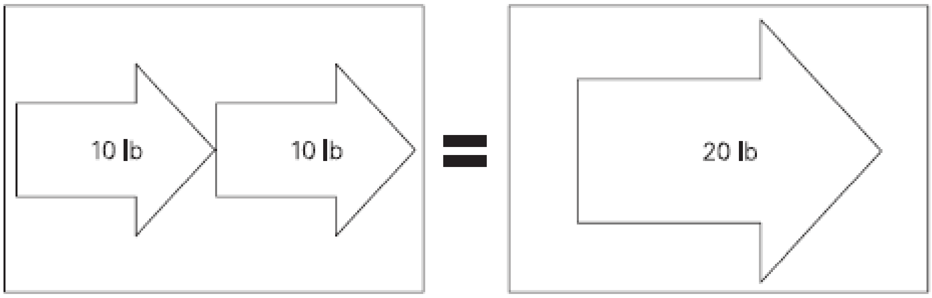
Basic of AC Motors 1

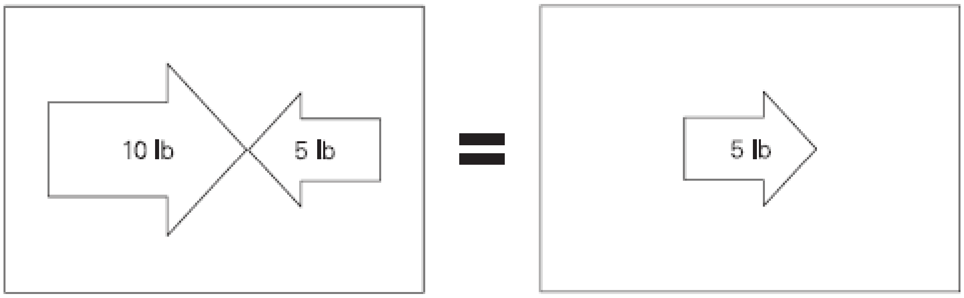
မော်တာသည် လျှပ်စစ်စွမ်းအင်မှစက်မှုစွမ်းအင်သို့ပြောင်းလဲပေးသည်။မော်တာများကို အိမ်များ၊ စီးပွားရေးလုပ်ငန်းများနှင့် စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင်ကျယ်ပြန့်စွာအသုံးပြုကြသည်။ မော်တာများမည်ကဲ့သို့ လည်သည် မည်ကဲ့သို့ဖွဲ့စည်းထားသည်ကိုဆွေးနွေးရာတွင်နားလည်နိုင်ရန် ဘာသာရပ်ဆိုင်ရာ အသုံးအနှုန်း (Triminology) များကိုဦးစွာလေ့လာသိရှိရပါသည်။

Force အားကိုတွန်းခြင်း သို့မဟုတ် ဆွဲခြင်းဟုအလွယ်ပြောနိုင်သည်။လျှပ်စစ်ကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သောသံလိုက်အား (Electromagnetism) မြေဆွဲအား(Gravity) တို့သည် force များဖြစ်သည်။

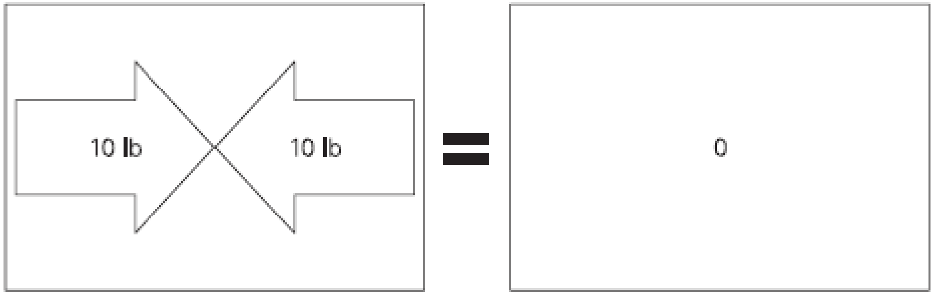
Net force ဝတ္ထုတခုပေါ်တွင်ကျရောက်သည့် မြေဆွဲအား၊ပွတ်အားအပါအဝင်အားများကို လားရာနှင့်ပေါင်းထားသည့်ရလာဒ် (Vactor sum of all force)သည် အသားတင်အား Net Force ဖြစ်သည်။အားများသည်လားရာဘက်တူလျှင်ပေါင်းရမည်။



ဆန့်ကျင်ဘက်အားနှစ်ခုကိုပေါင်းပါက အသားတင်အားသည်ကြီးသောအား၏လားရာအတိုင်းရွေ့မည်။

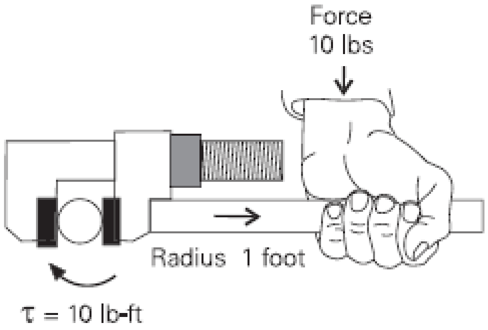


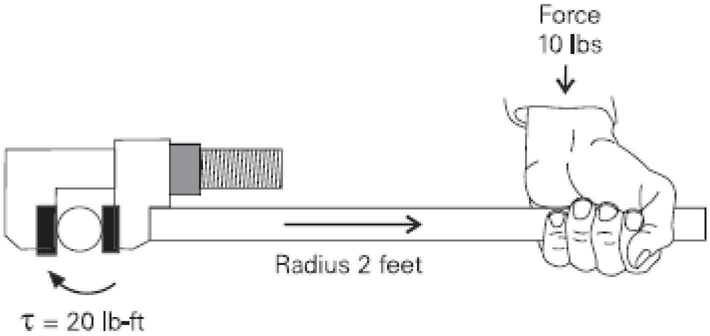
ဆန့်ကျင်ဘက်လားရာအားနှစ်ခုသည်တူညီနေပါက Net force သည်သုံညဖြစ်၍ သက်ရောက်ခံ ပစ္စည်းသည်မရွေ့ပါ။



Torque လိမ်ခြင်း (Twisting) သို့မဟုတ် လှည့်အား (turning force) ဖြစ်၍ သက်ရောက်ခံဝတ္ထု ကို လည်သွားစေသည်။

Torque =Force×Radius





Speed အလျှင်သည်ရွေ့လျားသည့်ခရီးအကွာအဝေးနှင့် ရွေ့လျားရန်လိုသည့်အချိန်တို့၏ အချိုး ဖြစ်သည်။

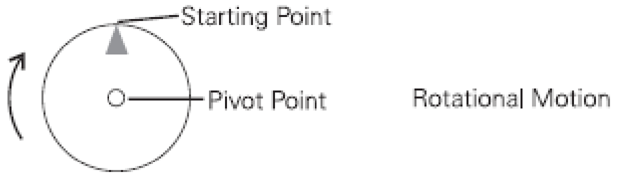
၂ Speed=Distance/Time

Linear Speed

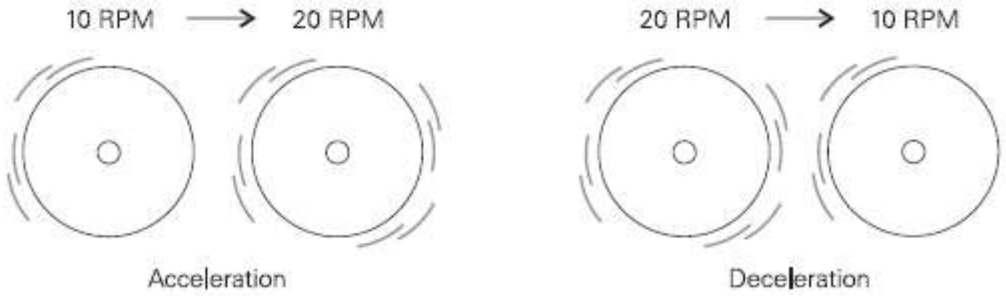
ဝတ္ထုတခု၏Linear speed သည် ထိုပစ္စည်းကို အမှတ်တခုမှတခုသို့ပြောင်းရန်အချိန်မည်မျှကြာ

သည်ဆိုသည့်အပေါ်တွင်ဆုံးဖြတ်သည်။အကွာအဝေးကိုအချိန်နှင့်စား၍ meter/second ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ ဥပမာ အမှတ် A မှ B သည် 10meter ကွာပြီး 2second အတွင်းရောက်ပါက၎င်း၏ Linear speed သည် 5m/s ဖြစ်သည်။

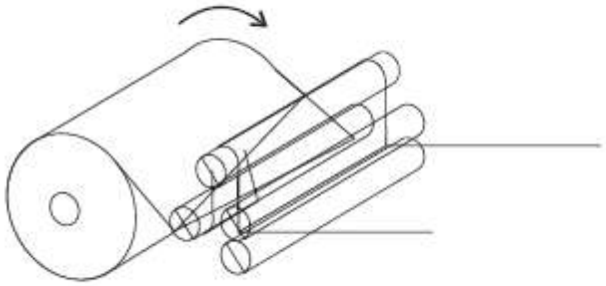
Angular (Rotational) speed လည်နေသောအရာဝတ္ထုတခု၏speed သည် စတင်သောအမှတ်မှ ထိုနေရာသို့အရောက် တပတ်ပြည့်ရန်ကြာသောအချိန်ပေါ်တွင်မူတည်သည်။တမိနစ်အတွင်း လည်သောအပတ် revolation/second (RPM) ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ဝတ္ထုတခုသည် တမိနစ်အတွင်း ၅ ပတ်လည်ပါက ၎င်း၏speed မှာ 5 RPM ဖြစ်သည်။



Accelaration ဝတ္ထုတခုအပေါ်တွင်သက်ရောက်သောအားကိုပြောင်းလဲလိုက်ပါက speed ပြောင်းသည်။၎င်းသည် Accelaration ဖြစ်သည်။speed သည် ပို၍မြင့်ရာမှ နိမ့်ရာသို့ပြောင်းပါက Decelaration ဟုခေါ်သည်။



Inertia ပြင်ပအားတစုံတရာမသက်ရောက်သမျှ ရုပ်ဝတ္ထုတခု၏ ၎င်း၏တည်ငြိမ်အနေအထား လှုပ်ရှားအနေအထားတွင်ဆက်လက်၍ရပ်တည်နိုင်သည့်ဂုဏ်သတ္တိသည် အင်နားရှားဖြစ်သည်။ pound-food squared (lb-ft2)ဖြင့်ဖော်ပြသည်။စက္ကူလိပ်ကိုဖြေနေသည့် (unwider)တခုသည် လည်နေစေသည့်မော်တာကိုရပ်လိုက်သော်လည်းလည်မြဲလည်နေသည့်Inertia ကြောင့် ပြင်ပ အားတခုမသက်ရောက်မချင်းလည်နေသည်ကိုတွေ့နိုင်သည်။



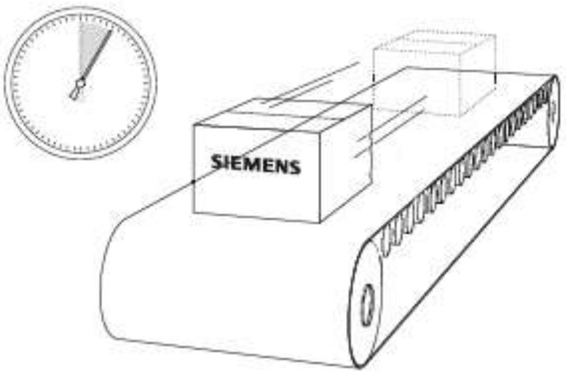
Friction လှုပ်ရှားနေသောစံနစ်တိုင်းတွင် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုရှိသည်။လှုပ်ရှားမှုကိုတသမတ်တည်း ရှိနေစေလိုပါက ဆုံးရှုံးသွားသောပမာဏနှင့်တူညီသော စွမ်းအင်ကိုချိန်ညှိ၍အားတခုအမြဲစိုက် ထုတ်နေရမည်။ဆုံးရှုံးစေသည့်ပွတ်တိုက်မှုများမှာမှာmotor နှင့် လည်ပတ်စေသောကရိယာ များ၏ bearing များပွတ်တိုက်မှု၊လေ၏ခုခံမှုကြောင့်ဖြစ်သည့် (wind losses) နှင့် winder,roller စသည့်လည်ပတ်အစိတ် အပိုင်းသတ္တုများ၏ပွတ်တိုက်မှုများဖြစ်သည်။

Work အားတခုသက်ရောက်၍အရွေ့တခုရှိလျှင်အလုပ်တခုပြီးမြောက်သည်။အား F သည် အရွေ့ d ကိုဖြစ်စေလျှင်

အလုပ် W=F.d (food-pound)ဖြစ်သည်။

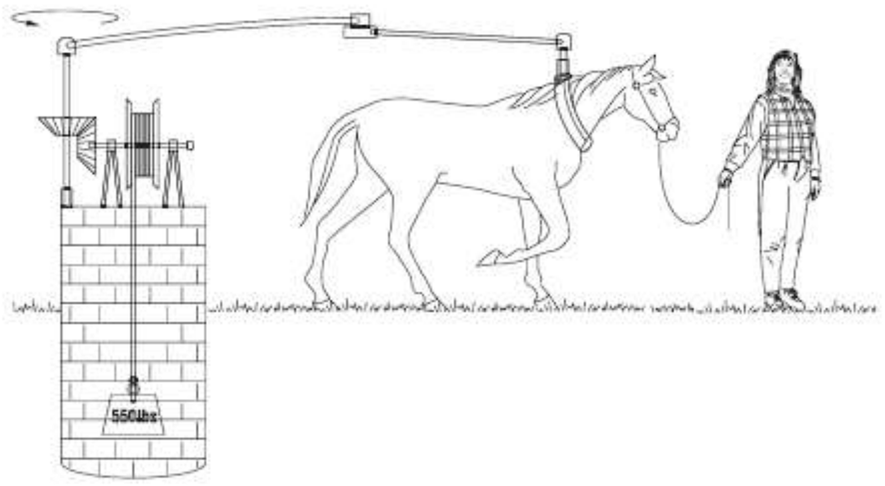
Power အလုပ်ပြီးမြောက်နှုံးဖြစ်သည်။

Power= (force×distance)/|Time = Work/time



Horse Power Power ကို food-pound/second ဖြင့်ဖေါ်ပြပြီး Horse Power (HP) ဖြင့်လည်း ဖေါ်ပြသည်။Horse Power (HP) ကို တဆယ့်ရှစ်ရာစုတွင် James Watt ကအမိပ္ပါယ်ဖွင့်ခဲ့သည်။ Watt ကရေနွေးငွေ့အင်ဂျင်များရောင်းချရာတွင် အင်ဂျင်တလုံးသည်မြင်းဘယ်နှစ်ကောင် လုပ်အားနှင့်ညီမျှသနည်း၊မြင်းဘယ်နှစ်ကောင်နှင့်အစားထိုးနိုင်သနည်းဟုမေးမြန်းခဲ့ကြသည်။မြင်း

ကိုလျှောက်စေ၍ ဘီးကိုလည်စေပြီးအလေးတုံးများကိုမတင်စေခဲ့ရာ မြင်းတကောင်သည် ပျမ်းမျှ 550 food-pound ကို တစက္ကန့်အတွင်းမတင်နိုင်ကြောင်းတွေ့ရသည်။ထို့ကြောင့် 1Horse Power သည် 550 foot-pound per second သို့မဟုတ် 33,000 foot-pound per minutes ဖြစ်သည်။



Horse power နှင့် Torque ၏ဆက်စပ်မှုမှာ

$HP=T\times RPM/5250$ ဖြစ်သည်။

Motor များ၏အရွယ် Power ကို HP ဖြင့်၎င်း (KW) Kilo watt ဖြင့်၎င်းဖေါ်ပြသည်။

$KW=0.746\times HP$

$HP=1.341\times KW$

Single phase motor များ၏ power ကို $KW= (V\times I\times PF)/1000$

Three phase motor များ၏Power ကို $KW=1.732\times V\times I\times PF/1000$

ပုံသေနည်းများဖြင့်ရှာဖွေနိုင်သည်။PF သည် power factor ဖြစ်သည်။

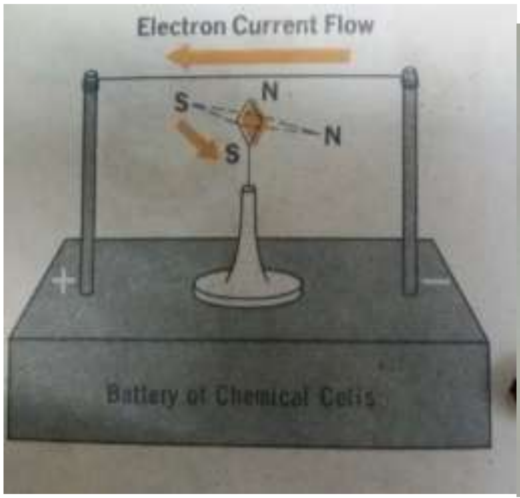
Basic of AC Motor 2

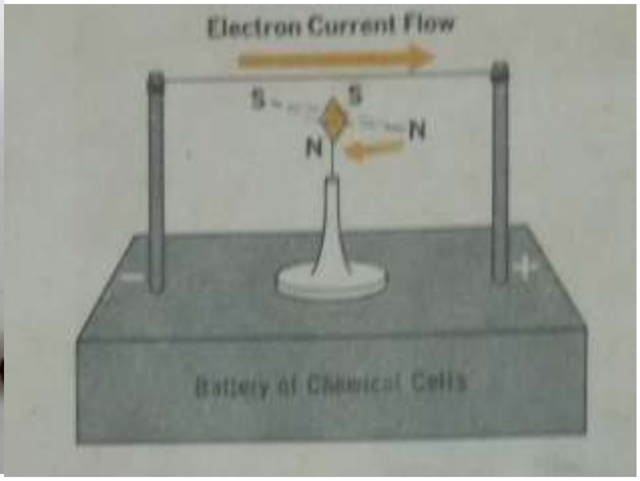
The electric motor is a machine that can transform electricity into rotary motion to perform useful work.

လူသားတို့သည် လုပ်ငန်းများဆောင်ရွက်ရာတွင် မိမိခန္ဓာကိုယ်ခွန်အားကိုတိရိစ္ဆာန်တို့၏ခွန်အားနှင့်အစားထိုးခဲ့ပြီး နောက်တဆင့်တွင် လေအားရေအားတို့ကိုအသုံးပြုခဲ့သည်။ဆယ့်ကိုးရာစုတွင် Volta က ပထမဆုံး chemical cell ဖြစ်သော Battery ကိုတီထွင်ခဲ့ရာမှစွမ်းအင်အသစ်ကိုရရှိခဲ့သည်။Battery မှသံလိုက် စွမ်းအား Magnetism ကိုဖော်ထုတ်နိုင်ပြီးနောက်ဆုံး လျှပ်စစ်မော်တာကိုပြုလုပ်နိုင်ခဲ့သည်။

Magnetic effect of electricity

ဝန်ရိုးတခုပေါ်တွင်လွတ်လပ်စွာလည်နိုင်သော သံလိုက်အိမ်မြှောင် (magnetic needle) တချောင်းကို လျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသောဝါယာတချောင်းအနီးတွင် ထားပါက သံလိုက်သည်တဘက်သို့လည်သွားပြီး ဝါယာမှ လျှပ်စီးကိုပြောင်းပြန်စီးစေပါက သံလိုက်သည်လည်း ဆန့်ကျင်ဘက်သို့လည်သွားကြောင်း Hans Christian Oersted က 1819 ခုနှစ်တွင်စမ်းသပ်တွေ့ရှိခဲ့သည်။





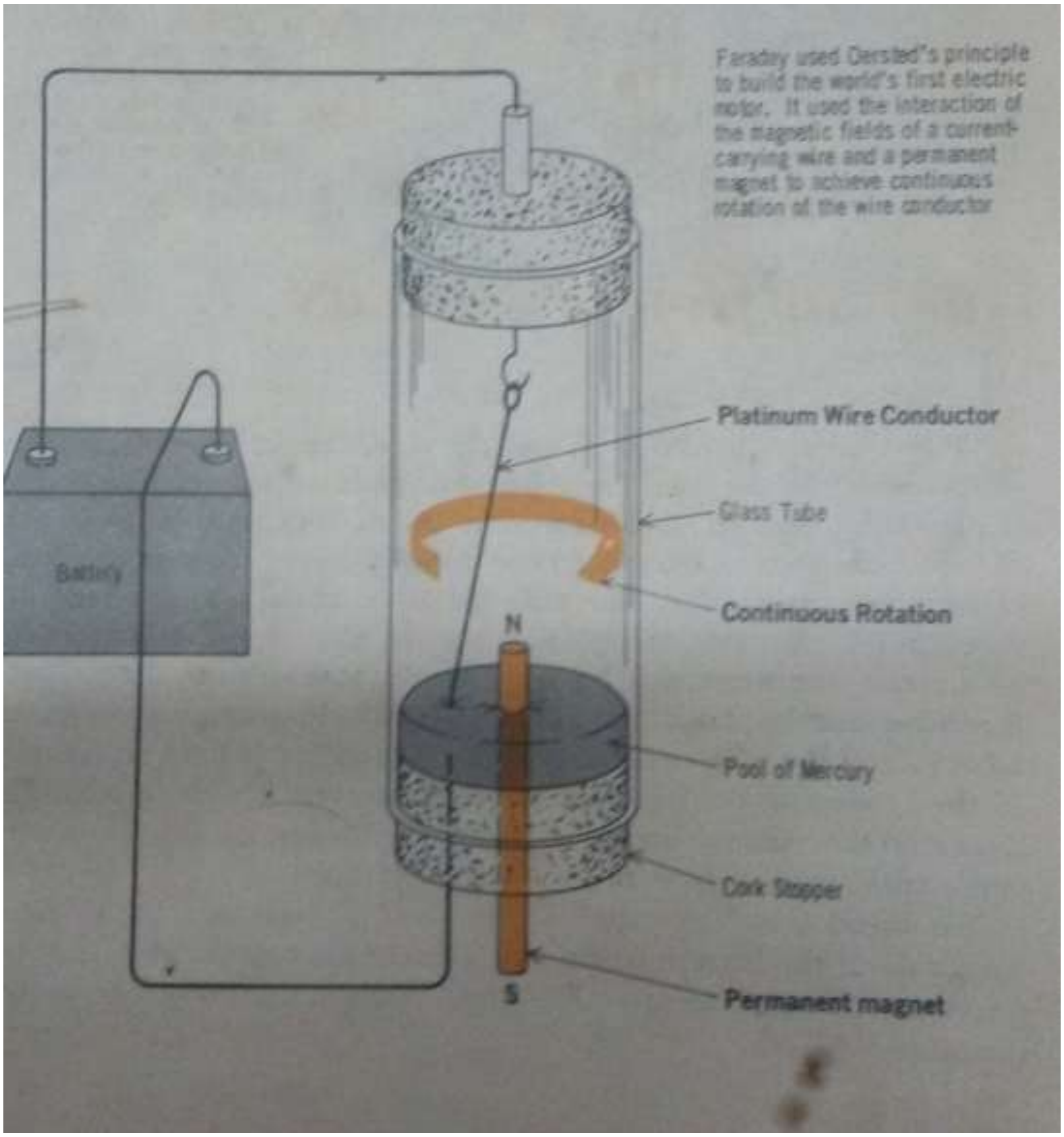
စမ်းသပ်ချက်မှသိရှိခဲ့သည်မှာ

၁.လျှပ်စစ်ဓာတ်စီးဆင်းနေသောဝါယာမှ သံလိုက်လမ်းကြောင်းများထုတ်လုပ်သည်။လျှပ်စစ်ဓာတ်အားမှ သံလိုက်စွမ်းအားအဖြစ်ပြောင်းလဲနိုင်သည်။

၂.လျှပ်စစ်စီးကြောင်းမှ သံလိုက်အားလမ်းများ (magnetic field) ဖန်တီးနိုင်ပြီး၊ထိုမှတဆင့် အရွေ့ (motion) ကို ပြုလုပ်နိုင်သည်။လျှပ်စစ်စွမ်းအားမှ စက်မှုစွမ်းအားအဖြစ်ပြောင်းလဲနိုင်သည်ဟူသောလေ့လာတွေ့ရှိမှု မှ တဆင့် လျှပ်စစ်မော်တာများဖြစ်ထွန်းပေါ်ပေါက်ခဲ့သည်။

The world's first electric motor

လျှပ်စစ် (electricity) သည် ရွေ့လျားမှု (motion) ကိုပြုလုပ်နိုင်သည်ဆိုသည့် Oersted ၏တွေ့ရှိမှုကို အသုံးပြု၍ Faraday က 1821 ခုနှစ်တွင် ကမ္ဘာ့ပထမဆုံးလျှပ်စစ်မော်တာကိုတည်ဆောက်ခဲ့သည်။Platinum ဝါယာ၏တဘက်ကို Battery ငုတ်နှင့်ချိတ်ထားပြီး ကျန်တစကို သံလိုက်ချောင်း၏ဘေးတွင် လွတ်လပ်စွာ (Free-swinging) လည်နိုင်အောင် မာကျူရီအတွင်းချထားသည်။Battery ၏ကျန်တစကို ဖော့ဆို့ကိုဖြတ်ပြီး ပြဒါး (mercury) အတွင်းထည့်၍ ဓာတ်စီးပါတ်လမ်းပြည့်သောအခါ ဝါယာစ သည်အဆက်မပြတ်လည်သည်ကို တွေ့ရသည်။



Basic of AC Motors 3

မော်တာများသည် သံလိုက်ဓာတ်၏ဂုဏ်သတ္တိနှင့် လျှပ်စစ်စီးကြောင်းကိုအသုံးပြု၍လည် ပတ်သည်။ အသုံး ပြုသော လျှပ်စစ်အမျိုးအစားကိုလိုက်၍ AC motor နှင့် DC motor ဟုနှစ်မျိုး ရှိသည်။

Magnetism

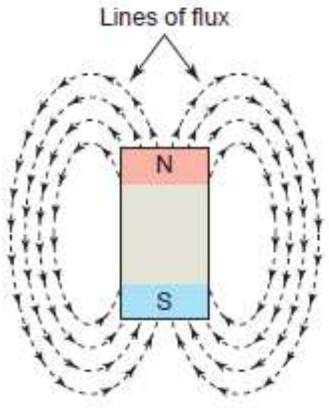


Fig.1.Magnetic field of the bar magnet

သဘာဝသံလိုက် သို့မဟုတ် အမြဲတမ်းသံလိုက်တခုသည် အနီးပါတ်ဝန်းကျင်ရှိ သံလိုက်နိုင်သော ပစ္စည်းများဖြစ်သည့် သံနှင့်သံမဏိ (Iron and steel) တို့ကို ဆွဲယူကပ်စေနိုင်သည်။ထိုသို့ပြုမူနိုင်ခြင်းမှာ ၎င်း၏ပင်ကိုယ် သံလိုက်အားကြောင့်ဖြစ်ပြီး ဆွဲအားအနဲအများမှာ magnetic field ခေါ်သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းပမာဏအပေါ် မူတည်သည်။၎င်းကို line of flux ဖြင့်ဖော်ပြသည်။

Electromagnetism

လျှပ်စစ်ဓာတ်စီးဆင်းနေသော conductor တခု၏ ပါတ်လည်တွင် သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများဖြစ်ပေါ်သည်။အားလမ်းကြောင်းအနည်းအများမှာ လျှပ်စီးကြောင်း၏ပမာဏနှင့်တိုက်ရိုက်အချိုးကျသည်။ဝါယာအတွင်းစီးဆင်းသည့် လျှပ်စီးကြောင်း၏လားရာနှင့် ဖြစ်ပေါ်လာသည့်သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းတို့၏လားရာမှာဆက်စပ်မှုရှိသည်။

Left hand conductor rule

ဘယ်ဘက်လက်၏လက်မသည် ဝါယာတွင်ရှိအီလက်ထရွန်စီးကြောင်းကိုဖော်ပြပါက ကွေးထားသောလက်ချောင်းကလေးများသည် ဝါယာ၏ပါတ်လည်တွင်ဖြစ်ပေါ်သည့် line of flux သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများ၏လားရာဖြစ်သည်။အီလက်ထရွန်စီးကြောင်းသည် Battery ၏အမမှအဖို

သို့စီးဆင်းသည်။

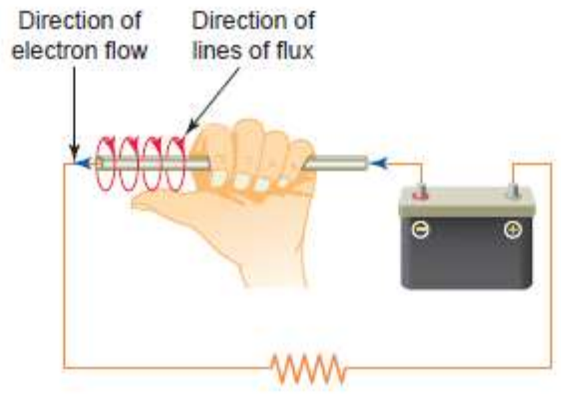
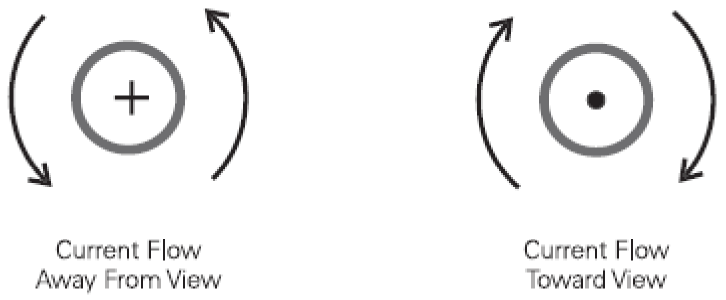


Fig.2.Magnetic field around straight current carrying conductor

Conductor အတွင်းလျှပ်စစ်စီးဆင်းမှုကိုဖေါ်ပြရာတွင် (+) သည် မိမိမှအဝေးသို့စီးထွက်ခြင်းကို ဖေါ်ပြ၍ (dot) အစက်သည် မိမိဘက်သို့စီးဝင်လာခြင်းကိုဖေါ်ပြသည်။



လျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသော conductor ကို coil ပုံခွေလိုက်သောအခါ coilတပါတ်ချင်းက သံလိုက်လိုင်း များထုတ်လုပ်သည့်အတွက်သံလိုက်ဓာတ်ပို၍အားကောင်းလာသည်။ ကွိုင်၏ အလယ်ဗဟိုကို core အူတိုင်ဟုခေါ်ပြီးဖေါ်ပြပါ coil မှာ air core လေဖြစ်သည်။သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများသည် သဘာဝသံလိုက်ကဲ့သို့ပင် မြောက်မှတောင် (north pole to south pole) စီးဆင်းသည်။ထို air core coil ၏ဗဟိုထဲသို့ သံပျော့တုံး (soft iron) ထည့်လိုက်သောအခါလျှပ်စစ်သံလိုက်သည်ပိုမိုအားကောင်း လာသည်။

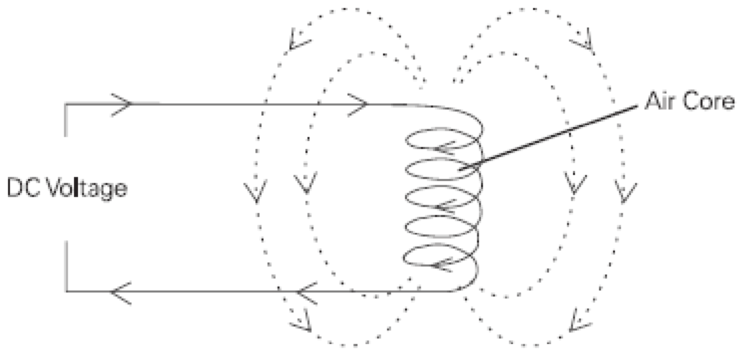


Fig.3.Air core electromagnetic

Iron core သည် လျှပ်စစ်သံလိုက်လိုင်းများဖြတ်စီးရန် လေထက်ခုခံမှုနည်းသဖြင့် သံလိုက် အားပို ကောင်းသည်။ထို့ကြောင့်မော်တာများသည် သံအူတိုင်၏ slot ခေါ်မြောင်းများတွင် wire များကိုcoil ခွေ၍ပြုလုပ်သည်။coil အတွင်းစီးသည့် လျှပ်စီး၏လားရာကိုပြောင်းပေးခြင်းဖြင့် coil ၏ (Polarity of pole) သံလိုက်ဝန်ရိုးကိုပြောင်းလဲနိုင်သည်။

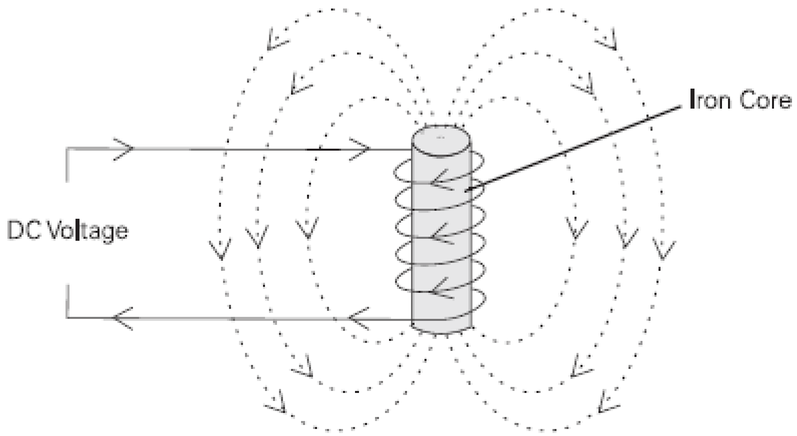


Fig.4.Iron core electromagnet

မော်တာတွေဘယ်လိုလည်သလဲ

သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းနှစ်ခုတို့၏တုန့်ပြန်မှုဖြင့်မော်တာများလည်ကြပါသည်။သိသာလွယ် သောသံလိုက်ဥပဒေမှာ တူညီသောဝန်ရိုးစွန်း (NN or SS) တို့သည်တွန်းကန်ပြီး မတူညီသော ဝန်ရိုးစွန်း (N and S) တို့သည် ဆွဲငင်သည်။

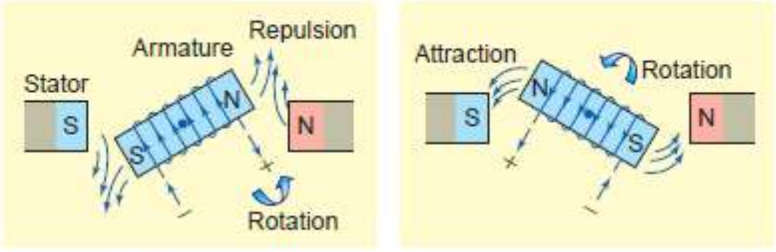


Fig.5.မော်တာ၏အခြေခံသဘောတရား

ပုံတွင် DC current ပေးထားသောelectromagnet သည် moving armature (rotar) ဖြစ်ပြီး Permanent magnetသည် ရပ်တည်နေသော stator ဖြစ်သည်။တူညီသောသံလိုက်ဝန်ရိုးစွန်းများ ၏ တွန်းကန်မှုကြောင့် armature သည်စတင်လည်သည်။စတင်လည်၍ ရွေ့သွားပြီးသည်နှင့် မတူညီသော ဝန်ရိုးစွန်းနှစ်ခုပြင်းထန်စွာဆွဲပြီး သံလိုက်နှစ်ခုတတန်းတည်းဖြစ်ချိန်တွင်ရပ်သွားမည်ဖြစ်သည်။ ထိုအချိန်တွင် armature current ကို ပြောင်းပြန်ပေးလိုက်ပါက သလိုက်ဝန်ရိုးစွန်း၏ polarity ပြောင်းသွားပြီး တွန်းကန်၍ဆက်လည်မည်။မတူညီသောဝန်ရိုးများတဖြောင့်တည်းကျချိန်တွင် armature current ကိုပြောင်းလဲပေးခြင်းအားဖြင့်rotar ကို အဆက်မပြတ်လည်စေသည်။armature current ၏လားရာကို ပြောင်းလဲအောင်ပြုလုပ်ပေးသောအရာမှာ Commutator ဖြစ်သည်။

လျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသည့် conductor တခုကို သံလိုက်နယ်မြေ (magnetic field) အတွင်းထားသောအခါ လျှပ်စီးကြောင်းကြောင့်ဖြစ်သော သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများနှင့်နှင့် Permanent magnet ၏ သံလိုက်အားလမ်းများအချင်းချင်းတုန့်ပြန်မှုကြောင့် conductor အထက်သို့ရွေ့လျားသွားသည်ကို Fig.6.တွင်တွေ့နိုင်သည်။

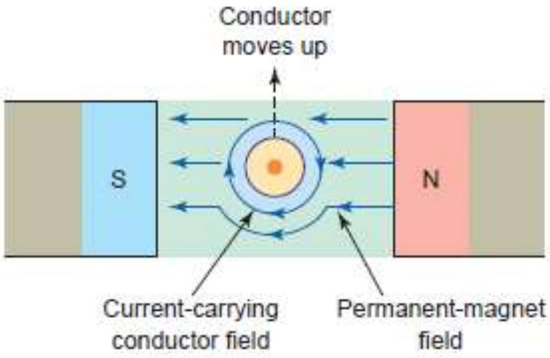


Fig.6. သံလိုက်နယ်မြေအတွင်းရှိ လျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသောconductor တခု၏ရွေ့လျားပုံ

ဖလင်းမင်း၏ညာလက်စည်းမျဉ်း

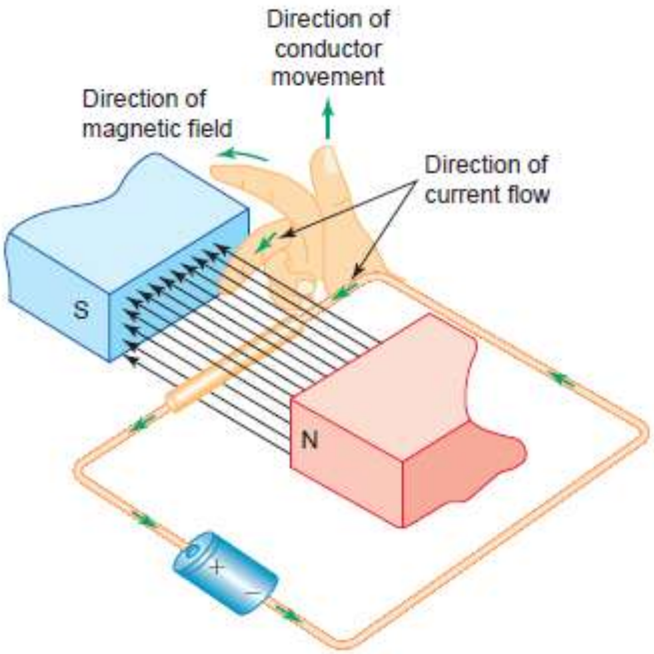
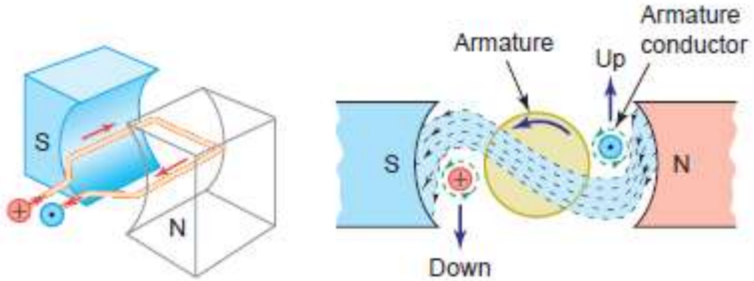


Fig.7. Right hand motor rule

သံလိုက်နယ်မြေ (magnetic field) အတွင်းရှိလျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသောconductor တခု၏ ရွေ့လျှားမည့်လားရာကို ဖလင်းမင်း၏ညာလက်စည်းမျဉ်း (Right hand motor rule) ကိုအသုံးပြု၍ သိနိုင်သည်။

ညာလက်၏လက်မ၊လက်ညှိုးနှင့် လက်ခလယ်တို့ကိုထောင့်မှန်ကျအောင်ထောင်ပါ။လက်ညှိုးသည် (Direction of magnetic field) သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများအတိုင်းညွှန်ပြပြီး၊လက်ခလယ်သည် electron စီးကြောင်း (- to +) ကိုညွှန်ပြပါက conductor ၏ရွေ့လျှားမှုလားရာသည်လက်မ၏ညွှန်ပြရာအတိုင်းဖြစ်သည်။



(a) Torque produced by a single-coil armature.

Fig.(a) တွင် လျှပ်စစ်စီးဆင်းနေသောခွေထားသည့် ဝါယာ (coil or loop of wire) တခုကို သံလိုက်နယ်မြေ (Magnetic field) တွင်ထားပါက လိမ်အား (Torque or rotational force) မည်ကဲ့သို့ ဖြစ်ပေါ်လာသည်ကိုဖေါ်ပြသည်။Permanent magnet ၏သံလိုက်အားလမ်းများနှင့် current စီးဆင်းမှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သည့်conductor ပါတ်လည်ရှိသံလိုက်အားလမ်းများ၏တုံ့ပြန်မှုကြောင့်သံလိုက်အားလမ်းများသည်ကွေးညွှတ်ပြီးလည်အားကိုဖြစ်ပါစေသည်။ဘယ်ဘက်ရှိ conductor သည် အောက်ဖက်သို့ငင်း၊ ညာဘက် conductor သည်အထက်ဘက်သို့ငင်းရွေ့ပြီး armature ကိုနာရီလက်တံနှင့်ပြောင်းပြန် (counter-clockwise) လည်စေသည်။

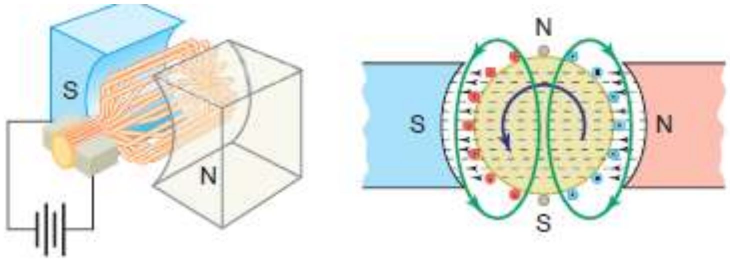


Fig.8.(b)Torque produce by the multi coil armature

လက်တွေ့အသုံးပြုသည့်မော်တာများတွင် armature coil များစွာဖြင့်ဖွဲ့စည်းထားသည်ကို Fig.(b) တွင်တွေ့နိုင်သည်။ထိုများစွာသော conductor coil တို့၏တောင်မြောက်ဝန်ရိုးစွန်းများမှ armature field များသည် stator field များနှင့်တုံ့ပြန် (interact) ပြီး armature ကိုအဆက်မပြတ်လည်စေသည်။

မော်တာများကို အသုံးပြုသည့် power အပေါ်တွင်မူတည်၍ AC motor နှင့်DC motor ဟုနှစ်စားခွဲနိုင်သည်။ထို့ပြင် အသုံးပြုသည့်နေရာ (application) နှင့် မော်တာ၏သဘောသဘာဝ (charateristics) များအရအမျိုးအစားများစွာခွဲနိုင်သည်။မော်တာအမျိုးအစားနှင့်အုပ်စုများကို Fig.9.တွင်ဖေါ်ပြထားပါသည်။

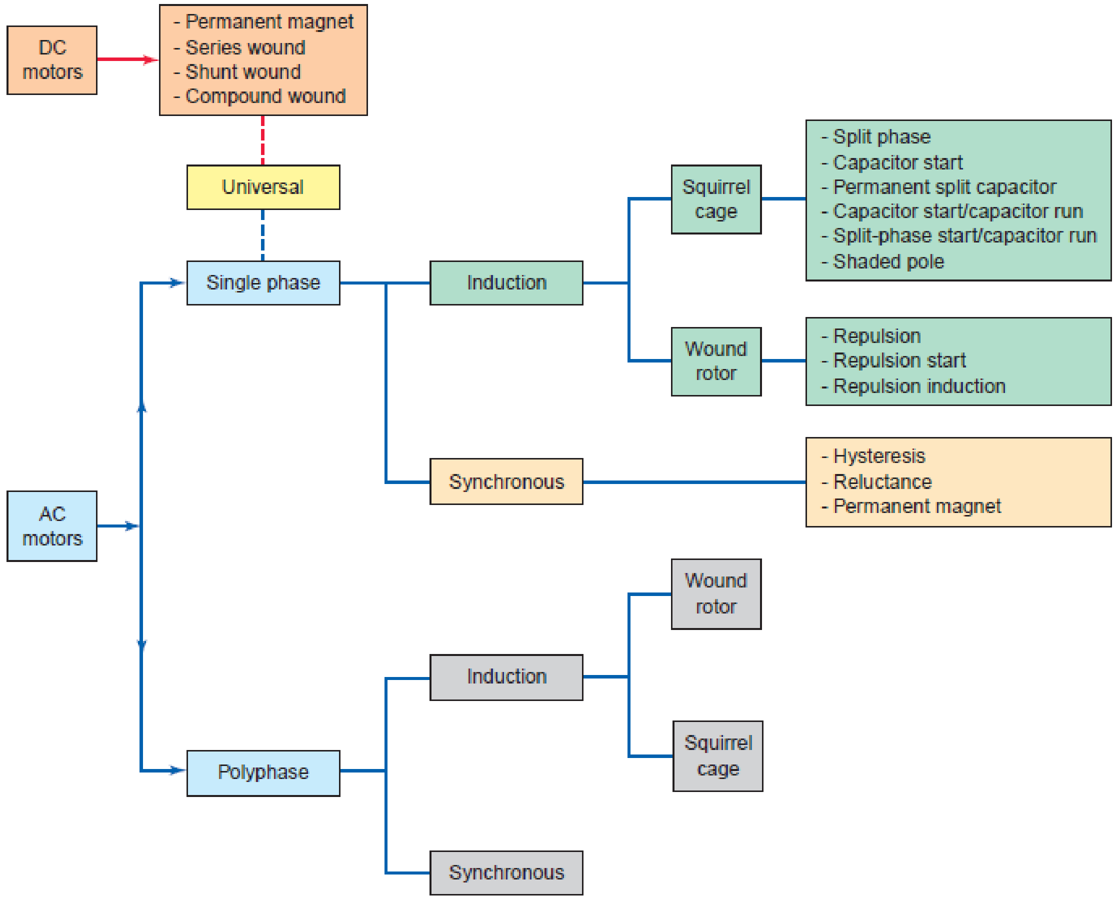


Fig.9.Family tree of common motors

Basic of AC Motors 4

Motor အကြောင်းအခြေခံဖြစ်သော Electromagnetism နှင့် Motor ၏အဦးအစ အခြေခံဖြစ်သည့် DC Motor တို့မည်ကဲ့သို့လည်ပတ်သည်ကိုရှင်းလင်းခဲ့ပြီးဖြစ်ပါသည်။အသုံးများသည့်AC Motor များအကြောင်းတင်ပြသွားပါမည်။

AC Motor Construction

Motor များတွင် Rotor, Stator နှင့် Enclosure or Housing or frame (ကိုယ်ထည်) ဟု သုံးပိုင်းပါဝင်သည်။Stator နှင့် rotor တို့သည်မော်တာလည်ပတ်စေသည့်အစိတ်အပိုင်းများဖြစ်ပြီး Enclosureသည်၎င်းတို့ကိုကာကွယ်ထားသည်။

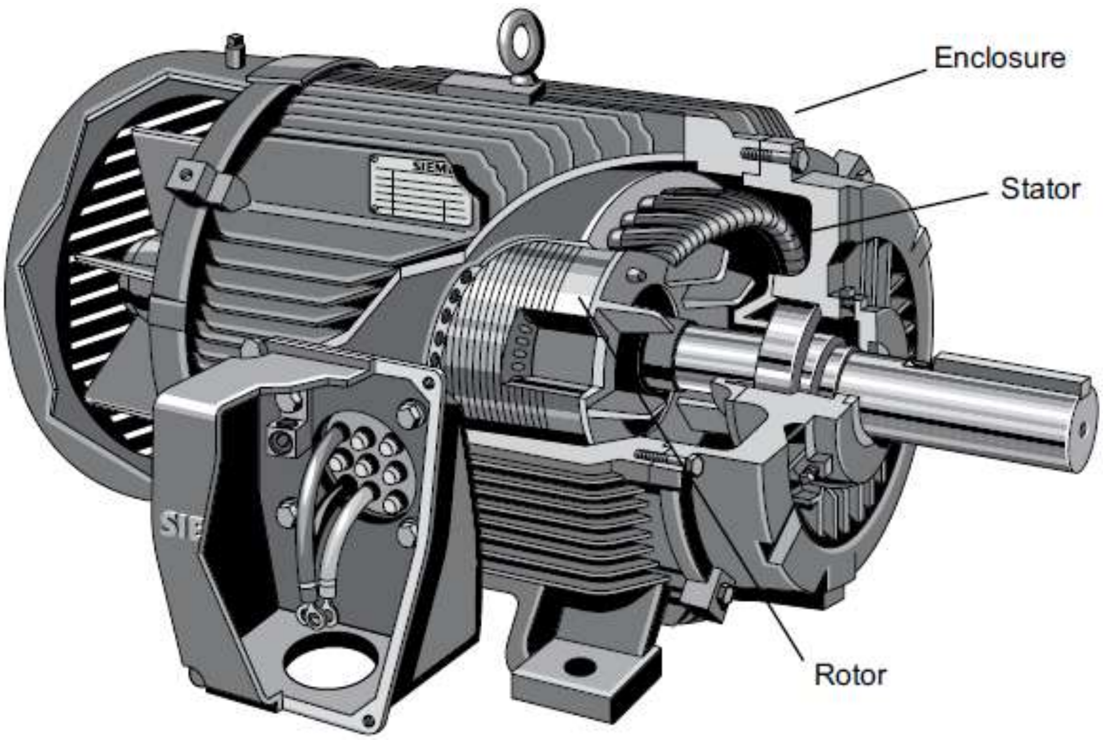


Fig.1.မော်တာ၏အဓိကအစိတ်အပိုင်းများ

STATOR

Stator များသည်မော်တာများ၏ လျှပ်စစ်သံလိုက်ပတ်လမ်းတွင် ခိုင်မြဲရပ်တည်နေသော အစိတ်အပိုင်း (stationary part) ဖြစ်ပြီး ၎င်းကို ပါးလွှာသောသံပြား (Laminations) အချပ်များစွာဖြင့်ဖွဲ့စည်းထားသည်။ Lamination ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် solid core များထက် energy losses စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှု ပို၍နည်းပါးသည်။ stator core ၏ မြောင်း (slot) များအတွင်း ခွေထားသည့် coil တခွေခြင်း (Fig.3.)

ထည့်၍ stator coil အစုအဝေး (Fig.4.) ကိုရရှိသည်။ ststor coil ကိုတိုက်ရိုက်Power ပေးရသည်။

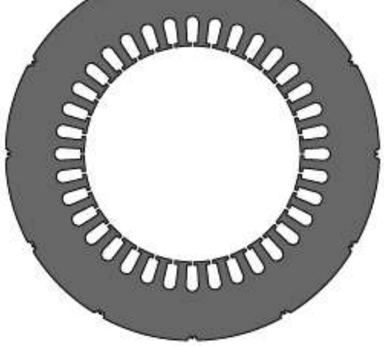


Fig.2. stator lamination sheet

Fig.3.stator core နှင့် coil တခွေ

Fig.4. startor coils or winding completed

ROTOR

Rotor သည် မော်တာ၏လျှပ်စစ်သံလိုက်ပတ်လမ်းတွင် လည်ပတ်သောအစိပ်အပိုင်း (rotating part) ဖြစ်သည်။ AC motor များတွင်အသုံးများသောrotor အမျိုးအစားမှာ squirrel cage rotor (ရှဥ့်လှောင်အိမ်ရိုတာ)ဖြစ်သည်။ရိုတာကိုလည်း (steel lamination sheet) သံပြားလွှာများကို စနစ်

တကျစီထပ်၍ ဆလင်ဒါပုံဖြစ်စေပြီး slot များအတွင်း rotor coil အဖြစ် aluminium conductor bar များကို (die cast) ဖိအားသုံးသွန်းလောင်း၍တပ်ဆင်သည်။ထို conductor bar များကိုထိပ်နှစ်ဘက်မှ End ring ဖြင့်ဆက်သွယ်ပြီး အလယ်အူတိုင်ကို steel shaft တပ်ဆင်ထားသည်။

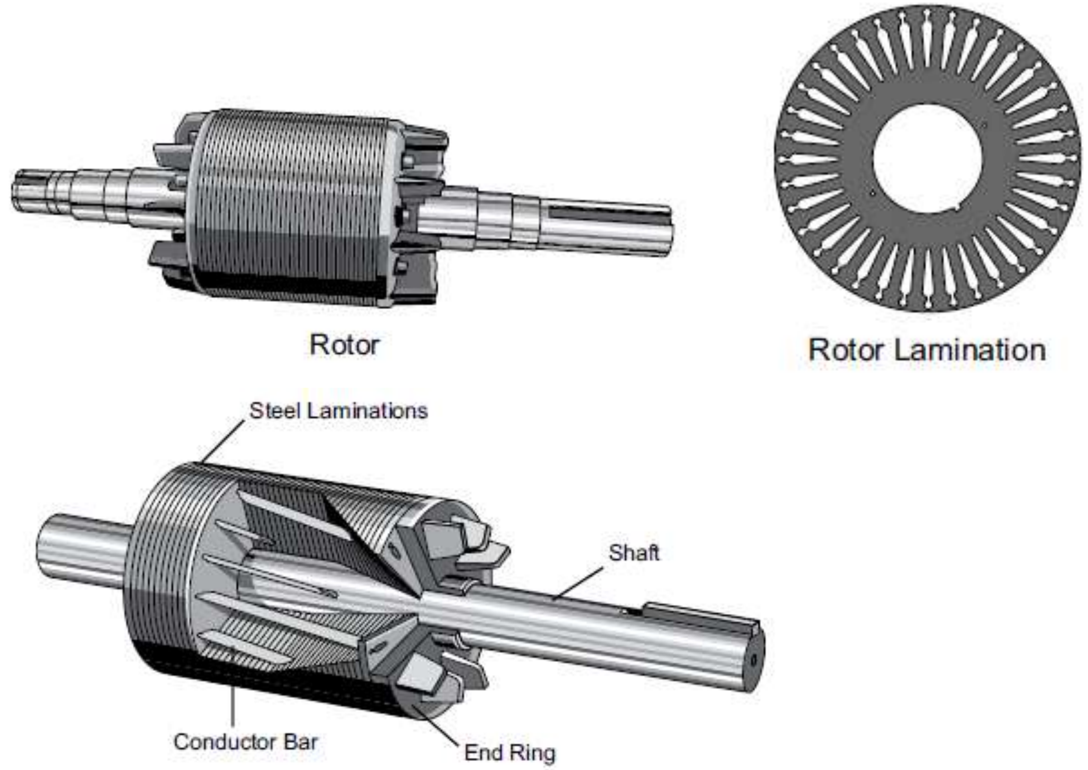


Fig.5. Rotor assembly

ENCLOSURE

အကာအကွယ်ဖြစ်သော enclosure တွင် ကိုယ်ထည် (frame or yoke) နှင့် အဖုံးနှစ်ဘက်ဖြစ်သော (End bracket or bearing housing) တို့ပါဝင်သည်။stator ကို ကိုယ်ထည်အတွင်းထိုင်ထားပြီး rotor ကို shaft မှတဆင့် bearing နှစ်ခုဖြင့်ထမ်းထားသည်။ stator နှင့် rotor တို့သည်တိုက်ရိုက်ဆက်သွယ်မှုမရှိဘဲ၎င်းတို့နှစ်ခုကြားတွင် Air gap ခေါ် သေးငယ်ဖြောင့်တန်းသည့်ကြားကွက်လပ် တခုခြားသည်။

Enclosure သည် မော်တာ၏အတွင်းအစိပ်အပိုင်းများကို ရေနှင့် ပါတ်ဝန်းကျင်ရှိဝတ္ထုပစ္စည်းများ မဝင်အောင်ကာကွယ်ပေးသည်။ Cast iron နှင့် Aluminium frame နှစ်မျိုးရှိသည်။ဓာတုပစ္စည်းများနှင့် အခြားသောပွန်းစားမှုရှိနိုင်သည့် Havey Industry များတွင် cast iron ကိုသုံး၍အခြားပေ့ါပါးသော Pump

နှင့် Fan များအတွက် Aluminium frame ကိုသုံးလေ့ရှိသည်။

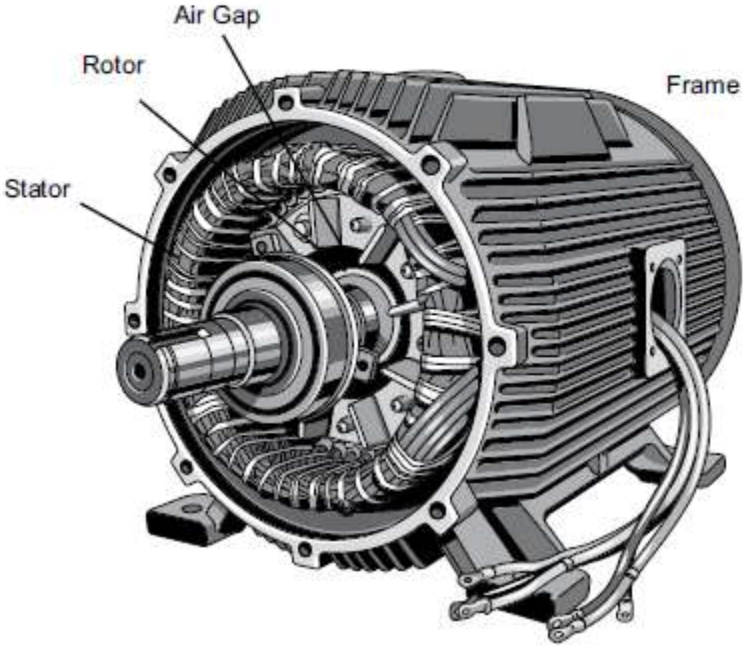


Fig.6.မော်တာ၏အတွင်းဖွဲ့စည်းပုံ

Fig.7.Motor တလုံး၏ဖြတ်ပိုင်းပုံ

NEMA standard တွင်motor enclosure ကို Open နှင့်Totally enclosed ဟူ၍ အဓိက နှစ်မျိုး ခွဲပြီး open drip proof (ODP), totally enclosed fan-cooled (TEFC) စသည့်ဖြင့်အမည်များဖြင့် ဖော်ပြသည်။ IEC standard တွင် ဂဏန်းနှစ်လုံးဖြင့်ဖော်ပြသည့် IP (Index of Protection) ဖြင့် ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။

Enclosure များအကြောင်းကို motor selection တွင်ပြည့်စုံစွာထပ်မံတင်ပြပါမည်။

Basic of AC Motors 5

Direct current သုံး Electromagnet များသည် လျှပ်စီးကြောင်း၏လားရာကိုပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် သံလိုက်ဝန်ရိုးစွန်း (Polarity) ကိုပြောင်းလဲစေကြောင်းသိရှိခဲ့ကြပြီးဖြစ်ပါသည်။Alternating current (AC source) အသုံးပြုသောလျှပ်စစ်သံလိုက်များတွင် source ၏ Frequency အတိုင်းပြောင်းလဲသည်၊

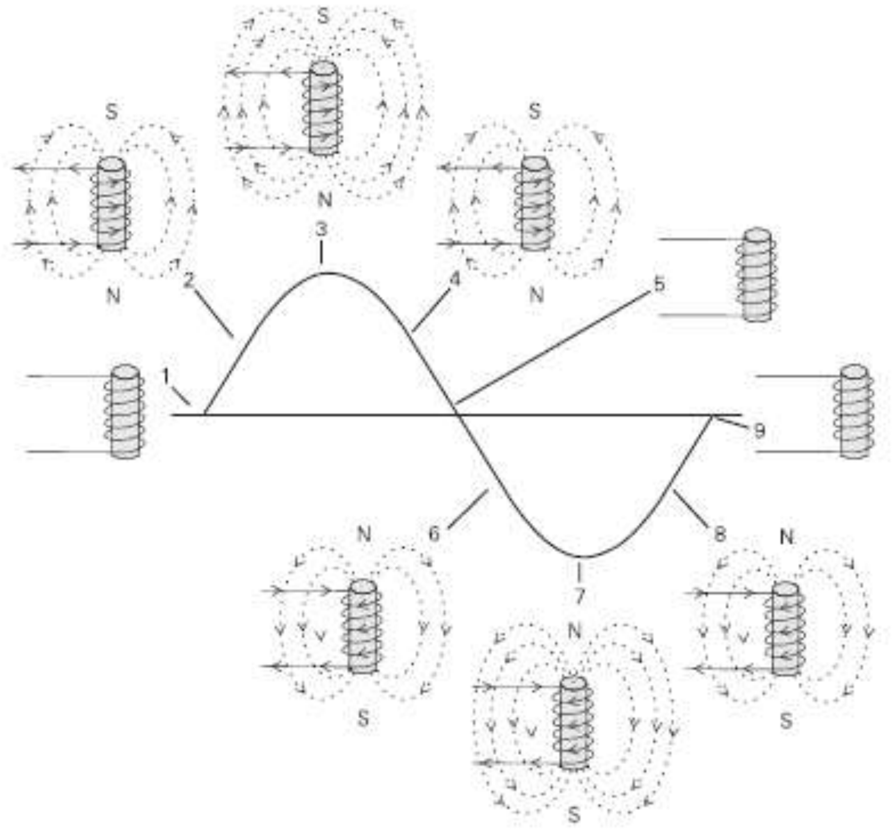


Fig.1.

ပုံ(၁) တွင် AC လျှပ်စီး၏ frequency တခုအတွင်း လျှပ်စစ်သံလိုက်တခုတွင် သံလိုက်အားလမ်း ကြောင်း (Magnetic field) ပမာဏနှင့် Polarity ပြောင်းလဲမှုကိုဖေါ်ပြသည်။

AC frequencya ၏အစ Time 1 တွင် လျှပ်စစ်စီးဆင်းမှုမရှိ၊သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများ ဖြစ်ပေါ် ခြင်းလည်းမရှိပါ။Time 2 တွင်လျှပ်စီးသည် positive direction အတိုင်းစီးပြီး လျှပ်စစ်သံလိုက်၏ဘေးပါတ်လည်တွင် သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများစတင်ဖြစ်ပေါ်ပြီး south pole သည် အထက်တွင်ရှိသည်။Time 3 တွင် လျှပ်စီးကြောင်းသည် အမြင့်ဆုံးဖြစ်ပြီး သံလိုက်အားလမ်းများ၏စွမ်းအားသည်လည်းအမြင့်ဆုံးဖြစ်သည်။Time 4 တွင် လျှပ်စစ်သံလိုက်လိုင်းများလျော့နည်းလာပြီး Time 5 တွင် လျှပ်စီးကြောင်းနှင့် လျှပ်စစ်သံလိုက်လိုင်းမရှိ (Zero) ဖြစ်သည်။

Time 6 တွင် လျှပ်စီးကြောင်းသည် Negative direction အတိုင်းစီး၍ လျှပ်စစ်သံလိုက်လိုင်းများ၏

Polarity ပြောင်းပြီး North pole သည်အထက်တွင်ရှိသည်။Time 7 တွင်အမြင့်ဆုံးဖြစ်၍ Time 8 တွင် လျော့နည်းလာကာ Time 9တွင် Zero သို့ပြန်ရောက်သည်.။Time 1မှ Time 9 သည် Frequency တခုသာဖြစ်၍ တစက္ကန့်တွင်အကြိမ် ငါးဆယ်ပြောင်းလဲသည်။

Induced voltage

ပုံ ၂ တွင်လျှပ်စစ်သံလိုက်တခုကို AC power ပေးပြီး အခြားတခုကို ၎င်း၏အထက်တွင်နေရာချထားသည်။၎င်းတို့နှစ်ခုသည် တခုနှင့်တခု ထိစပ်မှုမရှိ။Time 1 တွင် လျှပ်စစ်သံလိုက်နှစ်ခုလုံးတွင် volt နှင့် Current မရှိပါ။Time 2 တွင် အောက်ဖက်မှ circuit ကို လျှပ်စစ်ဓာတ်ပေးရာ လျှပ်စစ်သံလိုက်လှိုင်းများဖြစ်ပေါ်ပြီး အားလမ်းကြောင်းများသည် အပေါ်ဖက်ရှိလျှပ်စစ်သံလိုက်ကိုဖြတ်သန်းသည်။ထိုအခါ ထိစပ်မှုမရှိသော အပေါ် circuit တွင် voltage တခုဖြစ်ပေါ်ပြီး လျှပ်စီးကြောင်းစီးသည်ကိုတွေ့နိုင်သည်။

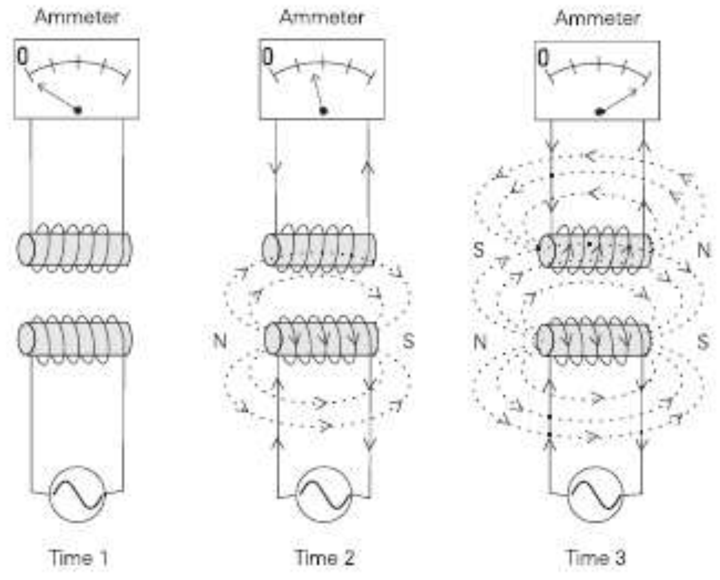


Fig.2

Time 3 တွင် လျှပ်စီးကြောင်းသည် အမြင့်ဆုံးတန်ဘိုး (Peak value) ကိုရောက်ရှိသွားသည်။အောက်ဖက်မှ လျှပ်စစ်သံလိုက်တွင်လျှပ်စီးမြင့်တက်ခြင်းနိမ့်ကျခြင်းကြောင့် သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများ များပြား၍ တိုးထွက်ခြင်း လျော့နည်း၍ ကျုံ့ဝင်ခြင်းများဖြစ်ပေါ်သည်။ထိုသံလိုက်လှိုင်းများက အပေါ် coil ကိုဖြတ်သန်းပြီး Induced voltage ဖြစ်ပေါ်စေသည်။Induce voltage ကြောင့်လျှပ်စီးကြောင်းစီးပြီး ၎င်းမှသံလိုက်အားလမ်းကြောင်းများကိုဖြစ်ပေါ်စေသည်။

လျှပ်စစ်သံလိုက်၏ဆွဲငင်မှု

အောက်ဖက်ရှိ လျှပ်စစ်သံလိုက်၏ညှို့ဝင်မှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်သောအပေါ်ဖက်ရှိသံလိုက်၏ဝန်ရိုးစွန်း Polarity သည် ပြောင်းပြန်ဖြစ်သည်။မတူသောဝန်ရိုးစွန်းများဖြစ်၍ဆွဲငင်သည်။အောက်ဖက်ရှိလျှပ်စစ်သံလိုက်

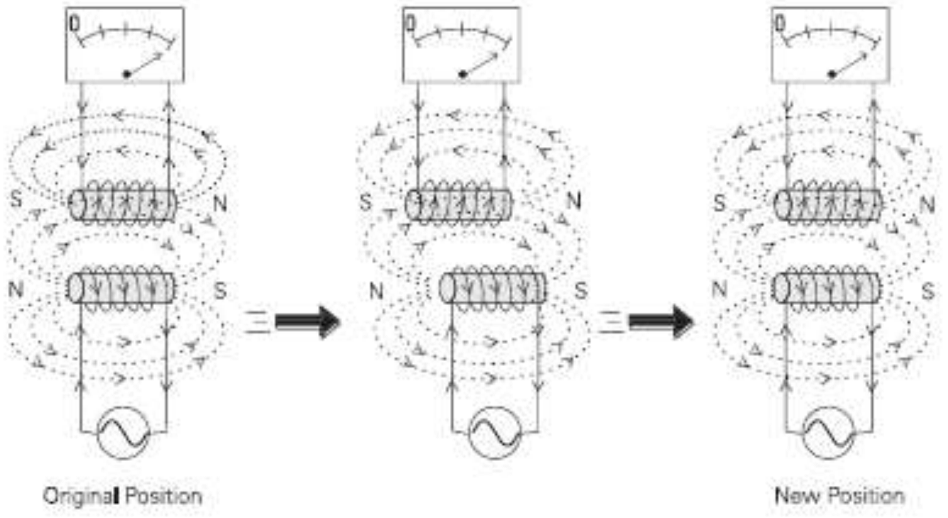


Fig.3

ကိုရွှေ့လိုက်ပါက အပေါ်မှသံလိုက်ကရွှေ့ပါလာသည်ကိုတွေ့နိုင်သည်။

Three Phase AC Motor များလည်ပတ်ပုံ

AC Motor များတွင် AC frequency အလိုက် stator တွင်ဖြစ်ပေါ်သည့် rotating magnetic field သည် မော်တာကိုလည်စေသည့်အဓိကအကြောင်းဖြစ်သည်။Motor ၏stator တွင်လည်ပတ်နေသောသံလိုက်အားလမ်းကြောင်း (rotating magnetic field)များဖြစ်ပေါ်ပြီး ၎င်းမှ Rotor တွင်Induced voltage နှင့် သံလိုက်လိုင်း များဖြစ်ပေါ်သည်။ သံလိုက်အားလမ်းကြောင်းနှစ်ခု၏ဆွဲငင်တွန်းကန်မှုကြောင့် လွတ်လပ်စွာ လည်ပတ် နိုင် အောင် Bearing နှင့်တပ်ဆင်ထားသည့် Rotor သည်ဆက်မပြတ်လည်ပတ်သည်။

Fig.4 တွင် Three phase AC motor တခု၏ Stator တွင်Rotating magnetic field ဖြစ်ပေါ်လာပုံကိုဖော်ပြသည်။

*Winding သုံးစုံကို stator အတွင်း 120 electrical degree ခြား၍ နေရာချထားပြီး တစုံစီကို Three phase power ၏တခုစီဖြင့်ဆက်သွယ်သည်။Winding အသီးသီးတွင် current စီးသောအခါ rotating magnetic field ဖြစ်ပေါ်ပြီး stator core အတွင်းလှည့်ပတ်နေသည်။

Three phase A, B & C တို့၏ AC frequency sine wave တခုကို 60 degree ခြား၍ ကြည့်ပါက ဖြစ်ပေါ်လာသည့် Rotating field ၏ Polarity ကိုတွေ့နိုင်သည်။

ပုံတွင် Magnetic field သည် stator အတွင်း clockwise နာရီလက်တံအတိုင်းလည်သည်ကိုတွေ့နိုင်သည်။Stator winding တွင်Three phase power၏ နှစ်စကိုပြောင်းလဲတပ်ဆင်ခြင်းဖြင့် magnetic field ၏ လားရာကိုပြောင်းပြန် (anti-clockwise) လည်စေသည်။Pole သည် Phase တခုတွင် winding ဘယ်နှစ်ကြိမ်

ပါသည်ကိုဆိုလိုသည်။ပုံတွင်winding နှစ်ကြိမ်စီပါသဖြင့် Two Pole stator ဖြစ်သည်။

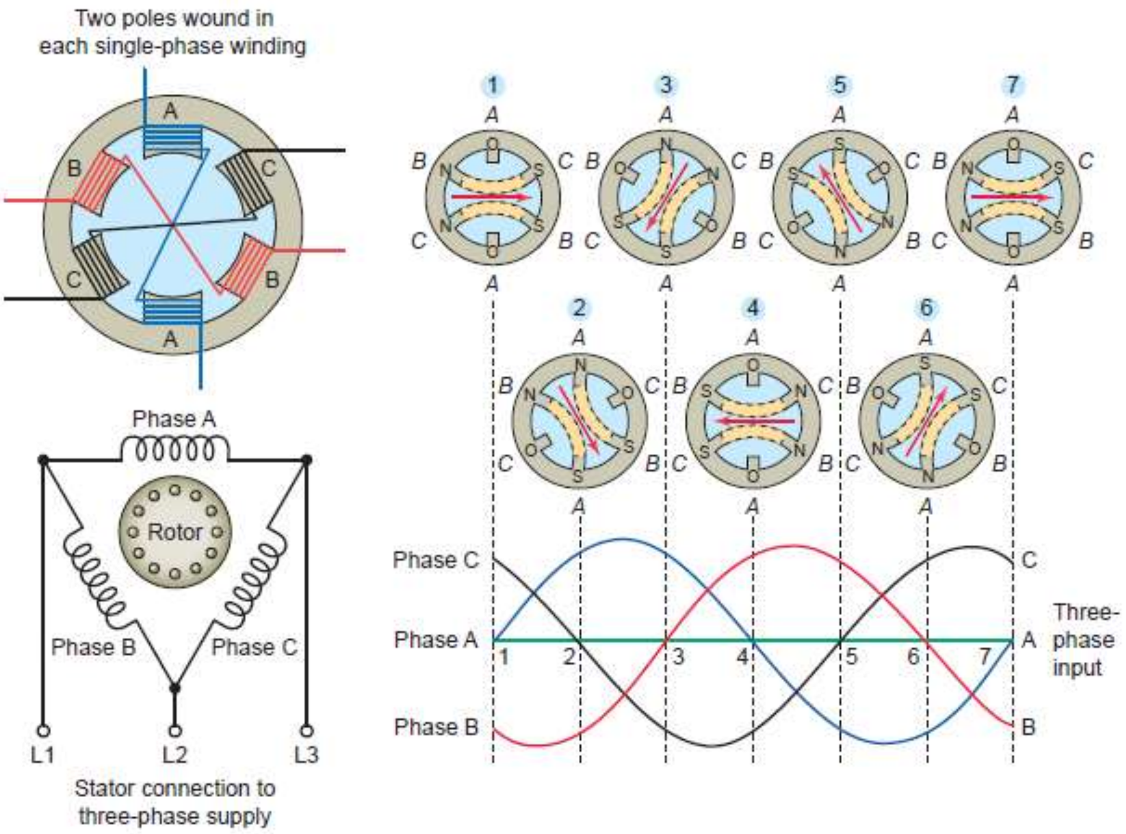


Fig.4Rotating magnetic field

AC Motor တို့၏ Speed ကိုနှစ်မျိုးဖွင့်ဆိုနိုင်သည်။Stator coil ၏ magnetic field rotation ကို Synchronous speedဟုခေါ်သည်။၎င်းသည်သီအိုရီအရတွက်ချက်ထားခြင်းဖြစ်ပြီး Frequency မြင့်လေ ပိုမြန်လေဖြစ်ပြီး၊stator pole များလေspeed နည်းလေဖြစ်သည်။AC Motor များ၏ speed ကိုအောက်ဖော်ပြပါပုံသေနည်းဖြင့်ရှာနိုင်သည်။

S=120F/P ဖြစ်သည်။

S=Synchronous speed in rpm

F=Frequency, Hz of the power supply

P=Number of Poles wound in each of the single phase winding

အခြားတမျိုးမှာ Motor shaft ၏လည်ပတ်မှုကိုအမှန်တကယ်တိုင်းထားသည့် Actual speed ဖြစ်သည်။Actual speed သည် SynchronousSpeed ထက်အမြဲနည်းပြီး ခြားနားချက်ကို Slip ဟုခေါ်သည်။

Motor name plate တွင် Actual speed ကို Rated speed ဟုဖော်ပြသည်။ သတ်မှတ်ထားသော Supply voltage ပေးထားစဉ် ဝန်ပြည့် (Fully loaded) ရှိ rpm ဖြစ်သည်။

Induction motor

အသုံးအများဆုံးအမျိုးအစားဖြစ်ပြီး Single phase နှင့် Three phase ဟူ၍ Type နှစ်မျိုးရှိသည်။ ၎င်းမော်တာသည် Rotor တွင် DC source ပေးရန်Slip ring မပါ။ပြင်ပမှ ဗို့အားပေးခြင်းမရှိဘဲ Stator မှတဆင့် air gap ကိုဖြတ်ပြီး induced voltage ဖြစ်၍ rotor current စီးပြီး magnetic field ဖြစ်ပေါ်သည်။Stator နှင့် rotor တို့၏magnetic field များတုန့်ပြန်မှုဖြင့်မော်တာလည်သည်။ထို့ကြောင့်လျှပ်ညှို့မော်တာ(Imduction motor) ဟုခေါ်သည်။

Three phase stator winding တွင်သီးခြားအစု (Group) သုံးစုရှိသည်။Phase ဟုခေါ်ပြီး A,B နှင့် C ဟုအမည်ပေးသည်။Phase တစုနှင့်တစု 120 electrical degree ခြားပြီး တစုစီတွင်တူညီသော coil နှင့် တူညီသောPole များရှိသည်။Fig.6 သည် 4 pole,3 phase ,Y connectionဆက်ထားသည့် မော်တာဖြစ်သည်။

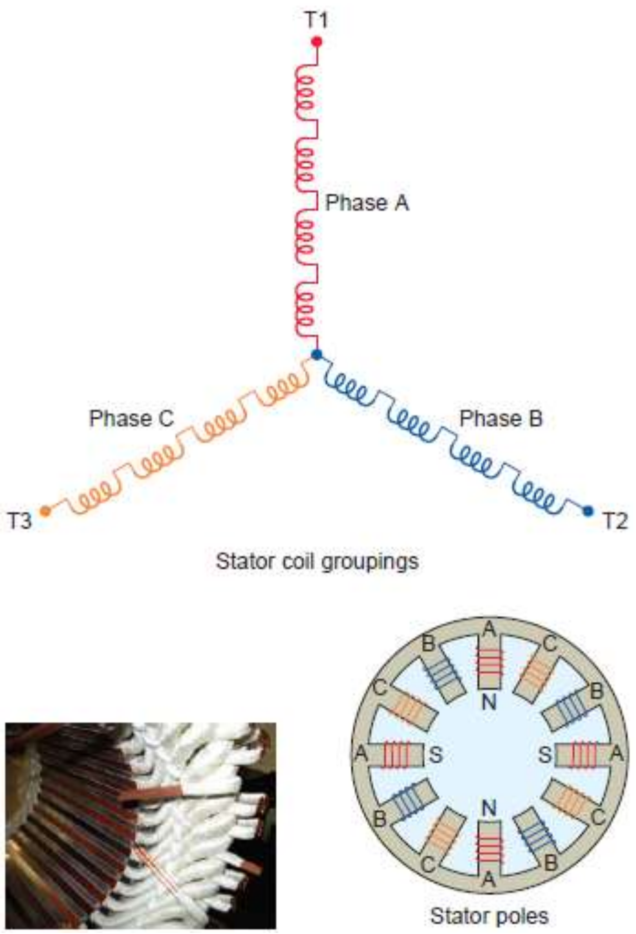


Fig.6.Four Poles, star connected stator winding Squirrel cage induction motor

Induction motor များ၏ rotor တွင် Squirrel cage rotor နှင့် Wound rotor ဟူ၍နှစ်မျိုးရှိသည်။ စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင်squirrel cage rotor ကိုအသုံးများသည်။Squirrel cage rotor သည် single bar များကိုထိပ်နှစ်ဖက်မှ End ring ဖြင့် Short circuit ပြုလုပ်ထားဖြင့် ရှဥ့်လှောင်အိမ်နှင့်သဏ္ဍာန်တူသဖြင့် Squirrelcage rotor ရှဥ့်လှောင်အိမ်ရိုတာဟုခေါ်သည်။

Stator winding ကိုPower ပေးသောအခါ stator တွင် rotating magnetic field ဖြစ်ပေါ်သည်။ထို rotating magnetic field က Single winding ဖြစ်သော rotor bar များတွင်induced voltage ဖြစ်သည်။ Induced voltage ကြောင့် rotor bar များတွင် Current စီးပြီး magnetic field ကိုဖြစ်စေသည်။

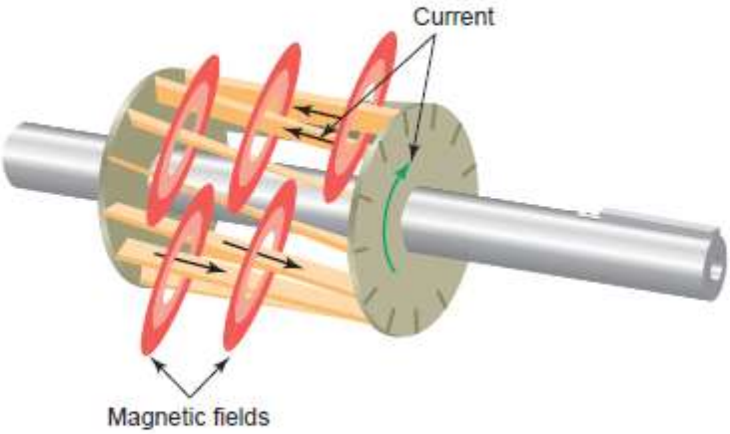


Fig.5.Induced rotor current in squirrel cage rotor

Rotor နှင့်Stator တို့၏magnetic field များဆွဲငင်တွန်းကန်မှုကြောင့် လိမ်အား (torque) ကိုဖြစ်ပေါ်စေသည်။၎င်း Torque ကပင် Stator ၏ rotating magnetic field လားရာအတိုင်း Rotor ကို လည်စေသည်။အသုံးများသောမော်တာအများစုမှာ conductor bar နှင့် Short circuiting End rings ကို Cast-aluminium ဖြင့်ပြုလုပ်သည်။Rotor resistance မြင့်ပါက high starting torque နှင့် Low starting currentဖြစ်ပြီး Rotor resistance နဲပါက Slip နဲပြီး ဝန်ပြည့်တွင် စွမ်းဆောင်မှုမြင့်မားသည်။

Characteristic of Squirrel cage motor

Synchronous speed နီးပါး(Low slip) လည်ပြီး constant speed ဖြစ်သည်။Starting current မြင့်မားစွာလိုအပ်သဖြင့် Line voltage ကိုမတည်ငြိမ်မှု (Fluctuation) ဖြစ်စေသည်။Power သုံးကြိုးအနက်မှ နှစ်ချောင်းကိုပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် လည်ပတ်မှု direction ကိုပြောင်းနိုင်သည်။ရပ်နေစဉ် (Stand still) အချိန်တွင် (Phase loss) ပါဝါတစမရှိပါက မလည်နိုင်။လည်နေစဉ် Phase loss ဖြစ်ပါက Single motor ကဲ့သို့ဆက်လည် ပြီး ကျန်Phase နှစ်ခုတွင် လျှပ်စီးနှစ်ဆဆွဲသဖြင့် (Over heat) အပူချိန်တက်လာမည်ဖြစ်ပြီး လောင်သွားမည်။

Induction မော်တာများသည် Slip ရှိနေသဖြင့် Synchronous speed သို့မရောက်နိုင်ပါ။အကယ်၍ rotor RPM က Field rotation နှင့်ထပ်တူလည်ပါကRotor နှင့် Field အကြားRelative motion မရှိတာသမတ်တည်းဖြစ်နေ၍ Voltage induced မဖြစ်နိုင်ပါ။Slip သည် Induction motor လည်ရန်လိုအပ်သည်။Rotating magnetic field နှင့် Rotor တို့၏ Speed ခြားနားချက်ကို Percentage slip ဖြင့်ဖေါ်ပြသည်။

Percent slip = (Synchronous Speed –Actual speed)/Synchronous speedx100

လက်တွေ့တွင် Percent slip သည် 2~3 Percent ခန့်ရှိသည်။

Motor and Power factor

Power factor သည် Actual or true power (Watt) နှင့် Apparent power (Volt-amp) တို့၏အချိုးဖြစ်သည်။Actual power အချိုးများမှ power factor ကောင်းပြီးဆွဲယူသော current ကို motor က အကျိုးရှိရှိ လုပ်ဆောင်နိုင်မည်ဖြစ်သည်။Motor စလည်လျှင် သံလိုက်အားလမ်းများပြုလုပ်ရသည့် Exciting current နှင့် Reactive power load သာရှိပြီး ဝန်ပြည့်တွင်`၎င်းRective power နှင့် ဝန်ဆွဲသည့်Active power တိုပါဝင်သည်။ထို့ကြောင့် Motor များသည် No load အချိန်နှင့် Full load အချိန်နှိုင်းယှဉ်ပါက No load တွင်Power factor ညံ့ဖျင်းသည်။ဝန်ပြည့် (Full load) တွင် မော်တာအသေးများသည် Pf 70 percent နှင့် မော်တာအကြီးများသည် Pf 90 Percent ခန့်ရှိသည်။လုပ်ငန်းအတွက်Motor size ရွေးချယ်ရာတွင် စွမ်းရည်အမြင့်ဆုံးရရှိရန်အတွက် မှန်ကန်စွာရွေးချယ်ရမည်။Oversized ကိုရွေးချယ်မိပါက ကုန်ကျစားရိတ်ပိုသည့်ပြင် စွမ်းဆောင်မှုညံ့၍ အကျိုးရှိမည်မဟုတ်ပါ။

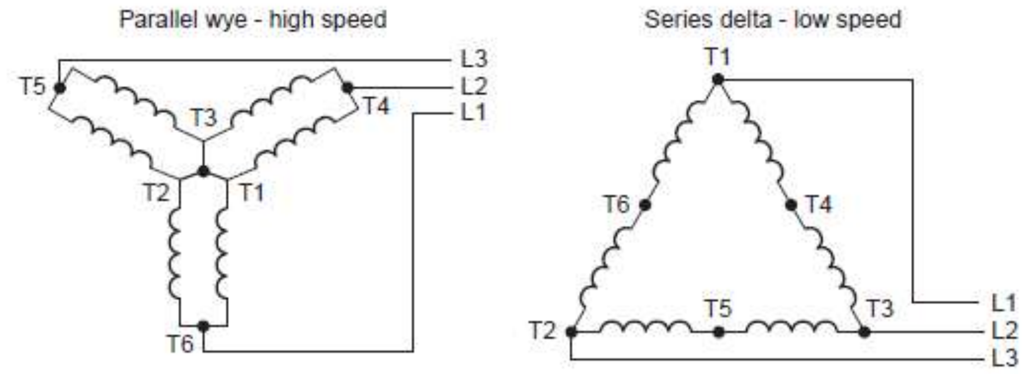
Lock-rotor current and Nuisance tripping

Motor starting ကာလ full load speed သို့မရာက်မီ အချိန်တွင် မော်တာသည် Name plate တွင်ဖော်ပြသည့် full load current ၏ ခြောက်ဆခန့်ဆွဲသည်။၎င်းInrish current ကို Lock rotor current ဟုခေါ်သည်။Lock rotor current ကြောင့် voltage sag နှင့် မီးသီးမီးချောင်းများတွင်မငြိမ်မသက် တဖြတ်ဖြတ်လှုပ်ခတ်စေသည့် Light flicker ကိုဖြစ်ပေါ်စေသည်။Sag ဆိုသည်မှာ နှစ်စက္ကန့်ထက်တိုသောအချိန်နှင့် AC Frequebcy one cycle ထက်ပိုသောကာလအတွင်းသတ်မှတ်ပမာဏထက်ပိုသောဗို့အားလျော့ကျမှုဖြစ်သည်။ Motor starting ကာလတွင် Lock rotor current ကြောင့်Protecting device များကိုမလိုလားအပ်သော ဖြုတ်ချမှု Nuisance tripping ကိုဖြစ်စေသည်။

Single speed and Multi-speed motors

Motor များကို Name plate တွင်ပါရှိသည့် Voltage and Frequency အတိုင်းPower ပေးပါက မပြောင်းလဲသောRPM ဖြင့်လည်သည်။၎င်းတို့မှာ single speed motor ဖြစ်သည်။Line frequency မှာမူသေဖြစ်

၍ Speed ပြောင်းလိုပါက winding connection ကိုပြောင်းလဲဆက်ခြင်းဖြင့် Pole ကိုပြောင်းစေပြီးပြုလုပ်နိုင်သည်။Winding တခုတည်းနှင့် Speed နှစ်မျိုးလည်နိုင်သောမော်တာကို Consiquent pole motor ဟုခေါ်သည်။consiquent pole motor များ၏ Low speed သည် Hight speed ၏ထက်ဝက်အတိအကျဖြစ်သည်။ နှစ်ဆမဟုတ်သော အခြားအချိုးအဆဖြင့် ပြောင်းလဲလည်လိုပါက motor တလုံးတည်းတွင် winding နှစ်မျိုးပါရှိသည့် Separate winding motor ကိုအသုံးပြုရမည်။



NEMA Nomenclature—6 Leads					
Speed	L1	L2	L3		Typical connection
High	6	4	5	1&2&3 join	2 wye
Low	1	2	3	4-5-6 open	1 delta

Fig.6.Dual speed,three phase squirrel cage single winding motor

Fig.6 တွင် Stator coil အစ(၆)စထုတ်ထားသော Dual speed, 3 phase squirrel cage single winding motor၏ winding ဖြစ်ပြီး Parallel star or series delta အဖြစ်ပြောင်းလဲဆက်ခြင်းဖြင့် Speed ကိုပြောင်းလဲနိုင်သည်၊Series delta connection တွင်Low speed နှင့် Parallel star တွင် High speed ဖြစ်ပါက speed နှစ်မျိုးလုံးတွင် Torque မှာအတူတူဖြစ်သည်။

Single speed AC induction motor များ၏ connection အစများကို series to parallel or star to delta ပြောင်းလဲဆက်ခြင်းဖြင့် Frequency မပြောင်းလဲသောsupply voltage အမျိုးမျိုးဖြင့်လည်နိုင်သည်။ Fig.7 တွင် အစ (၉) စထုတ်ထားသော Voltage နှစ်မျိုးသုံးနိုင်သော star and delta series နှင့် Parallel reconnection circuit များကိုတွေ့နိုင်သည်။Motor များကိုreconnection ပြုလုပ်ရာတွင် speed ပြောင်းခြင်းသည်သံလိုက်ဝန်ရိုးPole အရေအတွက်ပြောင်းခြင်းဖြစ်ပြီး voltage ပြောင်းလဲသုံးရာတွင် pole အရေအတွက်မပြောင်းစေဘဲ coil ကိုseries parallel ပြောင်းခြင်းဖြစ်၍စိတ်ရှုပ်ထွေးရန်မလိုပါ။motor name plate တွင်ဖေါ်ပြသည့်အတိုင်းဆက်ရန်သာဖြစ်ပါသည်။Motor rewinding ကိုလေ့လာပါက winding ၏ direction နှင့်pole ဖြစ်ပေါ်ပုံကိုနားလည်လျှင်ရှင်းလင်းသွားမည်ဖြစ်ပါသည်။

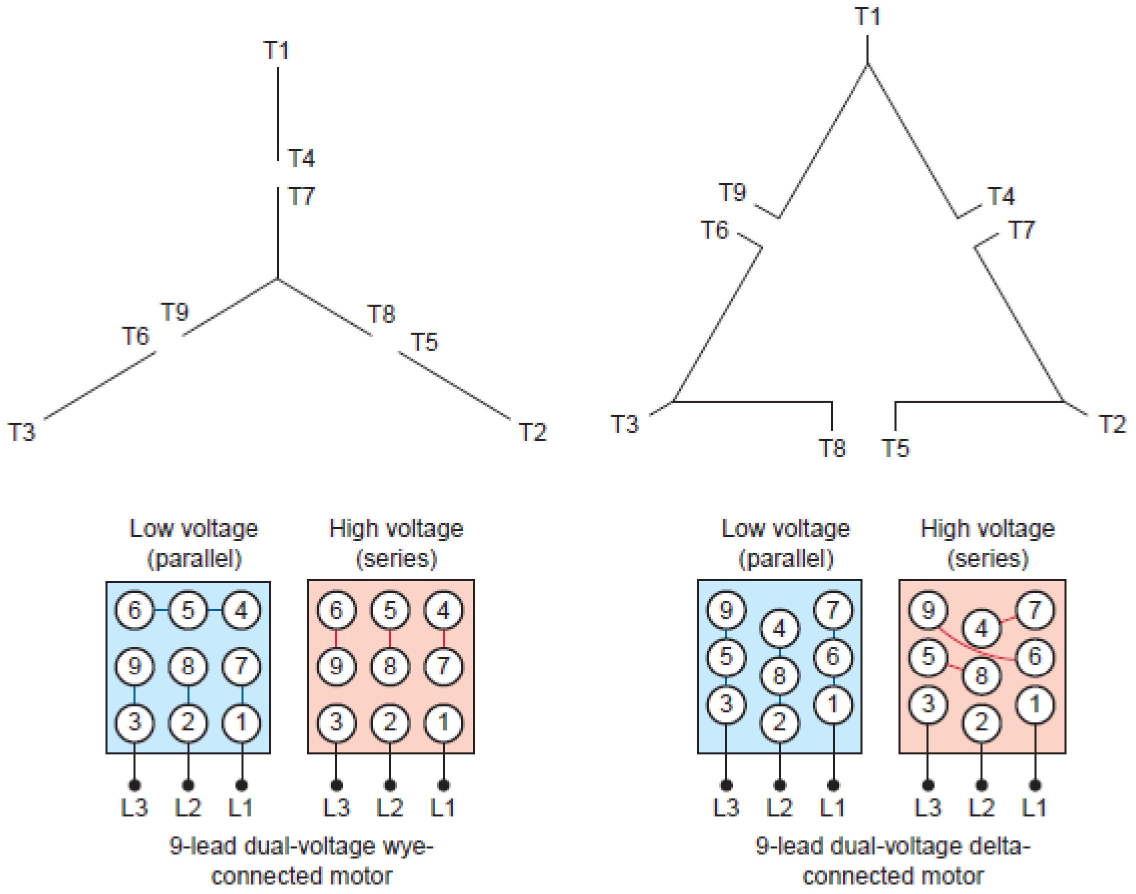


Fig.7.Dual voltage star and delta series and parallel reconnections

Wound Rotor Induction Motor

Wound rotor induction motor ကို ဗုံတောင့်ပုံမော်တာဟုဘာသာပြန်ကြပြီး Slip ring motor ဟုလည်းခေါ်ကြသည်။Squirrel cage motor ၏မျိုးကွဲတခုသာဖြစ်သည်။Rotor တွင်Three phase winding ကိုပတ်ထားပြီး အစများကိုSlip ring တွင်အဆုံးသတ်ထားသည်။

Slip ring ကို carbon brush မှတဆင့် starting resistor များနှင့်ဆက်သွယ်သည်။Starting resistor များကို Starting current နှင့် Speed ကိုထိန်းသိမ်းရန်အသုံးပြုသည်။Starting ကာလတွင် Resistance ကိုအပြည့်ထည့်ပြီး တဖြေးဖြေး (Zero) လုံးဝလျှော့ချသည်။လျှော့ရာတွင်Manual or Auto သုံးနိုင်သည်။Auto တွင် မော်တာအသေးတခုဖြင့်တဖြေးဖြေးလျှော့ချနိုင်သကဲ့သို့ Magnetic contactor နှင့် Timer သုံး၍အပိုင်းလိုက်လျှော့ချနိုင်သည်။

Zero speed မှ Full speed တိုင် High starting torque နှင့် Low starting current ဖြစ်သည်။ပြင်

ပ Resistance မရှိ (Zero) သည့်အချိန်တွင် Wound rotor motor ၏သဘောသဘာဝသည် Squirrel cage motor နှင့် နီးနီးကပ်ကပ်တူညီသည်။

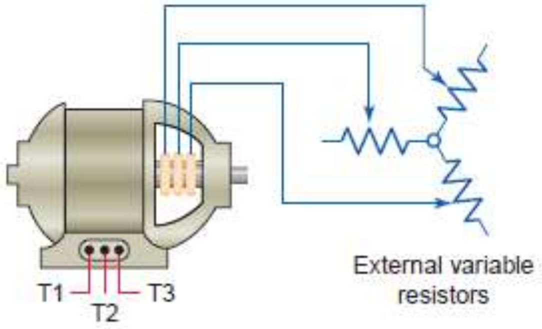


Fig.8.Wound rotor induction motor

Stator supply နစ်စကိုပြောင်းပေးခြင်းဖြင့် motor လည်ပတ်မှု direction ကိုပြောင်းနိုင်သည်။ Heaver starting torque နှင့် Constant speed လိုအပ်သော ပစ္စည်းများတွင်သုံးသည်။Rotor ၏ Starting resistor or secondary resistor တန်ဘိုးကိုအကောင်းဆုံး load curve ရအောင် ရွေးချယ်ရန်လိုအပ်ပြီး အရွယ်ကိုလည်း လိုအပ်သောစွမ်းအင်ပြည့်မီသည့်current စီးဆင်းမှုခံနိုင်ရမည်။High inertia load များ အတွက် Squirrel cage rotor motor များသည် starting current 400~550 percent နှင့်60 Second ထိ ဆွဲသော်လည်း အရွယ်တူ Wound rotor (slip ring)motor က 200 percent နှင့် 20 Second သာလိုသည်။ ထို့ကြောင့်ကြီးမားသောload အတွက် Squirrel cage motor အစား Wound rotor motor ကိုအသုံးပြုသည်။

Wound rotor motor များကို speed အမျိုးမျိုးပြောင်းရန်လိုအပ်သောနေရာများတွင်လည်းအသုံးပြုသည်။Variable speed drive အဖြစ်သုံးမည်ဆိုပါက control resistor များသည် ဝန်ပြည့်ကို အချိန်ပြည့် (Continuous) ခံနိုင်ရည်ရှိရန်လိုအပ်သည်။မော်တာကို starting ကာလတွင်သာ slow acceleration နှင့်လည်ပြီး အသုံးပြုရာတွင် rated or maximumspeed ဖြင့်လည်လိုပါက Rated speed ရောက်လျှင် resistor များကိုလုံးဝဖြုတ်ချရမည်။Load ပြောင်းလဲလျှင် Speed ပြောင်းသည့်အတွက် constand load မဟုတ်သော constant speedလိုအပ်သည့် နေရာများတွင်မသုံးပါ။

Three Phase Synchronous Motor

အထူးပြုလုပ်ထားသောမော်တာဖြစ်သည်။No load မှသည် Full load အထိသတ်မှတ် line frequency နှင့်အပြိုင် constant speed ဖြင့်လည်သည့်အတွက် Synchronous motor ဟုခေါ်သည်။ Synchronous motor ၏ speed or RPM သည် Induction motor များကဲ့သို့ပင် Pole အရေအတွက်နှင့် Line frequency အပေါ်မူတည်သည်။

Fig.9 သည် Three Phase Synchronous Motor ဖြစ်ပြီး ၎င်း၏လည်ပတ်ပုံမှာ

Three phase AC power ကို Stator တွင်ပေးပါက Rotating magnetic field ဖြစ်ပေါ်သည်။ Rotor winding ကို DC voltage ပေးသောအခါ ဒုတိယ magnetic field ကိုရရှိသည်။Rotor သည် သံလိုက်တစုကဲ့သို့ဖြစ်၍ Stator Rotating magnetic field နှင့်ဆွဲငင်သည်။ထိုဆွဲအားကပင် Rotor ကို လိမ်အားတရပ်ဖြစ်စေပြီး Stator magnetic field နှင့်ထပ်တူပြိုင်ကျလည်စေသည်။ဆက်လက်လည်စေရန် Stator မှ Induction နည်းဖြင့် excitation မလိုအပ်ပါ။Squirrel cage motor များတွင် ဆက်လည်ရန် slip လိုအပ်သော်လည်း Synchronous motor များတွင် Zero slip ဖြစ်သည်။

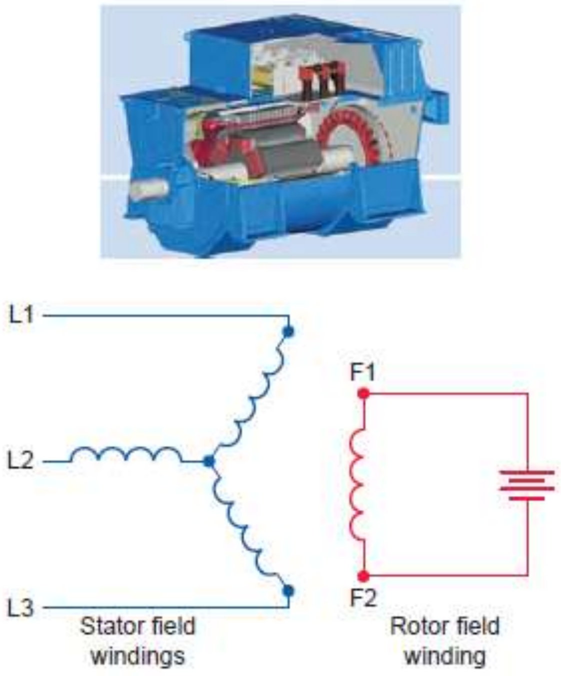


Fig.9. Three Phase Synchronous Motor

Synchronous motor များသည် Self- starting မဖြစ် စတင်လည်နိုင်ခြင်းမရှိပါ။သို့ဖြစ်၍ DCPower မပေးမီ မော်တာ၏ Synchronous speed ရောက်လုနီးအထိ ရိုးရိုး Squirrel cage motor အတိုင်းလည်သည်။ ထိုအချိန်တွင် Rotor ကို Power ကိုနည်းနှစ်မျိုးဖြင့်ပေးနိုင်သည်။Rotor ကို Slip ring မှတဆင့် DC power ပေးခြင်းနှင့် motor ၏ တခုတည်းသော rotor shaft ပေါ်တွင် DC excitation coil တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြစ်သည်။ ဒုတိယနည်းမှာ Slip ring မလိုအပ်ပေ။

Synchronous motor ၏ Rotor coil ကို Over -excitation ပေးခြင်းဖြင့် Leading power factor ကိုရရှိသည်။သို့ဖြစ်၍ Power factor correction သို့မဟုတ် Supply ၏ Lagging power factor ကိုခြေဖျက်မှု ပြုလုပ်နိုင်သည်။Under excitation ဖြင့်သုံးပါက Lagging power factor ဖြစ်ပြီး Normal excitation တွင် Unity power factor ဖြစ်သည်။အဓိကတာဝန်ဖြစ်သော Compressor မောင်းခြင်းကဲ့သို့ လုပ်ငန်းဆောင်ရွက် စဉ် Power factor မြှင့်တင်နိုင်သည်။Motor ကို Mechanical load မပါဘဲ (No load)ဖြင့်မောင်းခြင်းသည်

Power factor မြင့်တက်စေပြီး ငွေရေးကြေးရေးအရအကျိုးရှိသော (Cost effective way) နည်းလမ်းဖြစ်သည်။ လုပ်ဆောင်ပုံမှာ Static capacitor bank နှင့်အတူဖြစ်ပြီး ထိုသို့ (Non-motor) ကဲ့သို့အသုံးပြုနေသည့်အခါ Synchronous condenser or Synchronous Capacitor ဟုခေါ်သည်။

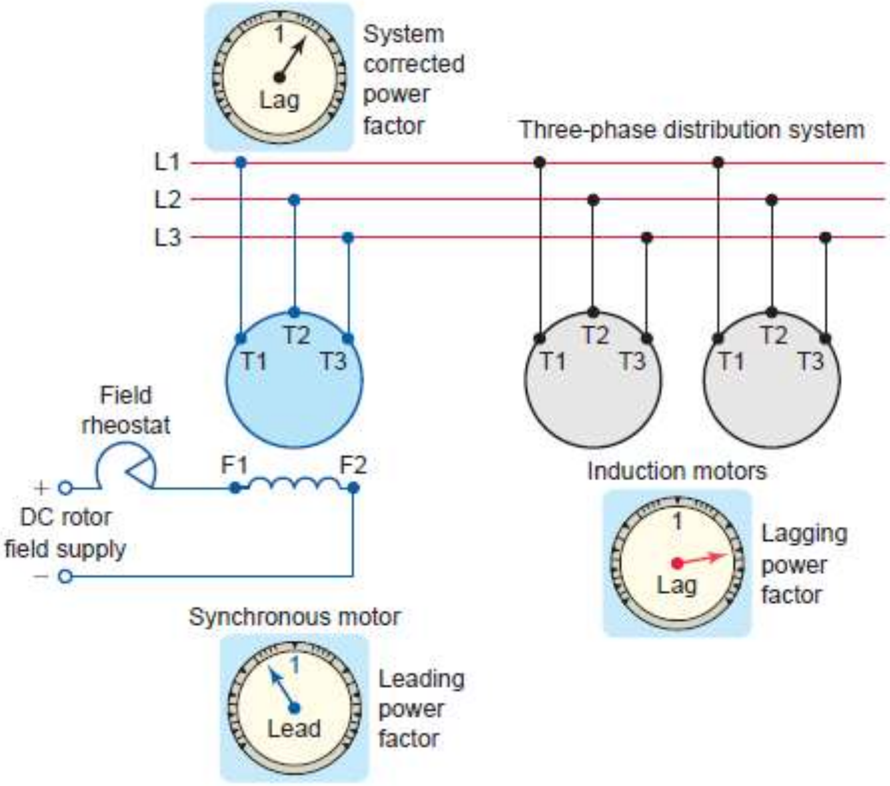


Fig.10.Synchronous motor used to correct power factor