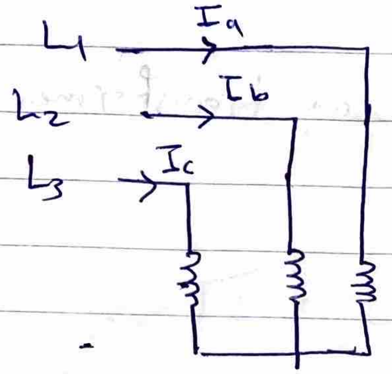
Generators } → DC
Motors } → AC

Chapter 8: AC Machin Fund.

↳ simple AC Machine

3Φ to winding of motor



$\vec{I_a} = I_p \angle 0^\circ$ A

$\vec{I_b} = I_p \angle -120^\circ$ A

$\vec{I_c} = I_p \angle +120^\circ$ A

windings as well physically have 120° between them

3Φ current → same magnitud but 120° far.

↳ they produce ~~a~~ Magnatic Fields

→ 3 vectors in each Line

→ resultant is a constant value but → Rotational magnetic field

#Poles ↑ , velocity ↓

in real motors 2 → 24 (due to physical constrains)

* Induction

بنقال أخطاء كاملة ،

→ between mechanical speed & electrical freq

1. synchronous machines → it needs an ~~dc~~ external supply that produce magnetic field

works directly when plug in electricity (one source enough)

mechanical energy

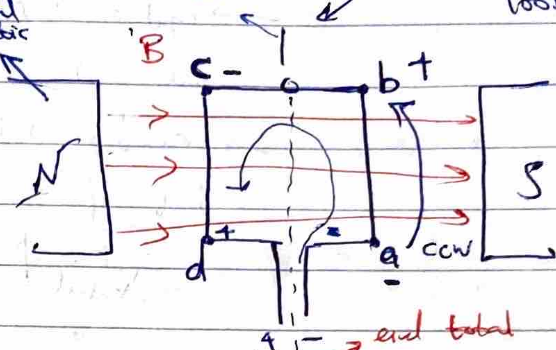
$$n_{sync\,(rpm)} = \frac{120\, f_e}{P}$$ electrical freq

A As Generator

mechanical → electrical

how? using magnetic field

→ study e_{ind}

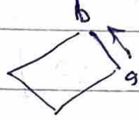


segments: $e_{ind} = e_{ab} + e_{bc} + e_{cd} + e_{da}$

X electrical energy → has polarity

* $e_{ind,ab} = (\vec{V} \times B) \cdot \ell$
$= VBL \sin\theta_{ab}$

using RHR → positive polarity is ab b



vel ↑ , B (+x) , ⊗ polarity

$e_{ind,bc} = zero$ $\theta = zero$

$e_{ind,cd} = VBL \sin\theta_{cd}$

V ↓ B (+x) ⊙

$e_{ind,da} = zero$

KVL: to know the induced total voltages

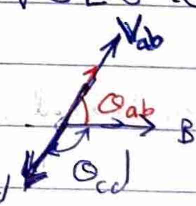
$- e_{ind,ab} + 0 - e_{ind,cd} + 0 + e_{ind,total} = 0$

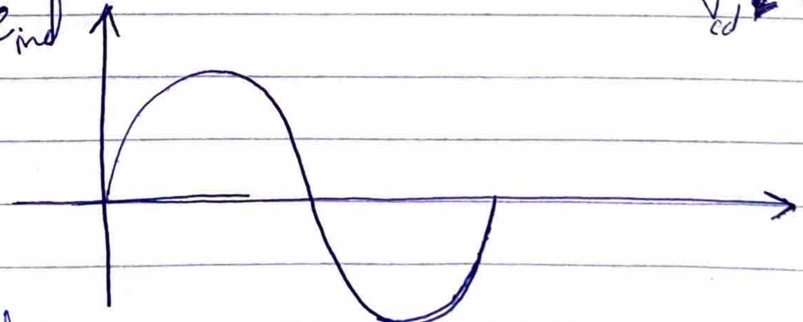
− → + : −ve
+ → − : +ve

$$\rightarrow e_{ind,total} = \underbrace{VBL}_{constants} \sin\theta_{ab} + VBL \sin\theta_{cd}$$

$\sin\theta = \sin(180 - \theta) / \sin\theta_{cd} \Rightarrow \sin\theta_{ab} = \sin\theta_{cd}$

$\theta_{ab} + \theta_{cd} = 180°$





AC / Alternating

→ production of electrical energy in terms

$$e_{ind} = vBL\,\underbrace{\sin\theta_{ab}}_{\sin\theta} + vBl\,\underbrace{\sin\theta_{cd}}_{\sin\theta}$$
$$= 2vBL\sin\theta$$

but $V = r\omega$

$\rightarrow e_{ind} = 2r\omega BL\sin\theta$

but $A = 2rL$

$\rightarrow e_{ind} = AB\omega\sin\theta$

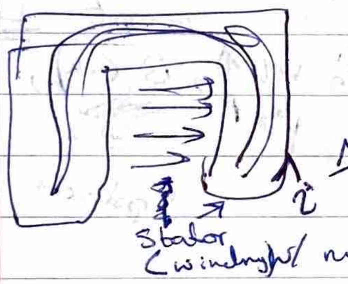
but $\phi = AB$

$\rightarrow \boxed{e_{ind\,total} = \phi\,\omega\sin\theta} \Rightarrow \boxed{e_{ind\,total} = \phi_{max}\,\omega\sin\omega t}$

to increase e_{ind} (الفولتية/فرق الجهد) by generators:

① تقطيع خطوط مجال أكثر ← بزيادة سرعة الدوران $\omega\uparrow$

② $\phi\uparrow$ by $i\uparrow$, because winding volume is constant (لأنه إذا بنحسب كبر magnet ويصير ضخم)



excitation/field current

* simple rotating loop is the rotor not the stator.

if $i_{excitation}\uparrow$, its increasing at the rotor

induced voltage depends on: flux level

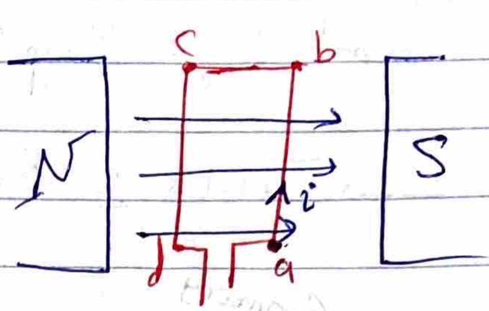
→ controlled by ① $N\uparrow$ until بوصل لحد معين لا بطلع

② $i_{excitation}\uparrow$ / i_{field}

* electrical machine → rotor / stator

[B] As Motor

electrical → mechanical



$\vec{F} = i\,(\vec{L} \times \vec{B})$ — B لمجال magnetic الخارجي، بيدفع ما بينه

$T = \vec{F} \cdot r \sin\theta$

force بيولد الداخل — Tourque لكن لا يوم ب

$T_{total} = T_{ab} + T_{bc} + T_{cd} + T_{da}$

$b \,//\, B$ لأنه

$= iLBr\sin\theta_{ab} + 0 + iLBr\sin\theta_{cd} + 0$

B (4x) يسار

i = ⊗ وسط

F → للأسفل — ومن B للأعلى — انظام motion

$\Rightarrow T_{total} = 2\,i_{loop}\,L\,B_s\,r\sin\theta$

conductor عدد من — B_s from stator

rotor بعمل مجال في الـ مجال

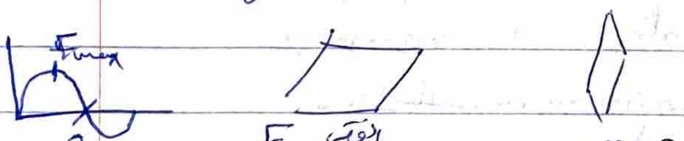
we know that $H = \dfrac{Ni}{L_c}$

$B = \dfrac{\mu N i}{L_c}$

$\Rightarrow i_{loop} = \dfrac{B\,L_c}{\mu N}$

→ Rotating loop doesn't have the same velocity

الإيحاء ال force من loop — والforce بتعمل torque



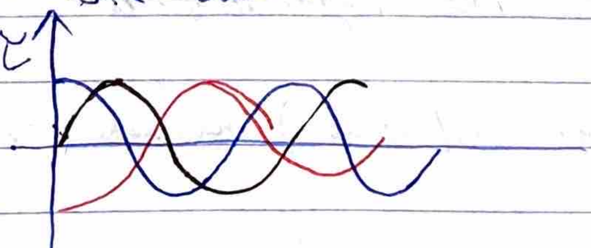
τ is max — F أقصى — plane // magnetic field loop

$\tau = 0$ — صفر — ← الي حركة الـ momentum

rotating loops — لحل المشكلة ← بنزيد عدد الـ

↓

more smoother



when one is zero other is max

$\rightarrow \tau_{total} = 2\, i_{loop}\, L\, B_s\, r \sin\theta$

but $i_{loop} = \frac{B_{loop}\, G}{\mu}$ ⇝ factor for loop geometry

$\longrightarrow \tau_{total} = \frac{2\, B_{loop}\, G\, L\, B_s\, r \sin\theta}{\mu}$

Geometry حجم الـ machine مربوط فيهم

$= k\, B_{loop} \cdot B_s \sin\theta$

$\tau_{ind} = k(B_{loop} \times B_s)$

total

induced torque ↳ قدرة الموتور على إنشاء عزم

load يقدر يحمل

1.5 horse → ~~[illegible]~~ $1.5 \times 746 = \ldots$ watt

rated value ← من الـ B_{loop} أعلى فبسحب تيار أكثر من الـ

* إذا الـ $< load$ العزم ← يعني يحاول يحمل الموتور τ_{ind} أعلى ← بتحرق الموتور

لأن القوة عكسية ← بيشل الموتور / بتعكس

* T_i Blender ← في البداية بنضوي وبنطفي مش بنضوي طول الوقت مرة وحدة لأنه ممكن يحترق

أول عملية التشغيل الـ starting current بقا بحتاج high torque ولكن إذا ضل مضوي والشفرات مجلدة الـ on Blender يعطي نفس الـ high torque فبسحب تيار (بيصير عالي)

فيصير حرارة لأن الـ winding عليه مادة عازلة مع الحرارة بتذوب ← فيصير short

بين الأسلاك ← بيحرق الموتور

له بحاول عاطفت (قدمًا)

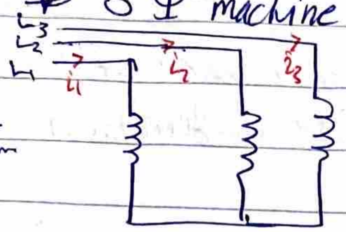
* Factors Affecting τ_{ind}:

1. Strength of the rotor magnetic field
   ↳ $i_{loop} \rightarrow B_{loop}$
2. Strength of external (stator) magnetic field
   ↳ B_s
3. Angle between the two fields
4. Machine constants
   ↳ حجم الموتور
   Geometry of electrical machine

in

كل phase عبارة عن coil

* 3Φ machine



star ← connection

each Φ is a coil

120 phase shift for currents

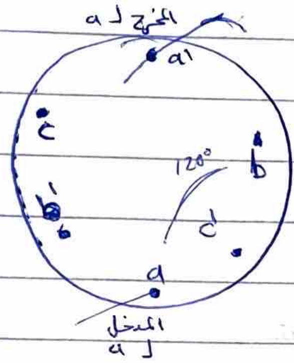
$i_1 = i_2 = i_3$ but 120° phase shift

$i_1 = i_p \angle 0$ A

$i_2 = i_p \angle -120°$ A

$i_3 = i_p \angle 120°$ A

& there's also a physical displacement by 120° for windings



← مرور التيار في الـ coil بعمل مجال مغ (magnetic field intensity → density) m.f

← عندي 3 مجال مغناطيسي ، المحصلة تبعهم بتعطي مجال مغناطيسي rotated

→ Rotating Magnetic Field

Theorem: 3Φ set of current, each of equal magnitude & different in phase by 120°, flows in 3Φ winding → then it will produce rotating magnetic field of constant magnitude

Steps of proof: produce magnetic field intensity, magnetic field density, total torque

$*$ B_{net} → محصلة الـ B بتجمع المحصلة بطريقة الـ vectors مع الزوايا (B_{total})

$i_{aa'} = I_M \sin \omega t$ A $\rightarrow H_{aa'}(t) = H_M \sin \omega t \angle 0°$ A.turn/m $\rightarrow B_{aa'} = B_M \sin(\omega t) \angle 0°$ Tesla

$i_{bb'} = I_M \sin(\omega t - 120°)$ A $\rightarrow H_{bb'}(t) = H_M \sin(\omega t - 120°) \angle 120° \rightarrow B_{bb'} = B_M \sin(\omega t - 120°) \angle 120°$

$i_{cc'} = I_M \sin(\omega t - 240°)$ A $\rightarrow H_{cc'}(t) = H_M \sin(\omega t - 240°) \angle 240° \rightarrow B_{cc'} = B_M \sin(\omega t - 240°) \angle 240°$ T

$B_{total} = B_{aa'} + B_{bb'} + B_{cc'}$ → function of t دالة في

at $\omega t = zero$

$B_{aa'} = zero$ $(\sin 0 = 0)$

$B_{bb'} = B_M \sin(0-120) \angle 120$

$B_{cc'} = B_M \sin(-240) \angle 240$

when $\omega t = 90°$

$B_{aa'} = B_M \angle 0°$ T

$B_{bb'} = -0.5 B_M \angle 120°$ T

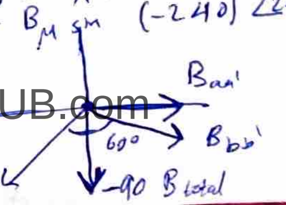
$B_{cc'} = -0.5 B_M \angle 240°$ T

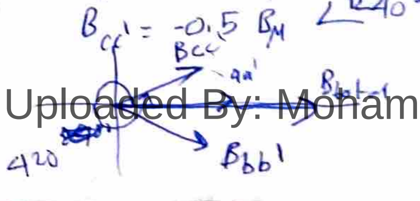
$\times 180°$

$B_{net} = 0$

$+ \frac{\sqrt{3}}{2} B_M \angle 120°$

$+ \frac{\sqrt{3}}{2} B_M \angle 240$





# of poles → pole is created when there's ⊙ & ⊗ beside each other (between 2 currents diff in direction) ~~between (diff in direction)~~

current direction

#poles 2 – 121 in machines

→ to have 4 poles → duplicate the sequence (120°) $a_1 - b_1$

so $\underset{a_1-b_1}{60^\circ}$ is the phase shift

$$\theta_e = \frac{P}{2}\,\theta_m$$

electrical → mechanical

$$f_e = \frac{P}{2} f_m$$

كل اشي بال e بعاملها والي بال mechanical

$$\omega_e = \frac{P}{2}\,\omega_m \rightarrow \text{بتقل السرعة للنص}$$

$$\cancel{e\pi} f_e = \frac{P}{2}\,\cancel{2\pi}\, f_m$$

$$f_e = \frac{P}{2}\,\frac{n_m}{60} \qquad \boxed{f_m = \frac{n_m}{60}}$$

بنا على سرعة الدوران وكل ما زادت freq زادت سرعة rotating mf

$$\Rightarrow \boxed{n_m = \frac{120 f_e}{P}} \Rightarrow \text{mechanical speed} = \text{constant} * \text{electrical freq}$$

* العلاقة بين f_e و الـ machine ~~…~~ : الـ rotor بيلحق على rotating mf الذي يعتمد على freq الشارات الكهربائية والـ

* In palestine $f_e = 50\,Hz \pm 0.02$ } other than that electricity is disconnected.

f_e → effects reactive power ↑, after a certain value real power is affected as well → control

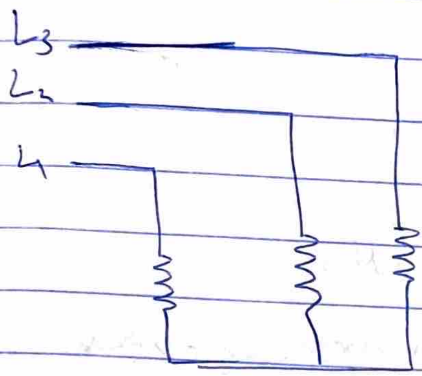
$$n_m = \frac{(120)(50)}{4} = 1500 \text{ rpm} \quad \text{minute}$$

سرعة الـ rotating mf

STUDENTS-HUB.com Uploaded By: Mohammad Awawdeh

* 3 winding provided by currents $\Rightarrow$ rotating magnetic field

is it cw or ccw?
- حسب +ve sequence
- -ve sequence



→ direction of mmf changes لو 2-phases عكس مكان أي (L1 - L3 عكس) لعكس اتجاه الدوران
cw → ccw
or ccw → cw

* Motor has → rotor circuit
→ stator circuit

rotor types
- عند انتقال الـ mmf من الـ stator للـ rotor والعكس
توزيع المجال الـ mmf بيحدد شو شكله بيكون ... عادة
- non-salient rotor → pure cylindrical
- salient pole → فيه نتوءات تعرجات

بيطلعوا بتوزيع الـ magnetic field

توزيع non-symmetrical وبحاول يلاقي أقصر مسافة

→ it form a 3rd type of motors → reluctance motor بتحصل توزيع المجال الـ...

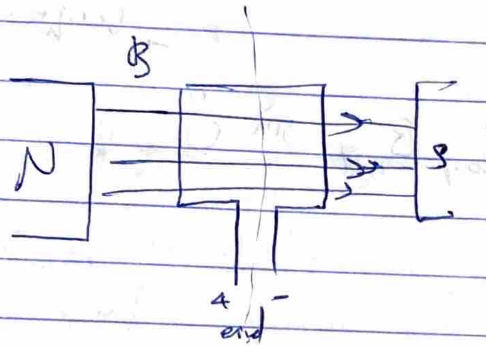
→ The used in our examples is the non-salient

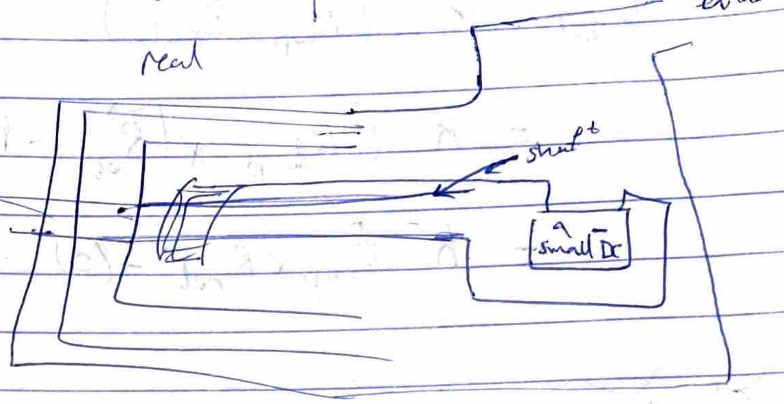
* انتقال المجال الـ mmf symmetrical وكل ... لازم يكون sinusoidal

للحفاظ على الـ sinusoidality للـ mmf
1) vary # of turns | عدد الـ wire / الـ # of turn بنظام مختلفات
2) distribution of # of turn يكون متغير | أعطي أكبر عدد ممكن الـ slots
poles ↑ ⇐ السرعة بتقل
max slots ⇐ geometry بالـ

* synchronous speed for rotating magnetic field → كانت بعتمد على الـ freq
في حالة الـ 2 poles
1 rev from electrical → $\frac{1}{2}$ rev in mechanical because # P ↑

* In real electrical machines
- Real Generator





مجال مغ ثابت
بحرك الـ coil ونحصل على الـ emf
من الـ rotor's rotor

الـ rotor circuit مزود بـ DC source ← يعمل مجال مغ ثابت
عند تحريك الـ rotor ← مجال مغ متحرك
يتحرك المجال ← نحصل على الـ emf في الـ stator (لأنه الـ stator winding ثابت ويصير تقطيع لخطوط المجال)
في فرق بينهم ؟ لأن الفرق الـ reference الي بنرسم منه
ربما كنت الـ rotor وهو يتحرك ، يشوف الـ ... تابع

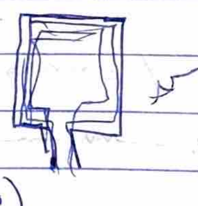
* In 3Φ

reference pole — phase shift — sin → cos (-90)

$$e_{ind,a}(t) = N\omega\Phi \sin(\theta + 0) = N\omega\Phi \cos(\theta - 90)$$

$$e_{ind,b}(t) = N\omega\Phi \sin(\theta - 120) = N\omega\Phi \cos(\theta - 210)$$

$$e_{ind,c}(t) = N\omega\Phi \sin(\theta + 120) = N\omega\Phi \cos(\theta + 30^\circ)$$



$N\uparrow$, تقطيع خطوط مجال أكثر , emf $\uparrow$

$N\omega\Phi \rightarrow V_m$

* $V_{RMS} = \frac{V_M}{\sqrt{2}}$ → amp of signal → actual value

root mean square value

$$e_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^t (e_{ind,a})^2\, dt} = 240 \text{ volt}$$

in our houses

avg sinusoidal قيمة متوسطة

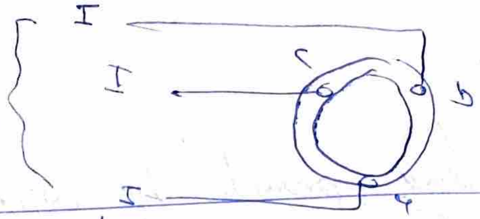
$V_m \rightarrow$ amp of signal

2|

electrical energy ب stator بنزود ال

Synchronous ←

rotating mf بتكون ←



- Real Motor

* 3Φ current → [illegible] → rotating magnetic field
* rotor ← DC

ما stationary magnetic field

poles stator ~~are equal~~ must equal # poles rotor

ال N بتسحب S وال S بتسحب ال N ← magnetic coupling ← بتصير ال rotor [illegible] يلف [illegible]

rotating mf [illegible] 3Φ current [illegible] stator بنزود ال ← synchronous motor [illegible]

stationary mf [illegible] DC source ب rotor وبنزود ال

عدد ال poles [illegible]

← بتشبكوا magnetically [illegible] rotor بلف

$$\boxed{n_{syn} = \frac{120 f_e}{P}}$$

electrical freq.

geometric

$$\tau_{ind} = k \left(B_{loop} \times B_s \right)$$

[illegible] load ال

DC source ال [illegible]

~~torque angle~~

$$\vec{B}_{net} = \vec{B}_{loop} + \vec{B}_s$$

$$\vec{B}_s = \vec{B}_{net} - \vec{B}_{loop}$$

$$\tau_{ind} = K \left(B_{loop} \times B_{stator} \right)$$

$$= K \left(B_{loop} \times \left(\vec{B}_{net} - \vec{B}_{loop} \right) \right)$$

$$= K\, B_{loop} \times B_{net} - (0) = K\, B_{loop}\, B_{net} \sin \delta$$

torque angle