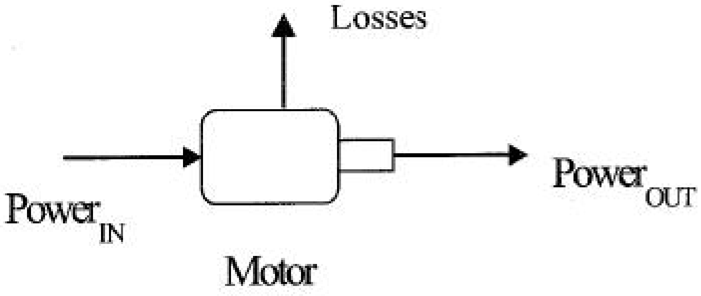
## လျှပ်စစ်မော်တာ၏ စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုများ Motor Losses




$$\text{Motor efficiency, } \eta = \frac{\text{Power}_{\text{OUT}}}{\text{Power}_{\text{IN}}}$$

လျှပ်စစ်မော်တာသည် လျှပ်စစ်စွမ်းအင် (electrical energy input)မှ စက်မှုစွမ်းအင်(mechanical energy output)သို့ပြောင်းပေးသည့် ကိရိယာတစ်မျိုးဖြစ်သည်။ မော်တာ၏ Efficiency သည် စက်မှုစွမ်းအင်(mechanical energy output) ကို လျှပ်စစ်စွမ်းအင် (electrical energy input) နှင့်စားထားသည့်အချိုးဖြစ်သည်။

စွမ်းအင်တည်မြဲမှုနိယာမအရ

လျှပ်စစ်စွမ်းအင် (electrical energy input) = စက်မှုစွမ်းအင်(mechanical energy output) + ဆုံးရှုံးမှုများ(losses)

မော်တာ၏ losses များလေလေ Efficiency နည်းလေလေဖြစ်သည်။

Copper loss

Copper losses ဆိုသည်မှာ မော်တာ၏ Rotor နှင့် Stator များတွင်ရှိသော ကြေးနီ(Copper) ဝိုင်ယာများအတွင်းတွင် လျှပ်စစ်စီးဆင်းမှုကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော losses ဖြစ်သည်။ ကြေးနီ(Copper) ဝိုင်ယာများ သည် မော်တာ၏ Rotor နှင့် Stator နှစ်ခုစလုံးတွင်ရှိသောကြောင့် Rotor ရော Stator တွင်ပါ Copper losses ဖြစ်ပေါ်သည်။

Stator winding နှင့် Rotor winding တို့ ၏ Resistance ကြောင့်ဖြစ်သည်။

Stator နှင့် Rotor winding အတွင်းတွင် current ဖြတ်စီးခြင်းကြောင့် Stator Copper losses ဖြစ်ပေါ်လာသည်။ ထို Losses ဖြစ်သည့်ပမာဏမှာ ဖြတ်စီး သည့် current နှစ်ထပ်ကိန်းနှင့် Resistance တို့မြှောက်ခြင်း ဖြစ်သည်။

Losses = Current(I) x Current(I) x Resistance

ထို လျှပ်စစ်စွမ်းအင်များသည် မလိုလားအပ်သည့် အပူ(heat)အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲသွားပြီး စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်ပေါ်သည်။

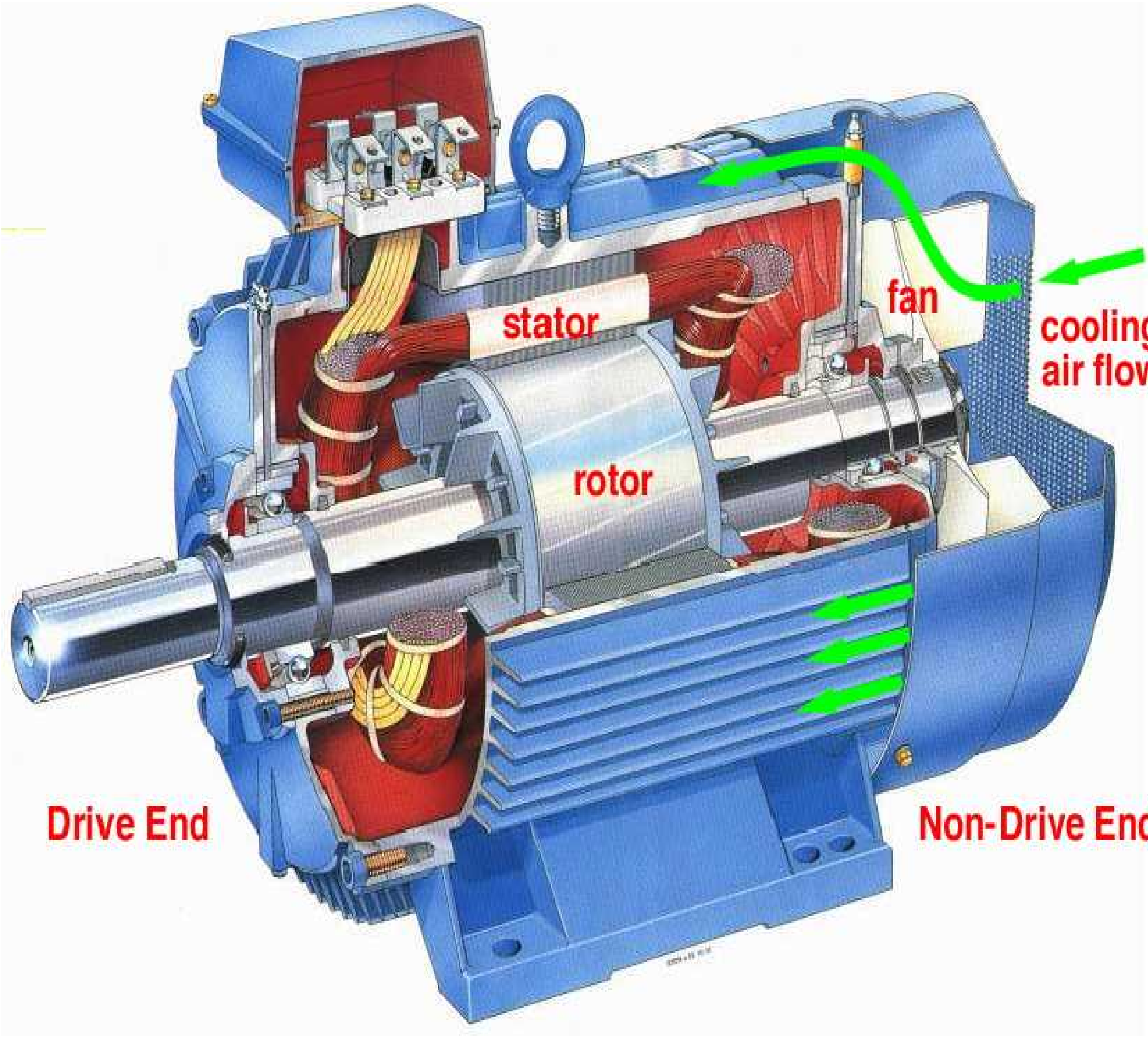
ထိုကြောင့်မော်တာသည် လိုအပ်သည်ထက်ပိုပူလေလေ စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုများလေလေဖြစ်သည်။

Copper loss ကြောင့်ဖြစ်သော စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုလျှော့နည်းစေရန် Stator Slot ကို ပြောင်းလဲနိုင်သည်။

Stator winding တွင်းတွင်ရှိသော ဝိုင်ယာ၏ ထုထည်(Volume) များလာစေရန် Insulation thickness ကိုလျှော့ ချနိုင်သည်။

Rotor ၏ Copper losses နည်းစေရန် conductive bar နှင့် End ring ၏ အရွယ်အစားကိုတိုးပေးနိုင်သည်။ ထိုသို့ တိုးပေးခြင်းဖြင့် Resistance ကို လျှော့နည်းစေနိုင်သည်။

Copper losses သည် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုစုစုပေါင်း (Total losses ) ၏ ၅၈%ဖြစ်သည်။




Core losses

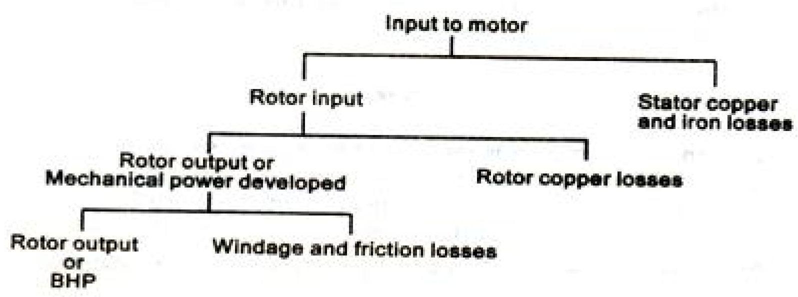
Core losses သည် Eddy current losses နှင့် hysteresis တို့ဖြစ်သည်။

Core material (hysteresis) အား  သံလိုက်စက်ကွင်း(magnetized) ဖြစ်ရန်အတွက်လိုအပ်သော စွမ်းအင်ဖြစ်သည်။ Core material ၌ Eddy current ဖြစ်ပေါ်ရန်အတွက် စွမ်းအင်အချို့ ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်ပေါ်သည်။

Improved permeability electromagnetic (Silicon) Steel ကို အသုံးပြုခြင်းဖြင့် Core losses ဖြစ်ပေါ်မှုနည်းအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Core ကို ပိုမိုရှည်လျားအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် magnetic flux densities သည် လျော့နည်းလာကာ Core losses ဖြစ်ပေါ်မှုလည်းနည်းလာသည်။ Thinner Steel laminations ကိုအသုံးပြုခြင်းဖြင့် Eddy current losses ကိုလည်းနည်းအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Core losses နှင့် Windage losses တို့သည့် မော်တာ၏ ဝန် (load)နှင့်မသက်ဆိုင်ပေ။ loading % များသည်ဖြစ်စေ၊ နည်းသည်ဖြစ်စေ Core losses နှင့် Windage losses တို့မှာ မပြောင်းလဲပေ။

Core losses သည် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုစုစုပေါင်း (Total losses ) ၏ ၁၂%ဖြစ်သည်။




Windage and friction losses

Windage သည် မော်တာအားအေးအောင် (အပူရှိန်မတက်အောင်) တပ်ဆင်ထားသော ပန်ကာကြောင့်ဖြစ်သော စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်သည်။
ပန်ကာအားဒီဇိုင်းကောင်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့်လည်း Windage losses ကိုလျော့နည်းစေနိုင်သည်။

Windage and friction losses  သည် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုစုစုပေါင်း (Total losses ) ၏ ၁၄%ဖြစ်သည်။

friction losses သည်မော်တာတွင်တပ်ဆင်ထားသော ဘယ်ရင်(Bearing) မှ ဖြစ်ပေါ်လာသည်။

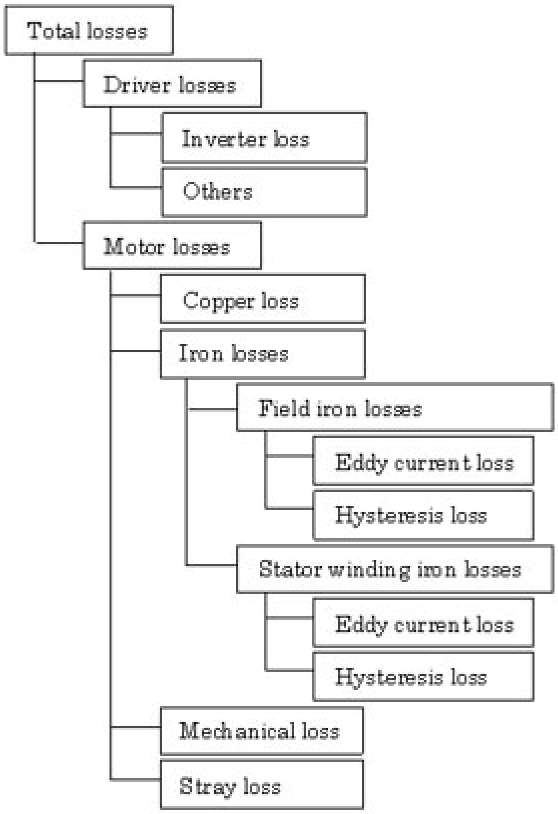
Stray losses

Load current က induce လုပ်သောကြောင့် leakage fluxes များဖြစ်ပေါ်လာကာ စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်ပေါ်ခြင်းဖြစ်သည်။ Surface losses နှင့်  Harmonics တို့သည် Stray losses ထဲတွင်ပါဝင်သည်။ Stray losses ကို အတိအကျသိနိုင်ရန်အလွန်ခက်ခဲသည်။ အခြားသော မပြောပလောက်သည့် losses များသည် Stray losses တွင် အကျုံးဝင်သည်။

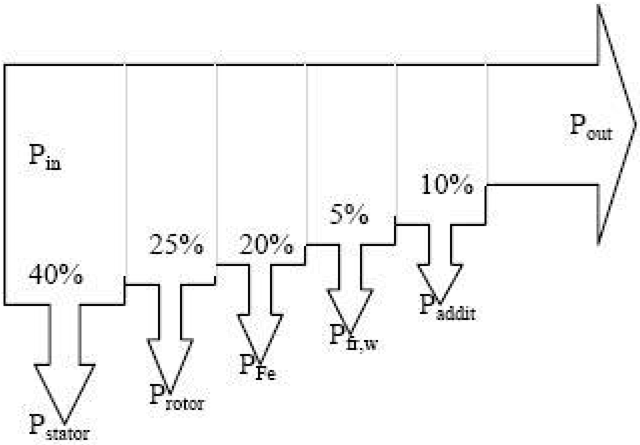
Stator losses, Rotor losses နှင့် Stray losses တို့သည် ကို “on load losses” ဟုခေါ်သည်။ “on load losses” သည် မော်တာ ၏ loading % ပေါ်တွင်မူတည်သည်။ loading % များလေ “on load losses” များလေဖြစ်သည်။

Stray losses သည် စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုစုစုပေါင်း (Total losses ) ၏ ၁၅%ဖြစ်သည်။

| | |
|---|---|
| Copper loss (58%) | Stator Loss |
| | Rotor Loss |
| Core (Iron) loss (12%) | Eddy Current loss |
| | Hysteresis loss |
| Windage and Friction loss (14%) | External Fan Windage |
| | Internal Fan Windage |
| | Bearing , Grease |
| Stray loss (15%) | Surface loss |
| | Harmonics |
| | Leakage flux |



Total losses
Driver losses
Inverter loss
Others
Motor losses
Copper loss
Iron losses
Field iron losses
Eddy current loss
Hysteresis loss
Stator winding iron losses
Eddy current loss
Hysteresis loss
Mechanical loss
Stray loss

$P_{in}$
$P_{out}$
40%
25%
20%
5%
10%
$P_{stator}$
$P_{rotor}$
$P_{Fe}$
$P_{fr,w}$
$P_{addit}$