บทที่ 7 (ต่อ)

เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

(DC and AC Machines)

5 เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับ(AC Machines)

เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับเป็นที่นิยมใช้มากในอุสาหกรรมทุกประเภท เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง สามารถต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับได้โดยง่าย และมีการบำรุงรักษาน้อย ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีการใช้งานของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (induction motor) เป็นจำนวนมาก

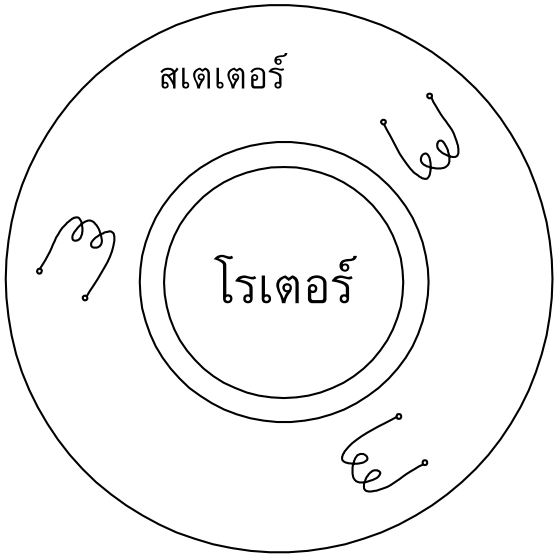
แบ่งเป็นสองแบบคือ

1. เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction machines)

2. เครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัส (Synchronous machines)

5.1 เครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction machines)

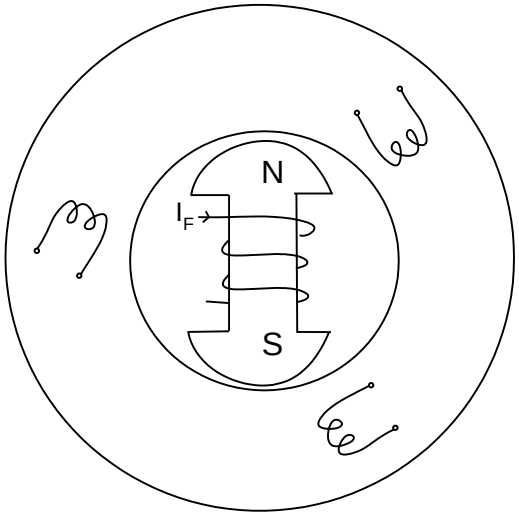
ในกรณีของเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ ขดลวดสเตเตอร์ (stator) จะทำหน้าที่เป็นขดลวดอาเมเจอร์และขดลวดสร้างสนามในขดเดียวกัน สนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดสเตเตอร์จะหมุนวนด้วยความเร็ว ซินโครนัสที่ขึ้นอยู่กับความถี่ของแรงดันไฟฟ้า ในขณะที่กระแสที่ไหลในแท่งตัวนำที่ฝังอยู่ในส่วนหมุน (rotor) จะเกิดจากกระแสเหนี่ยวนำ โครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำเป็นดังรูปที่



รูปที่3 โครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

5.2 เครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัส (Synchronous machines)

เครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัสจะมีโครงสร้างของสเตเตอร์เหมือนของเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ แต่จะมีขดลวดสนามที่ป้อนด้วยแรงดันกระแสตรงอยู่ในส่วนหมุน เครื่องจักรกลประเภทนี้เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักในการสร้างพลังงานไฟฟ้าให้กับมนุษย์ทุกวันนี้ โครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัสเป็นดังรูปที่



รูปที่4 โครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัส

6. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(AC Machines)

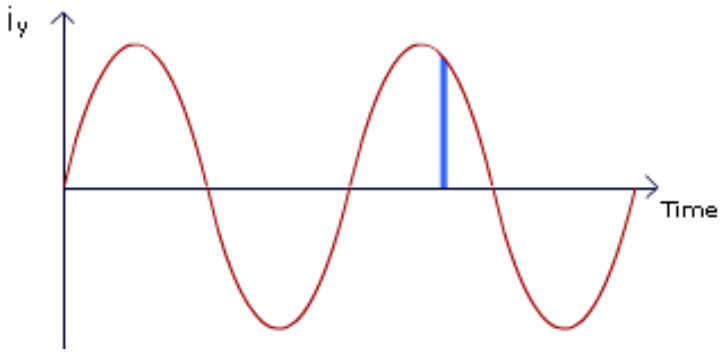
เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสสลับเป็นที่นิยมใช้มากในอุตสาหกรรมทุกประเภท เนื่องจากมีราคาถูกกว่าเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง สามารถต่อกับไฟฟ้ากระแสสลับได้โดยง่าย และมีการบำรุงรักษาน้อย ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีการใช้งานของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำ (induction motor) เป็นจำนวนมาก

6.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor)

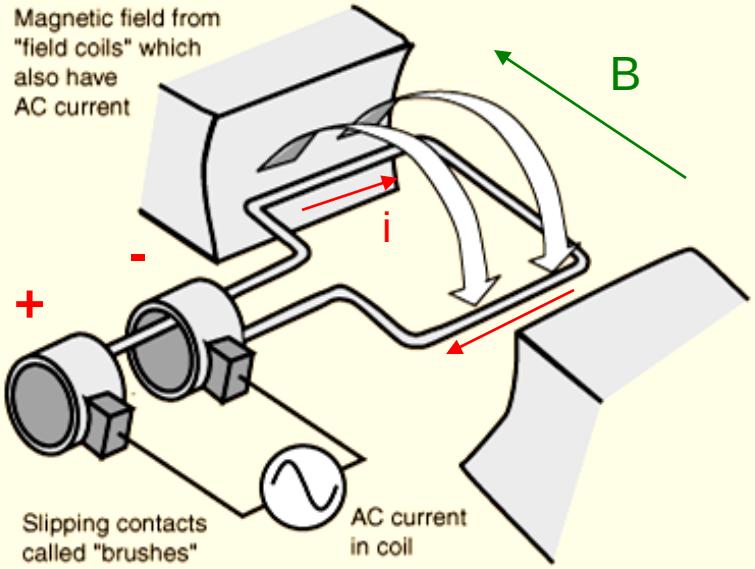
มอเตอร์เหนี่ยวนำมีทั้งแบบใช้ไฟฟ้าเฟสเดียว และแบบใช้ไฟฟ้าสามเฟส มอตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียวจะมีขนาด ¼ -5 kW .เหมาะกับการใช้งานทั่วไปเช่น ปั้มน้ำ พัดลมระบายอากาศ เครื่องซักผ้า ที่ไม่ต้องการกำลังและแรงบิดมากนัก โครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียวจะเหมือนกับของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบ 3 เฟส มีโรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก(Squirrel cage)เป็นส่วนใหญ่

AC Motor:

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/motorac.html



AC Motor

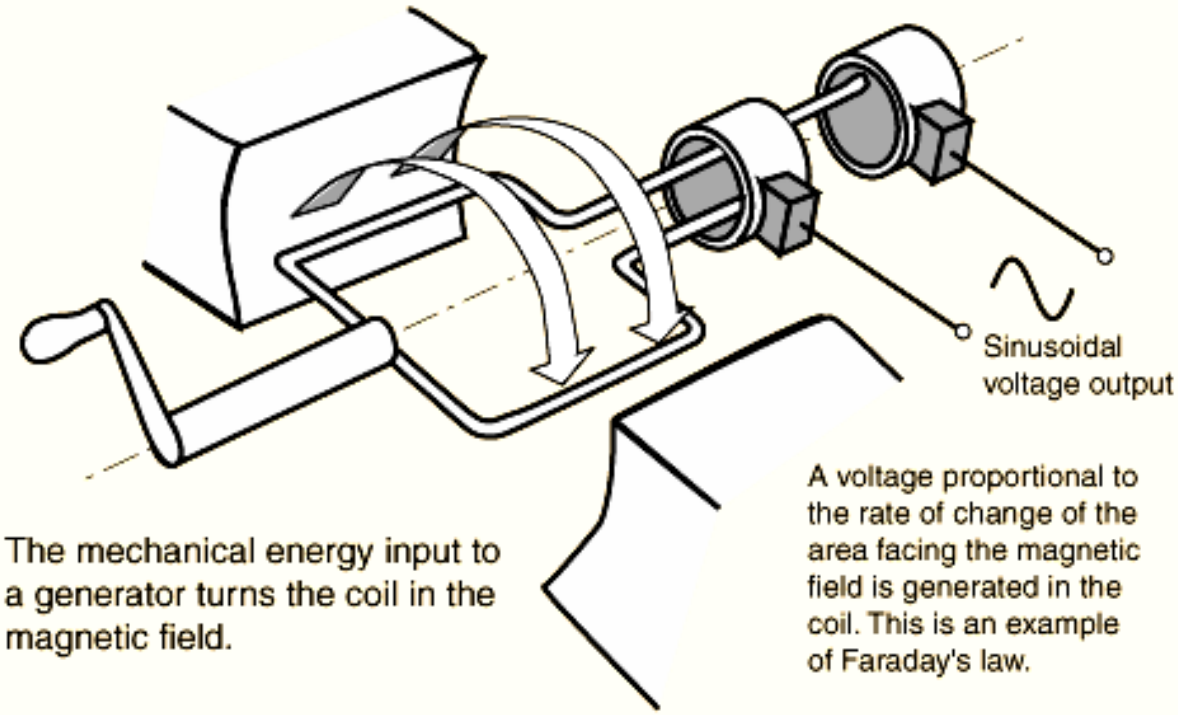


As in the DC motor case, a current is passed through the coil, generating a torque on the coil. Since the current is alternating, the motor will run smoothly only at the frequency of the sine wave. It is called a synchronous motor. More common is the induction motor, where electric current is induced in the rotating coils rather than supplied to them directly.

One of the drawbacks of this kind of AC motor is the high current which must flow through the rotating contacts. Sparking and heating at those contacts can waste energy and shorten the lifetime of the motor. In common AC motors the magnetic field is produced by an electromagnet powered by the same AC voltage as the motor coil. The coils which produce the magnetic field are sometimes referred to as the "stator", while the coils and the solid core which rotates is called the "armature". In an AC motor the magnetic field is sinusoidally varying, just as the current in the coil varies.

AC Generator

The turning of a coil in a magnetic field produces motional emfs in both sides of the coil which add. Since the component of the velocity perpendicular to the magnetic field changes sinusoidally with the rotation, the generated voltage is sinusoidal or AC. This process can be described in terms of Faraday's law when you see that the rotation of the coil continually changes the magnetic flux through the coil and therefore generates a voltage.



The mechanical energy input to a generator turns the coil in the magnetic field.

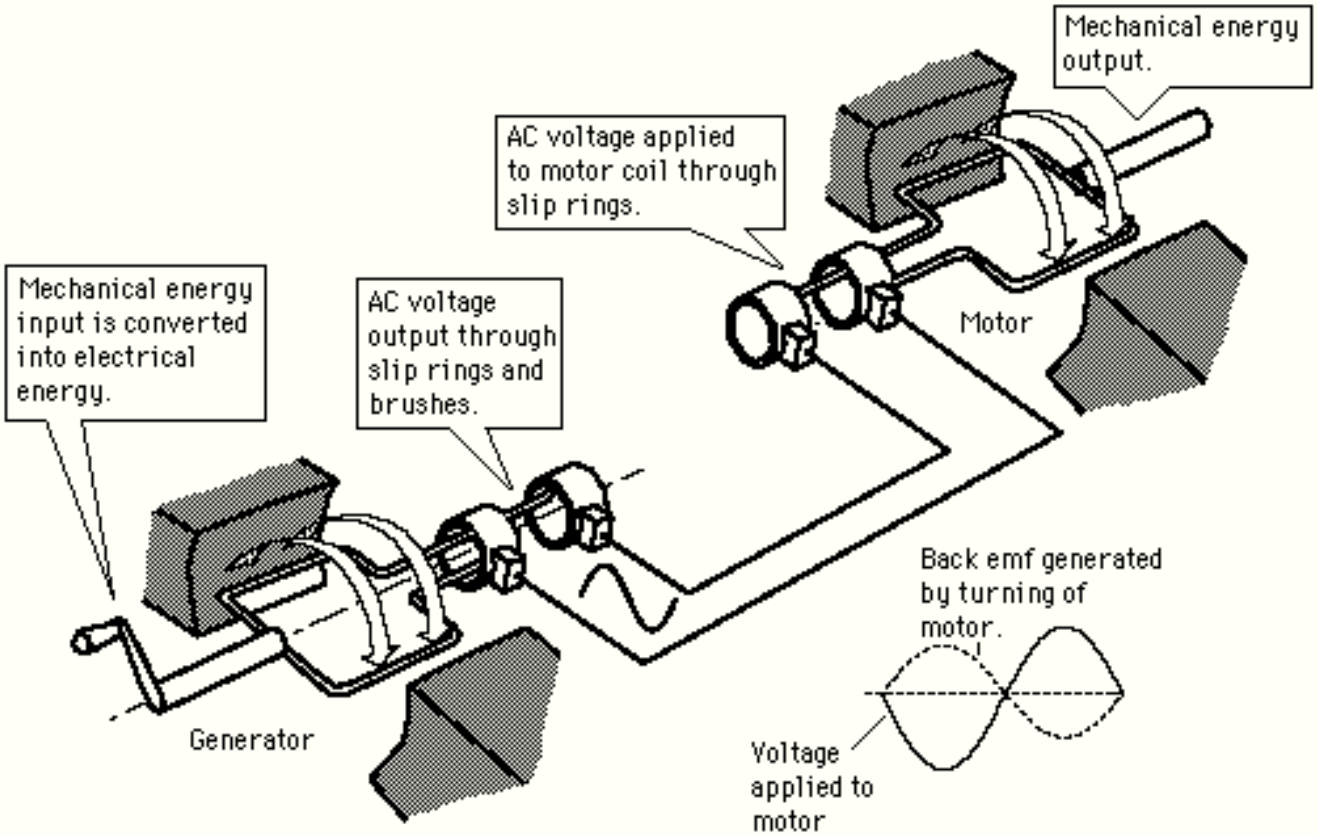
A voltage proportional to the rate of change of the area facing the magnetic field is generated in the coil. This is an example of Faraday's law.

Index

DC Circuits

Generator and Motor

A hand-cranked generator can be used to generate voltage to turn a motor. This is an example of energy conversion from mechanical to electrical energy and then back to mechanical energy.



Demonstration | AC Motor | AC Generator | DC Motor

Index

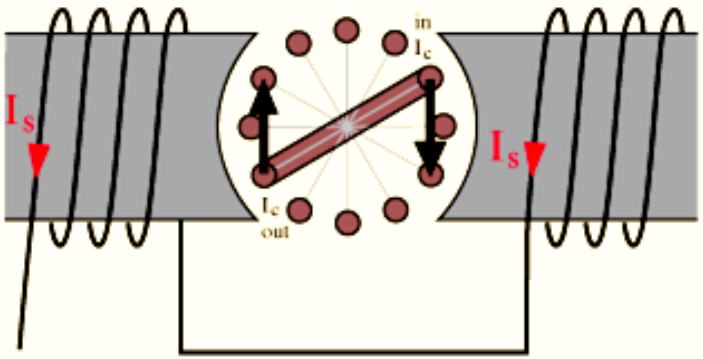
DC Circuits

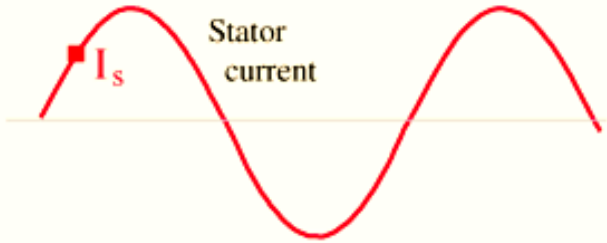
Induction Motor

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/magnetic/indmot.html

Induction Motor Action

Induction motors use shorted wire loops on a rotating armature and obtain their torque from currents induced in these loops by the changing magnetic field produced in the stator (stationary) coils.





At the moment illustrated, the current in the stator coil is in the direction shown and increasing. The induced voltage in the coil shown drives current and results in a clockwise torque.

Note that this simplified motor will turn once it is started in motion, but has no starting torque. Various techniques are used to produce some asymmetry in the fields to give the motor a starting torque.

Simple induction motor

Index

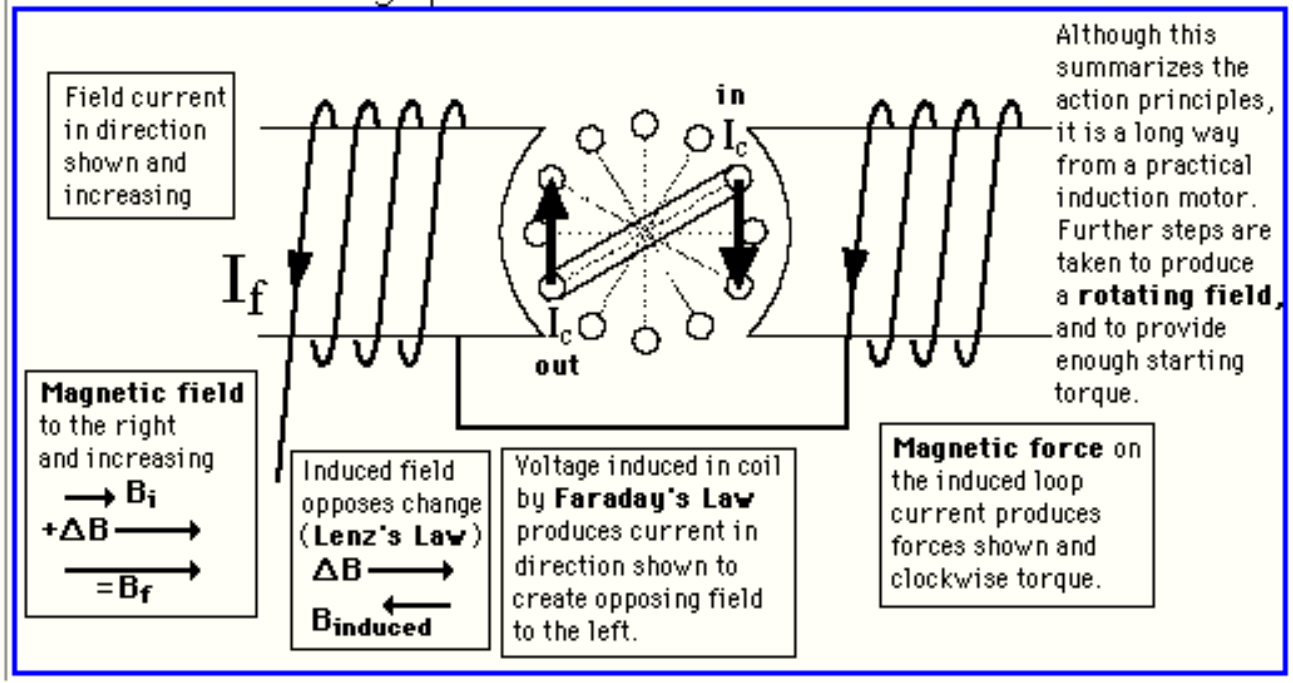
Magnetic force concepts

แสดงการเหนี่ยวนำจากขดลวดสเตเตอร์เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันที่อาเมเจอร์และทำให้เกิดแรงผลักให้มอเตอร์หมุน

Induction in Armature Coils

Induction motor action involves induced currents in coils on the rotating armature.

This is an active graphic. Click on the bold text for further detail.



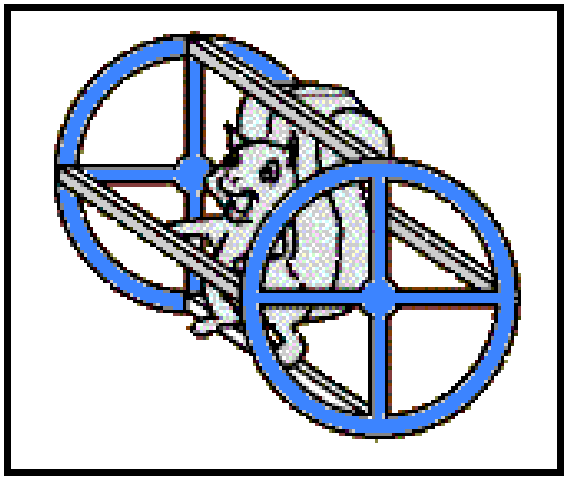
Index

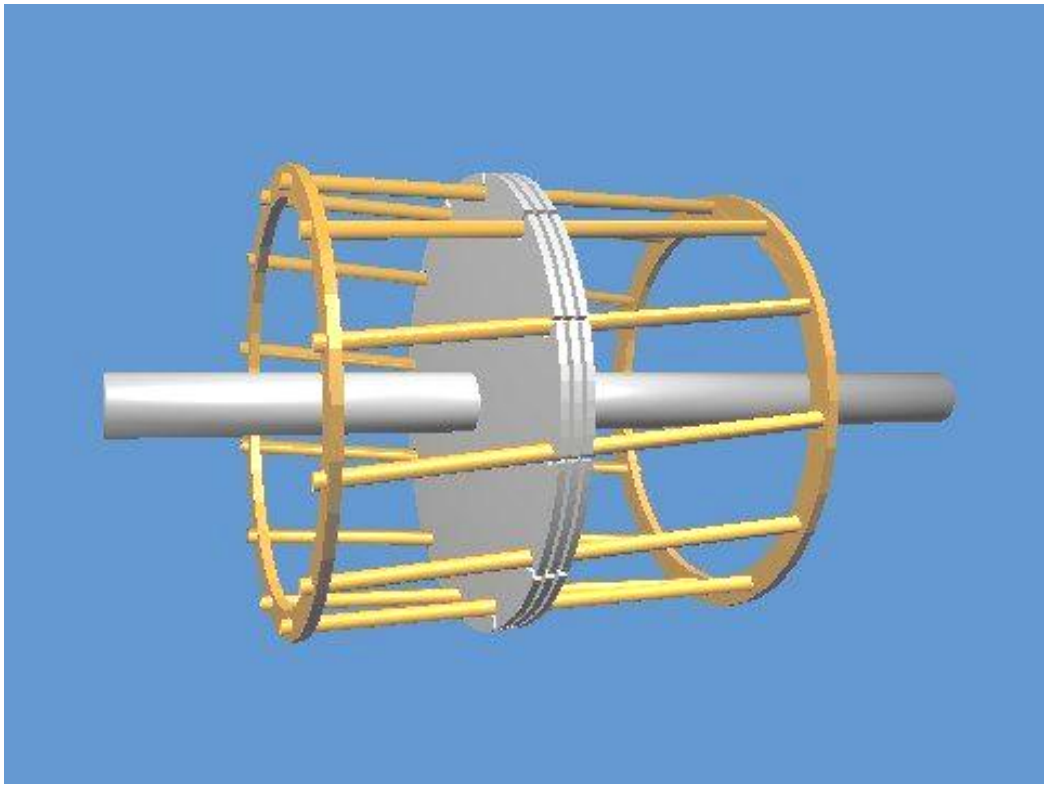
Magnetic force concepts

HyperPhysics***** Electricity and Magnetism

Go Back

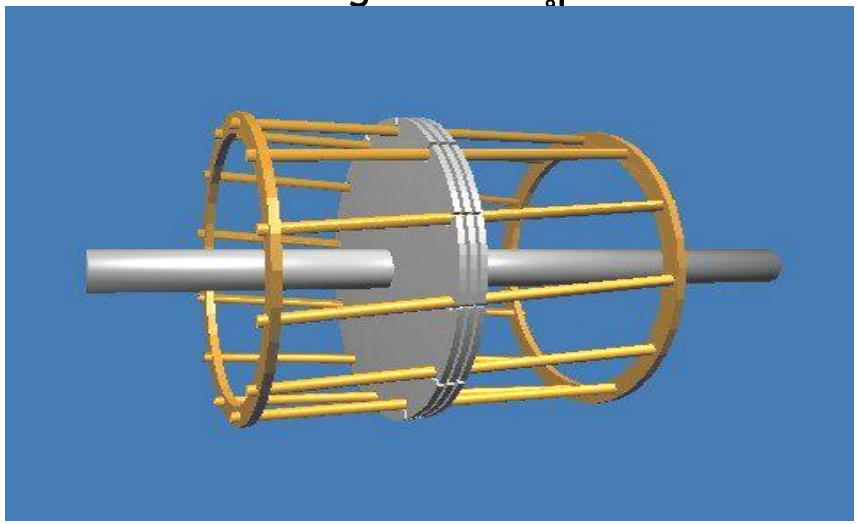
กรงกระรอก

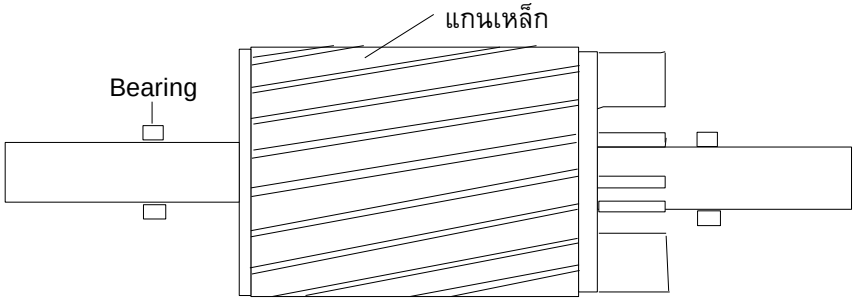




ขดลวดโรเตอร์

ขดลวดโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำส่วนมากจะเป็นแบบกระรอก ที่แข็งแรงทนทาน แทบจะไม่มีการเสียหายเมื่อใช้งาน นอกจากปัญหาของ bearing เท่านั้น รูปร่างของโรเตอร์แบบกรงกระรอกจะเป็นดัง





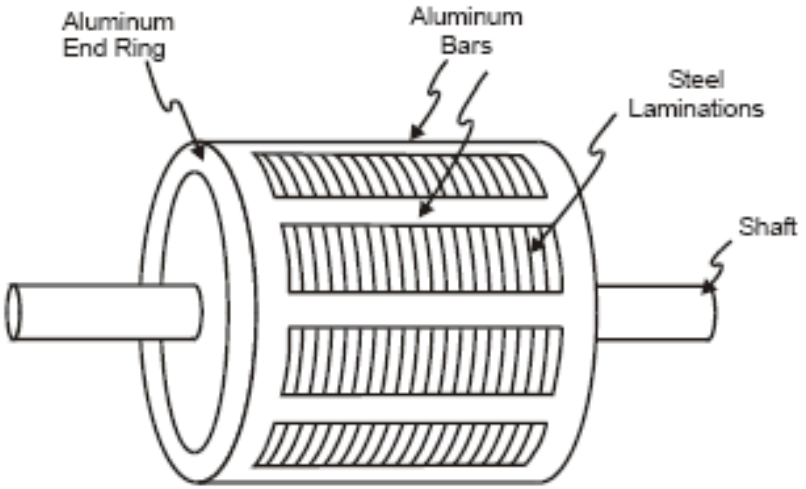
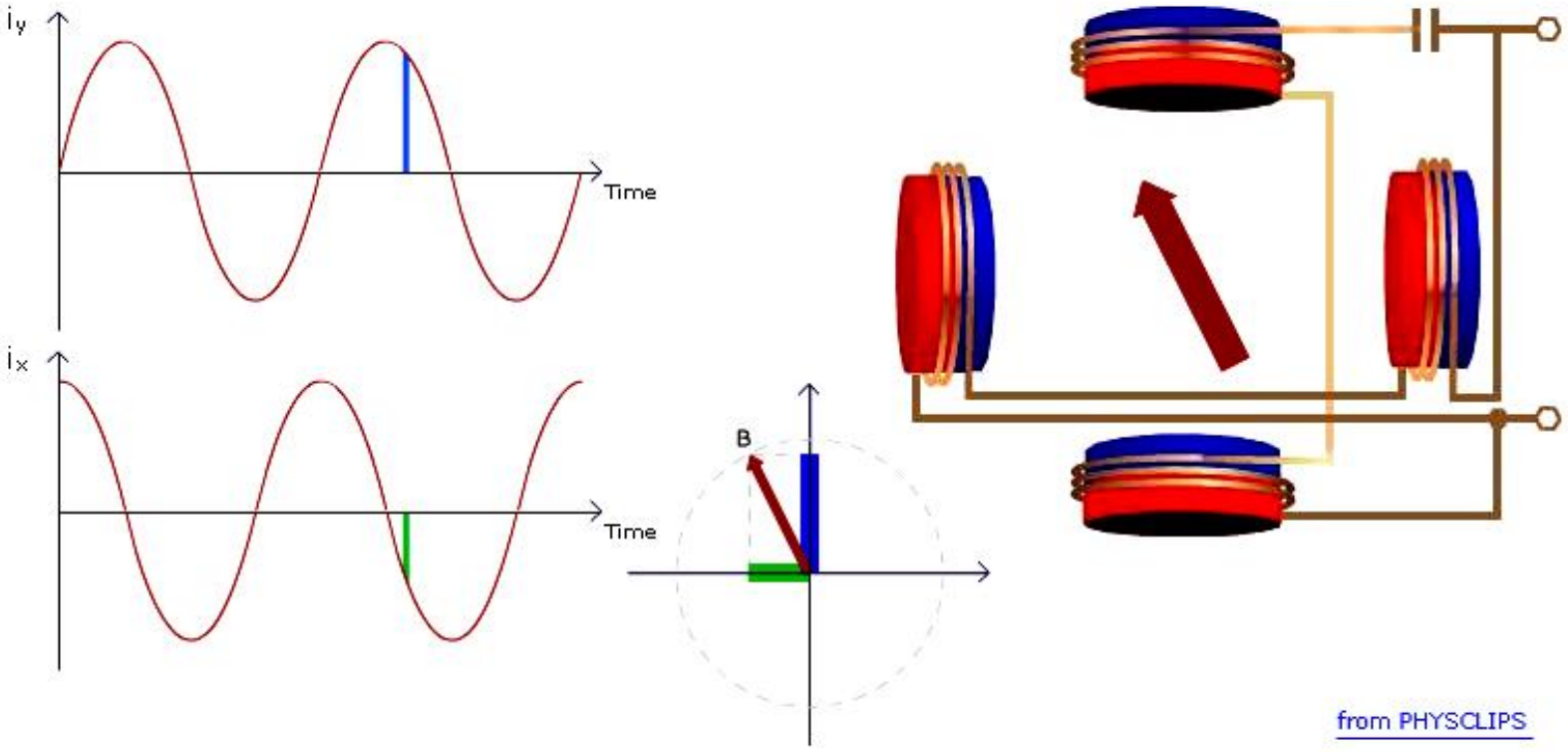


Figure 3-27. Induction motor rotor construction

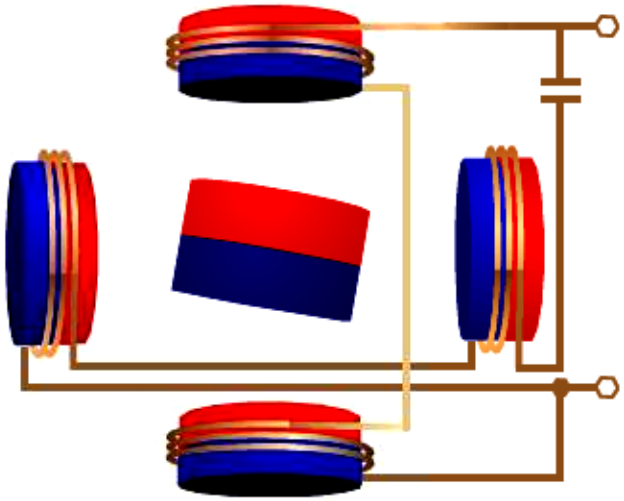
AC motor

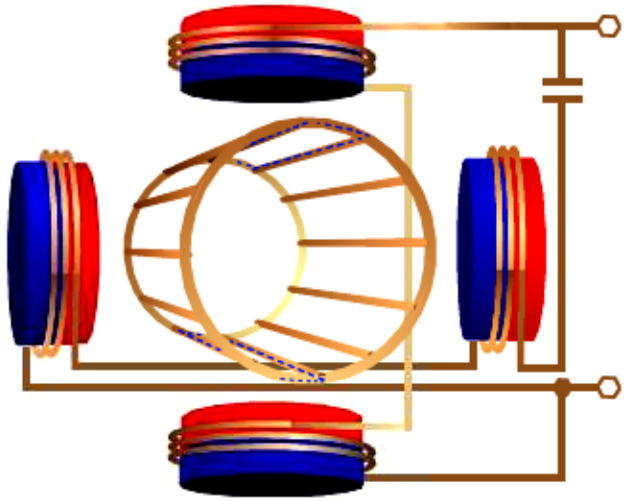


http://www.physclips.unsw.edu.au/jw/electricmotors.html#ACmotors

Induction motors

Now, since we have a time varying magnetic field, we can use the induced emf in a coil--or even just the eddy currents in a conductor--to make the rotor a magnet. That's right, once you have a rotating magnetic field, you can just put in a conductor and it turns. This gives several of the **advantages of induction motors**: no brushes or commutator means easier manufacture, no wear, no sparks, no ozone production and none of the energy loss associated with them. Below left is a schematic of an induction motor. (For photos of real induction motors and more details, see Induction motors.)



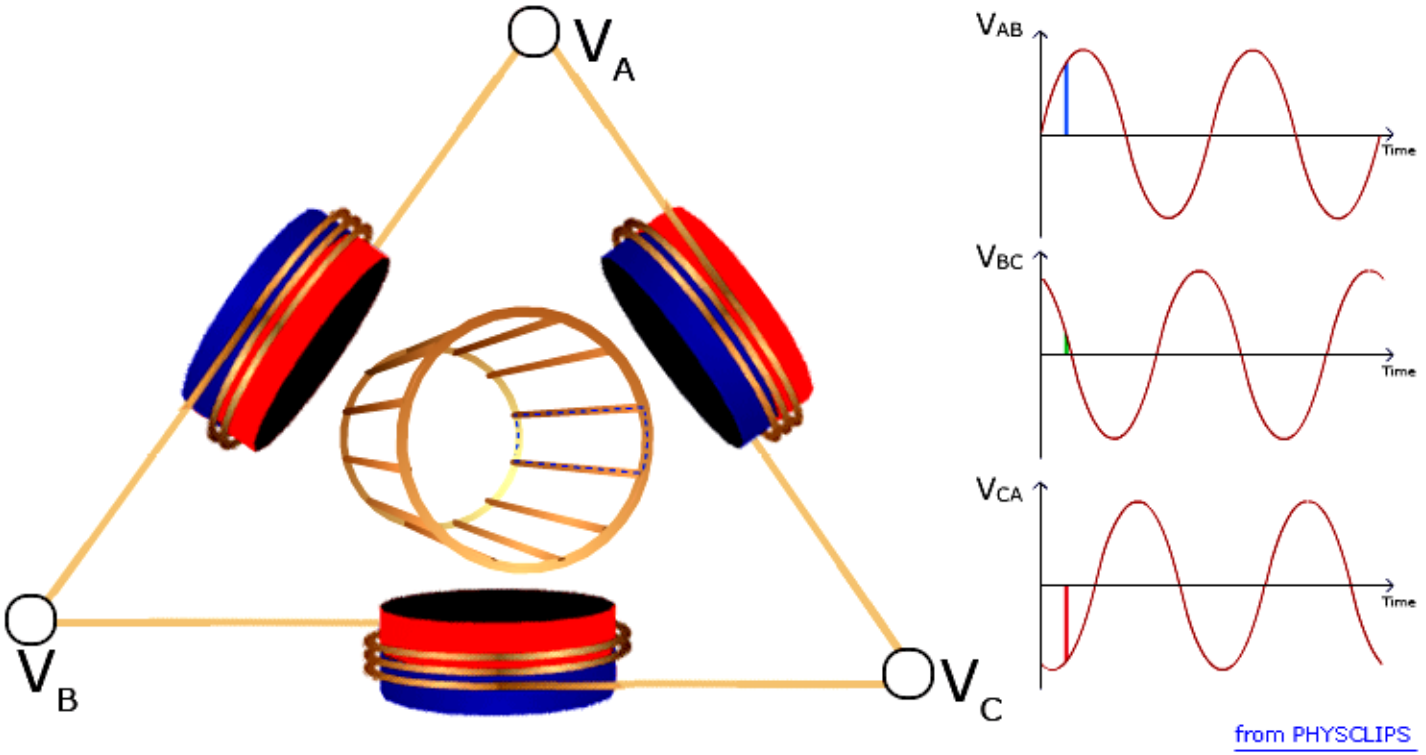


from PHYSCLIPS

The animation at right represents a **squirrel cage motor**. The squirrel cage has (in this simplified geometry, anyhow!) two circular conductors joined by several straight bars. Any two bars and the arcs that join them form a coil -- as indicated by the blue dashes in the animation. (Only two of the many possible circuits have been shown, for simplicity.)

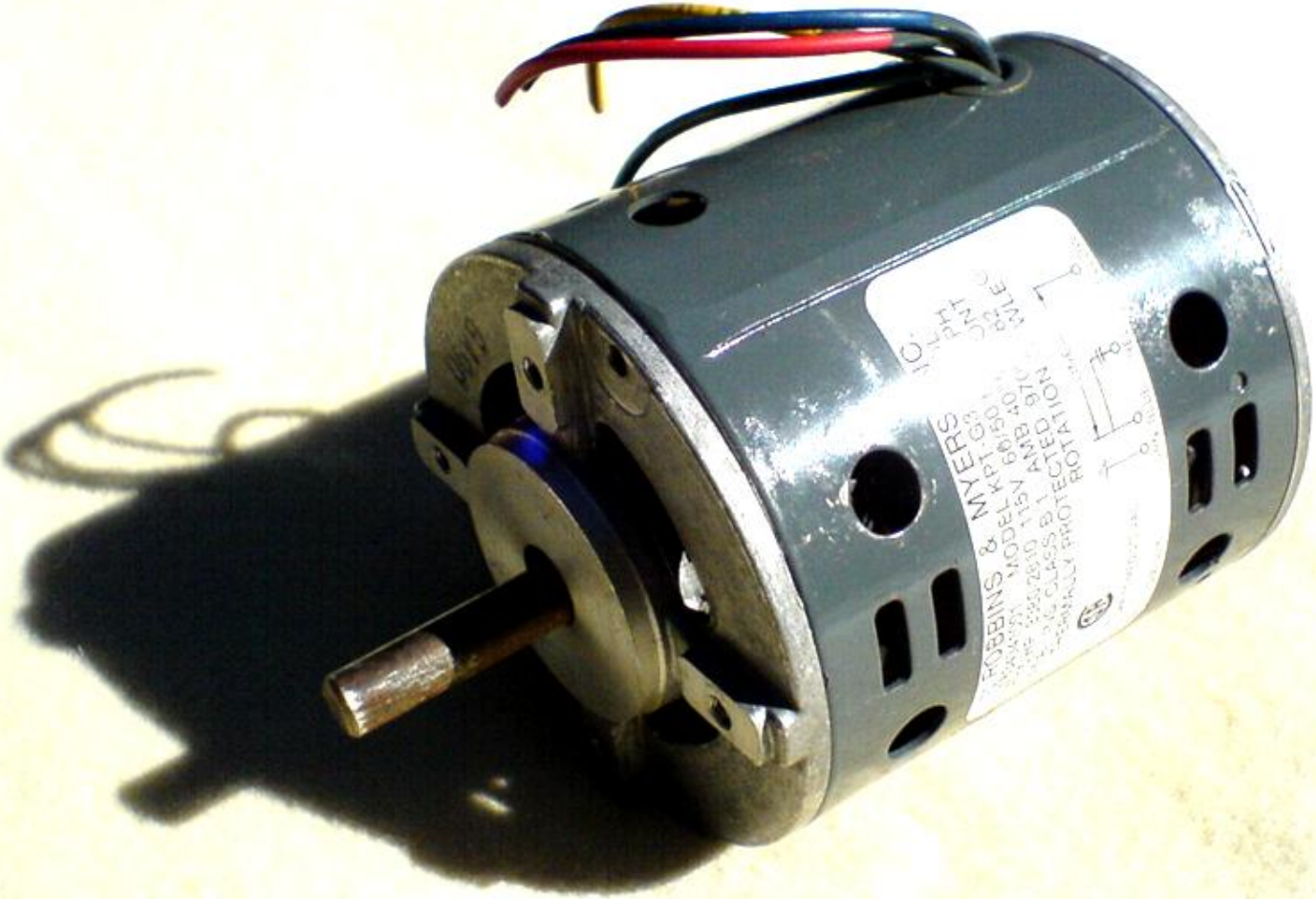
Three phase AC induction motors

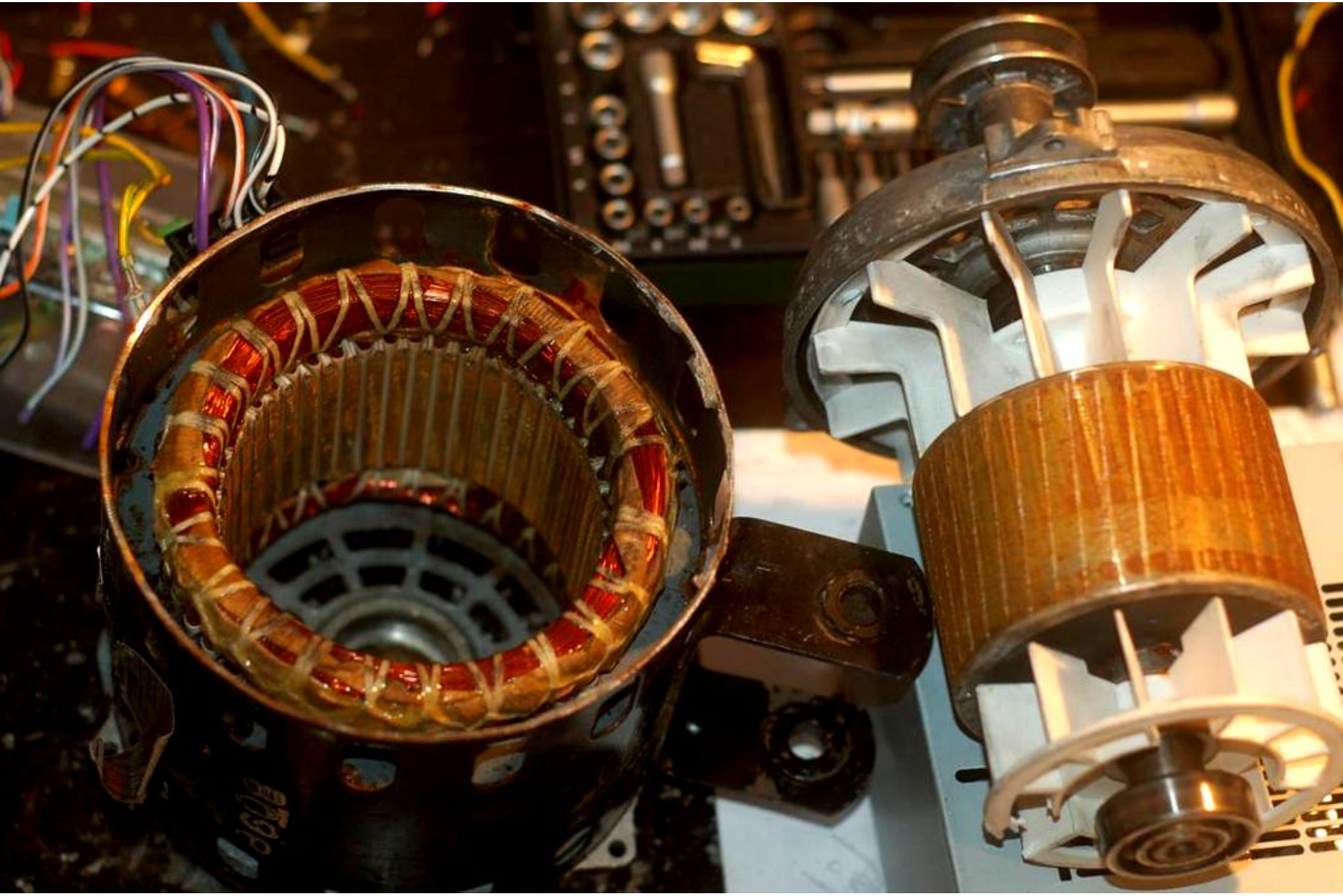
Single phase is used in domestic applications for low power applications but it has some drawbacks. One is that it turns off 100 times per second (you don't notice that the fluorescent lights flicker at this speed because your eyes are too slow: even 25 pictures per second on the TV is fast enough to give the illusion of continuous motion.) The second is that it makes it awkward to produce rotating magnetic fields. For this reason, some high power (several kW) domestic devices may require three phase installation. Industrial applications use three phase extensively, and the three phase induction motor is a standard workhorse for high power applications. The three wires (not counting earth) carry three possible potential differences which are out of phase with each other by 120¡, as shown in the animation below. Thus three stators give a smoothly rotating field. (See this link for more about three phase supply.)

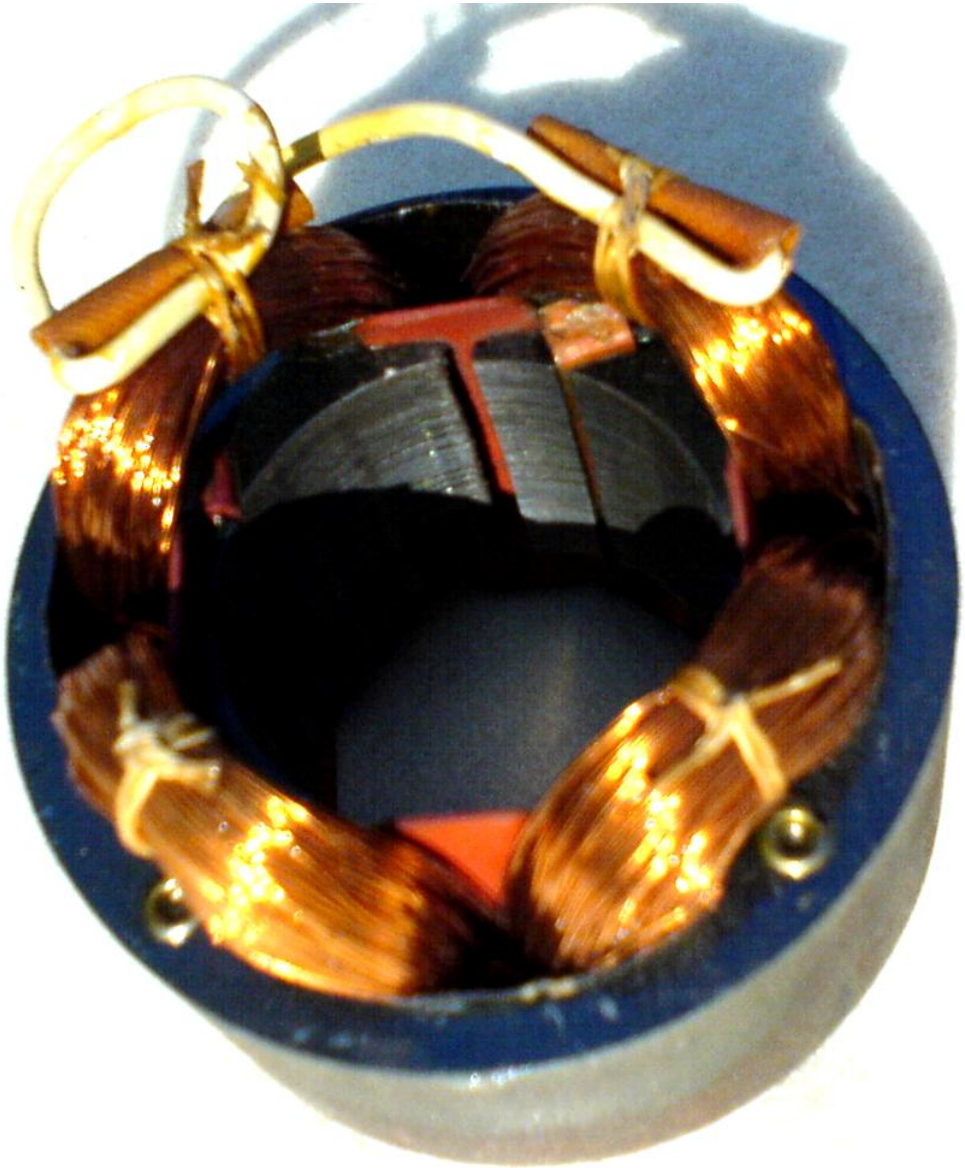


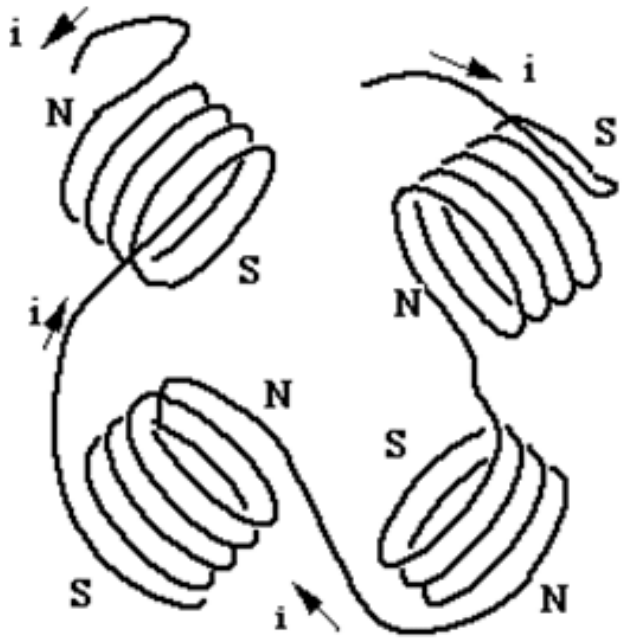
If one puts a permanent magnet in such a set of stators, it becomes a **synchronous three phase motor**. The animation shows a squirrel cage, in which for simplicity only one of the many induced current loops is shown. With no mechanical load, it is turning virtually in phase with the rotating field. The rotor need not be a squirrel cage: in fact any conductor that will carry eddy currents will rotate, tending to follow the rotating field. This arrangement can give an **induction motor** capable of high efficiency, high power and high torques over a range of rotation rates.

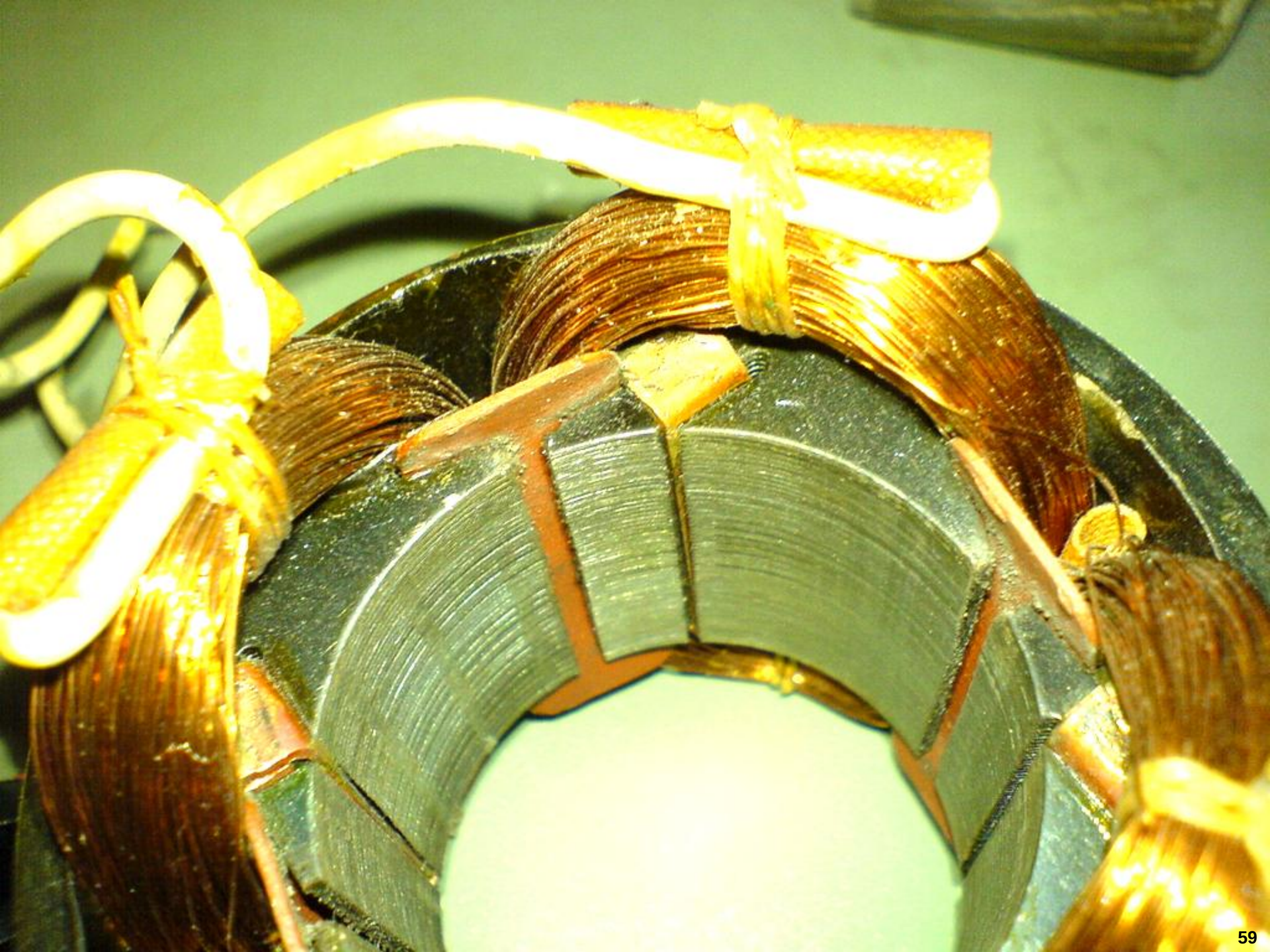
ภาพโครงสร้าง AC Motor จริง

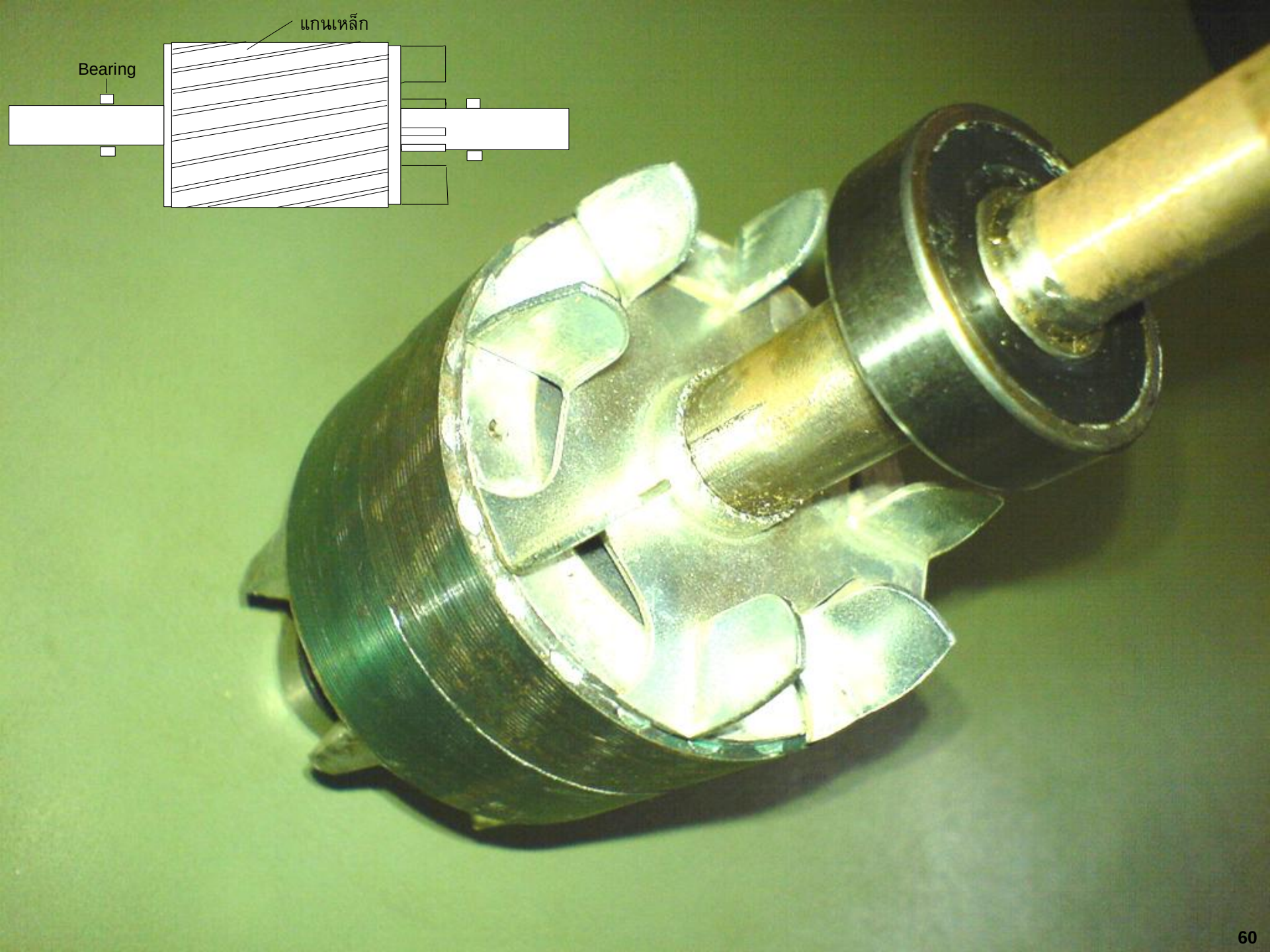

ROBBINS & MYERS

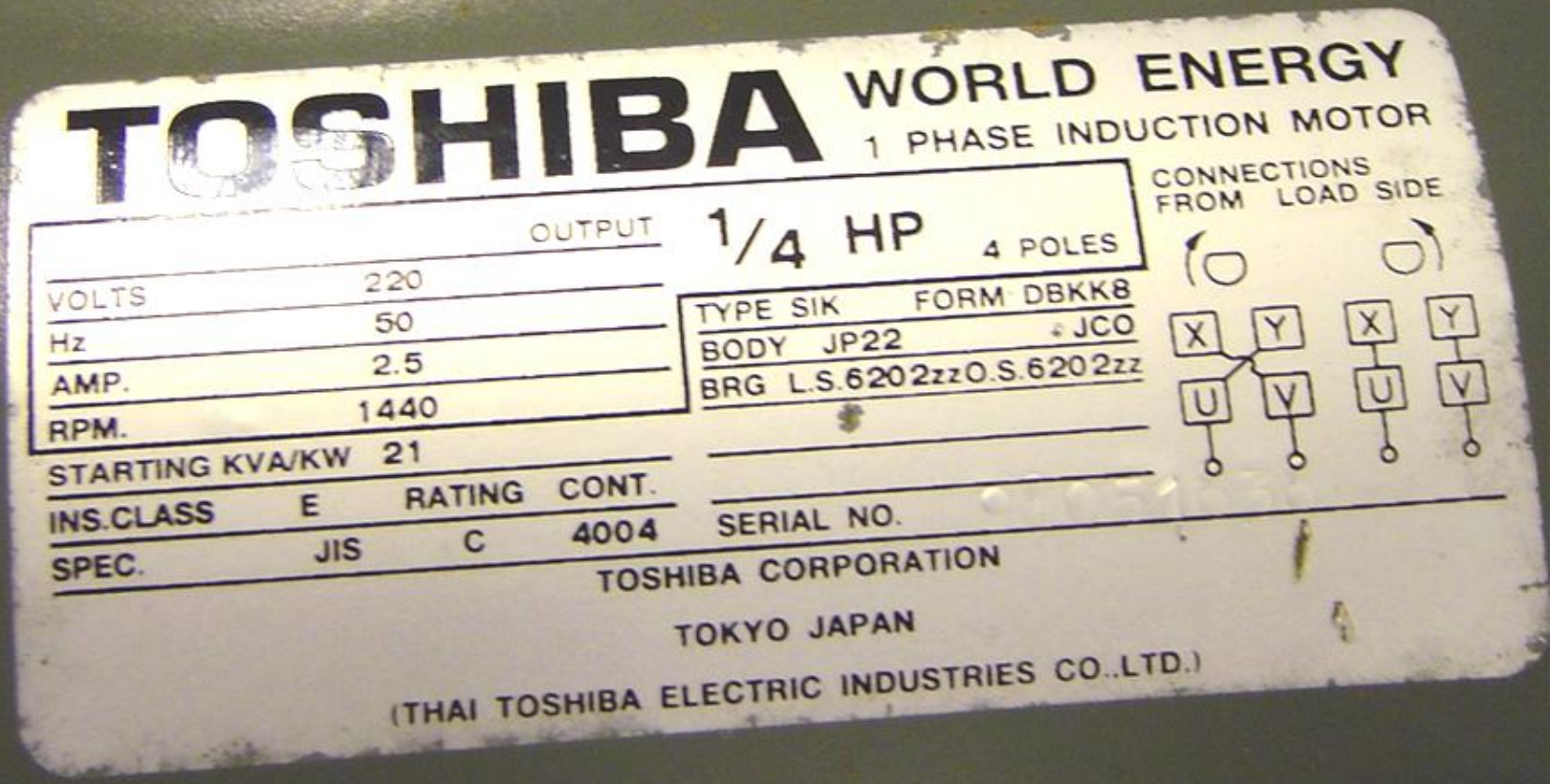


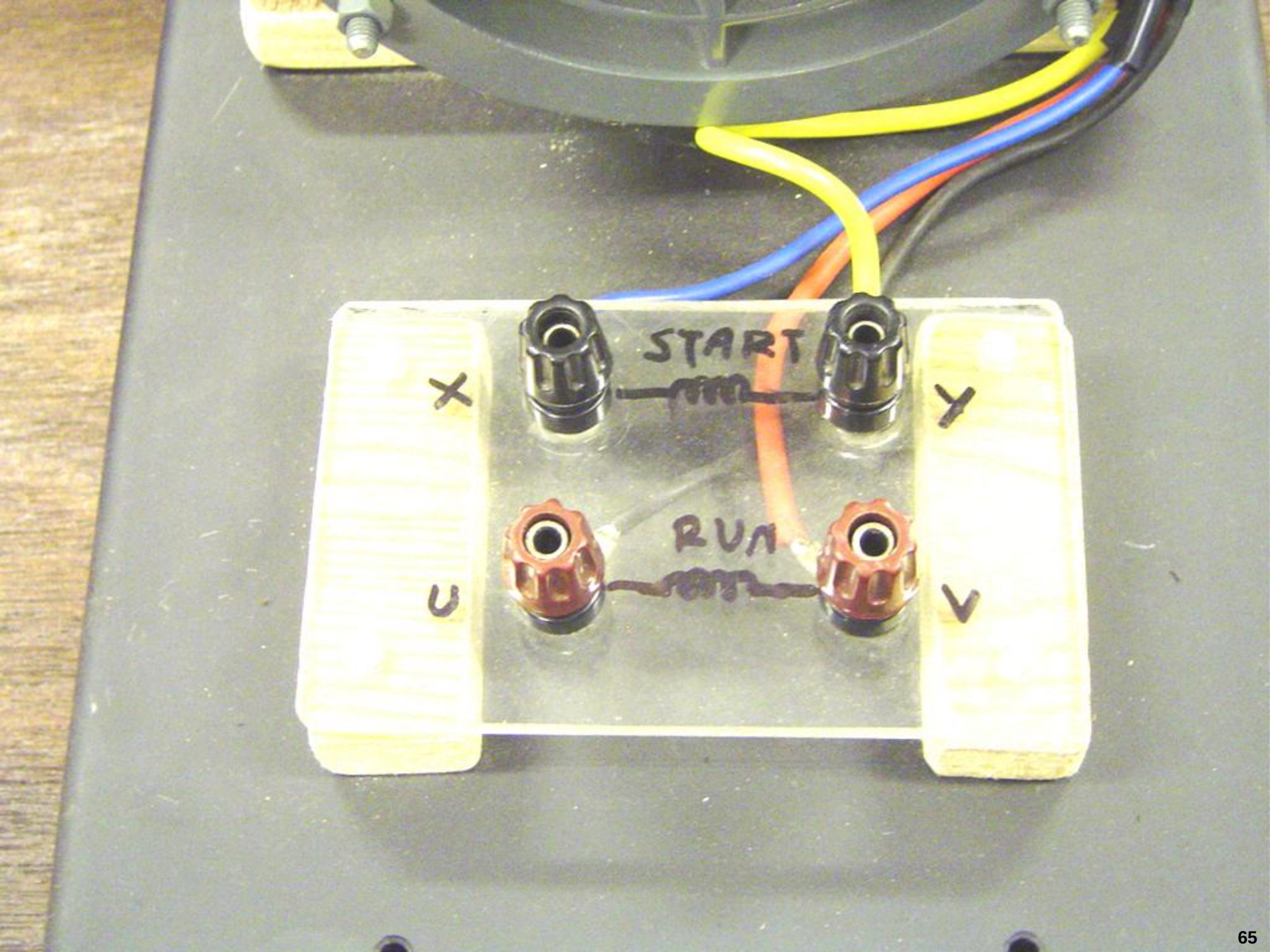



i
N
S
i
N
S
i
S
N
N
S
i
S
N

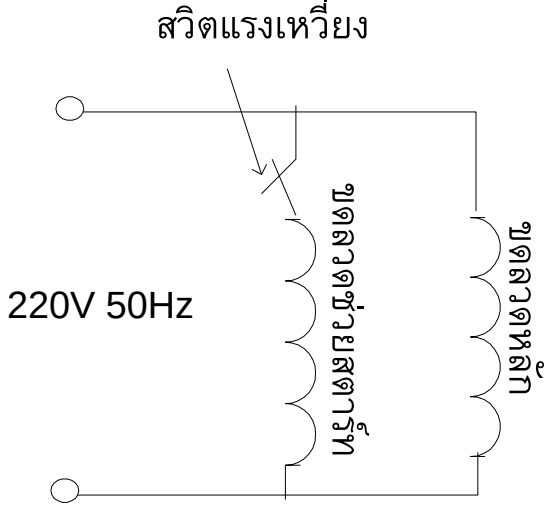



แกนเหล็ก
Bearing


TOSHIBA
WORLD ENERGY
1 PHASE INDUCTION MOTOR
OUTPUT 1/4 HP 4 POLES
VOLTS 220
Hz 50
AMP. 2.5
RPM. 1440
STARTING KVA/KW 21
INS.CLASS E RATING CONT.
SPEC. JIS C 4004
TYPE SIK FORM DBKK8
BODY JP22 JCO
BRG L.S.6202zz O.S.6202zz
SERIAL NO.
CONNECTIONS FROM LOAD SIDE
X Y U V
X Y U V
TOSHIBA CORPORATION
TOKYO JAPAN
(THAI TOSHIBA ELECTRIC INDUSTRIES CO.,LTD.)


START
X
Y
RUN
U
V

ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียว



Starting Winding

Running Winding

รูปที่ 5 ขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียว

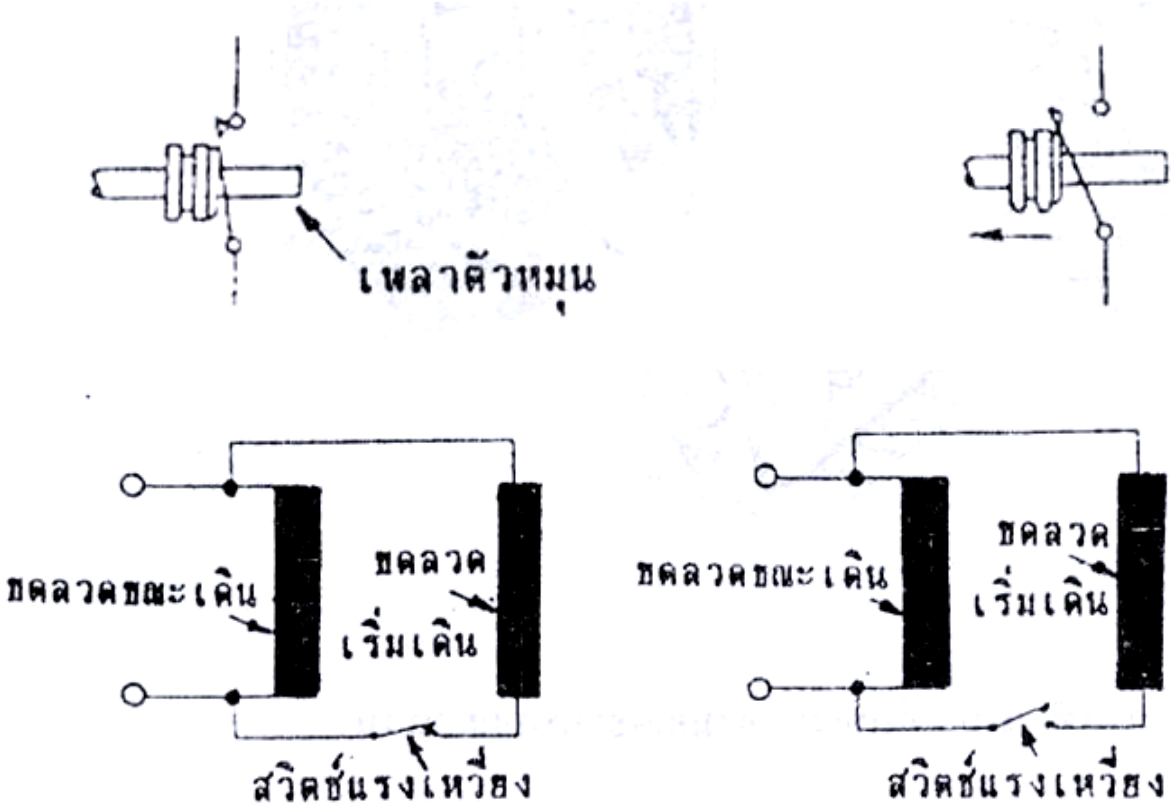
ขดลวดสเตเตอร์ของของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียวจะมี 2 ขด คือขดหลัก และขดสตาร์ท ที่การทำงานชั่วขณะ เมื่อเพลาของมอเตอร์หมุนได้ความเร็วพอเหมาะ สวิตแรงเหวี่ยงภายในจะตัดขอลวดสตาร์ทออก ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดค่อนข้างใหญ่จะมีคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมกับขดสตาร์ทเพื่อช่วยเพิ่มแรงบิดขณะสตาร์ท นอกจากนี้ ยังมีชนิดที่ขดสตาร์ทต่ออนุกรมกับคาปาซิเตอร์และต่ออยู่กับขดหลักอย่างถาวร ในมอเตอร์ที่ทำงานหนักมากเช่น คอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศเป็นต้น มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียวจะกินกระแสไม่เกินที่ปรากฏบนแผ่นป้ายเมื่อทำงานเต็มที่ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประเภทนี้จะสูงกว่า 80

การกลับทิศทางการหมุนของของมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบเฟสเดียว สามารถทำได้ โดยการกลับขั้วของขดสตาร์ท ความเร็วรอบของมอเตอร์แบบเหนี่ยวนำจะขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วสนามของขดลวดสเตเตอร์และความถี่ โดยทั่วไปจะมีความเร็วรอบอยู่ที่ 1500 รอบ/นาที หรือ 3000 รอบ/นาที การปรับความเร็วรอบทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ควบคุมที่เรียกว่า inverter หรือการลดแรงดันในมอเตอร์ขนาดเล็กเช่น พัดลม

มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบแยกส่วนเฟสเดียว บางครั้งเรียกว่า Split Phase Induction Motor ตัวอย่างเช่น เครื่องปั๊มท์น้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า

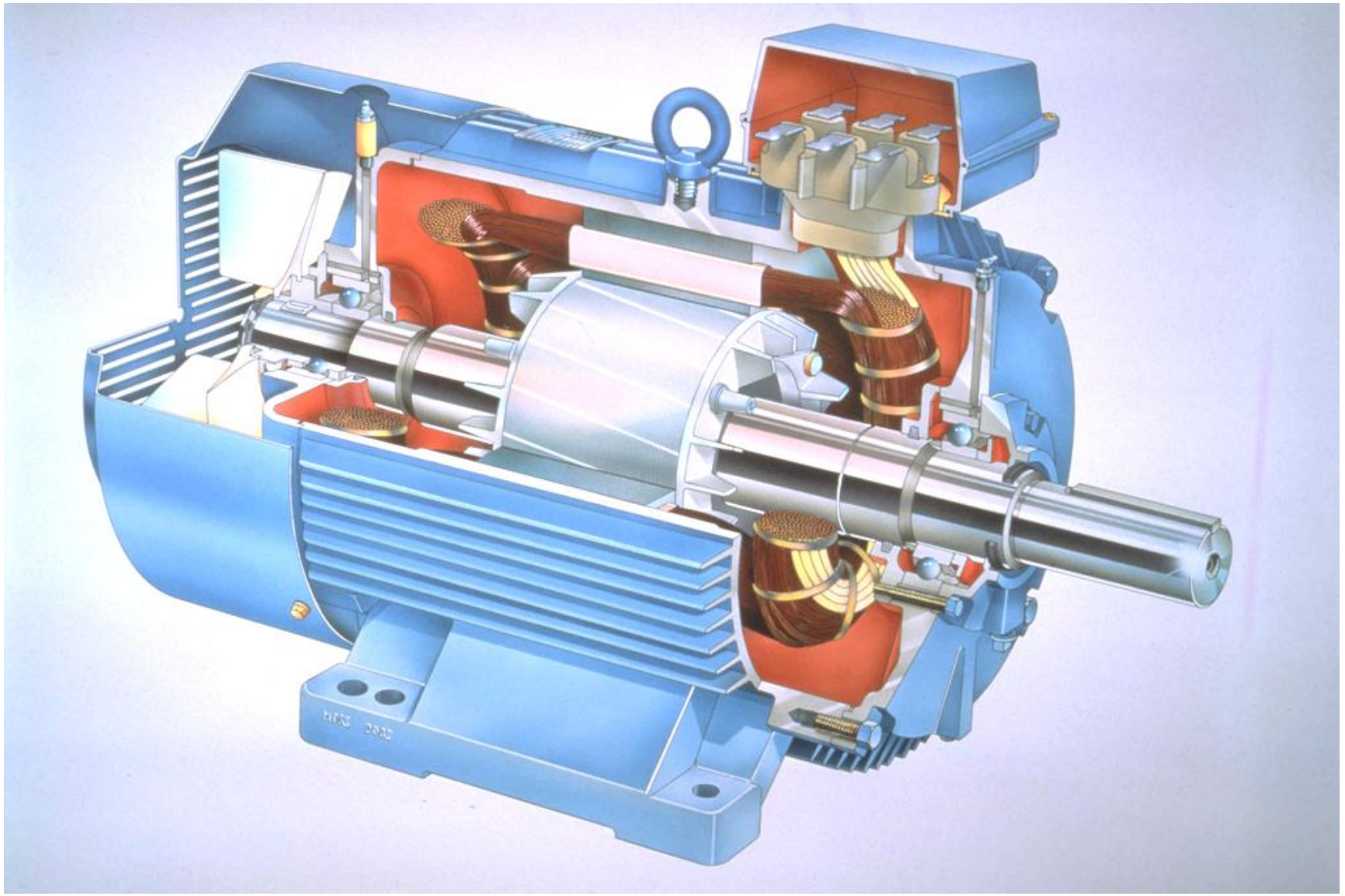
สวิทซ์แรงเหวี่ยง(Centrifugal Switch)

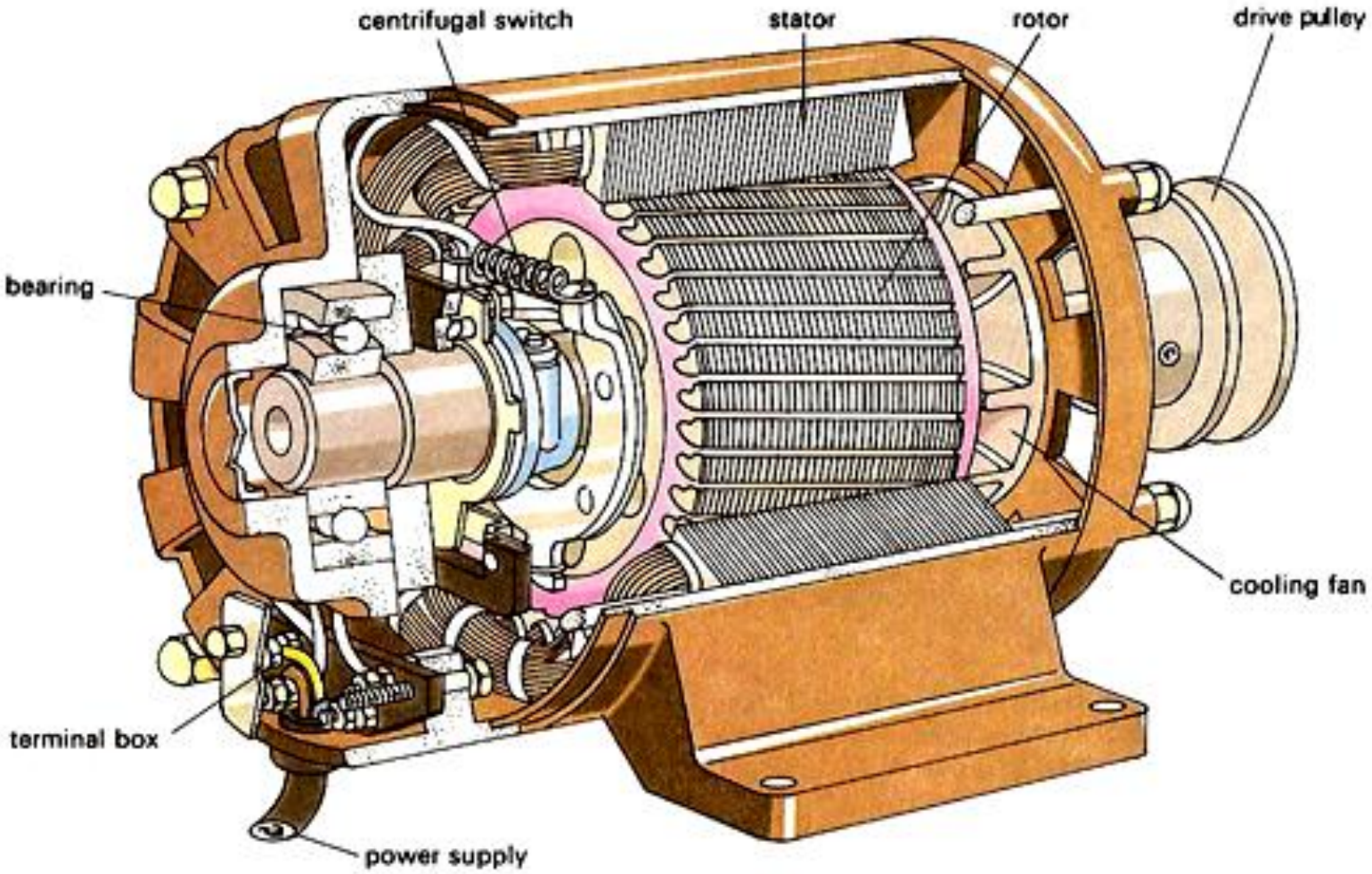
สวิตซ์ชุดนี้จะติดตั้งอยู่ภายในมอเตอร์มีหน้าที่ตัดขดเริ่มเดินออกจากวงจร ภายหลังจากที่ตัวหมุนด้วยความเร็วประมาณ 75 % ของความเร็วโหลดเต็ม



ก) ขณะมอเตอร์เริ่มเดิน

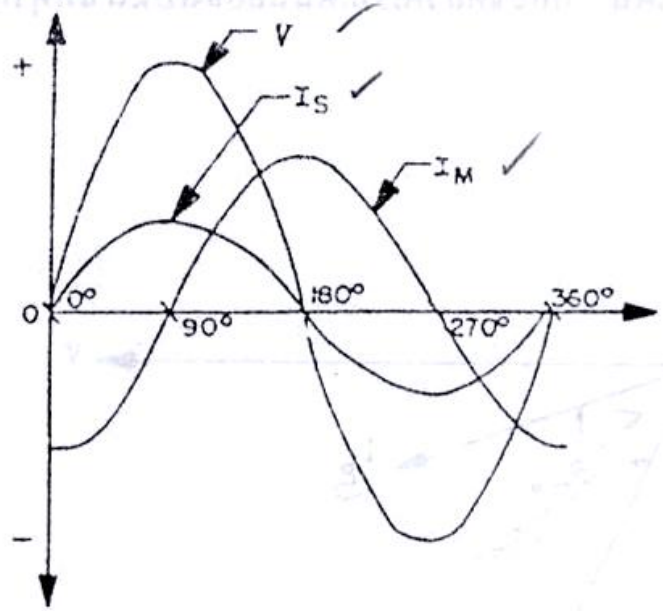
ข) เมื่อมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วปกติ

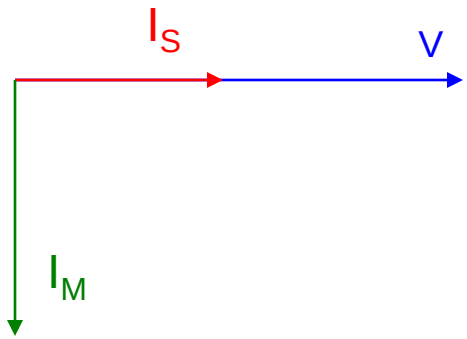



centrifugal switch
stator
rotor
drive pulley
bearing
cooling fan
terminal box
power supply

ขดลวดขณะเดิน(Running Winding) จะมีขนาดเส้นลวดใหญ่ ความต้านทานต่ำ และขดลวดนี้จะพันอยู่ด้านล่างของร่อง ดังนั้นอินดักแตนซ์จะสูง จึงทำให้กระแสที่ไหลในขดลวดเกือบจะมีเฟสหล้าหลังแรงดันอยู่ 90 องศา (I_M)

ขดลวดเริ่มเดิน(Starting Winding) จะมีขนาดเส้นลวดเล็กความต้านทานสูง และขดลวดนี้จะพันอยู่ด้านบนของร่อง ดังนั้นอินดักแตนซ์จะต่ำ จึงทำให้กระแสที่ไหลในขดลวดเกือบจะมีเฟสตรงแรงดัน (I_S)

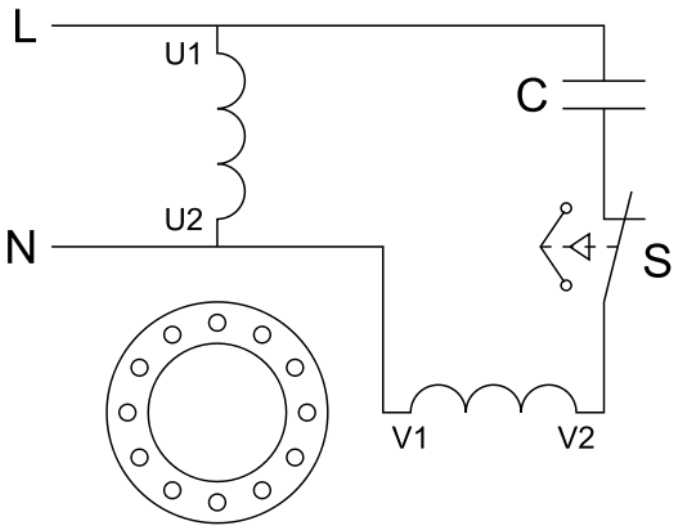


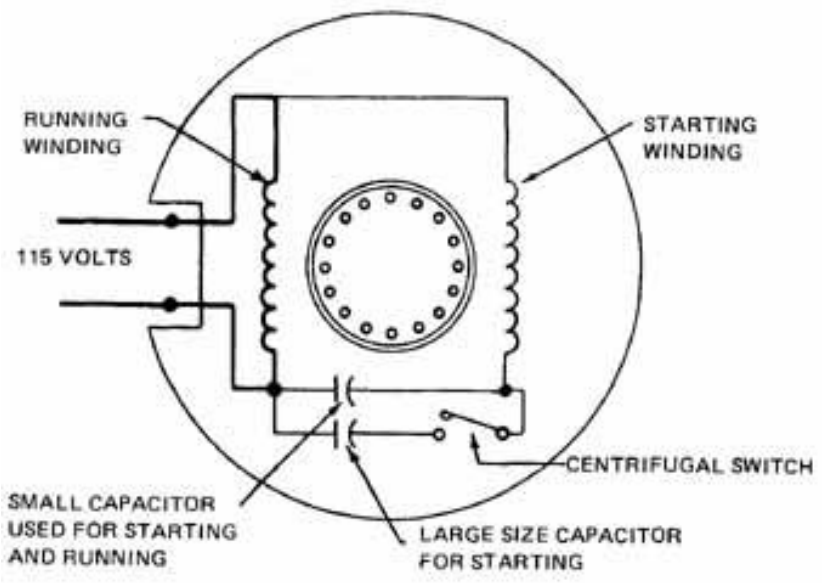


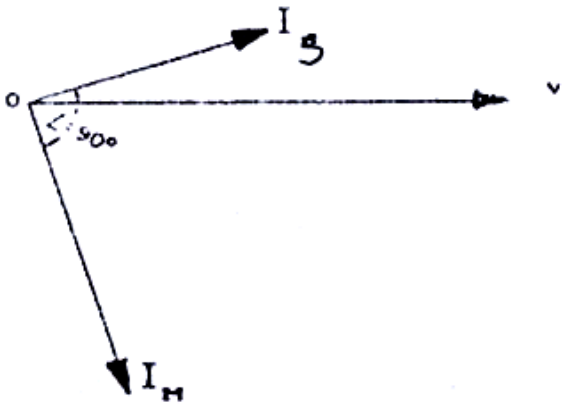
2. มอเตอร์ตัวเก็บประจุ(Capacitor Motor)

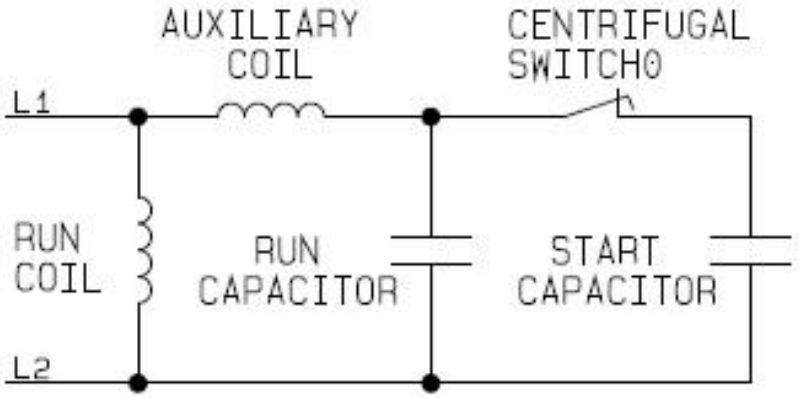
เป็นมอเตอร์ที่ต่อคาปาซิสเตอร์เข้าไปเพื่อเพิ่มแรงบิดช่วงสตาร์ท

รูปแสดงการใส่ C เพื่อให้เฟสของกระแส I_S และ I_M ต่างเฟสกัน 90 องศา เพื่อเพิ่มแรงบิดช่วงสตาร์ท



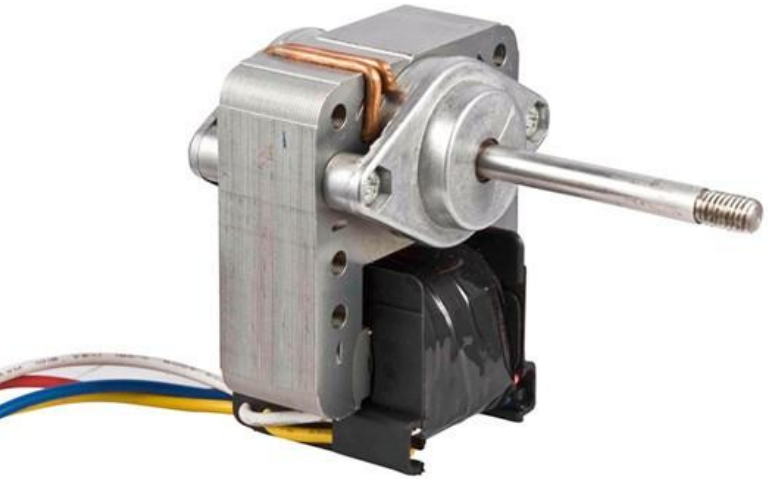


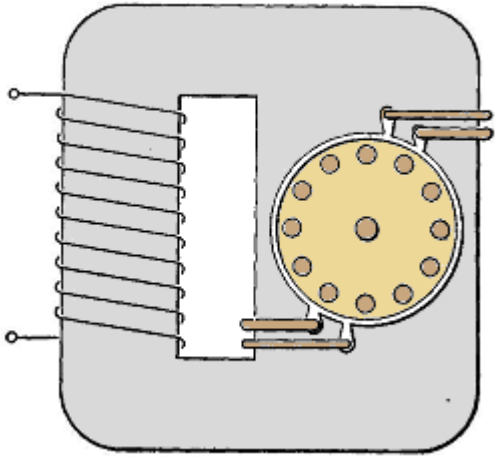


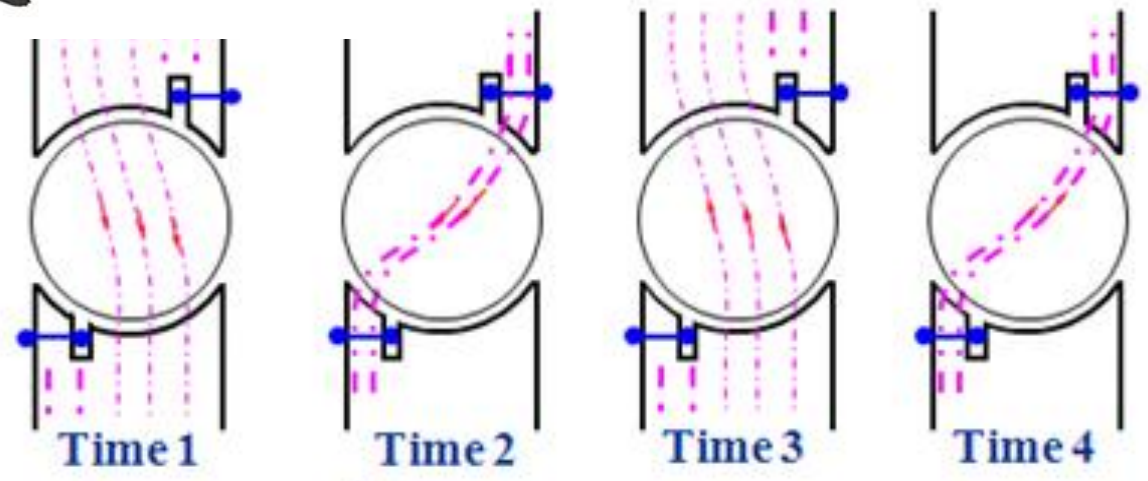


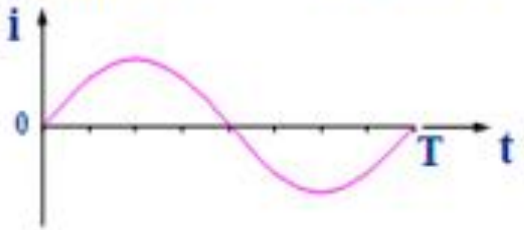
By PieterJanR - Own work, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3302784

3. มอเตอร์ขั้วกำบัง (Shaded Pole Motor)

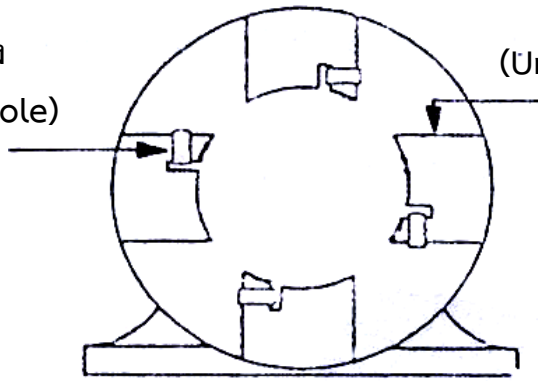


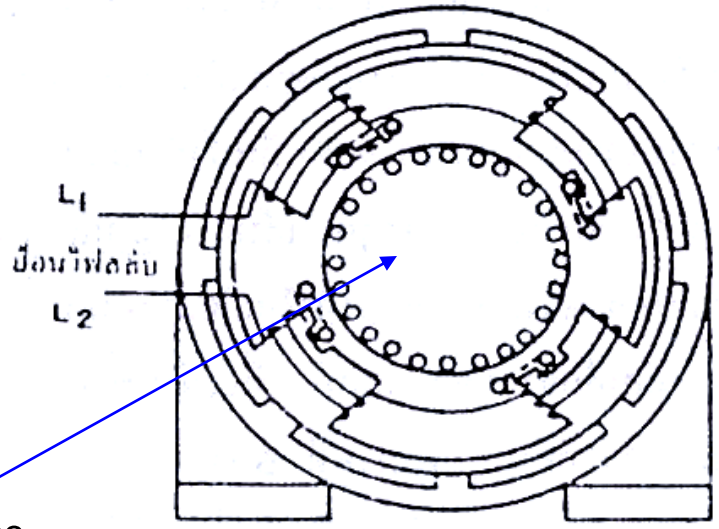




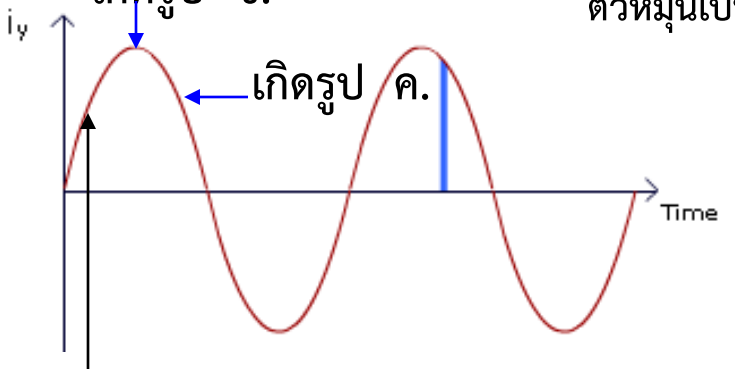


โครงสร้างและเส้นแรงแม่เหล็กที่ขั้ว(Pole)





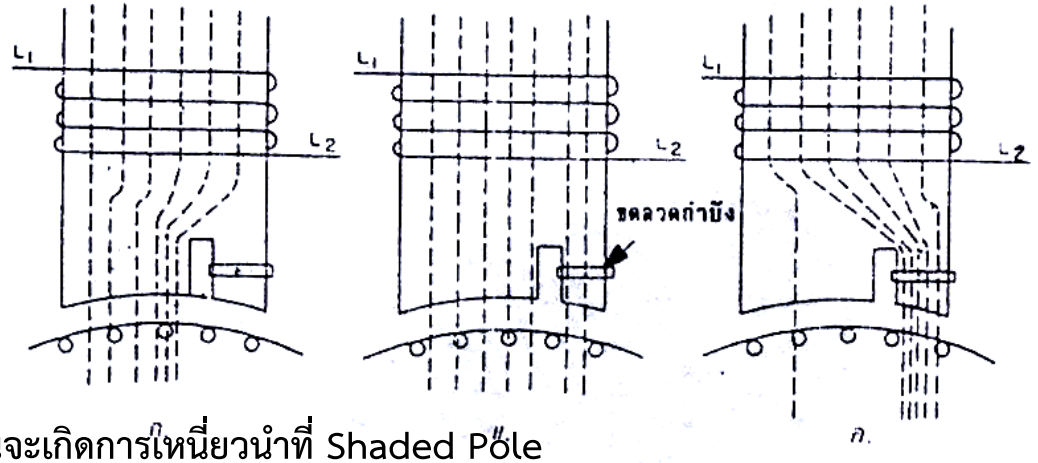
ตัวหมุนเป็นแบบกรงกระรอก



เกิดรูป ข.

เกิดรูป ค.

เกิดรูป ก.

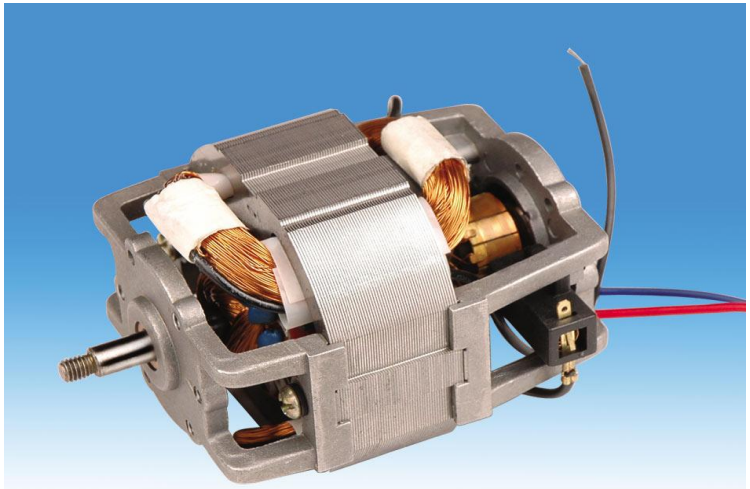


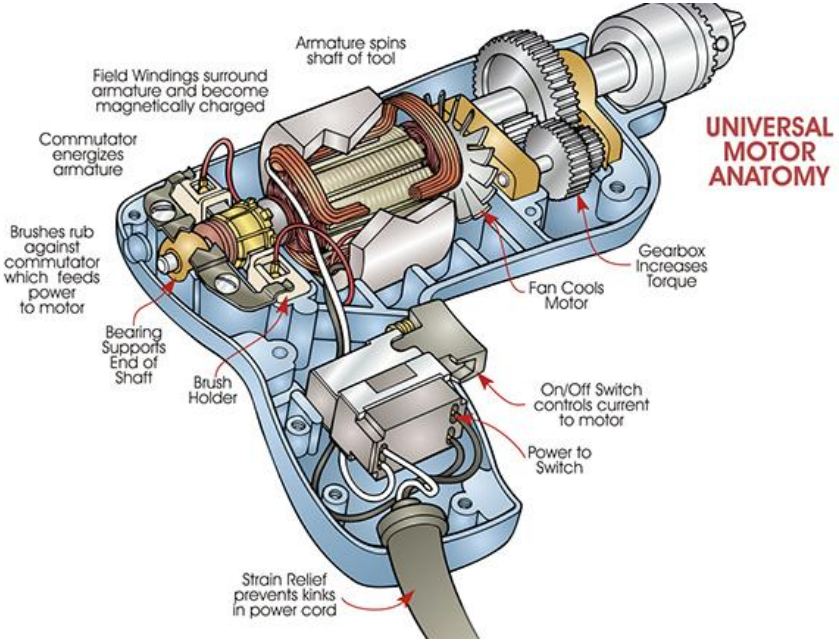
เกิดรูป ก. เมื่อกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจะเกิดการเหนี่ยวนำที่ Shaded Pole ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมกันที่ ขั้ว Unshaded Pole

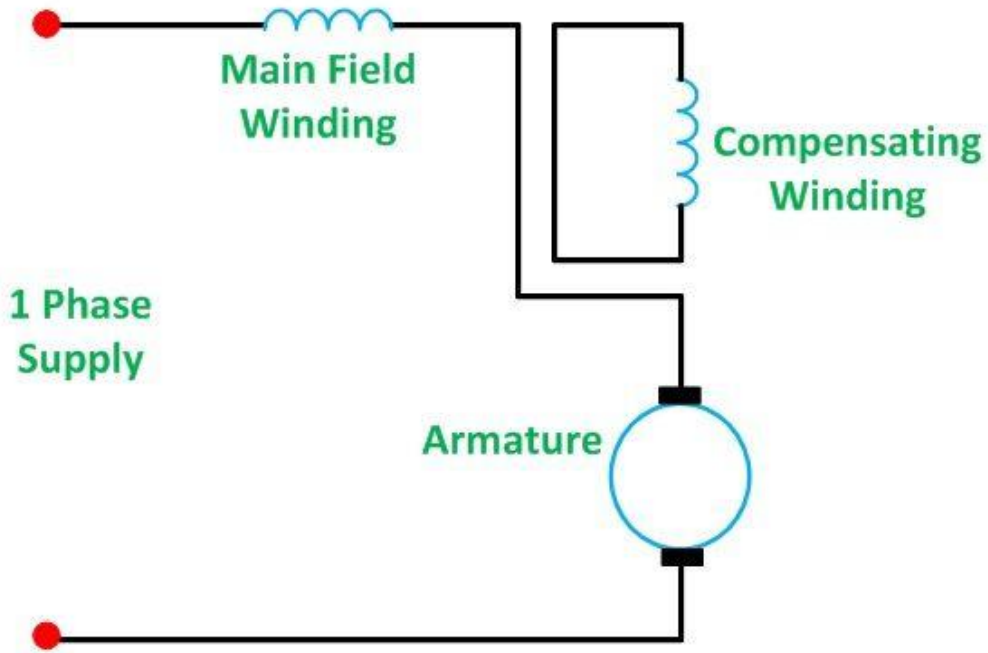
เกิดรูป ข. เมื่อกระแสไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เกิดรูป ค. เมื่อกระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงจะเกิดการเหนี่ยวนำที่ Shaded Pole ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมกันที่ ขั้ว Shaded Pole

4. มอเตอร์แบบยูนิเวอร์แซล(Universal Motor)







6. มอเตอร์ 3 เฟส

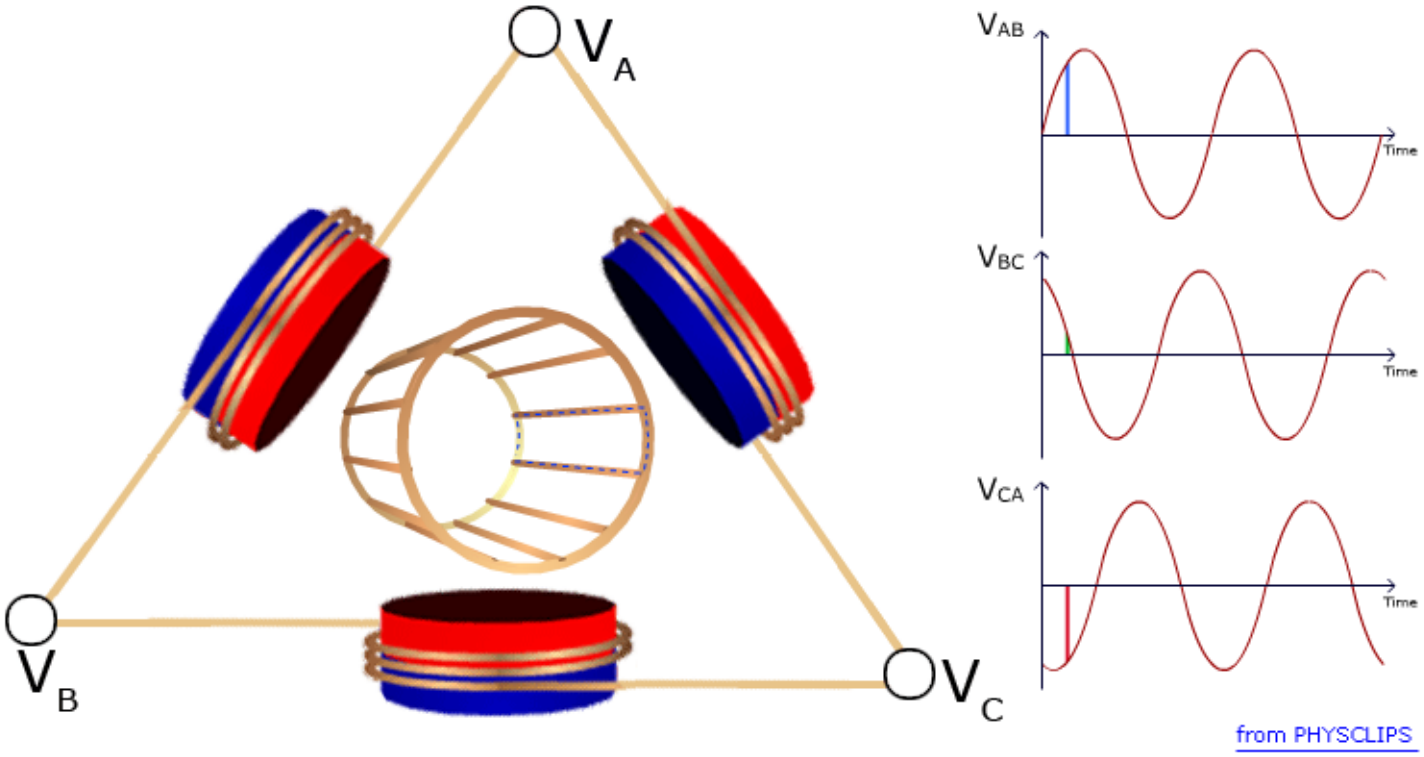
มอเตอร์มีตั้งแต่ขนาดแรงม้าต่ำจนถึงแรงม้าสูงๆ ที่ขนาดแรงม้าเท่ากันมอเตอร์สามเฟสจะมีโครงสร้างที่เล็กกว่ามอเตอร์หนึ่งเฟส มอเตอร์ 3 เฟสมี 2 ประเภทคือ

1. *มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส (Three Phase Induction Motor)*
   - *1.1 แบบตัวหมุนแบบกรงกระรอก(Squirrel Cage Rotor)*
   - *1.2 แบบตัวหมุนพันด้วยขดลวด(Wound Rotor)*
2. *มอเตอร์ซิงโครนัสสามเฟส (Three Phase Synchronous Motor)*

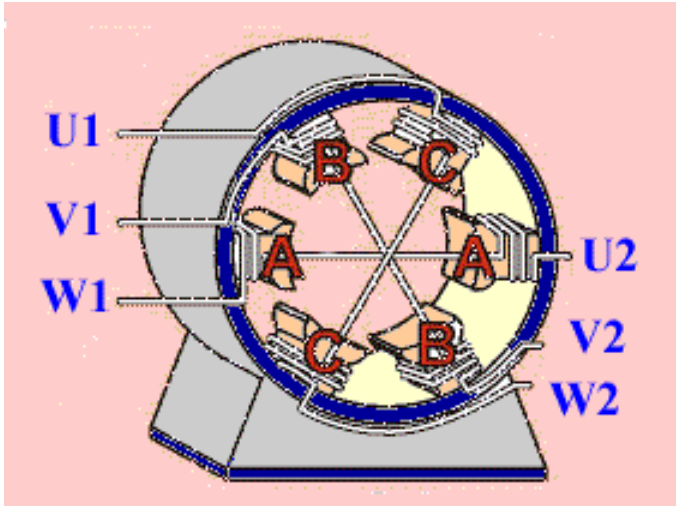
6.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสตัวหมุนแบบกรงกระรอก

(Three Phase Squirrel Cage Induction Motor)

มอเตอร์แบบนี้มีใช้งานมากที่สุด โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม
โดยปกติแล้วมอเตอร์สามเฟสแบบนี้จะทำงานที่ความเร็วคงที่ตลอด



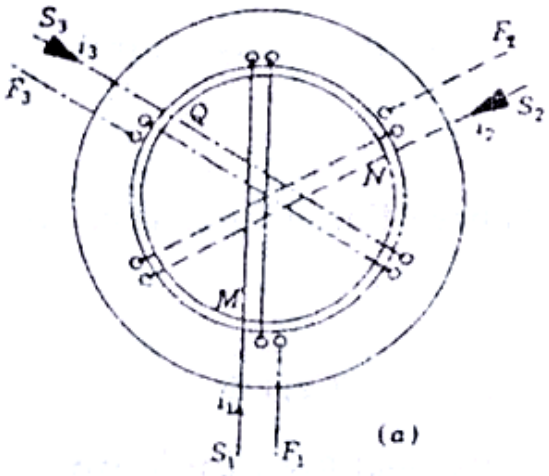
โครงสร้างของมอเตอร์สามเฟส

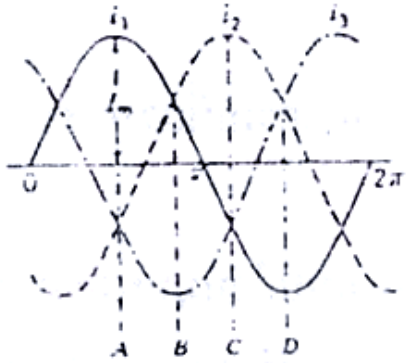


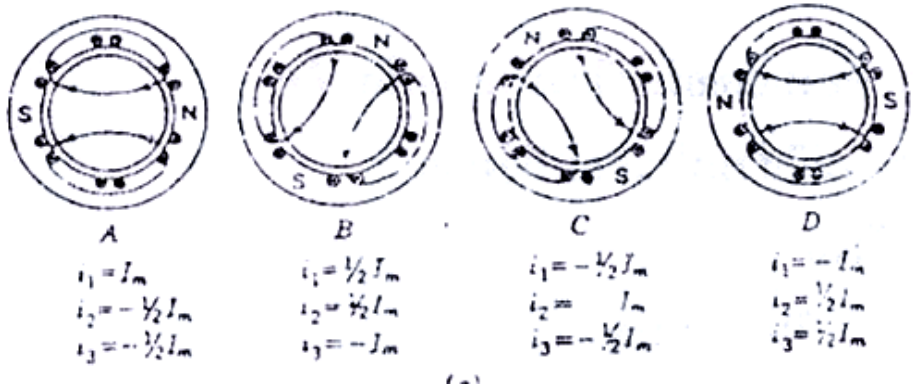
การเกิดสนามแม่เหล็กหมุน(Production Rotating Field

สนามแม่เหล็กหมุนเกิดจากกระแสไฟฟ้าสามเฟสไหลผ่านขดลวดสามเฟส ที่พันอยู่ในร่องตัวอยู่กับที่ โดยที่กระแสแต่ละเฟสจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของแหล่งจ่าย จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก สนามแม่เหล็กหมุนที่เกิดขึ้นนี้จะมีความเร็วคงที่ เรียกว่า "ความเร็วซินโครนัส" (Synchronous Speed) ความเร็วนี้จะขึ้นอยู่กับ จำนวนขั้วของ Starter และความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า เขียนสมการได้ดังนี้

$$N_S = \frac{120\,f}{P}$$







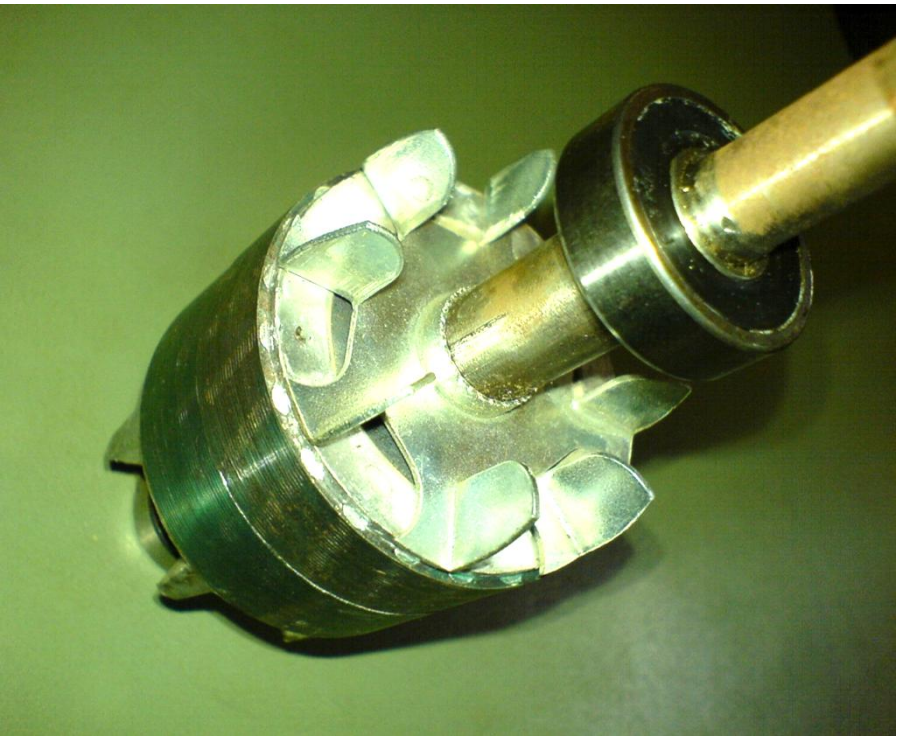
N_S= *ความเร็วซินโครนัส หน่วย รอบต่อนาที*

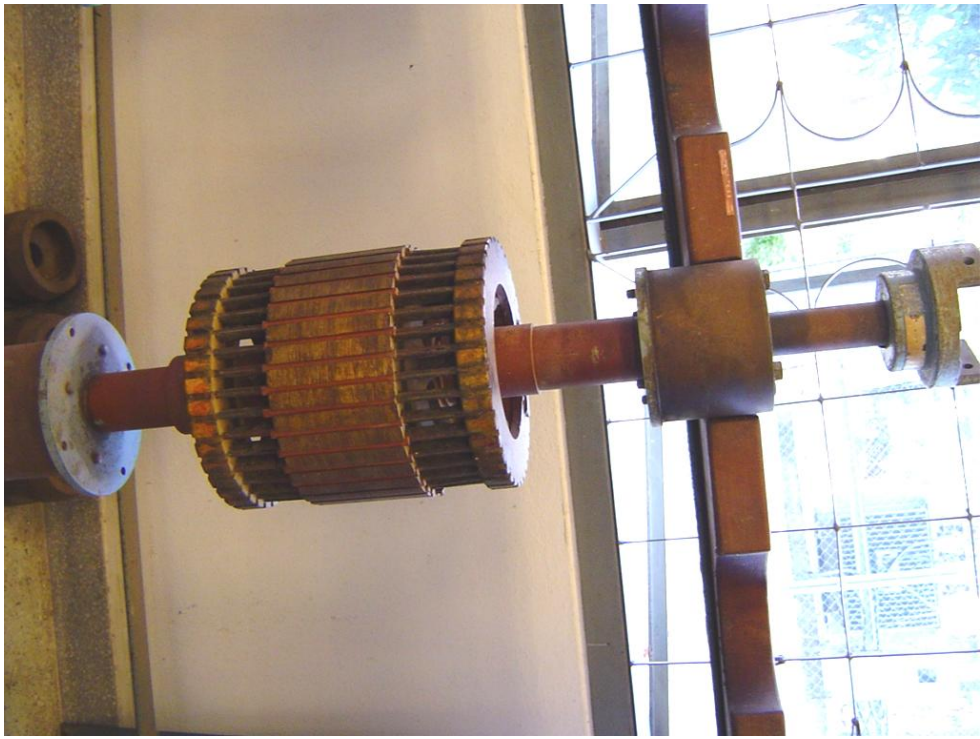
f = ความถี่ หน่วย Hz

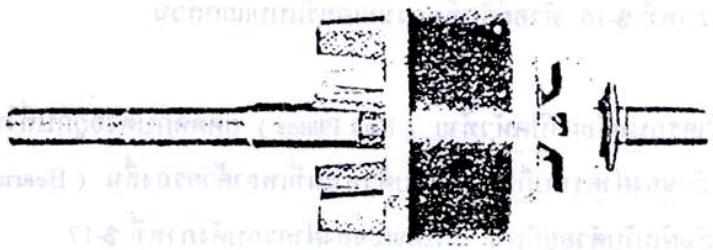
P = จำนวนขั้วของ Stator

ขดลวดโรเตอร์

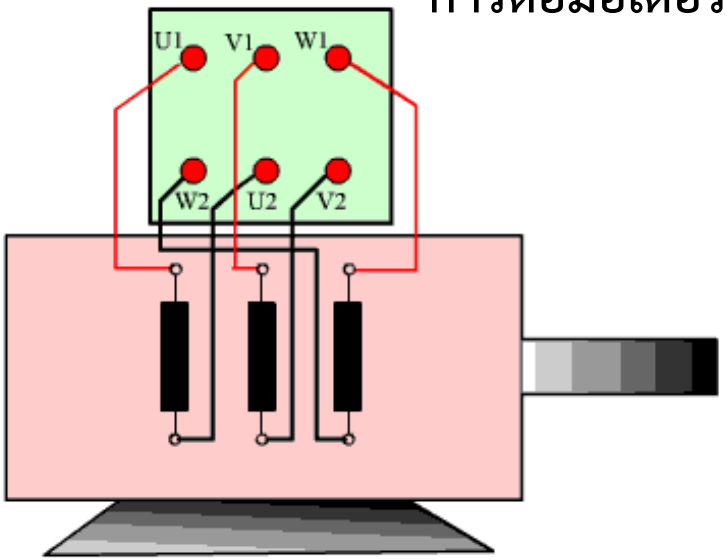
ขดลวดโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำส่วนมากจะเป็นแบบกระรอก ที่แข็งแรงทนทาน เหมือนกับ Single Phase

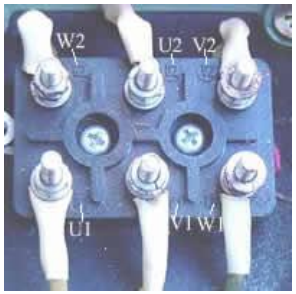


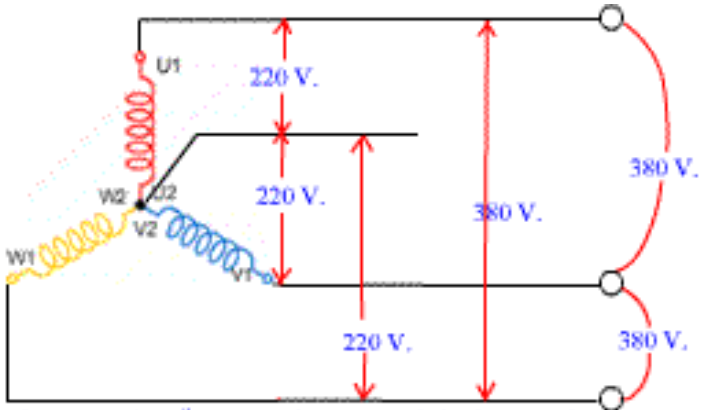




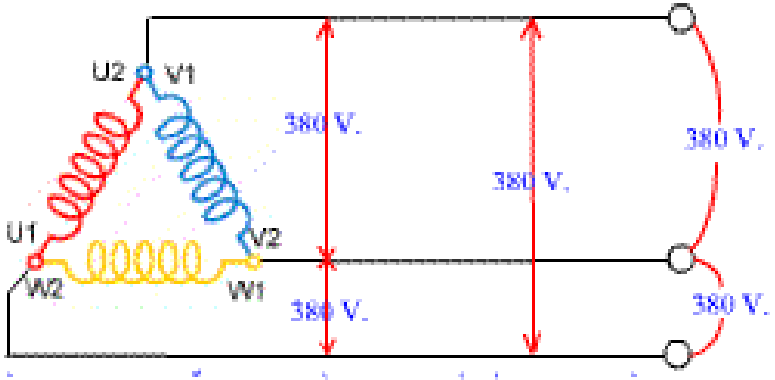
การต่อมอเตอร์สามเฟส







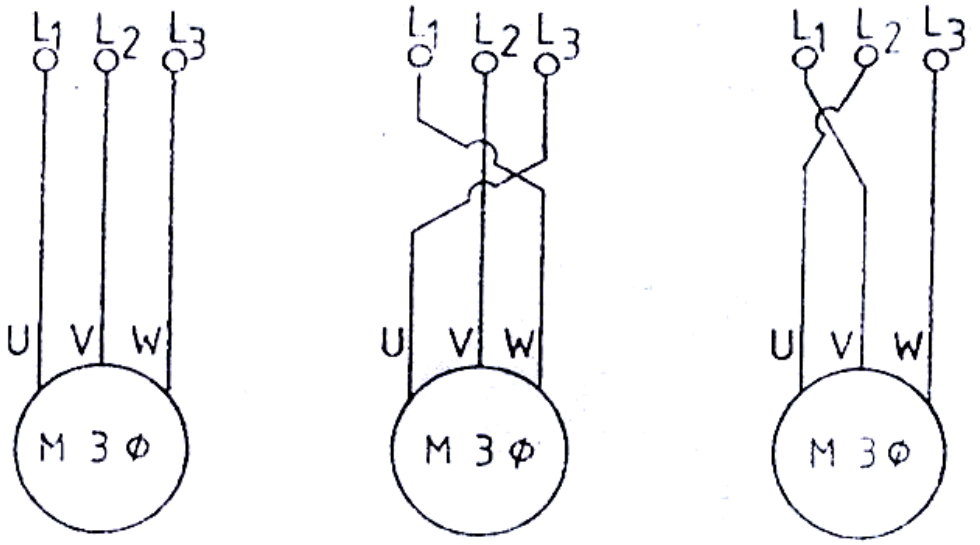
การต่อแบบสตาร์ทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดมีค่าต่ำกว่าชายบนข้ายกำลัง



การต่อแบบเดลตาทำให้แรงดันตกคร่อมขดลวดมีค่าเท่ากับชายบนข้ายกำลัง

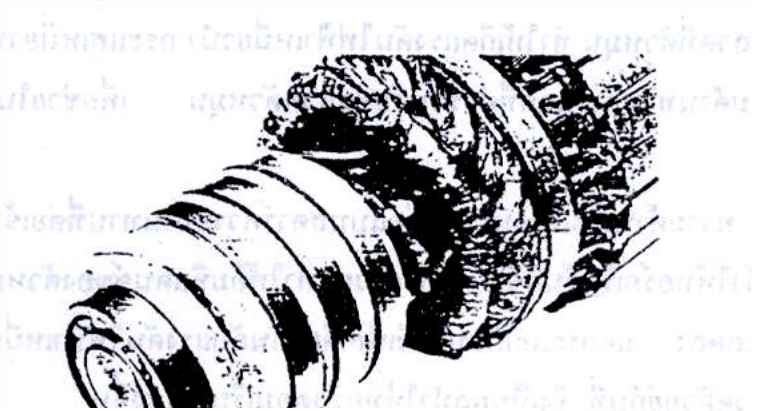
การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามเฟส

โดยการสลับสายเมนคู่ใดคู่หนึ่งที่ต่อเข้ากับมอเตอร์ ส่วนด้านปลายคงที่ไว้ตามเดิม ซึ่งเป็นผลให้ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กกลับทางทำให้หมุนกลับทาง



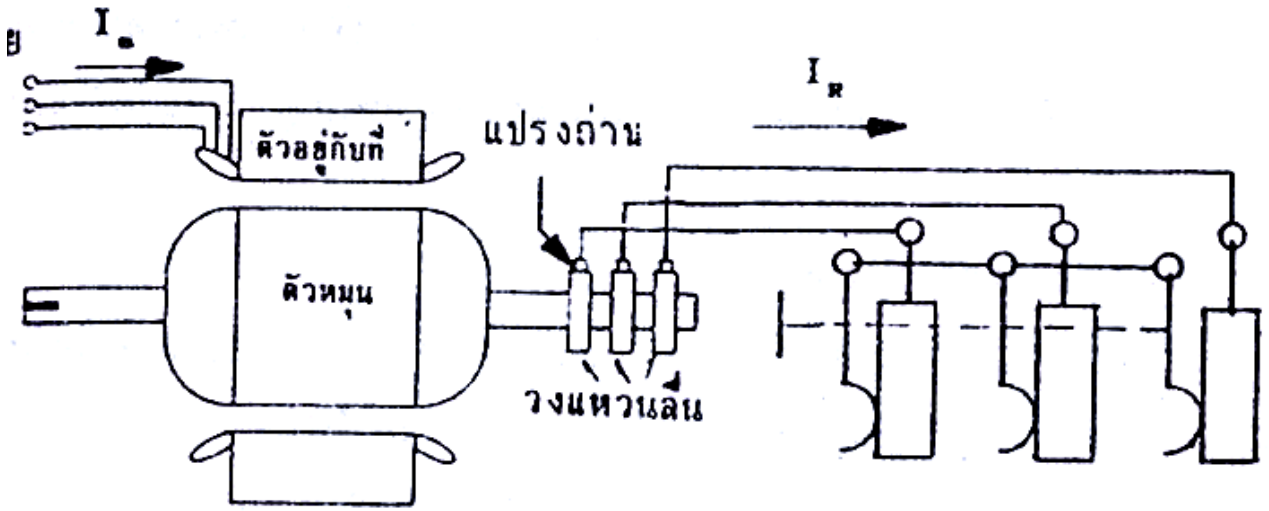
6.2 มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส แบบตัวหมุนพันด้วยขดลวด(Wound Rotor Induction Motor)

มอเตอร์ชนิดนี้จะมีการใช้งานเฉพาะบางอย่าง เท่านั้น สามารถปรับความเร็วได้ง่าย และสะดวก มอเตอร์แบบนี้เรียกอีกชื่อว่า มอเตอร์วงแหวนลื่น(Slip Ring Motor)



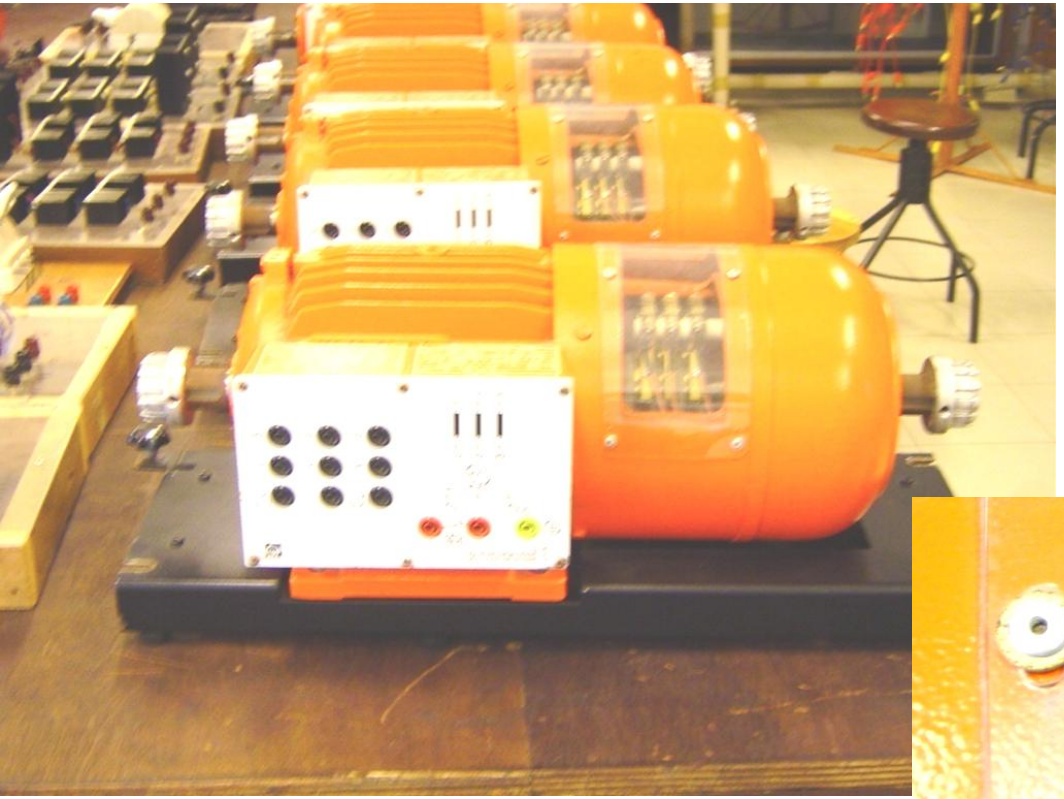
Rotor

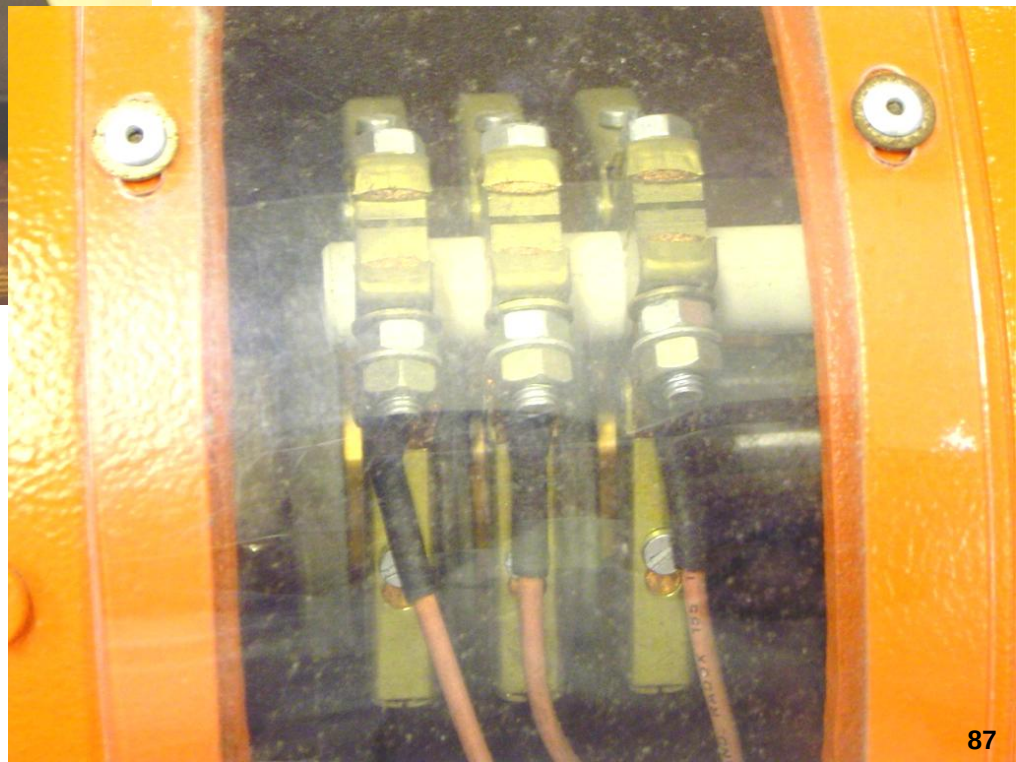
แหล่งจ่ายไฟ



ปรับความเร็วที่ Rheostat

วงแหวนลื่น (Slip Ring)





7. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Generator)

เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 ชนิดคือ

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator)

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Generator)

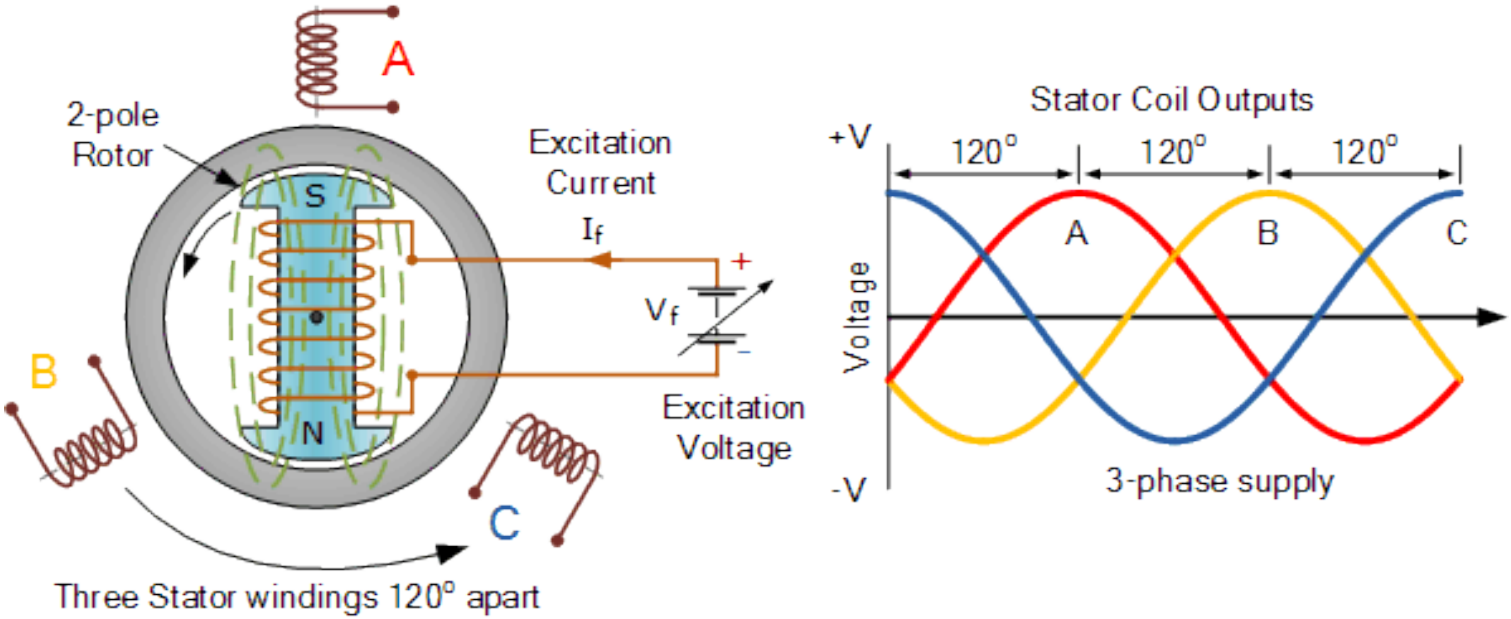
มีสองแบบคือ 1 เฟส และ 3 เฟส

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับยังแบ่งเป็น สองแบบคือ

- *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอินดักชั่น (induction Generator)*
- *เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซินโครนัส (Synchronous Generator)*

7.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซินโครนัส (Synchronous Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซินโครนัสชนิด 3 เฟส เป็นอุปกรณ์หลักในการผลิตกระแสไฟฟ้า ให้กับทุกประเทศในโลกนี้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จะอยู่ที่โรงไฟฟ้าทุกแห่งที่ใช้พลังงานทางกลจากพลังน้ำ พลังความร้อน หรือพลังงานนิวเคลียร์ มาเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการ สร้างสนามแม่เหล็กให้เกิดขึ้นภายในเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่มีขดลวดวางอยู่กับที่ดังแสดงในรูปที่ 7 เนื่องจากขดลวดบนสเตอร์ถูกวางที่ตำแหน่งต่างกัน ดังนั้นแรงดันที่เกิดขึ้นจะมีความต่างเฟส 120 องศาไฟฟ้า แรงดันที่ได้จะมีรูปคลื่นเป็นรูปไซนด์ ดังแสดงในรูปที่

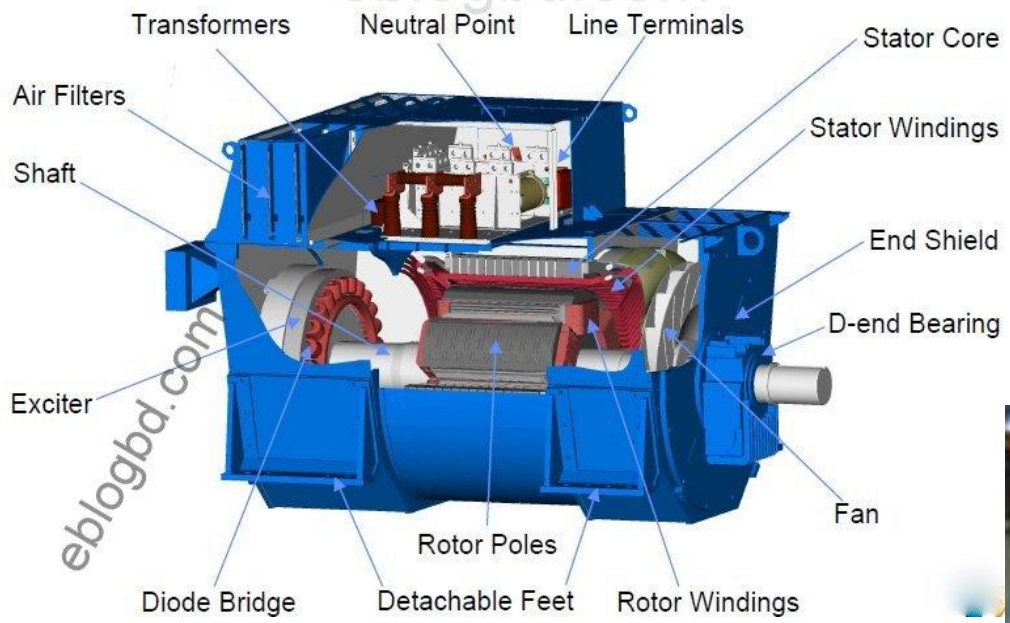


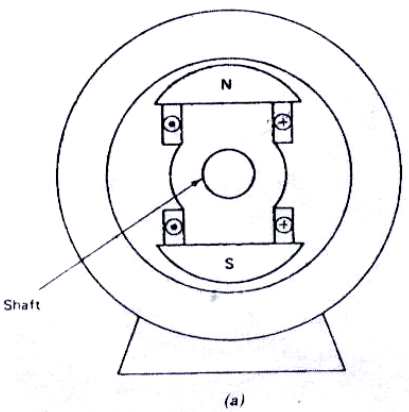
ขนาดของแรงดันจะขึ้นอยู่กับการออกแบบแต่จะมีแรงดันระหว่างสายอยู่ระหว่าง 10-20 kV ความเร็วรอบของการหมุนจะขึ้นอยู่กับชนิดของพลังงานกลที่ใช้ขับเคลื่อน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซินโครนัสชนิดที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานน้ำจะมีความเร็วรอบต่ำประมาณ 100-300 รอบ/นาที ในขณะที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานความร้อนหรือนิวเคลียร์จะมีความเร็วอยู่ที่ 3000 รอบ/นาที

Synchronous Generator AMG

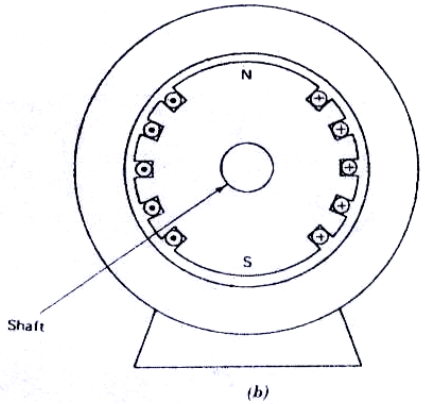
MAIN PARTS

eblogbd.com



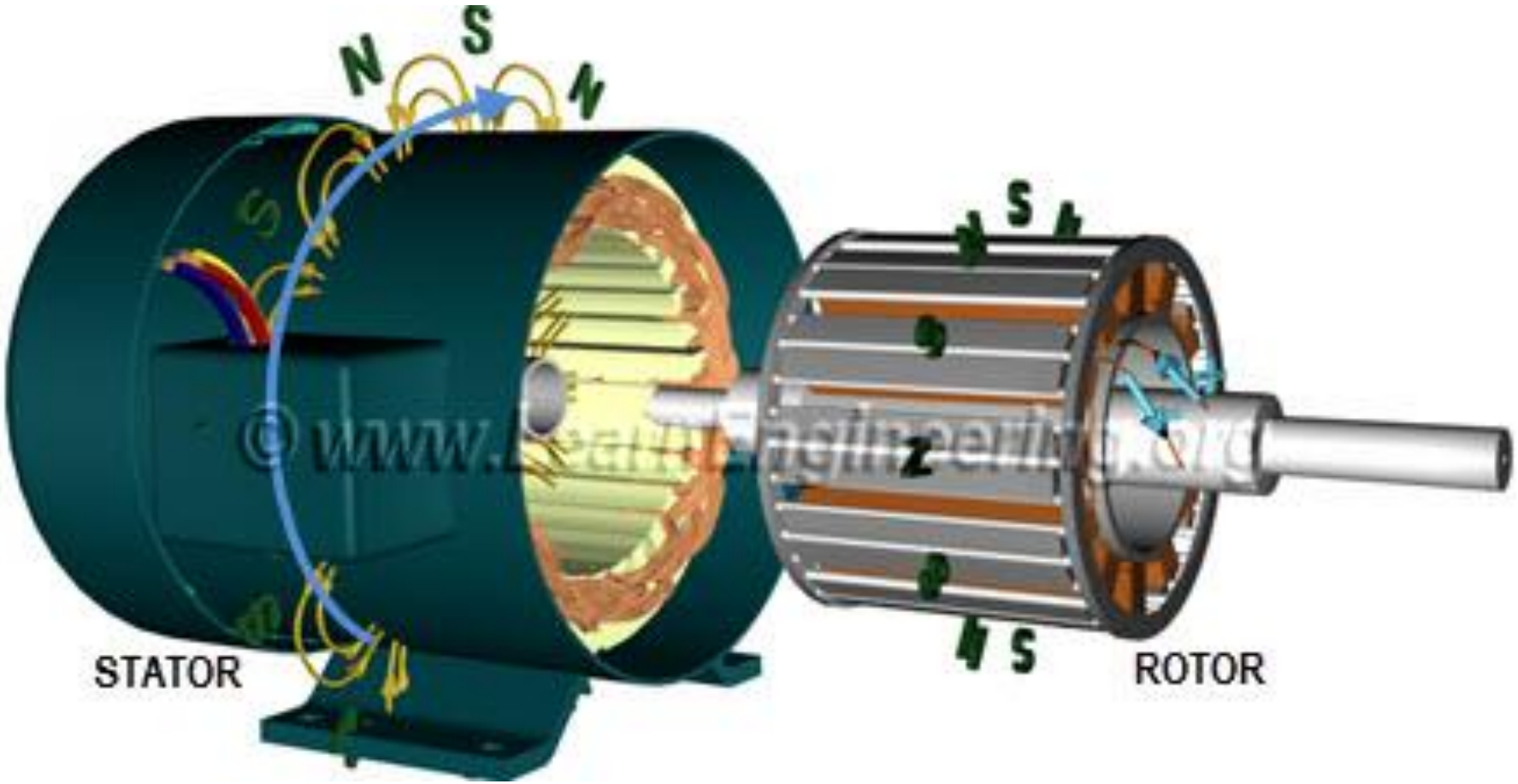


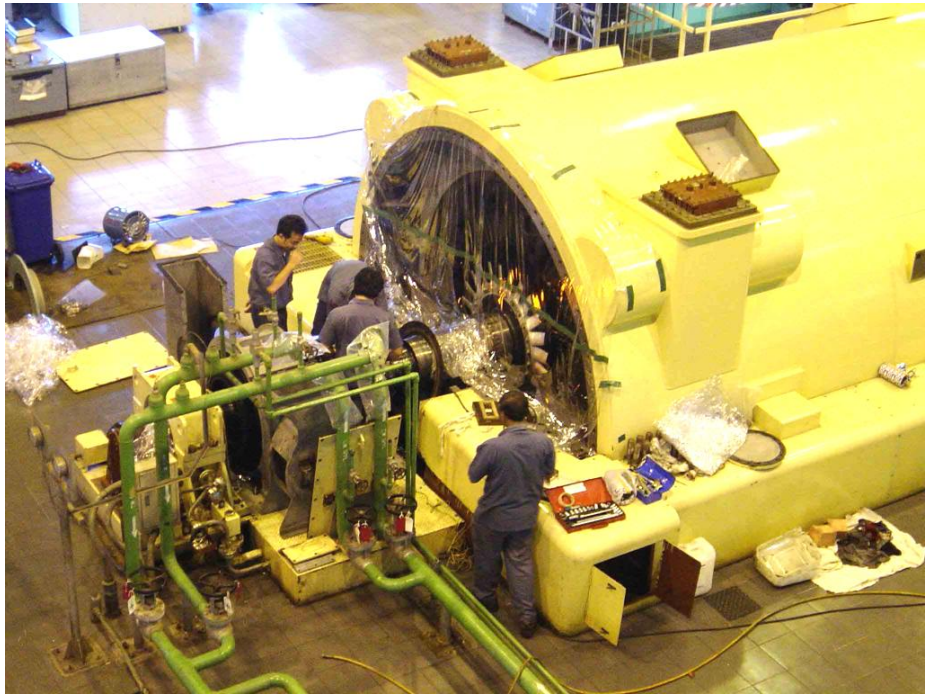
(a)

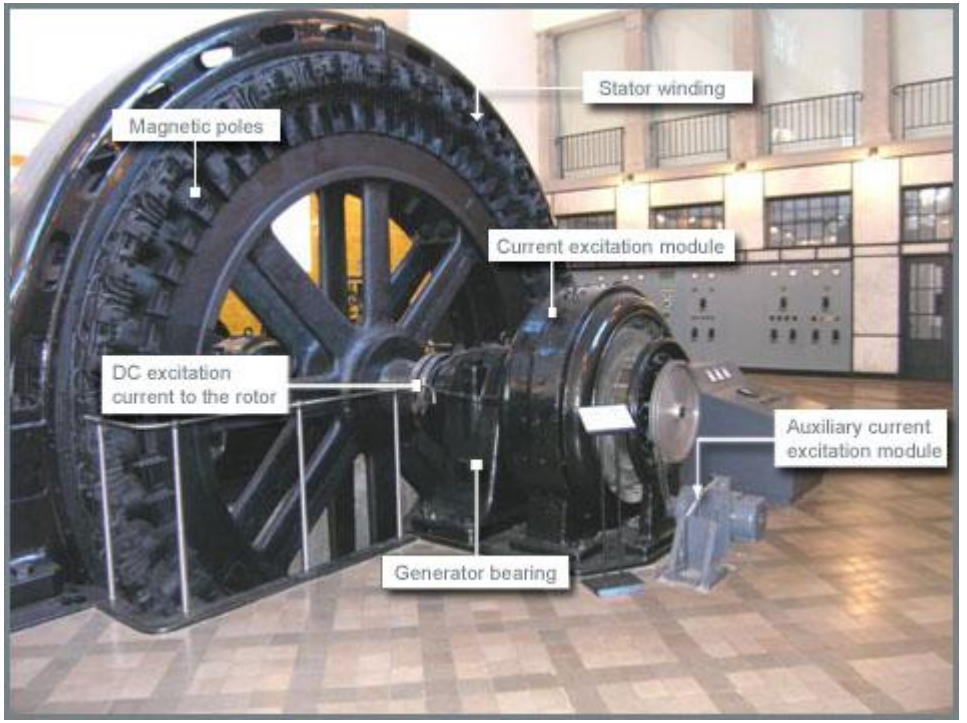


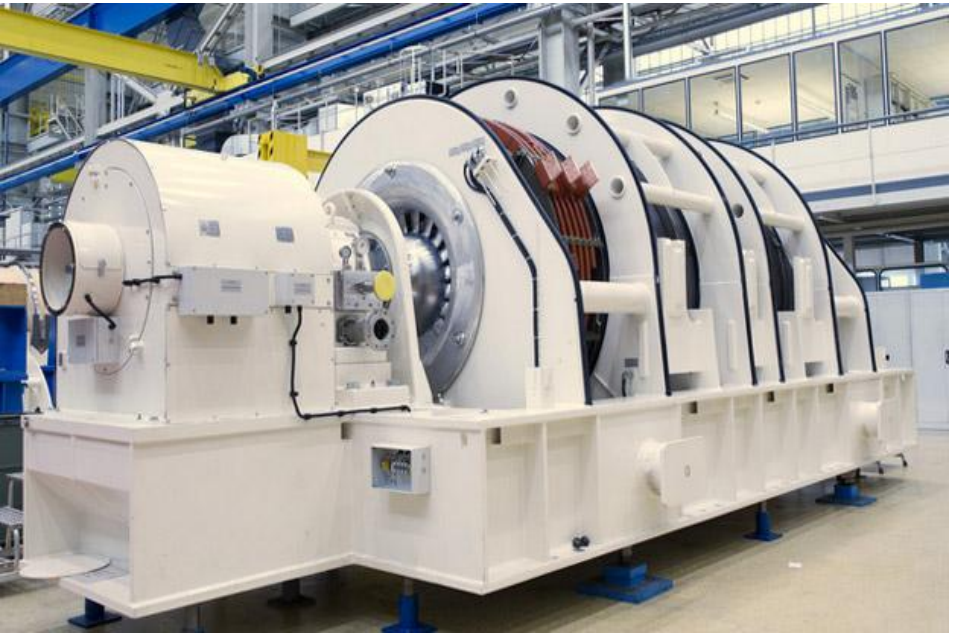
(b)

โครสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซินโครนัส






Stator winding
Magnetic poles
Current excitation module
DC excitation
current to the rotor
Auxiliary current
excitation module
Generator bearing



แบบฝึกหัดบทที่ 7

1. โครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้ามีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
2. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง (DC machines)
3. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Machines)
4. อธิบายข้อแตกต่างของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Machines) และเครื่องจักรกลไฟฟ้าแบบซินโครนัส (Synchronous Machines)
5. ความเร็วของมอเตอร์ต่อไปนี้ขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

   ก. DC motor

   ข. Induction motor

   ค. Synchronous motor
6. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ Induction motor
7. ข้อแตกต่างของยูนิเวอร์เซลมอเตอร์ กับ มอเตอร์ทั่วไป
8. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามเฟสแบบซินโครนัส (Synchronous Generator)