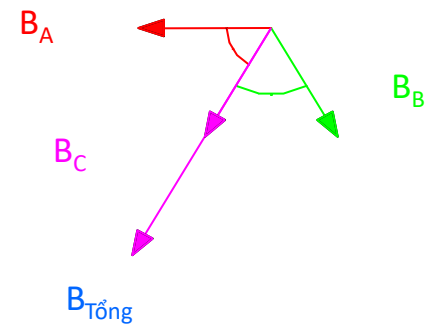
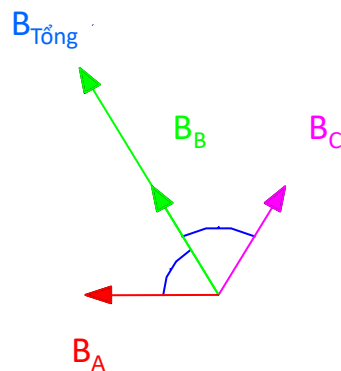
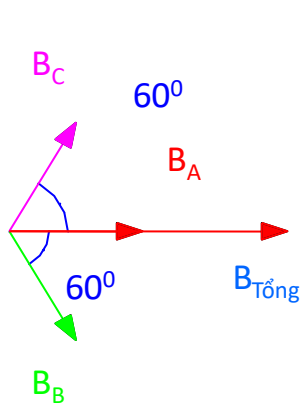
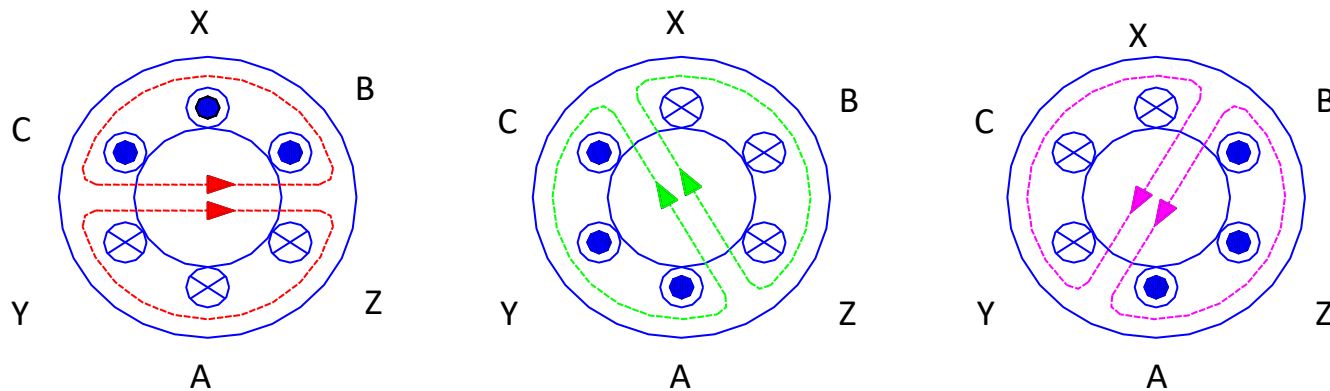
$$i_B = I_{\max} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_{\max} \sin(\omega t - 240^\circ)$$



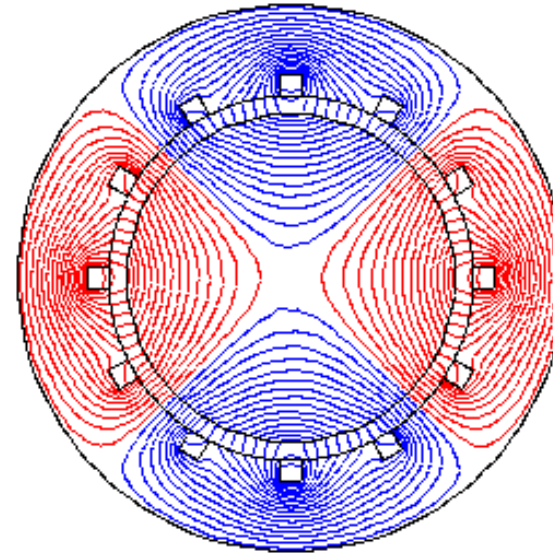
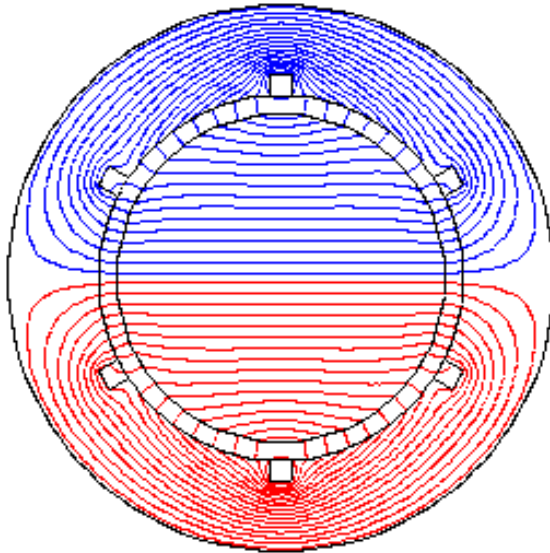
5.4 AC Motors: Asynchronous

Three phase currents produce rotating magnetic field



5.4 AC Motors: Asynchronous

Rotating magnetic field



Speed of magnetic field:

$$n_1 = 60f/p \text{ (rpm/min)}$$

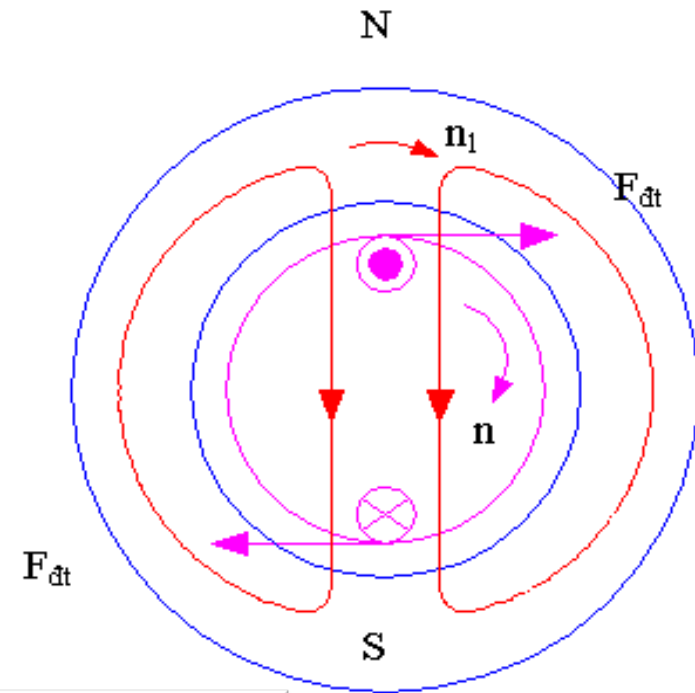
Amplitude:

$$\phi_{\max} = \frac{3}{2} \phi_{p\max}$$

5.4 AC Motors: Asynchronous

Working principle of asynchronous motors

Given three phase currents with frequency f to stator winding



$$s = (n_1 - n) / n_1$$

Speed of motor: $n = 60f/p \cdot (1-s)$ (rpm/min)

5.4 AC Motors: Asynchronous

Movie: Asynchronous motors



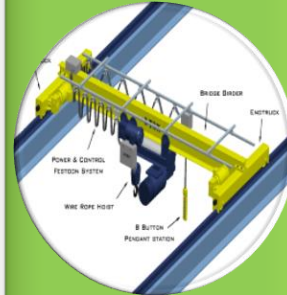
5.4 AC Motors: Asynchronous

Applications of AC motors in oil and gas industry

- Blowers
- Booster pumps
- Centrifugal compressors
- Axial compressors
- Chemical process ANSI pumps
- Cooling medium pump
- Extruder
- Heat exchanger
- Jockey pumps
- Pipeline compressors
- Pipeline pumps
- Reciprocating compressor
- Sea water lift pump
- Water injection pumps
- Fans

5.4 AC Motors: Asynchronous

Some applications of Asynchronous motors



5.5 AC Generator: Synchronous

Definition

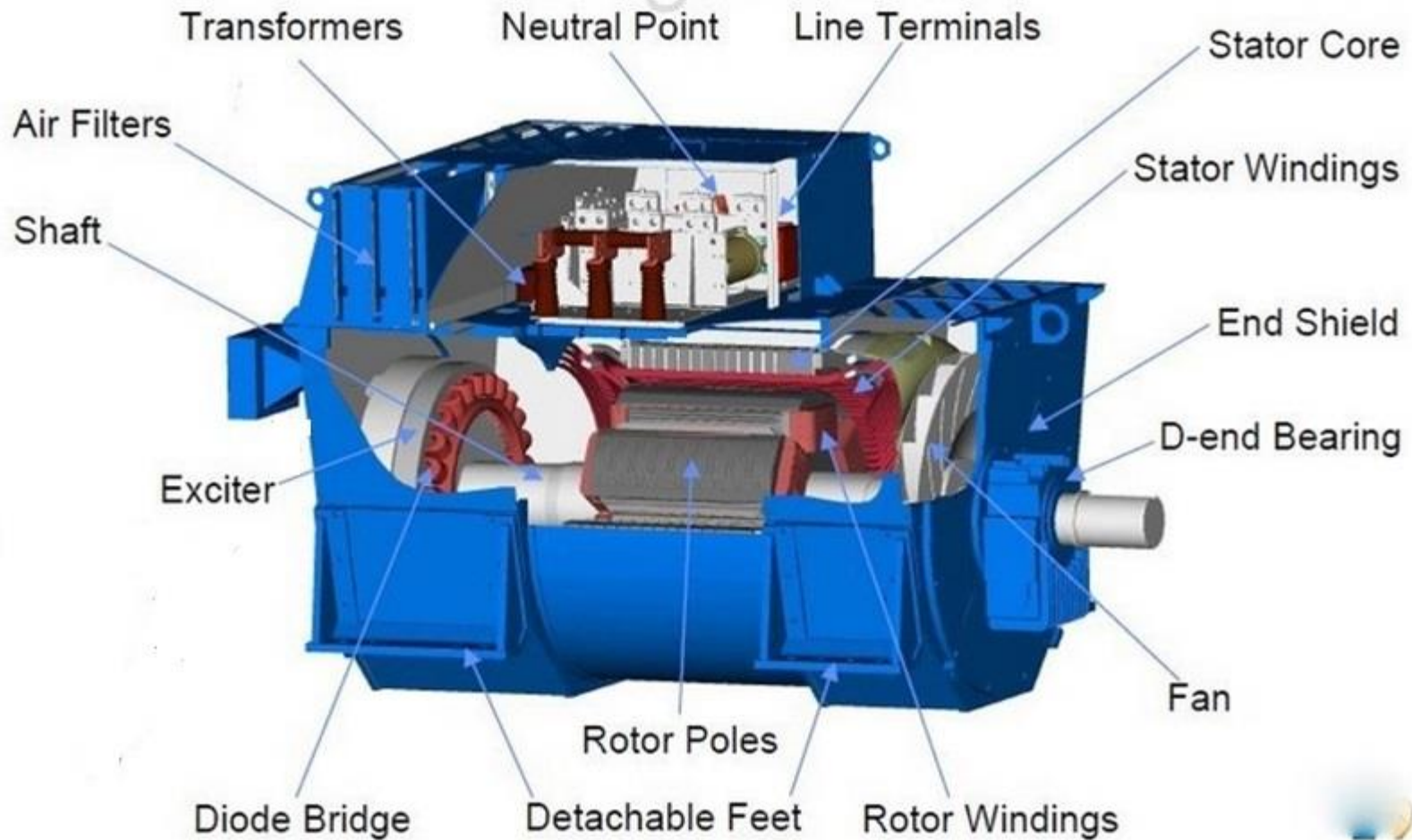
- A synchronous generator is rotating electric machine (AC generator). The speed of rotor is equal the speed of the stator magnetic field.



5.5 AC Generator: Synchronous

Synchronous Generator

MAIN PARTS



5.5 AC Generator: Synchronous

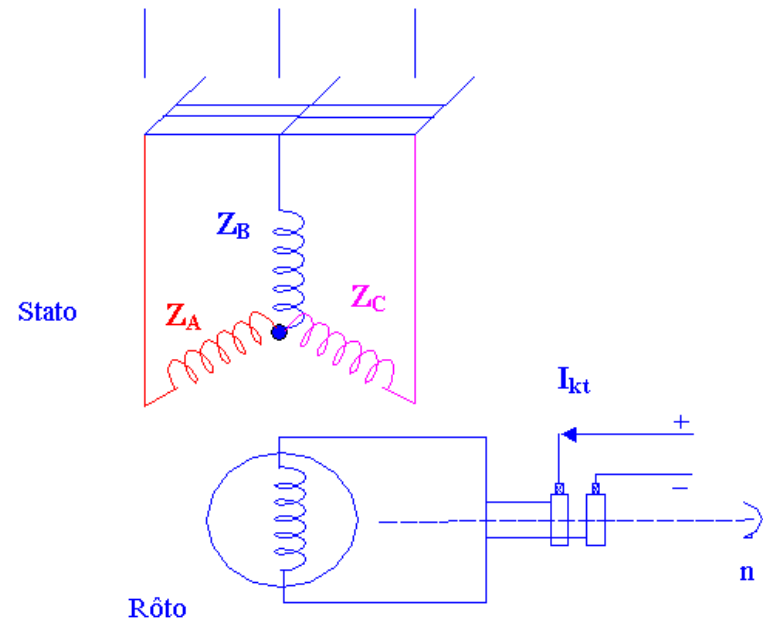
Working principle

The three phase currents are produced in stator windings:

$$i_A = I_{\max} \sin \omega t$$

$$i_B = I_{\max} \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$i_C = I_{\max} \sin(\omega t - 240^\circ)$$

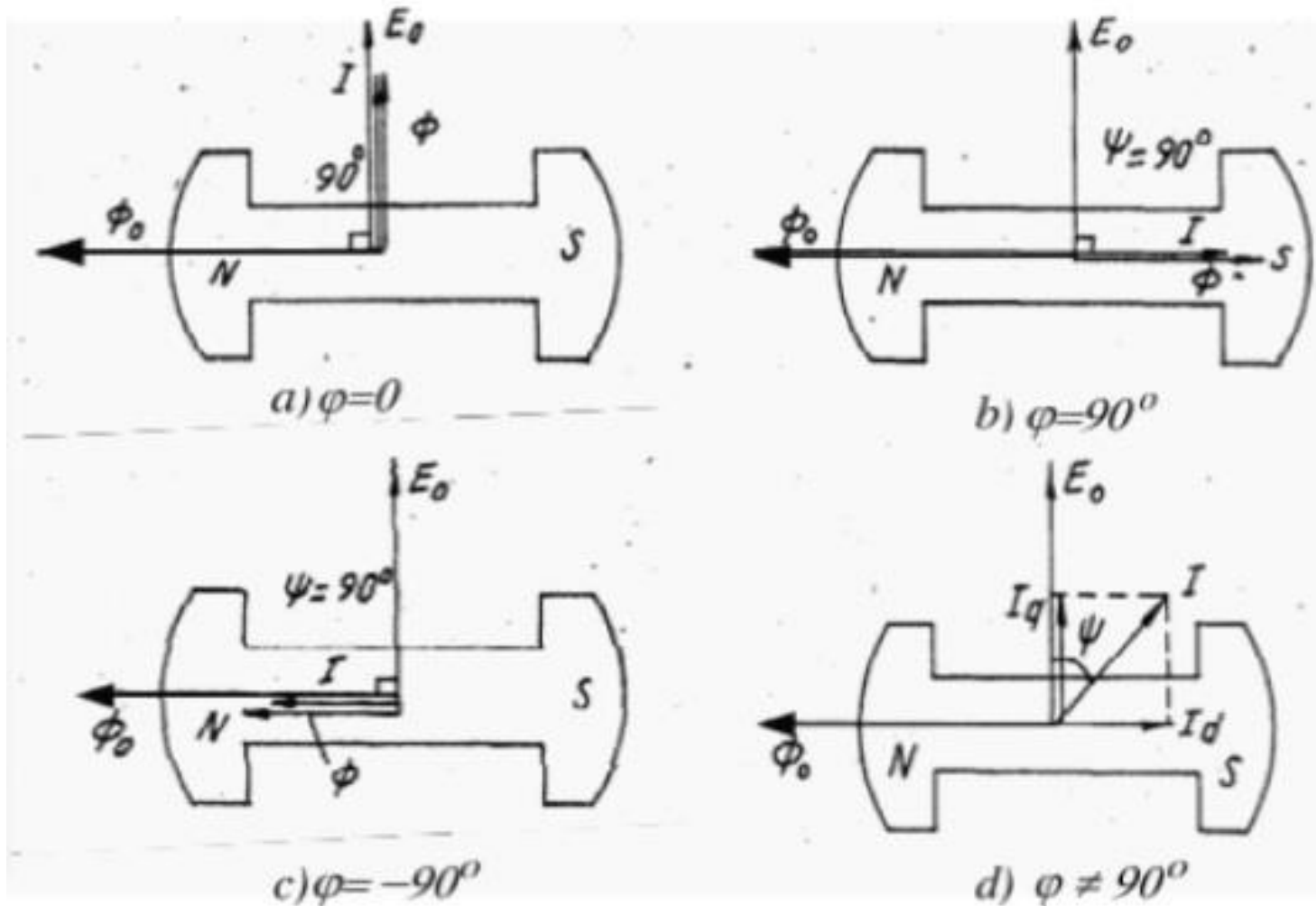


The three phase currents produce the rotating magnetic field, with speed of n_1 :

$n_1 = n$ (n is speed of rotor)

5.5 AC Generator: Synchronous

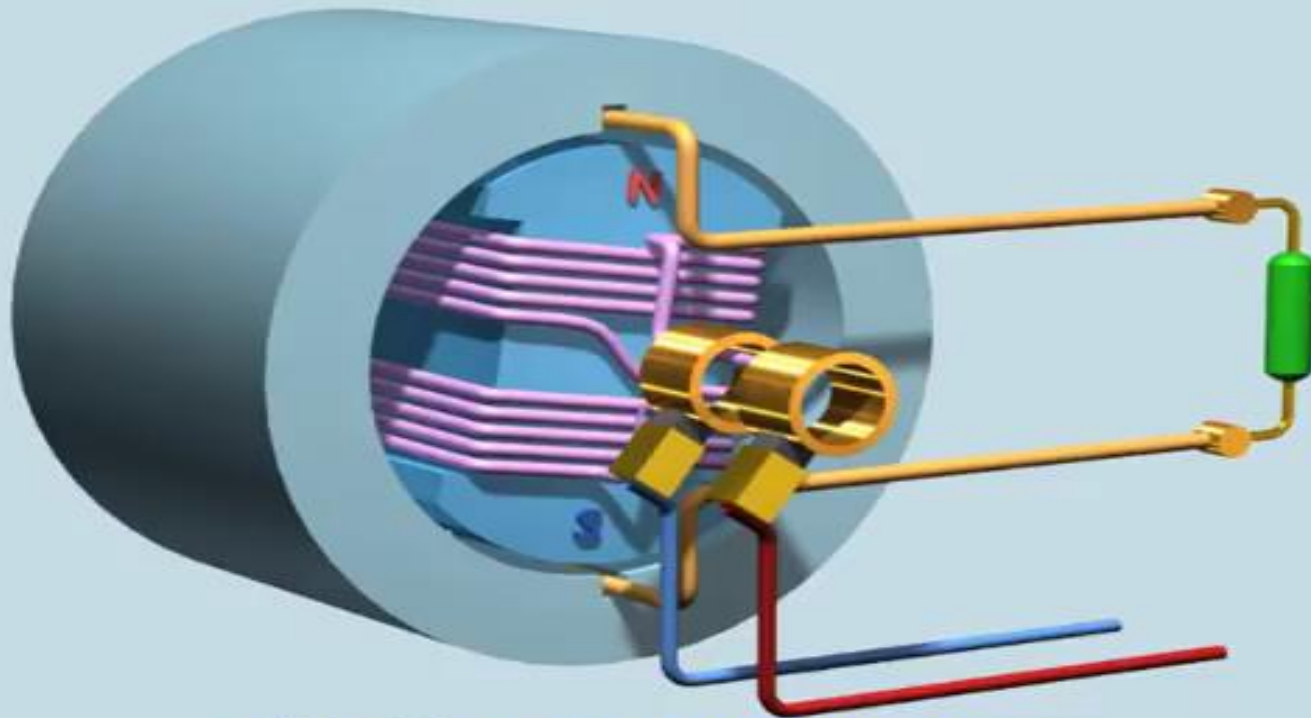
Effects of magnetic fields



5.5 AC Generator: Synchronous

Movie: generator

Alternator Working Principle



鹏瓦科艺 www.pengky.cn

5.6. Specific Motors (Brushless Motor)

- Động cơ DC có chổi than: dòng điện chạy qua các cuộn dây được bố trí trong một từ trường cố định. Dòng điện tạo ra từ trường trong các cuộn dây; điều này làm cho cụm cuộn dây quay, vì mỗi cuộn dây bị đẩy ra khỏi cực tương từ và kéo về cực không giống của trường cố định. Để duy trì chuyển động quay, cần phải liên tục đảo chiều dòng điện — để các cực của cuộn dây sẽ liên tục lật.
- Nguồn điện cấp cho các cuộn dây thông qua chổi dẫn điện cố định tiếp xúc với cổ góp quay; chính sự quay của cổ góp gây ra sự đổi chiều của dòng điện qua các cuộn dây. Cổ góp và chổi than là những bộ phận quan trọng giúp phân biệt động cơ DC có chổi than với các loại động cơ khác.

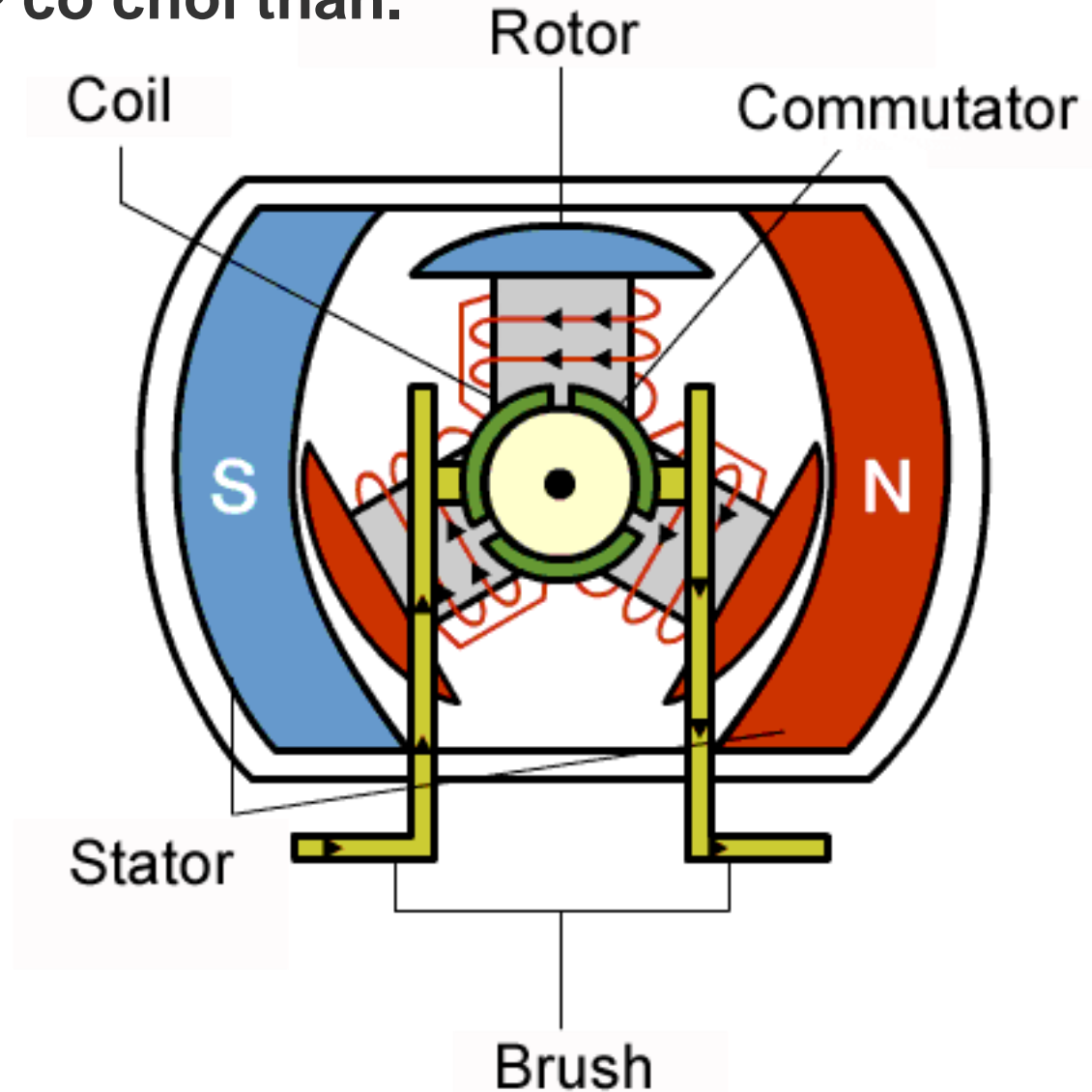
5.6. Specific Motors (Brushless Motor)

- Động cơ DC có chổi than, có thiết kế đơn giản và điều khiển dễ dàng, được sử dụng rộng rãi để mở và đóng khay đĩa. Trong ô tô, chúng thường được sử dụng để thu vào, mở rộng và định vị cửa sổ bên đóng mở bằng điện. Giá thành thấp của những động cơ này làm cho chúng phù hợp với nhiều mục đích sử dụng.
- Nhược điểm là chổi than và cổ góp có xu hướng hao mòn tương đối nhanh do chúng tiếp xúc liên tục, đòi hỏi phải thay thế thường xuyên và bảo dưỡng định kỳ.

5.6. Specific Motors (Brushless Motor)

Hoạt động của động cơ có chổi than.

Chổi than cố định cung cấp năng lượng điện cho cổ góp quay. Khi cổ góp quay, nó liên tục đảo hướng của dòng điện vào các cuộn dây, đảo ngược các cực tính cuộn dây để các cuộn dây duy trì chuyển động quay sang phải. Cổ góp quay vì nó được gắn vào rôto.

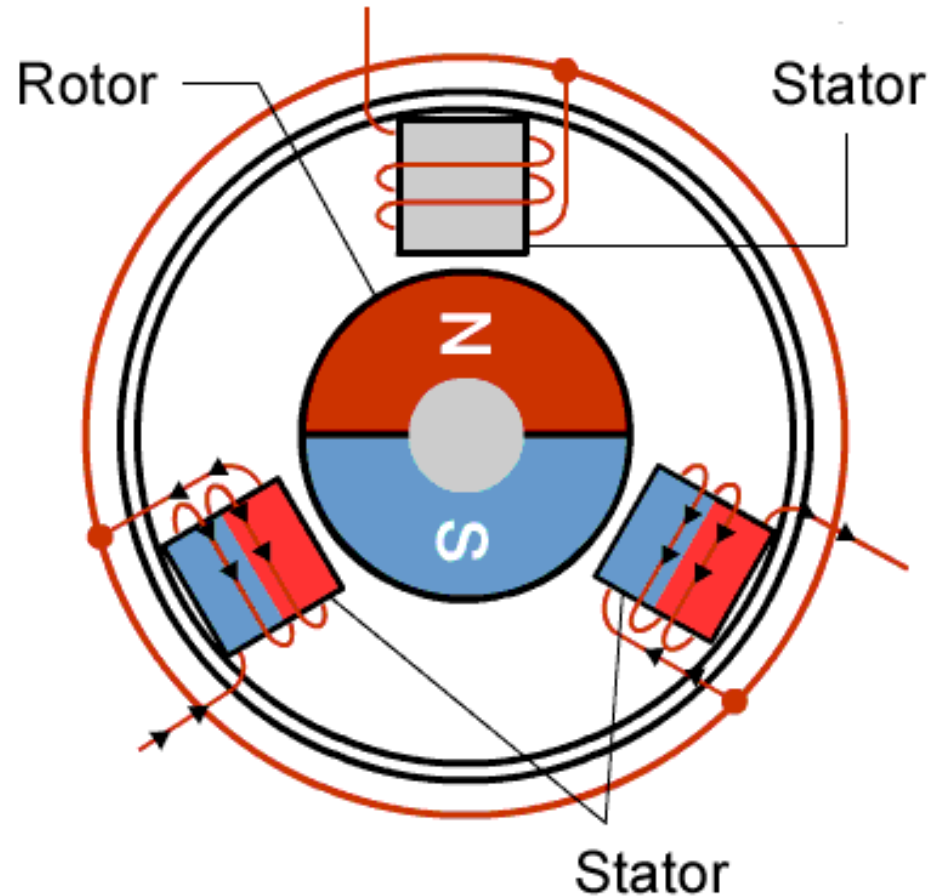


5.6. Specific Motors (Brushless Motor)

- **Động cơ không chổi than (BLDC)**
 - Động cơ DC không chổi than ví nó không sử dụng chổi than.
 - Với động cơ không chổi than (các cuộn dây không nằm trên rôto) mà thay vào đó, rôto là một nam châm vĩnh cửu; các cuộn dây không quay, nhưng thay vào đó được cố định vào vị trí trên stato. Bởi vì các cuộn dây không di chuyển, nên không cần chổi than và cổ góp.

5.6. Specific Motors (Brushless Motor)

Hoạt động của (BLDC)



Vì rôto là nam châm vĩnh cửu nên nó không cần dòng điện, loại bỏ sự cần thiết của chổi than và cổ góp. Dòng điện đến các cuộn dây cố định được điều khiển từ bên ngoài.

5.6. Step motor

Cơ bản về động cơ bước

Động cơ bước (Stepper Motor) là một động cơ điện có đặc điểm chính là trục của nó quay bằng cách thực hiện các bước, tức là bằng cách chuyển động theo một lượng độ xác định. Tính năng này có được nhờ vào cấu trúc bên trong của động cơ và cho phép biết chính xác vị trí góc của trục bằng cách chỉ cần đếm các bước có thể đã được thực hiện như thế nào mà không cần đến cảm biến. Đặc điểm này cũng làm cho động cơ bước phù hợp với nhiều loại ứng dụng.



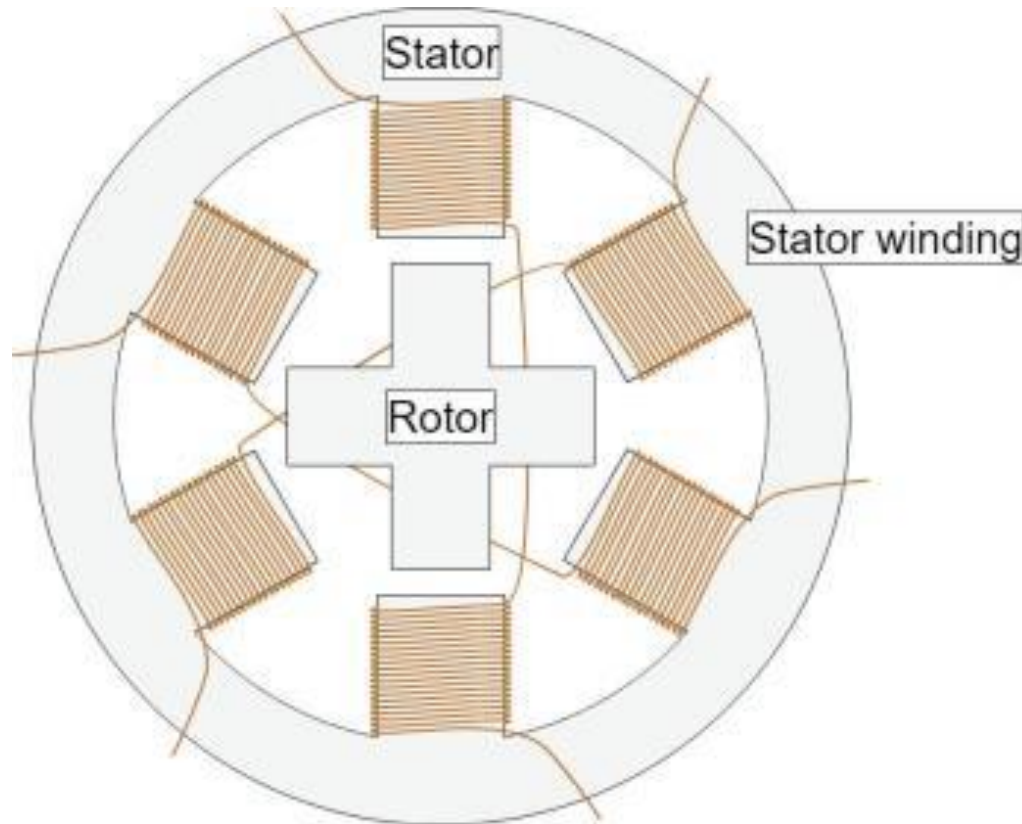
5.6. Step motor



5.6. Step motor

Nguyên lý làm việc của động cơ bước

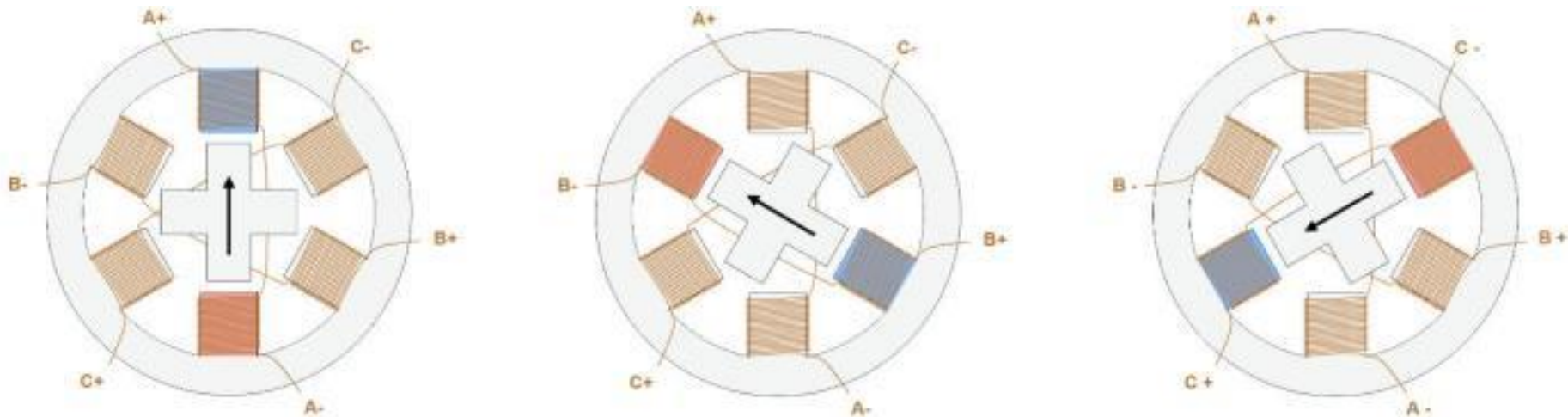
Như tất cả các động cơ điện khác, động cơ bước có phần tĩnh (stator) và phần quay (rotor). Trên stator có các răng trên mỗi răng có quấn các vòng dây. Các cuộn dây pha có cực tính khác nhau. Rotor là một nam châm vĩnh cửu hoặc một lõi sắt có từ trở biến đổi.



5.6. Step motor

Nguyên lý làm việc cơ bản của động cơ bước như sau: Động cơ bước hoạt động dựa trên nguyên lý điện từ. Bằng cách cấp điện cho một hoặc nhiều pha của stato, một từ trường được tạo ra bởi dòng điện chạy trong cuộn dây và rotor thẳng hàng với từ trường này. Khi các pha được cấp điện theo thứ tự thì rotor sẽ quay theo một lượng xác định để đạt được vị trí cuối cùng mong muốn.

Lúc đầu cuộn dây A được cấp điện và rotor thẳng hàng với từ trường mà nó sinh ra. Khi cuộn dây B được cấp điện, rotor quay theo chiều kim đồng hồ một góc 60° để thẳng hàng với từ trường mới. Điều tương tự xảy ra khi cuộn dây C được cấp điện. Trong hình, màu sắc của răng stato cho biết hướng của từ trường do cuộn dây stato tạo ra.



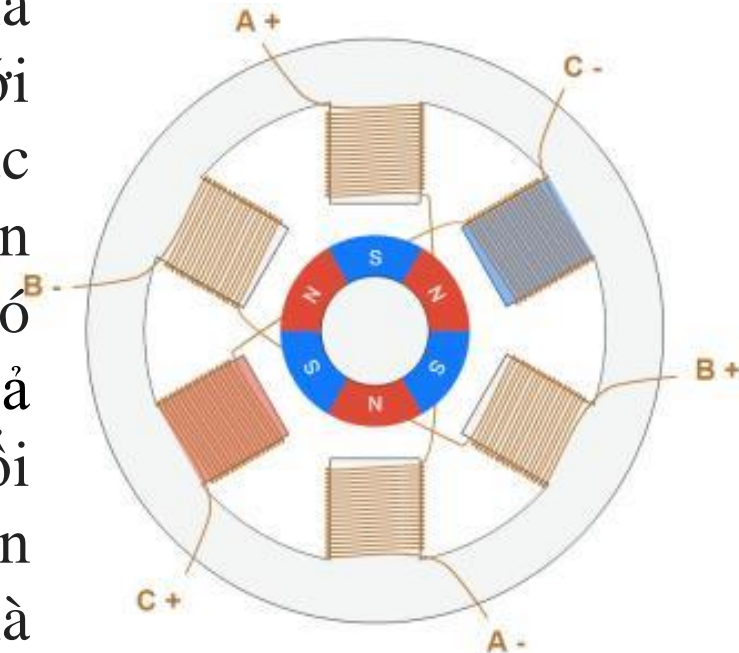
5.6. Step motor

Các loại động cơ bước và cấu tạo

Rotor

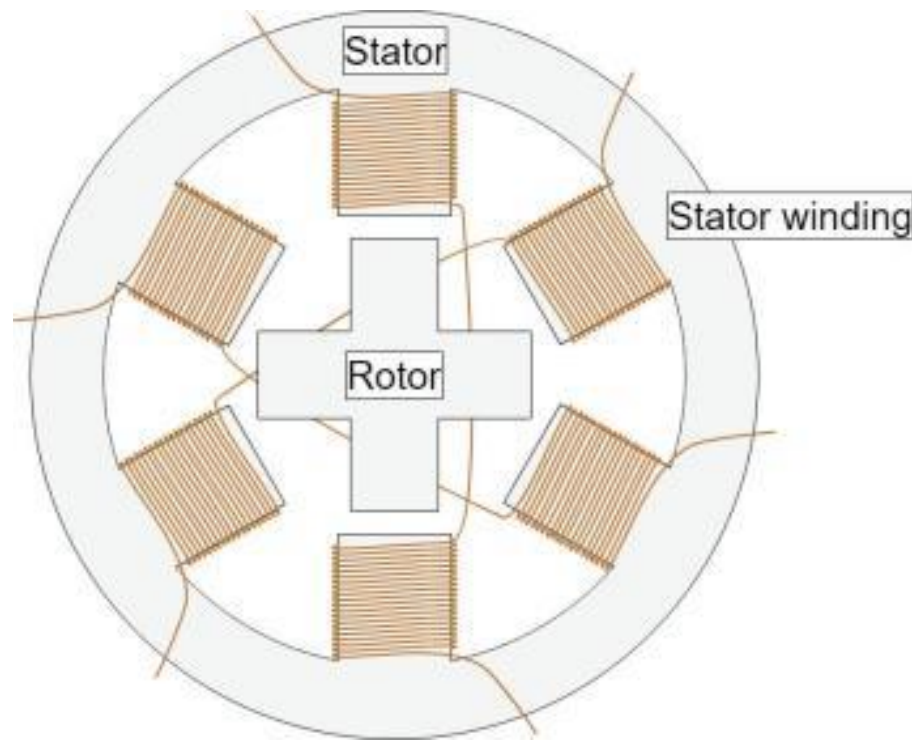
Đối với động cơ bước, về cơ bản có ba loại rotor:

- **Rotor nam châm vĩnh cửu:** Rotor là một nam châm vĩnh cửu thẳng hàng với từ trường do mạch stato tạo ra. Cấu trúc này cho phép động cơ có mô-men xoắn và cả mô-men hãm tốt. Điều này có nghĩa là động cơ sẽ kháng lại, ngay cả khi không quá mạnh, đối với sự thay đổi vị trí bất kể cuộn dây có được cấp điện hay không. Hạn chế của cấu trúc này là động cơ bước có tốc độ và độ phân giải thấp hơn so với các loại động cơ khác.



5.6. Step motor

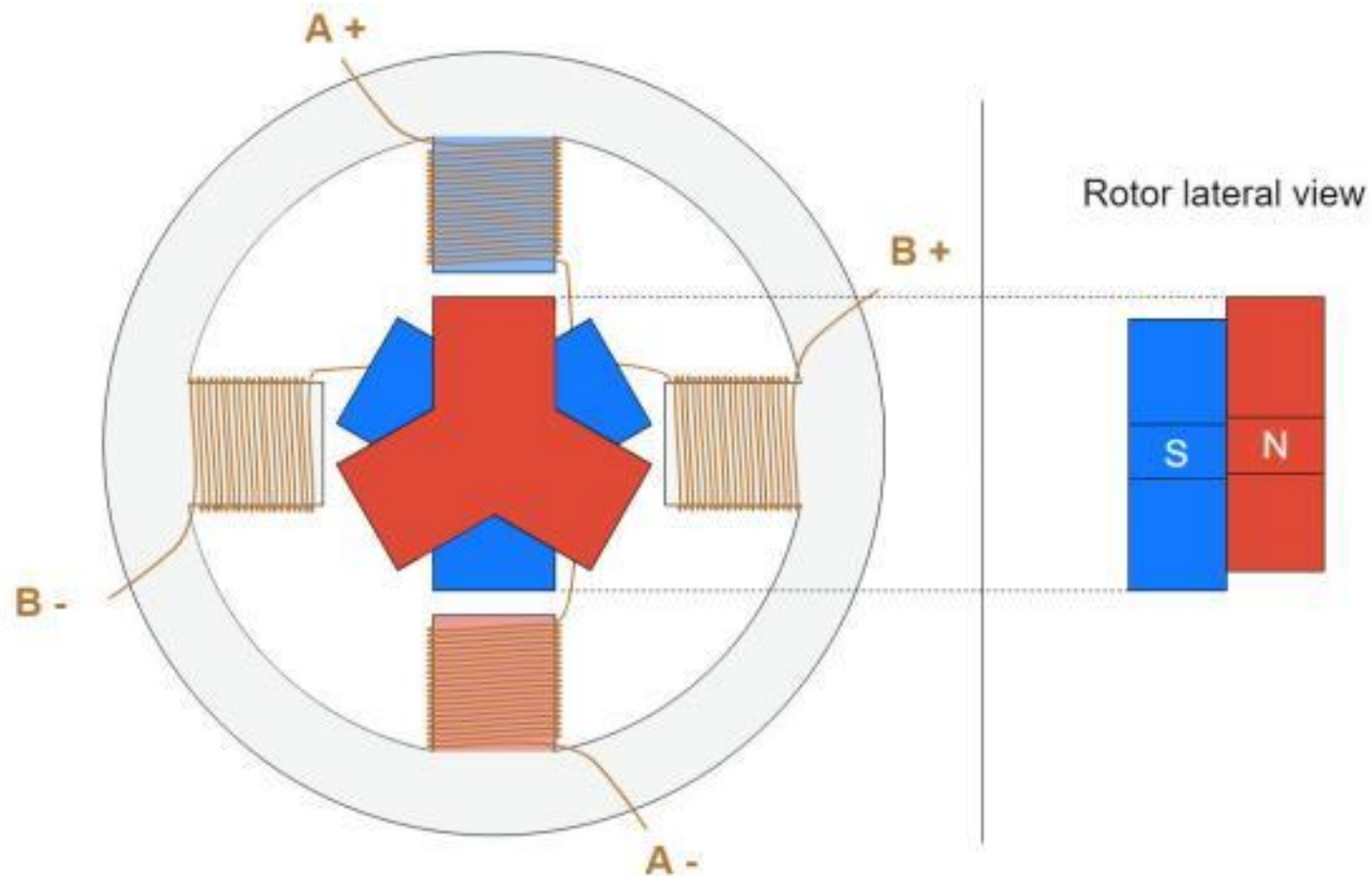
- **Rotor từ trở biến đổi:** Rotor được làm bằng lõi sắt và có hình dạng cụ thể cho phép nó thẳng hàng với từ trường. Với giải pháp này, động cơ dễ dàng đạt được tốc độ và độ phân giải cao hơn, nhưng mô-men xoắn thường phát triển thấp hơn và không có mô-men hãm.



5.6. Step motor

- **Rotor lai (Hybrid):** Loại rotor này có cấu tạo đặc trưng và là sự kết hợp giữa nam châm vĩnh cửu và các phiên bản từ trở biến đổi. Rotor có hai nắp với các răng xen kẽ, và được từ hóa theo trục. Cấu hình này cho phép động cơ có những ưu điểm của cả nam châm vĩnh cửu và phiên bản từ trở biến đổi, đặc biệt là độ phân giải, tốc độ và mô-men xoắn cao. Hiệu năng cao hơn này đòi hỏi một cấu trúc phức tạp hơn, và do đó chi phí cao hơn.
- Khi cuộn dây A được cấp điện, một răng của nắp được từ hóa N thẳng hàng với răng được từ hóa S của stato. Đồng thời, do cấu trúc của rotor nên răng được từ hóa S ăn khớp với răng được từ hóa N của stato. Động cơ thực tế có cấu tạo phức tạp hơn, với số răng nhiều hơn so với trong hình, dù nguyên lý hoạt động của động cơ bước là giống nhau. Số lượng răng cao cho phép động cơ đạt được kích thước bước nhỏ, đến $0,9^\circ$.

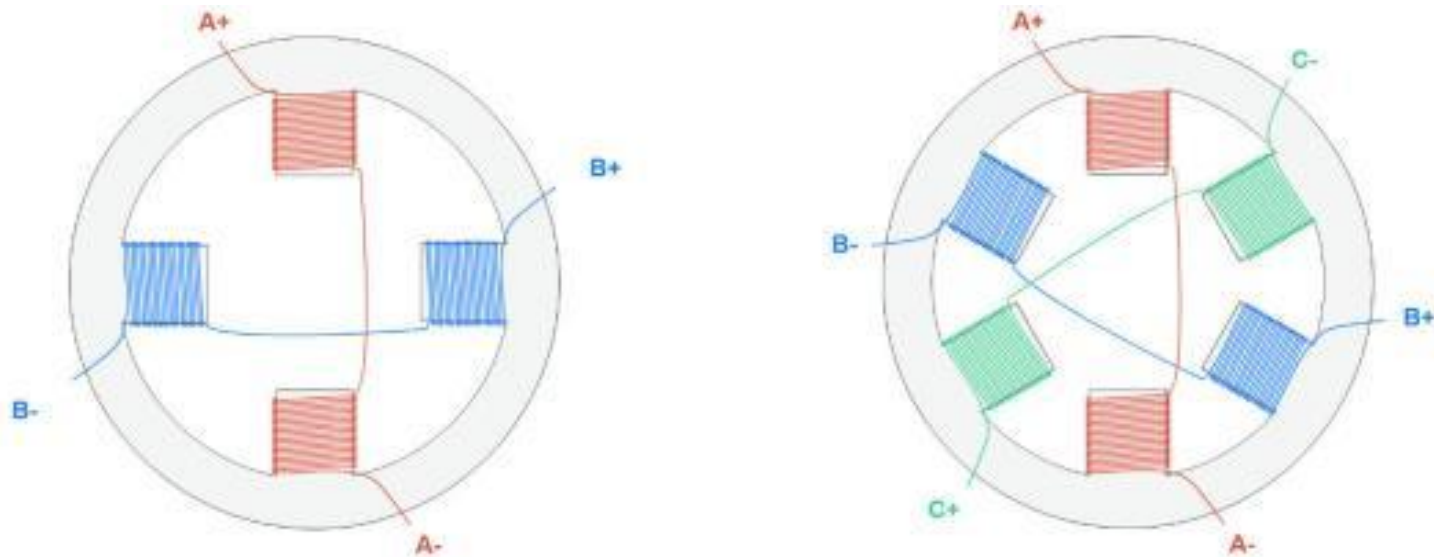
5.6. Step motor



5.6. Step motor

■ Stator

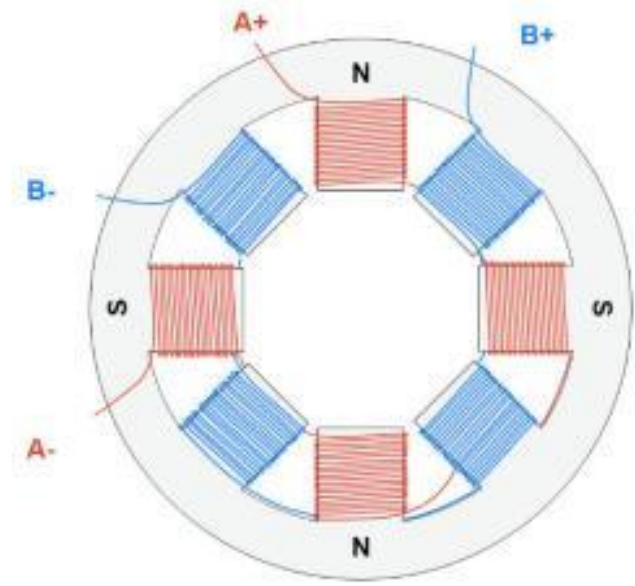
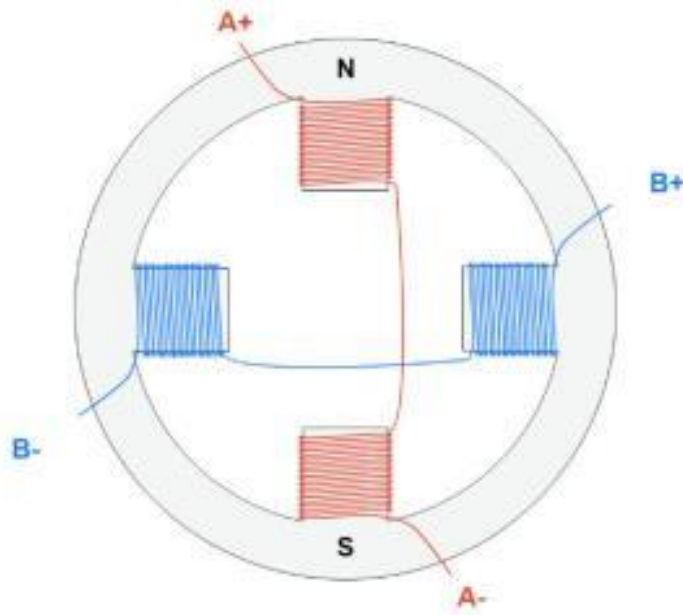
Stator là bộ phận của động cơ có nhiệm vụ tạo ra từ trường thẳng hàng với từ trường của rotor. Các đặc điểm chính của mạch stator bao gồm số pha và số cặp cực của nó, cũng như cấu hình dây. Số pha là số cuộn dây độc lập, trong khi số cặp cực cho biết các cặp răng chính được sử dụng như thế nào bởi mỗi pha. Động cơ bước hai pha được sử dụng phổ biến nhất, trong khi động cơ ba pha và năm pha ít phổ biến hơn.



Stator hai pha (trái) và Stator ba pha (phải)

5.6. Step motor

■ Stator



Stator hai pha, cặp đơn cực (trái) và stator hai pha, cặp lưỡng cực (phải).

