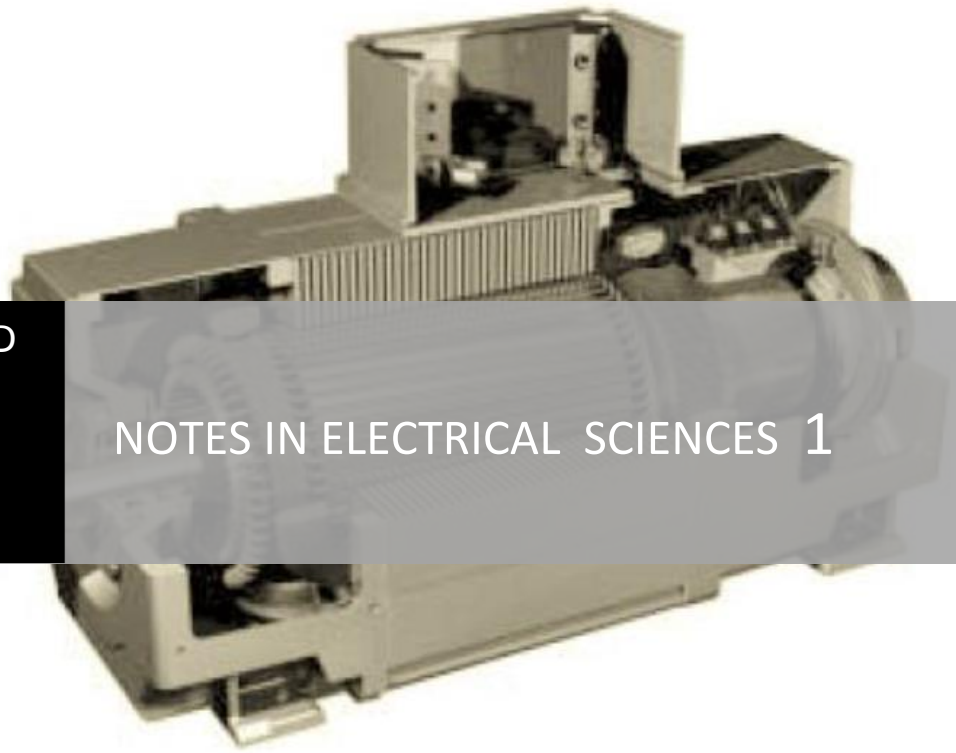
DC MACHINES



ENG.\ AHMED TOGHIAN
EGYPTIAN STEEL

NOTES IN ELECTRICAL SCIENCES 1

ⓘ آلات

م/ أحمد تعيلبه

الآلات الكهربية
Machines

Static Mach. — Dynamic Mach.

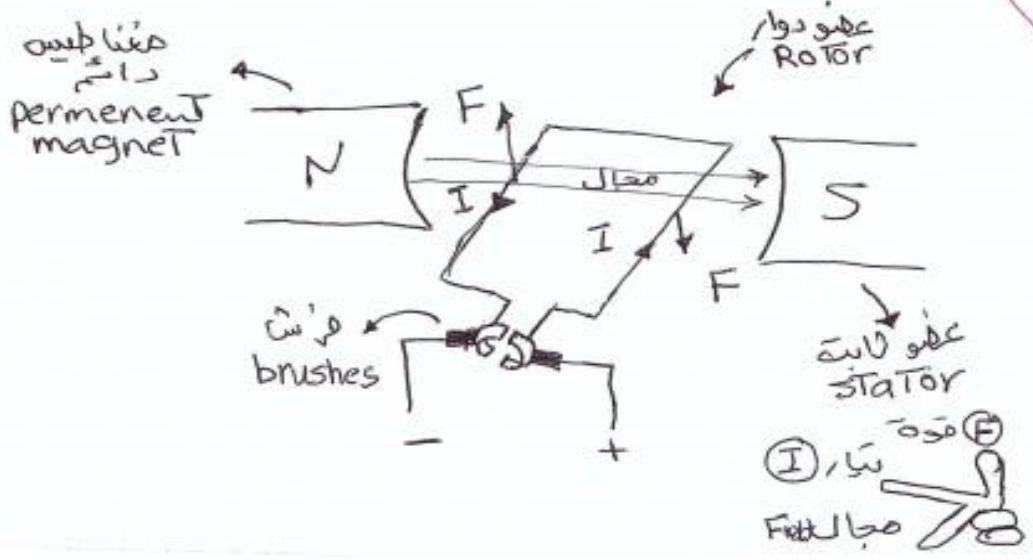
- محولات Transformer
- الات تيار متردد AC Machine
- الات تيار مستمر DC Machine

المبادئ العامة:

* تحويل التيار الكهربى (الطاقة الكهربية) إلى طاقة كهرومغناطيسية. (magnetic Field)
* فى المحركات يكون تجهيز الحرك هو الوسط الذى تتحول فيه المجال المغناطيسى إلى طاقة حركية.
* أما فى المحولات فيتمثل المجال المغناطيسى على هيئة الملفات الثانوية فينشئ فيها تيار (STATICfield)

آلة التيار المستمر DC Machine

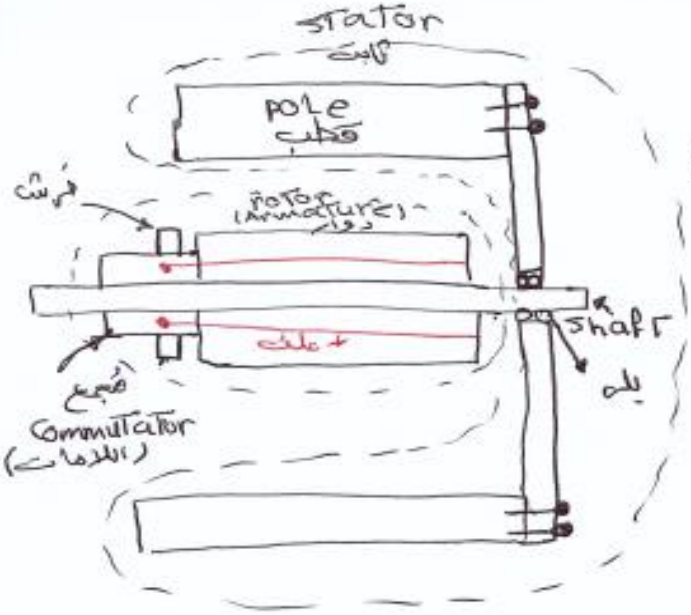
المبادئ:

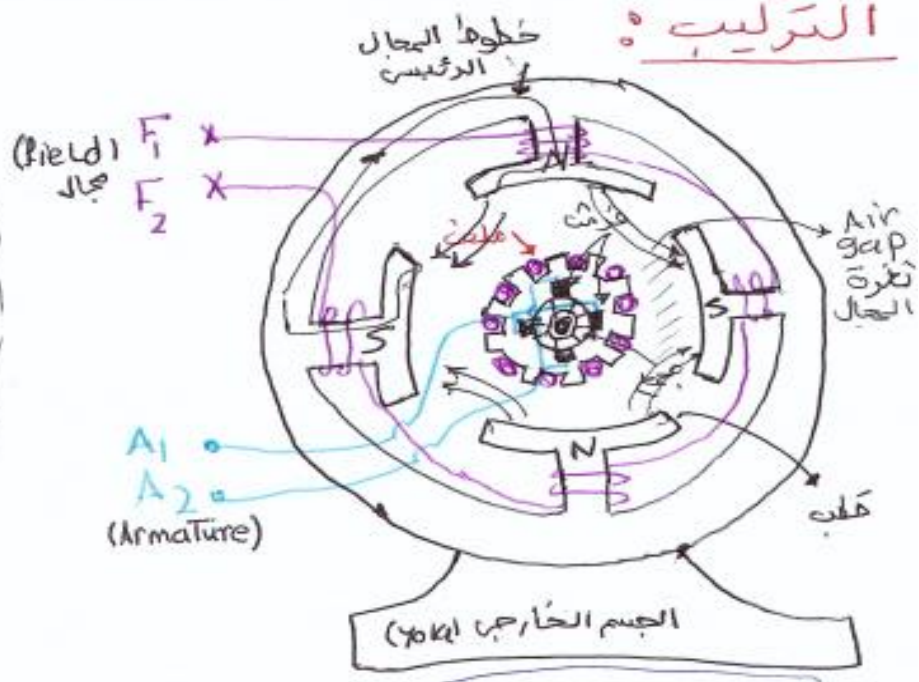


قاعدة اليد اليمنى

⑤ ألات

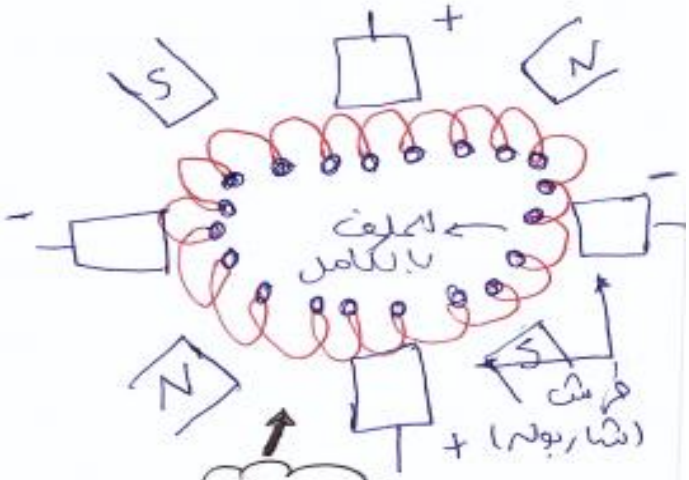
التركيب :



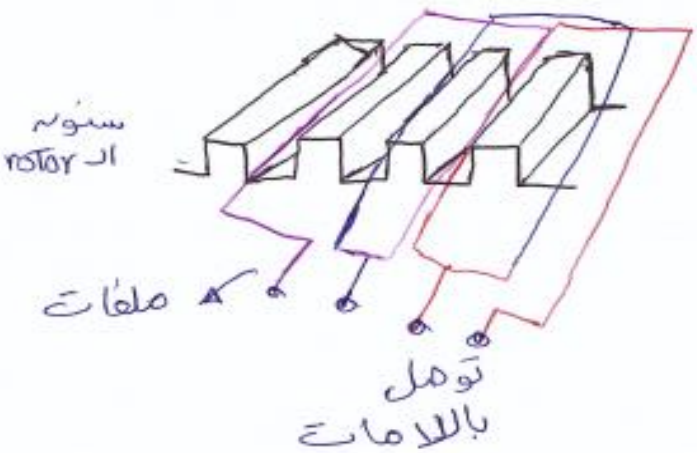


(side view)
جنبي

(back view)
خلف



نظام الشاربون



* من عيوب المحرك حيث تحتاج لرعاية تنظيف دائم للمجمع النحاسي من أغبار الكربون وتغير للشاربون أثر تآكله

* يحدث المجمع مع الشاربون على التحريك شرارة كهربية.

عضو ثابت
STATOR

* عادة هو الهيكل الخارجي
* وهو جزء ثابت لا يتحرك
* يحمل الأقطاب ذات عدد زوجي
* تحمل الأقطاب ملفات المجال (field)
* تصنع الأقطاب من عدة صفائح يتم تجميعها معاً" لتقليل التيارات الدوامية والفقد

عضو دوار
rotor

* الجزء الذي يدور بالمحرك
* عمود (shaft) يحمل قلب أسطواني (Armature) يحمل القلب ملفات الـ Armature
* وتكون بأحد طرفيه الموحد (commutator) الذي يجمع التيار خلال الشارتين (brushes)

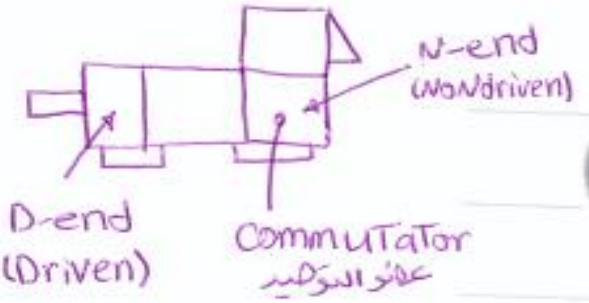
عضو التوحيد
Commutator

* عبارة عن لامات نحاسية تجمع التيار وتوحده للشارتين
* تكون اللامات من النحاس الأحمر معزولة عن بعضها وعن عمود الأدارة (shaft) ومتصلة مع العضو الدوار
* حيث يوجد التيار المتردد الموجود داخل الدلة الى تيار ثابت

الشارتين Brushes
الفرشة

* قطع كاربون ملامسة للموحد النحاسي لنقل التيار الثابت
* يتم تغييرها دورياً" وصح الموحد النحاسي لوجود بودرة الكاربون التي قد تحدث تشويه بين ملفات الـ (Armature)

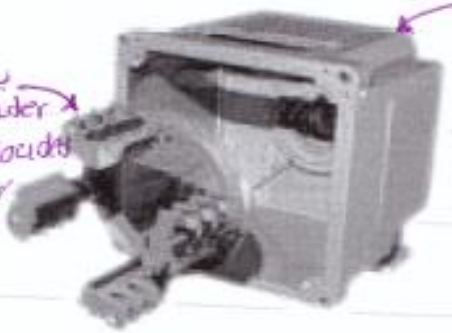
* قد يكون ألة التيار المستمر مولد (دينامو) أو محرك (motor) ماشي
ولا يستخدم في توليد الكهرباء ذات الضغط العالي.


N-end
(Non driven)
D-end
(Driven)
Commutator
عضو التوصيل

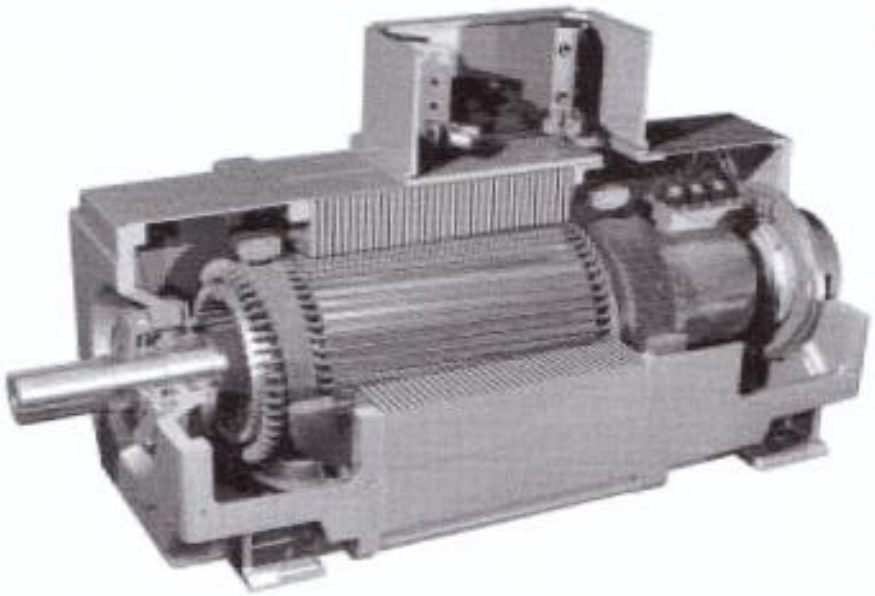
Stator
Stator
Ständer

نحاس معزول بورنيش
Commutator
Armature (rotor)
Induit
Läufer
shaft
ملفات العضو الدوار
rotor winding

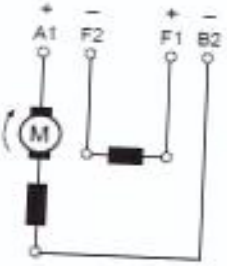
Shaft
Arbre
Welle


جسم الموتور
frame (yoke)
from (cast iron)
العرش يحتوى سوست
بيت
brush holder
contain spring loaded
pressure finger
End shield and brush holder
Plateau-palier et porte-balais
Lagerschild mit Bürstenhalter

(3) - 2



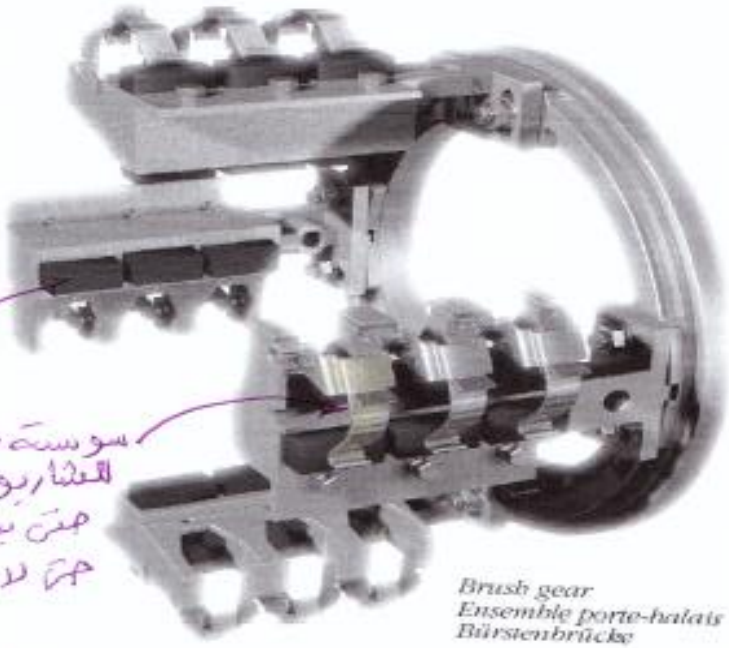
Terminal diagram
Schéma de raccordement
Klemmenshaltbild



clockwise rotation
الدوران مع عقارب الساعة
الدوران عكس عقارب الساعة اعكس طرفي الـ Armature

Horisontal mounting. Standard design. Standard bearings, axially locked at N-end. L_{10axh} > 100,000 hours.															
DMI	180-280														
n(max)	1)														
Horisontal mounting. Modified design. Roller bearing at D-end. Axially locked at N-end 5). L_{10axh} = 50,000 hours.															
DMI	180-280														
n(max)	2)														
Vertical mounting. Standard design. Standard bearings, axially locked at N-end. L_{10axh} > 60,000 hours.															
DMI	180B	180E	180H	180M	180P	180S	180U	200B	200E	200H	200M	200P	200S	200U	
n(max)	1)	1)	1)	1)	1)	1)	2950 3)	1)	1)	1)	3450 3)	2650 3)	1950 3)	1300 3)	
DMI	225K	225N	225S	225U	225X	250L	250P	250T	250V	250Y	280L	280P	280T	280V	280Y
n(max)	1950 3)	1450 3)	890 3)	630 3)	430 3)	1900 3)	1450 3)	730 3)	4)	4)	1250 3)	680 3)	4)	4)	4)
Vertical mounting. Modified design. Standard bearings, axially locked at D-end 5). L_{10axh} > 60,000 hours.															
DMI	225K	225N	225S	225U	225X	250L	250P	250T	250V	250Y	280L	280P	280T	280V	280Y
n(max)	1)	1)	2200 3)	1700 3)	1300 3)	1)	1)	1)	2350 3)	1550 3)	1)	1)	1800 3)	1300 3)	840 3)
Vertical mounting. Modified design. Special bearing, axially locked at N-end 5). L_{10axh} > 60,000 hours.															
DMI	180U	200M	200P	200S	200U	225S	225U	225X	250V	250Y	280T	280V	280Y		
n(max)	3200 3)	3200 3)	3200 3)	3200 3)	3200 3)	3200 3)	3200 3)	2250 3)	2600 3)	2600 3)	2600 3)	2050 3)	1350 3)		

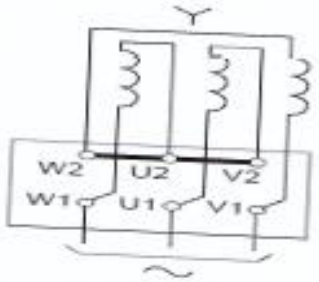
انواع البلف وعمره الافتراضي



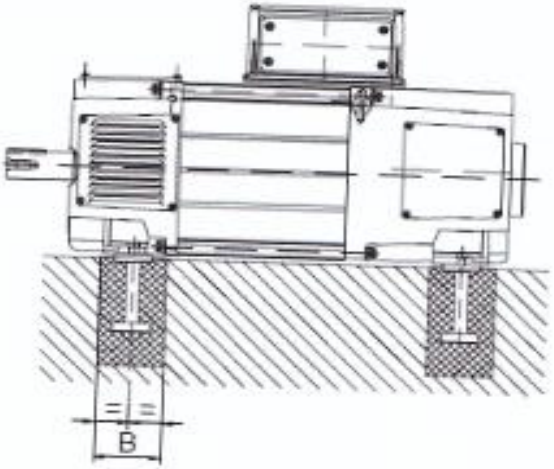
Brush gear
Ensemble porte-balais
Bürstenbrücke

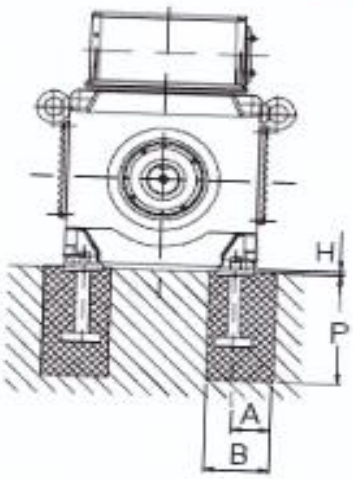
	K_P	K_n
Class H	1	1
Class F	1,1	0,95
Class B	1,25	0,89
Air inlet at D-end	1,1	1
Air inlet at D-end and class F utilisation	1,1	0,95
Air inlet at D-end and class B utilisation	1,25	0,89
IC 666	1,18	0,93

Example:
Select a motor with the following data:
200 kW, 440 kV, 1400 rpm, air inlet at N-end (IC06), class F utilisation.
$P_{catalogue} = P \times K_P = 200 \times 1,1 = 220$
$n_{catalogue} = n \times K_n = 1400 \times 0,95 = 1330$ rpm
The selected motor from the catalogue is 200U-CNA.



Fan motor terminals

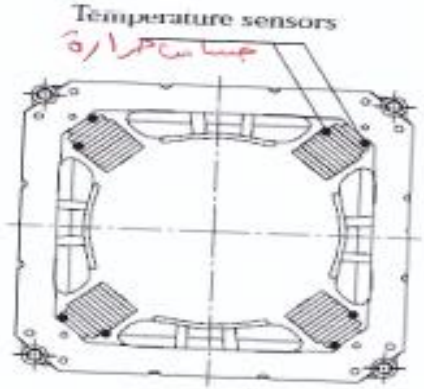




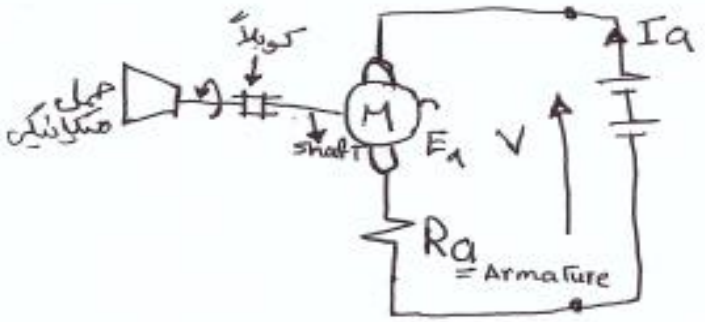
Safety devices in the power supply unit

اجهزة الحماية

- تأخير حراري – Thermal-delay overcurrent trip (100 % of I_a).
- لحظي – Instantaneous overcurrent trip (180 % of I_a).
- تلامس للارض – Ground fault trip (wet or dirty windings).
- Overvoltage limiters (max 1000 V surge voltage in the field winding).
- Overspeed protection (for example minimum field current).



المحرك ذات التيار الثابت
DC Motors



$$V = Ea + Ia\,Ra$$

$$T = Ka\,\Phi\,I = \frac{Power}{\omega m}$$

Ra: مقاومة armature

Ea: القوة الدافعة الكهربية على طرفيها

T: العزم Torque

Ka: ثابت $= \frac{P\,Z}{2\pi\alpha}$

P: عدد الأقطاب

α: عدد المسارات

Φ: Flux الفيض المغناطيسي

ω_m: السرعة الزاوية للعضو الدوار (rpm)

$\frac{2\pi n}{60}$ ← عدد الدورات

Torque العزم

$$T_e = T_L + T_{fri}$$

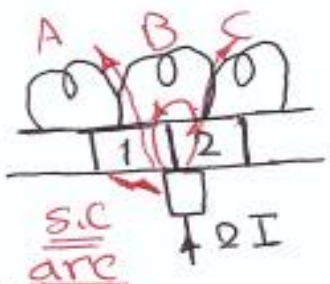
T_e: المتكون نتيجة للطاقة الكهرومغناطيسية electromagnetic Torque

T_L: ناتج الحمل Load

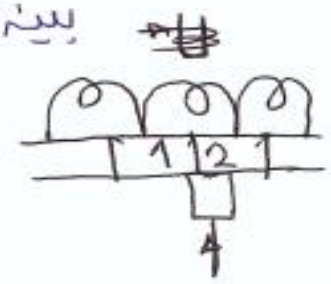
T_{fri}: ناتج الاحتكاك (friction)

أقطاب التوحيد commutating pole

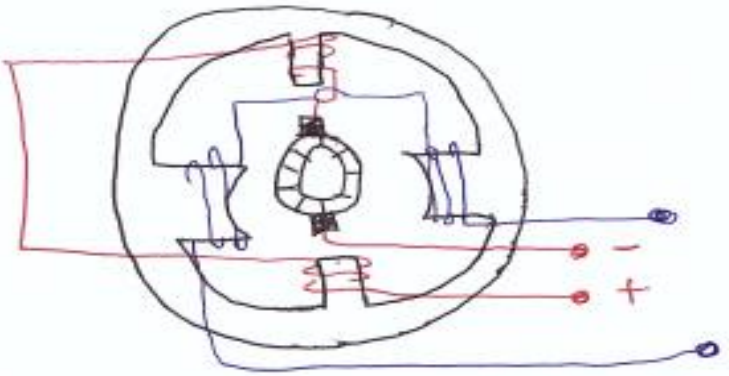
* أقطاب تستخدم لتلافي حدوث SC عند ير الشاربون بين لامتين متتاليتين



الحل



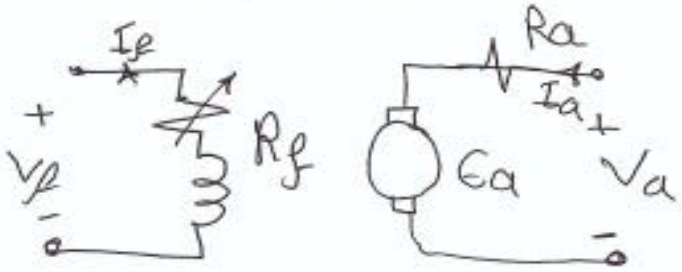
* توضع أعلى الشاربون بين الأقطاب.



خصائص المحركات

(1) محرك ذات إثارة مستقلة
separately excited
separately

* يكون المجال (field) موصل مع مصدر خارجي مستقل عن مصدر الـ (Armature).



$V = E_a + I_a R_a$

$V = K\Phi\omega + I_a R$

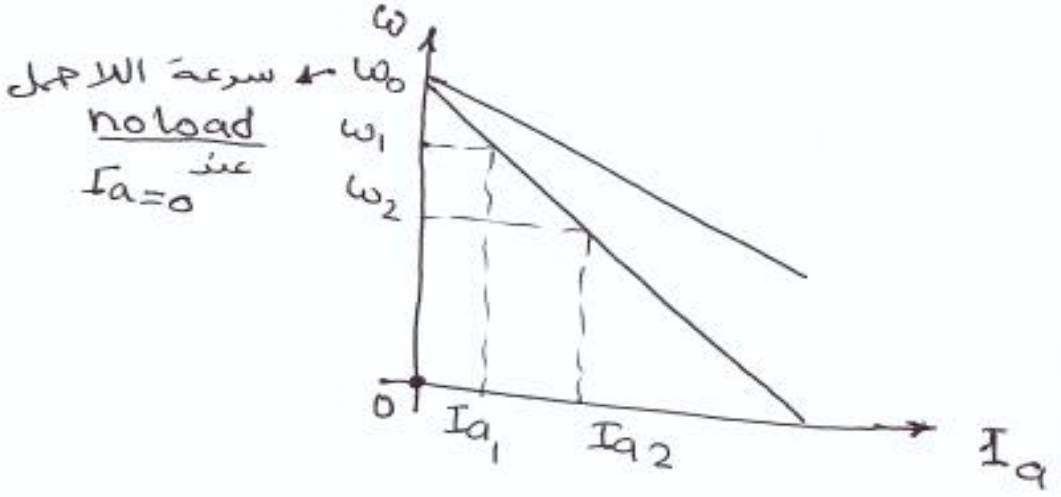
$K\Phi\omega = V - I_a R_a$

$$\omega = \frac{V - I_a R_a}{K\Phi}$$

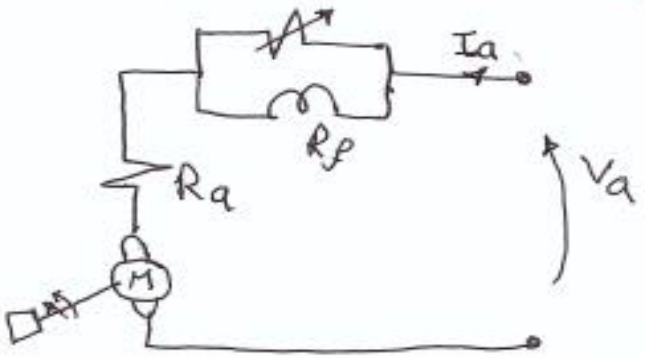
$\omega = \frac{2\pi n}{60}$ ← (rpm)

K: ثابت تصميم المحرك

ω: السرعة الزاوية



② محركات التيار توالى series DC motor



* توصيل ملفات المجال (field) مع الـ Armature على التوالى.
* لا يجب تشغيله على (noload) لانه سوف يتخطى السرعة المقننة

$$\omega_m = \frac{V_a - I_a(R_a + R_f)}{K_a \Phi}$$

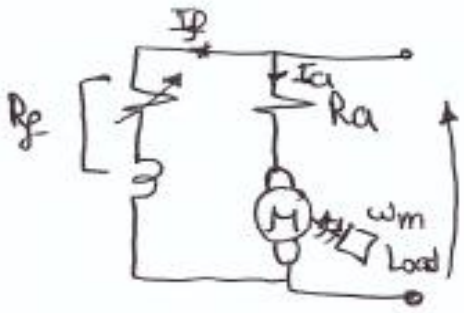
* يستخدم لتطبيقات المحركات ذات العزم المرتفع (high Torque)

* ونش crane
* خلاط Mixer
* منقاب كهربى electric dri'L
* تروس Traction "جر"

⑦ آلات

③ محركات ذات إثارة متوازية
Shunt Motors

* توصل ملفات المجال (Field) مع الـ Armature على التوازي

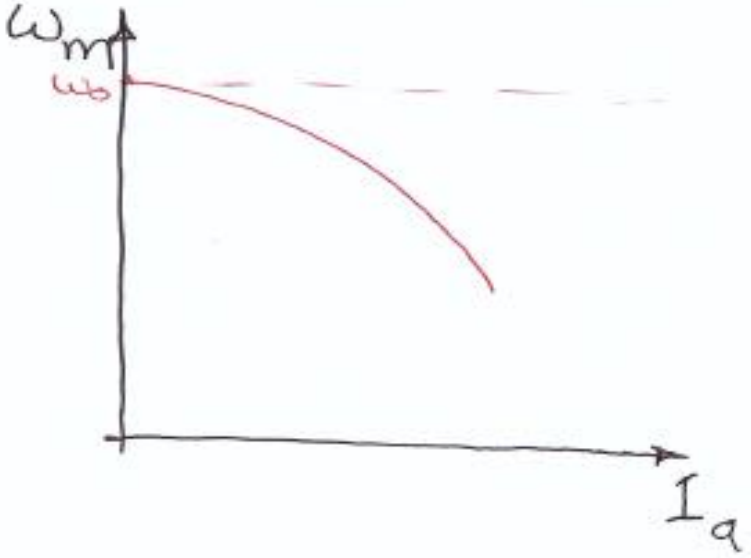


$$\omega_m = \frac{V_a - I_a R_a}{K_a \Phi}$$

* لابد أنه يعمل أولا في مرحلة (no load) الاعمل ثم يتم تحميل الحمل (load)

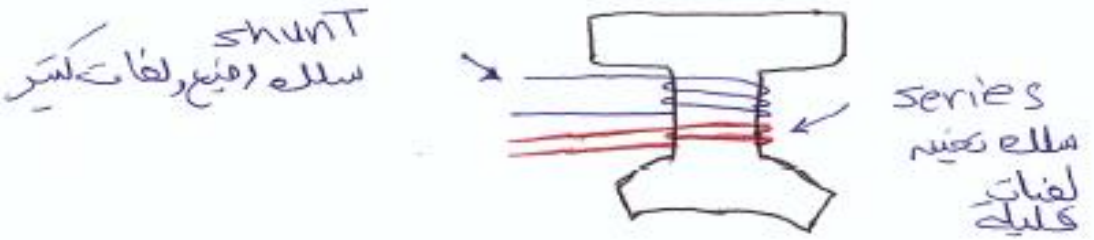
* يستخدم في تطبيقات السرعة الثابتة
↳ (مارش السيارة March)
↳ موتور الهارد والفانة و ألعاب الأطفال

شبه للمحرك seperatly



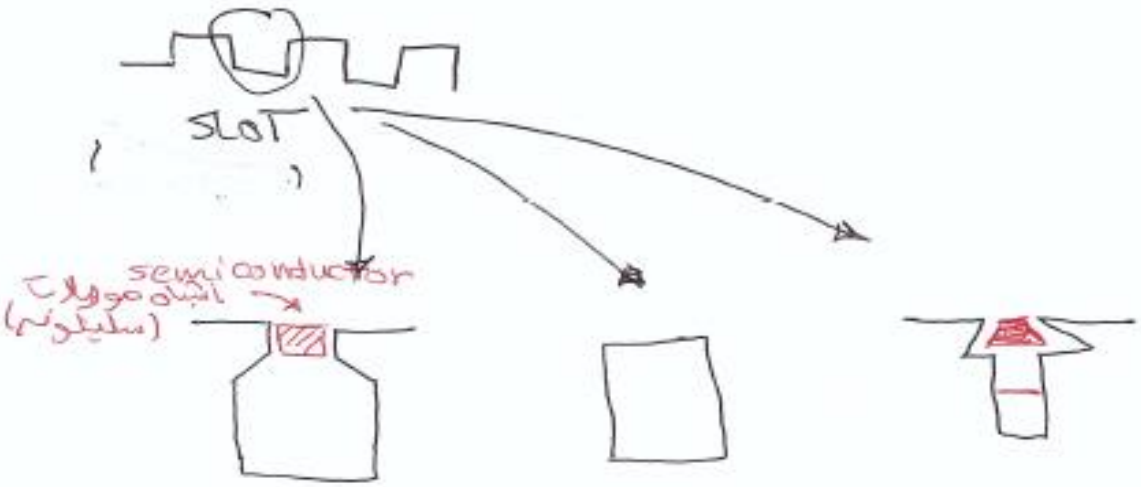
(4) محركات ذات أثارة مركبة Compound DC MOTOR

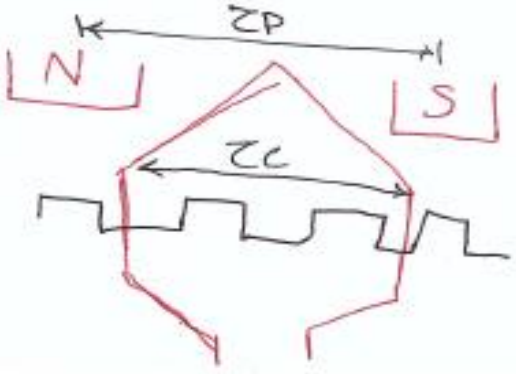
* لتحسين خواص محرك التوازي نوصل ملف أمن على التوالي



* يعطي سرعة ثابتة مع حمل عالي من بداية الحركة (دراجة الحديد) ومهما تغير العزم تكون السرعة ثابتة

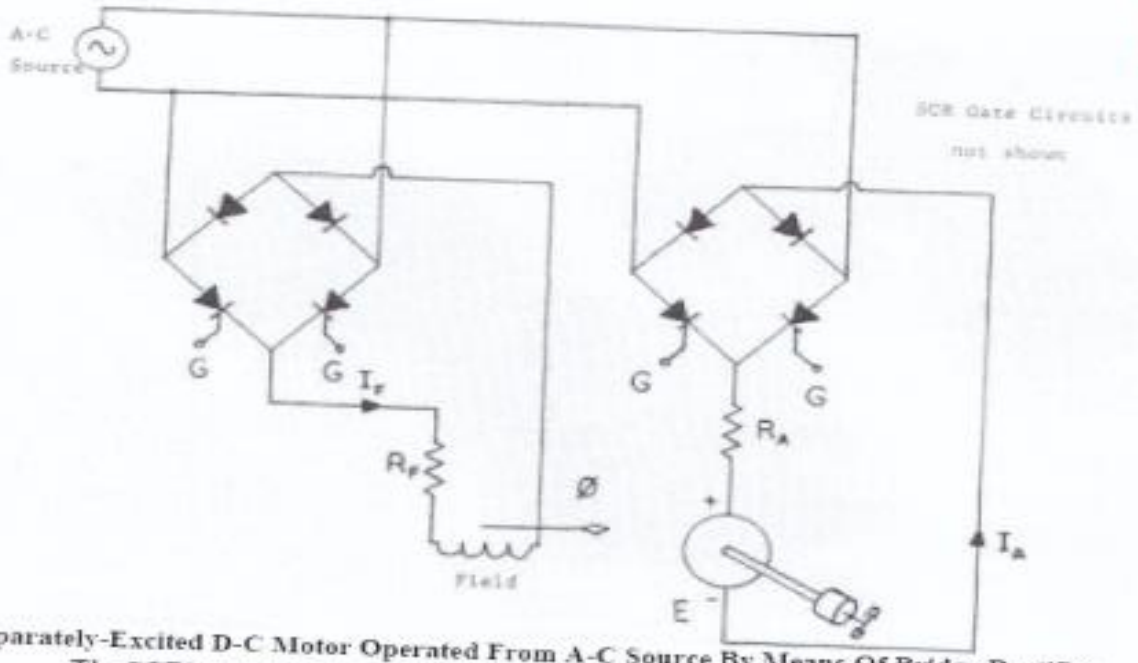
طرق اللف





τp : pole pitch
خطوة القطب

τc : conductor pitch
خطوة الموصل



Separately-Excited D-C Motor Operated From A-C Source By Means Of Bridge Rectifies. The SCR's Control Average Currents In Field And Armature.

▼ EXAMPLE ▼

In the Ward Leonard system of Figure 6.5 the generator is driven at a constant speed of 1800 rpm and has an armature resistance of 0.125 ohm. The d-c motor also has an armature resistance of 0.125 ohm. Neglect mechanical losses in all three machines. Initially the terminal voltage is 124 volts and armature current 32 amperes, with a motor speed of 1900 rpm.

a. Calculate the generated emf's in both generator and motor.

b. Calculate the developed torque and converted power in the motor.

c. If the load is uncoupled from the motor, the armature current drops to zero (why?). Calculate the no-load speed of the motor.

d. The original load is recoupled to the motor and the generator field current is reduced until the terminal voltage is 62 volts. Assuming a constant torque load, calculate the new motor current, speed, torque and converted power.

e. Assume the same conditions as in (d) except it is not a constant torque load and armature current is observed to be 20 amperes.

Solution

a. $E_g = V + I_A R_A = 124 + 32x0.125 = 128$ volts

$E_m = V - I_A R_A = 124 - 32x0.125 = 120$ volts

b. Converted power $= E_m I_A = 120x32 = 3840$ watts

$T_d = P_d / \Omega = 3840 / \{2\pi 1900 / 60\} = 19.3$ N-m

c. $E = k\phi n$

Motor condition 1: $E_1 = k\phi n_1$

Motor condition 2: $E_2 = k\phi n_2$

$$n_2 = n_1 \frac{E_2 k\phi}{E_1 k\phi} = 1900x \frac{128}{120} x1 = 2030 rpm$$

d. $T_d = K\phi I_A$

Motor condition 1: $T_1 = K\Phi I_{A1}$

Motor condition 2: $T_2 = K\Phi I_{A2}$

8-2

Motor condition 2: $T_3 = K\Phi I_{A3}$

$T_3 = T_1 = 19.3$ N-m (from (b) - - "constant torque load")

$$I_{A3} = I_{A1}\frac{K\phi T_3}{K\phi T_1} = 32x1x1 = 32 \text{ amperes}$$

$$E_3 = V - I_{A3}R_A = 62 - 32x0125 = 58$$

$$n_3 = n_1\frac{E_3 k\phi}{E_1 k\phi} = 1900x\frac{58}{120}x1 = 920rpm$$

$P_3 = E_3 I_{A3} = 58x32 = 1860$ watts

Check: $P_3 = T_3\Omega_3 = 19.3x2\pi 920/60 = 1860$ watts

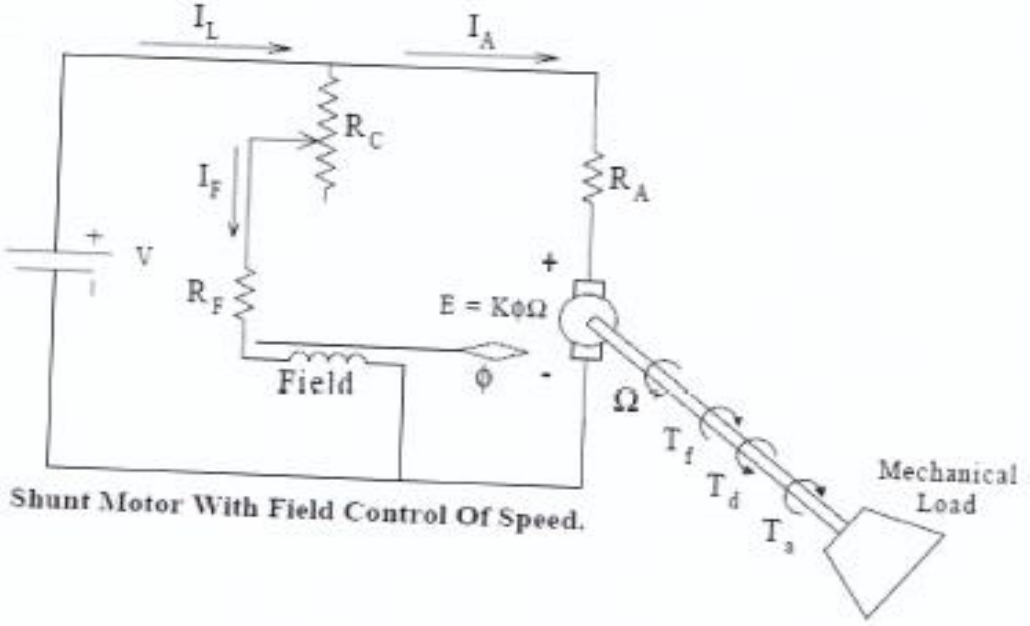
e. $E_4 = V - I_{A4} = 62 - 20(0.125) = 59.5$ watts

$P_4 = E_4 I_{A4} = 59.5x20 = 1190$ watts

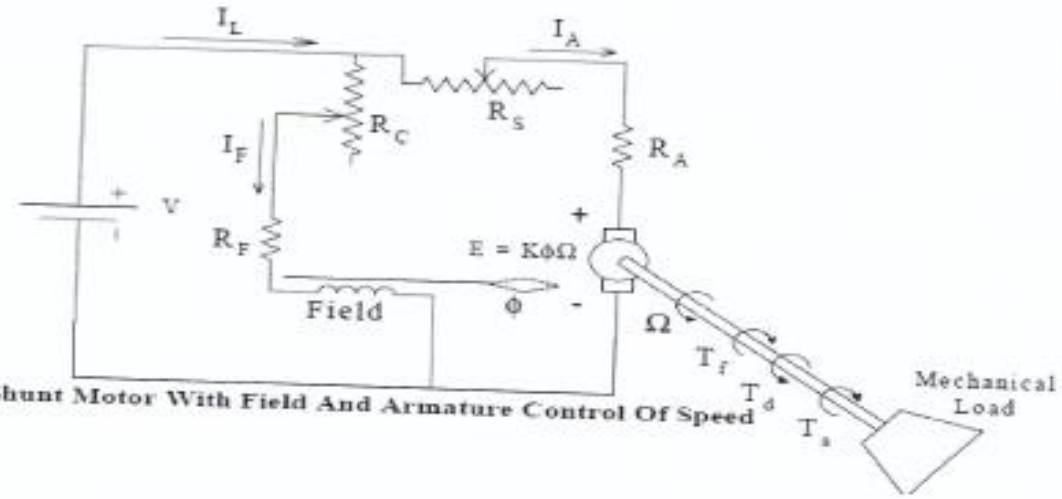
$$n_4 = n_1\frac{E_4 k\phi}{E_1 k\phi} = 1900x\frac{59.5}{120}x1 = 940 \text{ rpm}$$

$T_4 = P_4/\Omega = 1190/(2\pi 940/60) = 12.1$ N-m

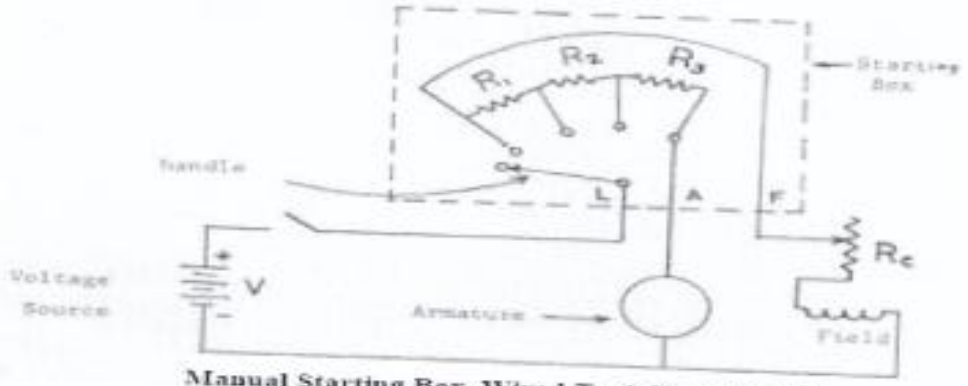
Check: $T_4 = T_1 x\frac{K\phi}{K\phi}x\frac{I_{A4}}{I_{A1}} = 19.3x1x\frac{20}{32} = 12.1$ N-m



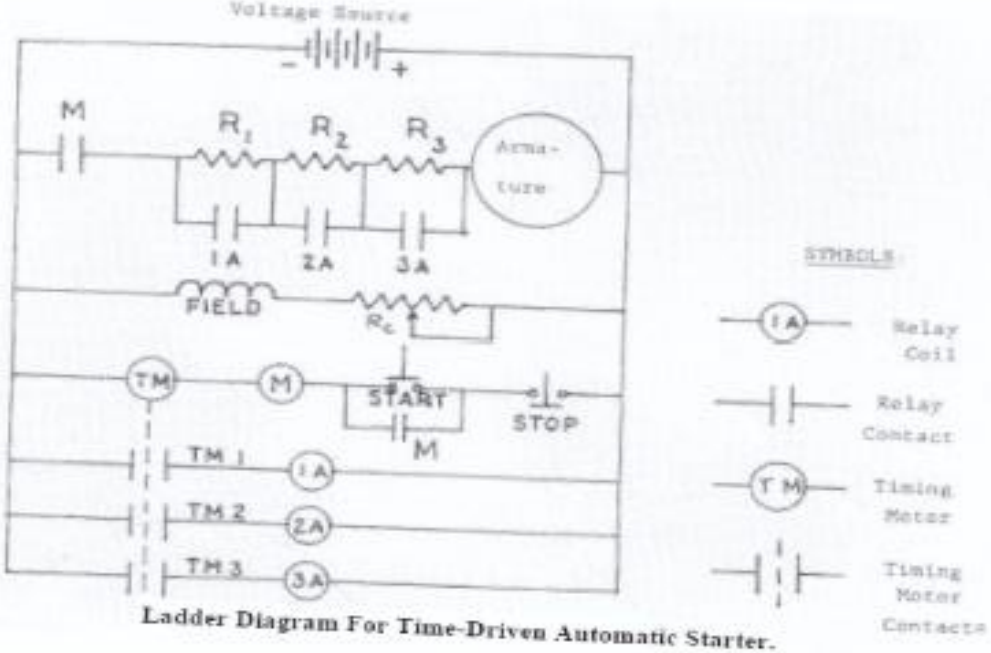
Shunt Motor With Field Control Of Speed.



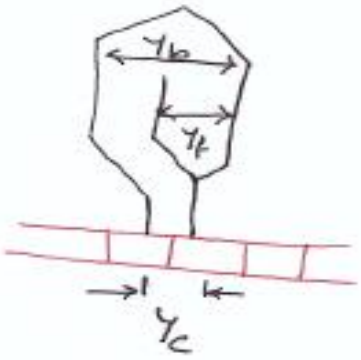
Shunt Motor With Field And Armature Control Of Speed



Manual Starting Box, Wired To A Shunt Motor.



Ladder Diagram For Time-Driven Automatic Starter.



y_b : back pitch
خطوة خلفية

y_f : front pitch
خطوة أمامية

y_c : Commutator pitch
خطوة الموحد

$y_c = 1$

$$y_b = \frac{S}{P}$$

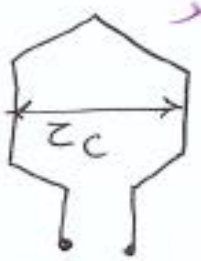
S ← عدد المجاري no slots
P ← عدد الأقطاب pole no.

or

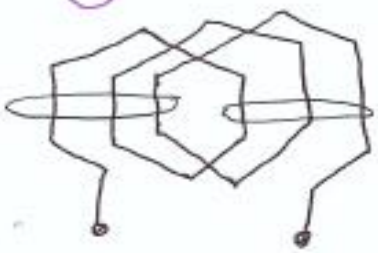
$$y_b = \frac{C}{P}$$

C ← عدد الملفات coil no.

عدد الملفات للمجرى الواحد $= \frac{2C}{S}$



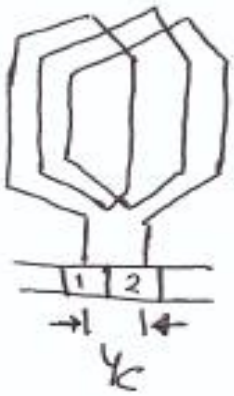
1 Coil (ملف)
1 Turn (لفة)
2 Coilside (جنبي ملف)
2 Conductor (موصل)



1 Coil
3 Turn
2 Coil side
6 conductors

لف انطباقي
lap winding

* يوصل نهايتي الملف مع فلقتين تحاذي متجاورتين على الموحد
* يتحمل فولت منخفض وتيار عالي



$$Y_b = \frac{S}{P} \quad , \quad Y_b = \frac{C}{P}$$

$$\text{No of sides per slots} = \frac{2C}{S}$$

$$\alpha = P$$

مثال

عدد المجاري = 20 ، عدد الملفات = 60

عدد الأقطاب = 4

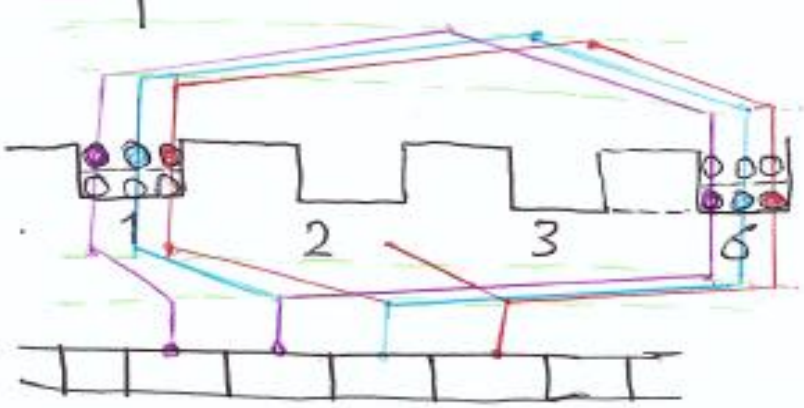
الحل

لكل قطب

$$Y_b = \frac{S}{P} = \frac{20}{4} = 5 \text{ slot}$$

$$Y_b = \frac{C}{P} = \frac{60}{4} = 15 \text{ coil}$$

$$\text{No of coil per slots} = \frac{2C}{S} = \frac{2 \times 60}{20} = 6$$



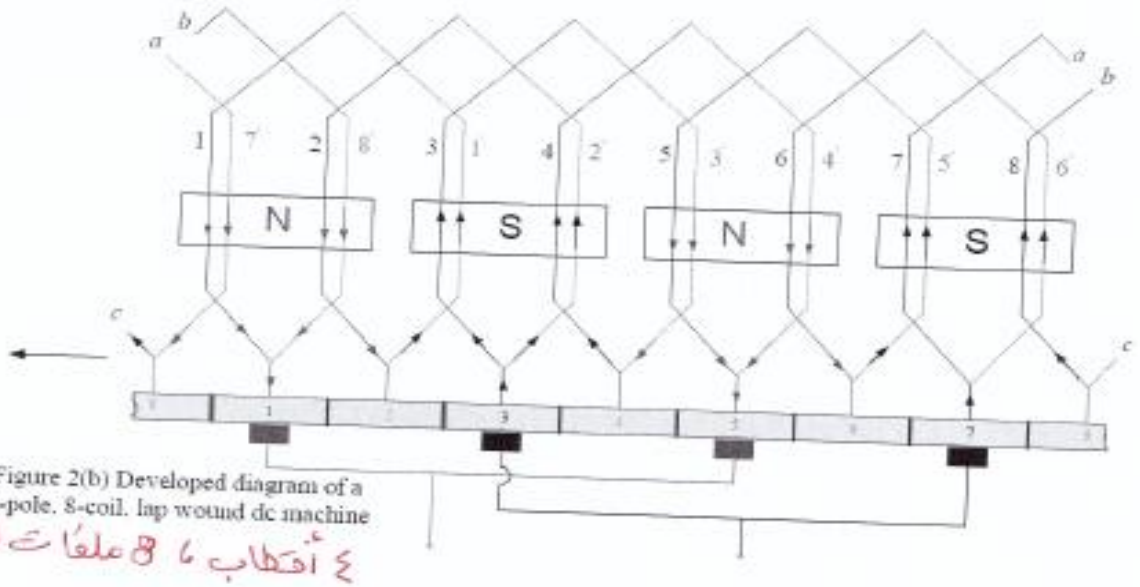


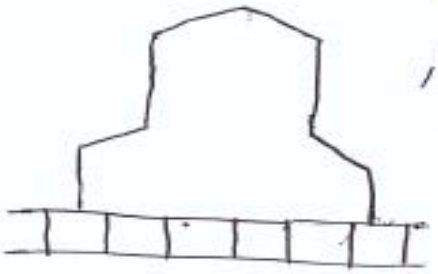
Figure 2(b) Developed diagram of a 4-pole, 8-coil, lap wound dc machine

٤ أقطاب و 8 ملفات لف انطباقي

⑪ أدرت

اللف الموجي Wave winding

* توصل نهايتي الملف بقطعتي نحاس متباعدتين على العضو.
* يتحمل فولتية عالية نسبياً وتيار منخفض



مثال

$S = 19$, $C = 57$, $P = 4$

الحل

$$Y_b = \frac{S}{P} = \frac{19}{4} = 4\ \tfrac{3}{4}\ \text{slot}$$

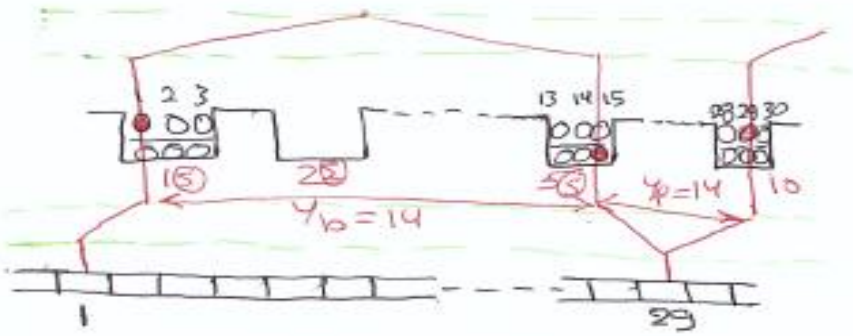
$$Y_b = \frac{C}{P} = \frac{57}{4} = 14\ \tfrac{1}{4}\ \text{Coil}$$

يوجد تماثل عكس الـ lap

$$\frac{2C}{S} = \frac{2*57}{19} = 6$$

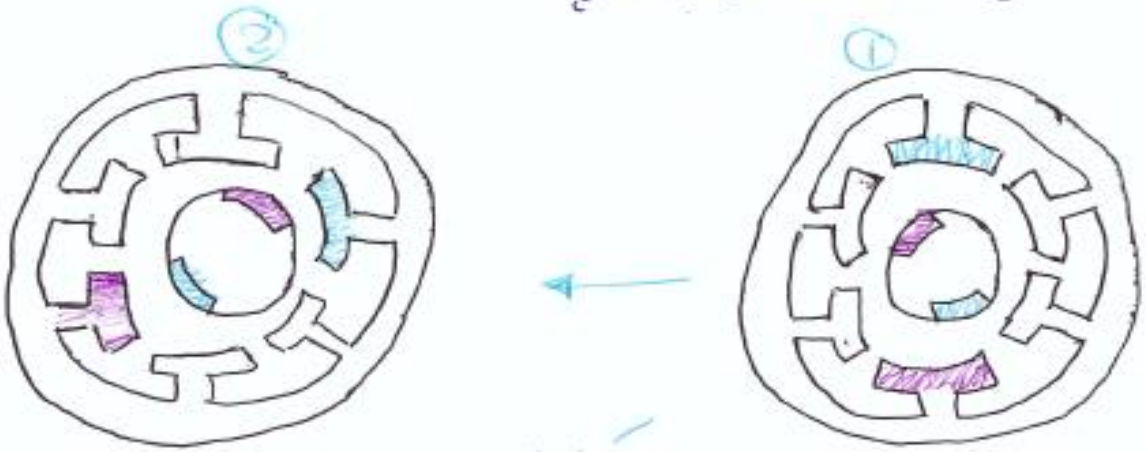
$$Y_c = \frac{C \pm 1}{P/2} = \frac{57-1}{2} = 28\ \text{seg}$$

$Y_b + Y_f = 28 = Y_c$



BLDC M
Brush less DC MOTOR
بلا فرشة

* يتخلص من استخدام الشاربون وبكون (rotor) من المغناطيس الدائم (Permenat megnat)
* أقطاب المحرك يتم مغناطتها بالألكترونيات ولا تكون مغناطيس دائم



وهكذا!

StartingofDCM
بدء المحرك

$$I_{starting} = 10\ I$$

* نضع مقاومات مع armature من البداية
* أو نتحكم في Vin أى جهد الدخل.

Speed control
التحكم في السرعة

$$V_a = E_a + I_a R_a$$

$$E_a = V_a - I_a R_a$$

$$K\Phi\omega_m = V_a - I_a R_a$$

$$\omega_m = \frac{V_a - I_a R_a}{K\Phi}$$

- التحكم في الـ VOLT في armature Converter
- توصيل مقاومة على التوالي متغيرة
- التحكم في المجال

Shunt
تستخدم مقاومات على التوالي مع ملف المجال

series
توصل مقاومة على التوازي مع ملف المجال

Braking
العزمله

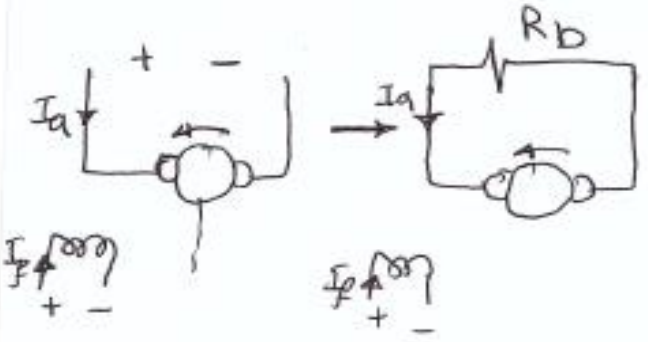
① Mechanical
ميكانيكية

Mechanical braking
K.E → friction losses
* الطاقة الحركية بتضيع على هيئة طاقة احتكاك

eddy current braking
K.E → eddy current losses
* تضيع الطاقة الحركية على هيئة تيارات دوامية

② Electrical كهربيا

Dynamic braking

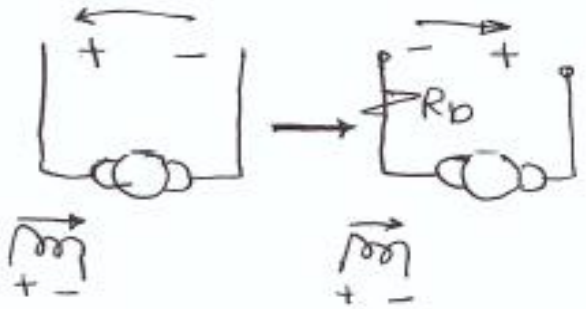


K.E → Copper losses

تضيع طاقة الحركة من Kinetic energy

صورة طاقة مفقودة في النحاس للمقاومة

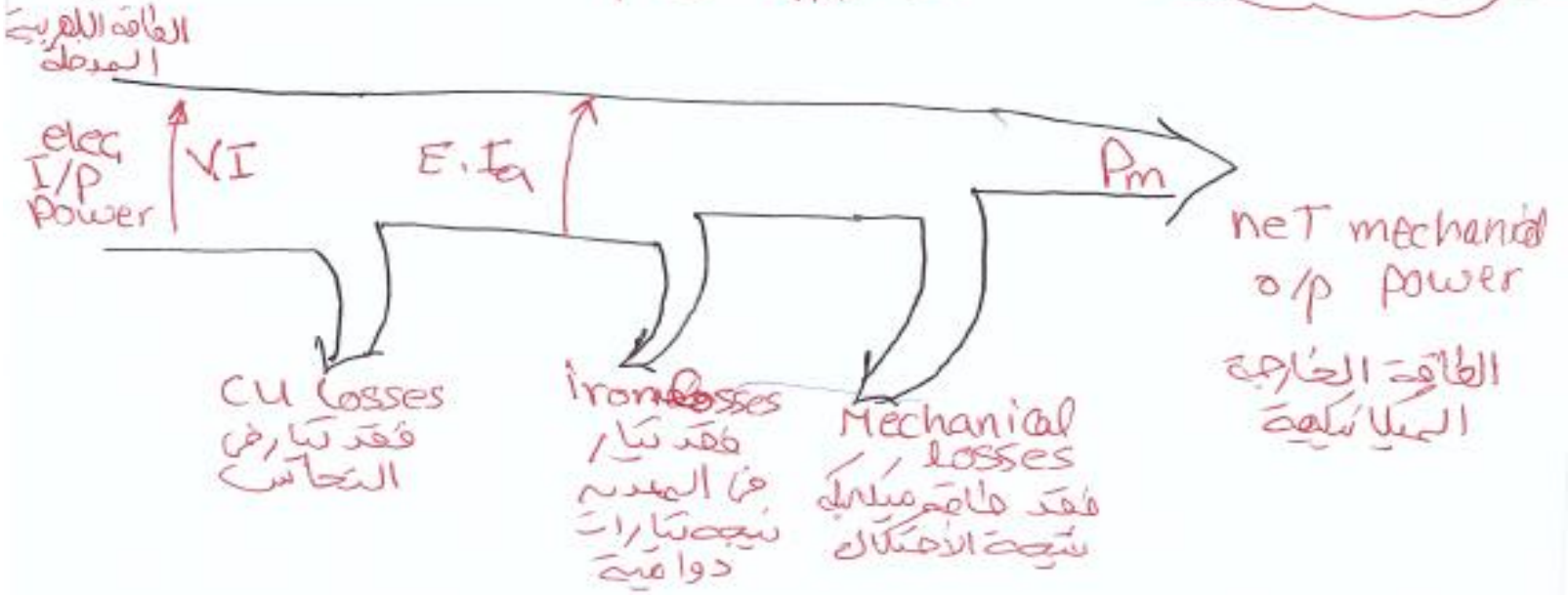
Plugging breaking

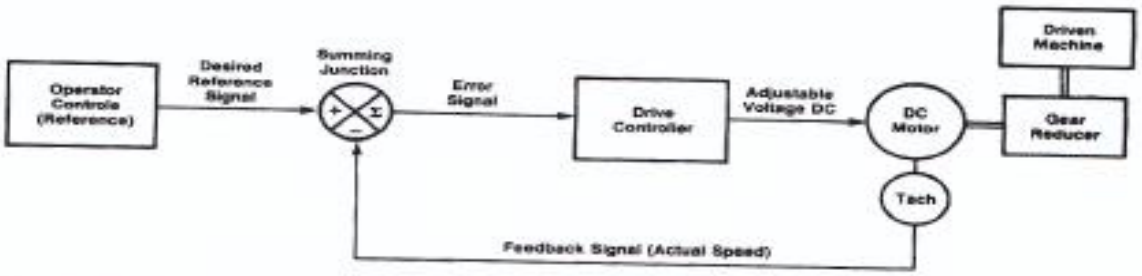


K.E → Copper losses

Power flow diagram
مخطط تدفق الطاقة

$$P = V_{in} \cdot I$$





Noise level
معدل الضوضاء

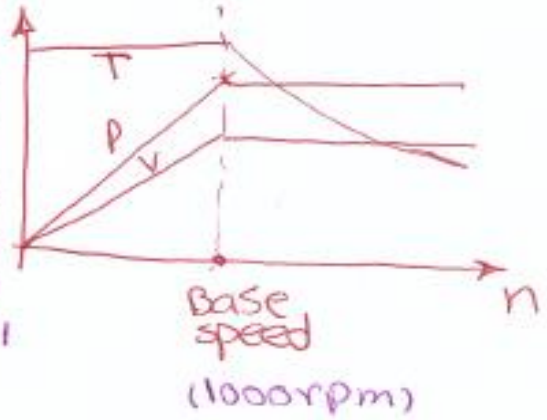
* المعدل الطبيعي لارتفاع صوت المحرك يتروح بين (74–84) ديسبل (dBA)

excitation voltage $110^V \rightarrow 440^V$

O.L crt 180% of rated for 2sec every 30minutes

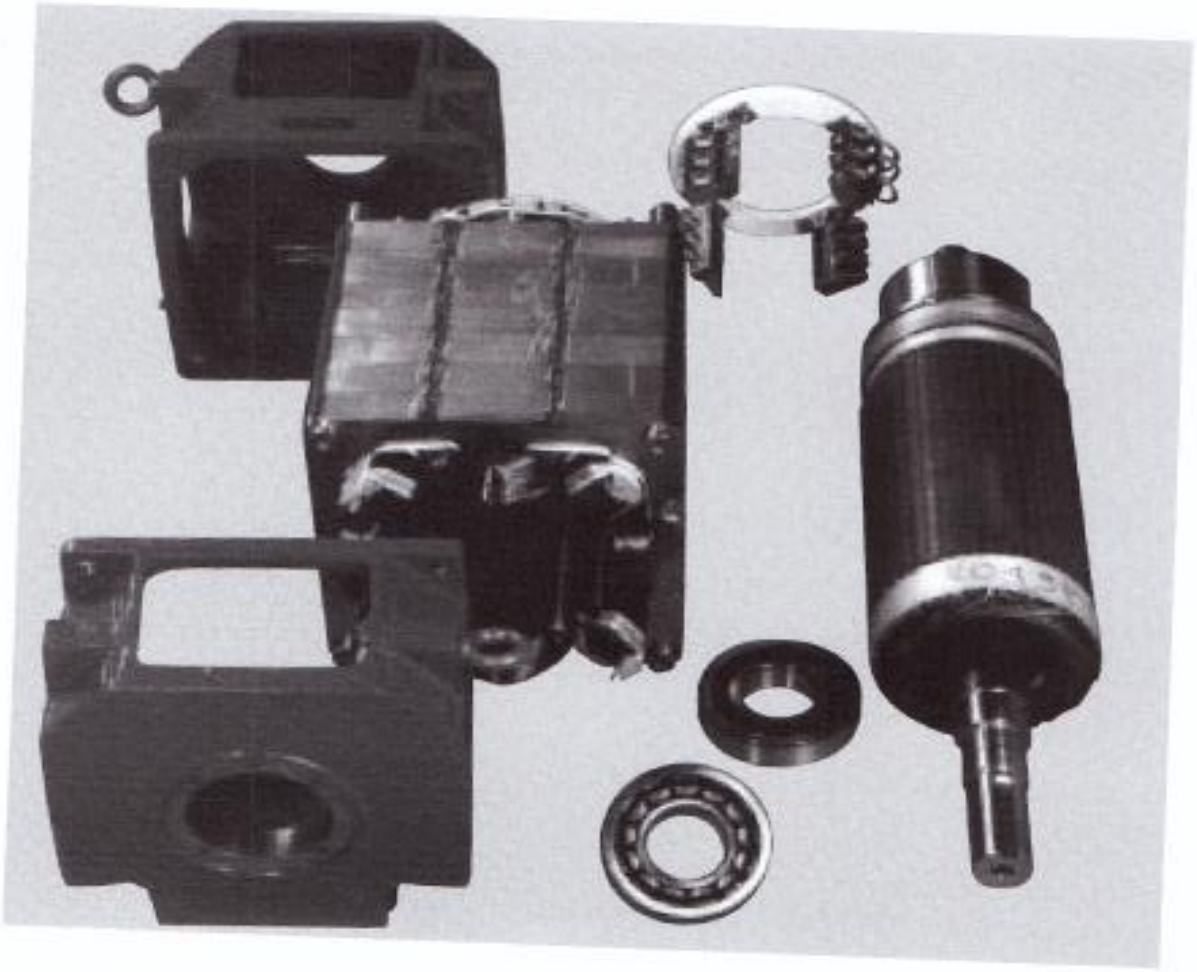
Field weakening
Field المجال الضعف.

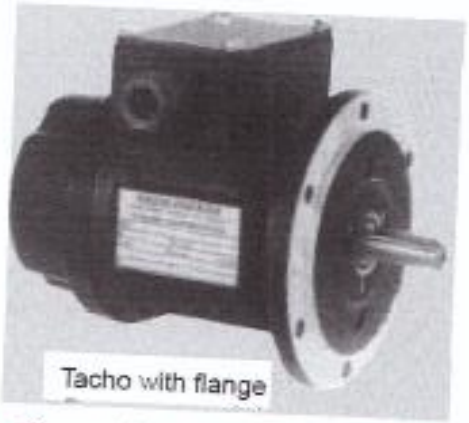
عندما تتعدى السرعة الـ Base speed يبدى الـ Torque في انخفاض ولتلويه ذلك نقوم بإضعاف المجال حتى نعود لقيمة قريبة من الأولى.

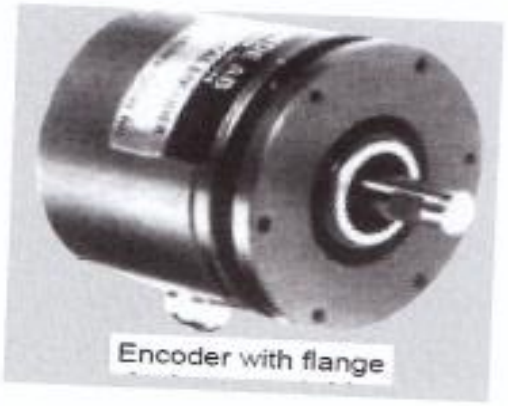


Filter Class E44
في الصناعات الحلوة

n_2 : continuous dri
n_3 : interrupted dri
$n_3 = 1.3 \times n_2$
$n_3 \leq$ max speed
السرعة المقننة للمحول للتحكم بها







* عند الدوران يولد فولت وتكون هذا الفولت يعتمد سرعة معينة