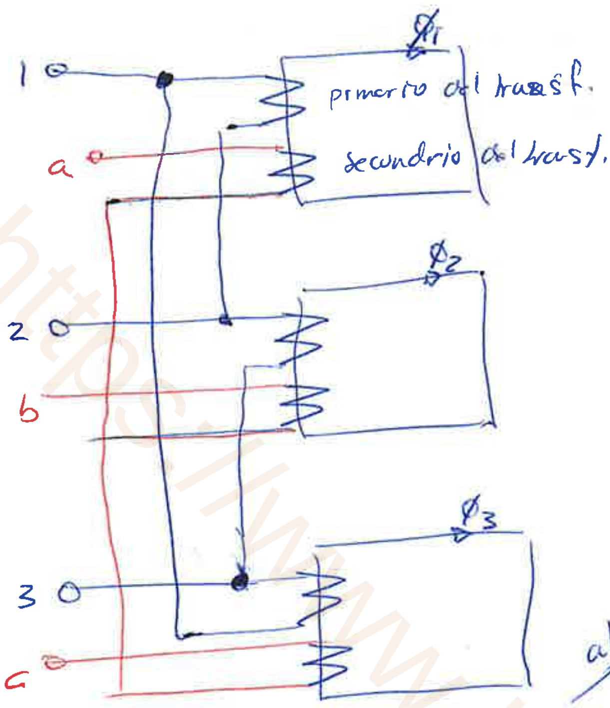
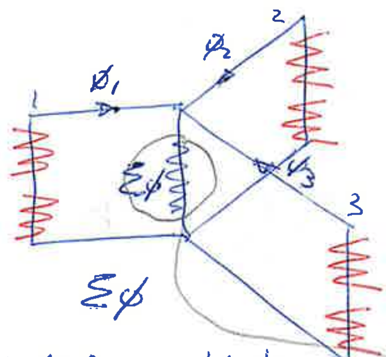
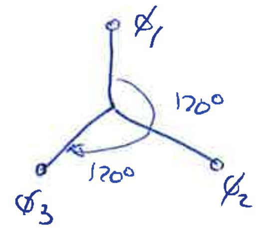
TRANSFORMADOR TRIFASICO.

primario Δ
secundario λ



colocamos los 3 transformadores

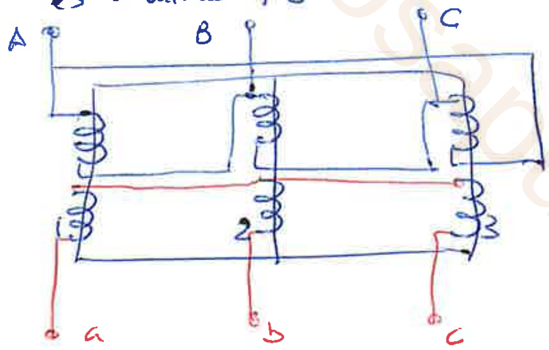




alzado.

el flujo resultante de estos tres transformadores vale cero. Como no pasa flujo lo quitamos

es la misma fig. vista en alzado



Primario Δ

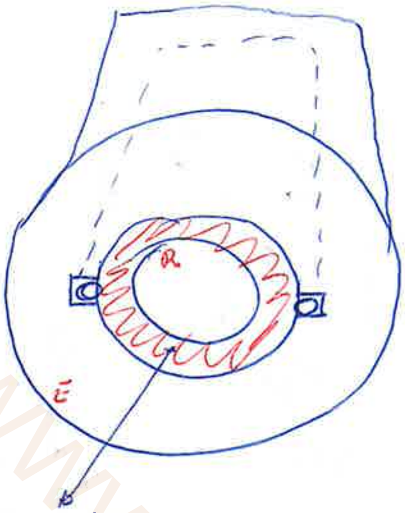
Δ

λ secundri

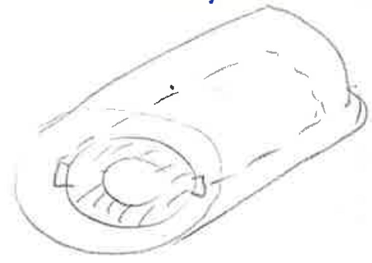
MAQUINAS ROTATIVAS.

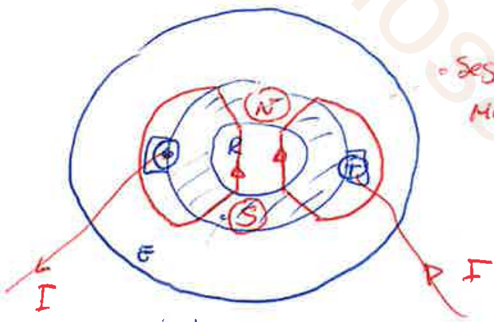
F.m.m. originada por bobina diametral alimentada por c. continua.

circ. magnético constituido por dos cilindros coaxiales, ferromagnéticos en el cilindro exterior se va a montar una bobina. Considero uno interior y otro exterior. también una ranura



entrehierro.

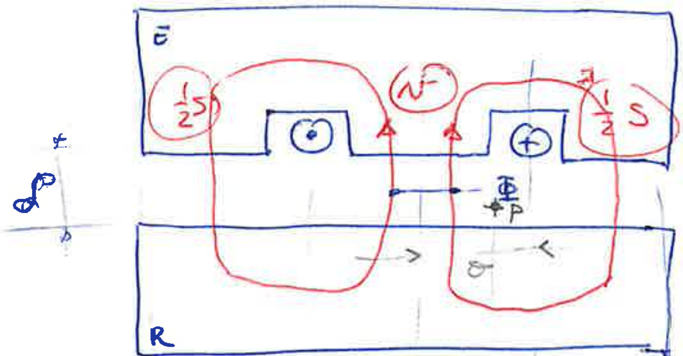




Según la regla de Maxwell ⇒ se forma un norte y un Sur

entrehierro.

Abrimos el cilindro y hacemos una representación rectangular:



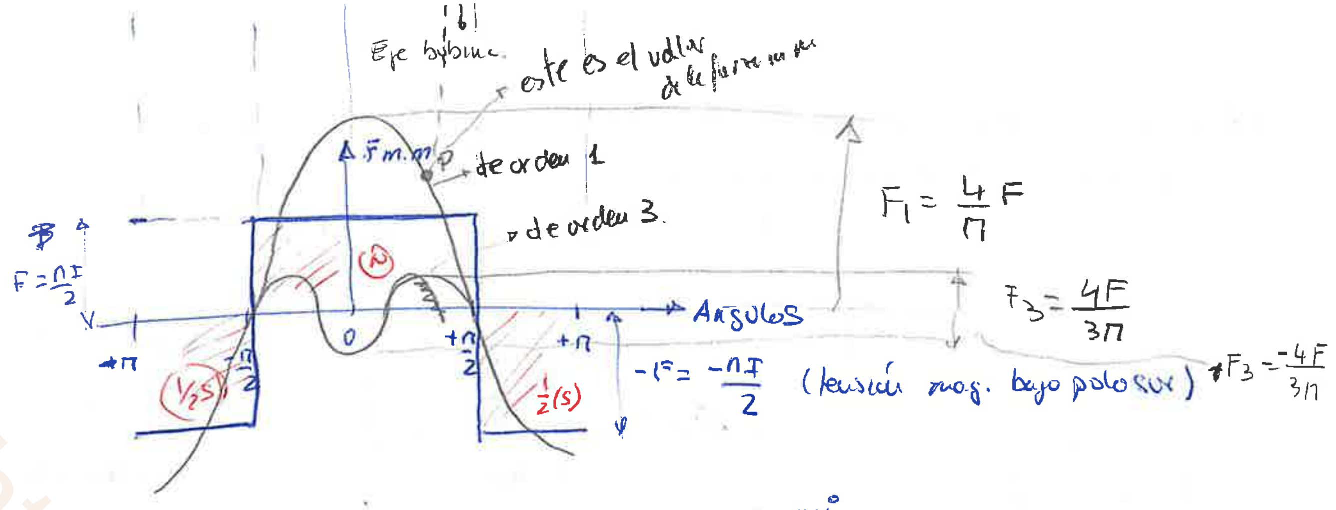
Entrehierro

Suponemos que la bobina tenga energía nI.
La reductancia del circuito magnético es nula,

$$nI = H\,(2\delta)$$

[H = excitación magnética en el entrehierro o en el aire $= \dfrac{nI}{2\delta} = \dfrac{nI/2}{\delta} = \boxed{\dfrac{F}{\delta}}$

$F = \dfrac{nI}{2}$ la fuerza m.m. necesaria para hacer pasar una sola vez por el entrehierro. (Tensión magnética bajo polo N)



$F_1 = \frac{4}{\pi} F$

$F_3 = \frac{4F}{3\pi}$ $\quad F_3 = \frac{-4F}{3\pi}$

$F_p = F_1 \cos\theta + F_3 \cos 3\theta + \dots + F_\nu \cos \nu\theta$ — mi — a esto lo llamo mi

$F_\nu = \frac{2}{\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} F \cos \nu\theta \, d\theta = \frac{2}{\nu\pi} F \left[\operatorname{sen} \nu\theta \right]_{-\pi/2}^{+\pi/2} \quad F_\nu = \frac{2F}{\nu\pi} \left(2 \operatorname{sen} \nu \frac{\pi}{2} \right) =$

$= \frac{4F}{\nu\pi} \operatorname{sen}\left(\nu \frac{\pi}{2}\right)$ mi

$\nu = 1 \quad F_1 = \frac{4F}{\pi} \operatorname{sen}\frac{\pi}{2} = \frac{4F}{\pi}$

para el armonico de orden 3 $\nu = 3$ $\quad F_3 = \frac{4F}{3\pi} \operatorname{sen}\left(\frac{3\pi}{2}\right) = -\frac{4F}{3\pi}$

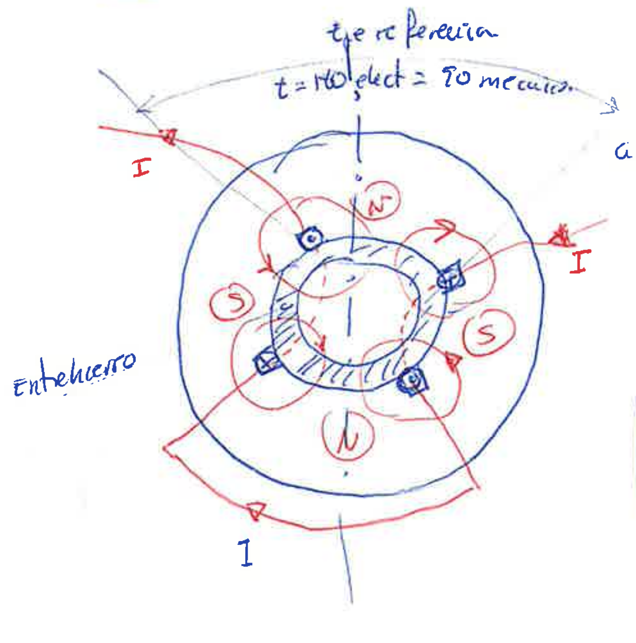
$\Rightarrow \quad F_p = F_1 \cancel{\cos\theta} + F_3 \cos 3\theta + \dots = \frac{4F}{\pi} \cos\theta - \boxed{\frac{4F}{3\pi} \cos 3\theta} + \dots$ se desprecia.

Se considera el armonico fundamental y los demas se desprecian.

$\boxed{F_p = \frac{4F}{\pi} \cos\theta} \Rightarrow \frac{4}{\pi} \frac{nI}{2} \cos\theta \quad \boxed{F_p = \frac{2}{\pi} n I \cos\theta}$

si $F = \frac{nI}{2}$

MAQUINA MULTIPOLAR.



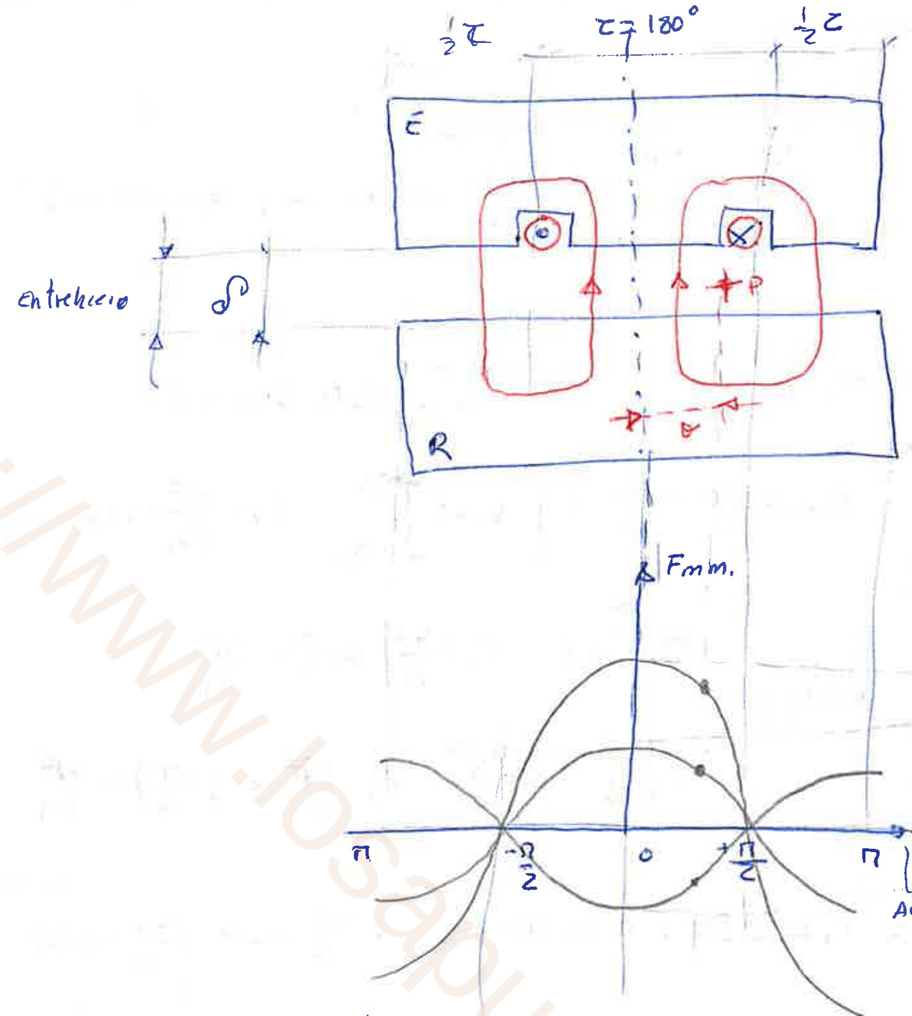
aplicando regla de Maxwell.

$p=1$ ang elect = angu. mecanico.

$p=2$ el angulo elect. son doble al mecanico

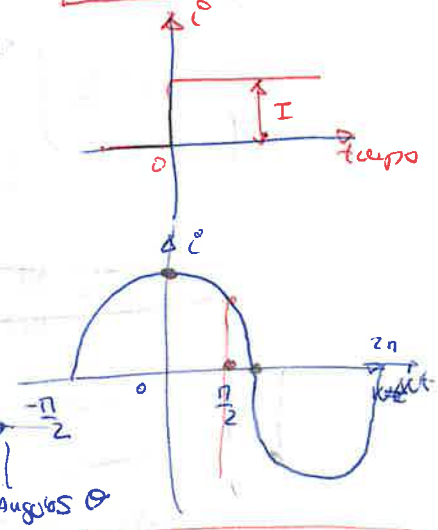
$\boxed{F_p = \frac{2}{\pi} n I \cos p\theta}$

Volvemos a considerar la bobina diametral. con una diferencia que en vez de alimentarlo con c. cont. lo alimentamos con c.alter.



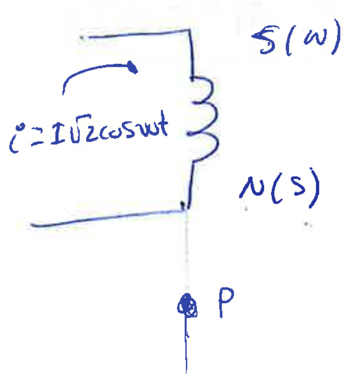
un punto P.
recibe una f.m.m.
$i = I\sqrt{2}\cos\omega t$

$$\boxed{F_p = \frac{2}{\pi} n i \cos\theta}$$



$$\boxed{F_p = \frac{2}{\pi} n (I\sqrt{2}\cos\omega t)\cos\theta}$$

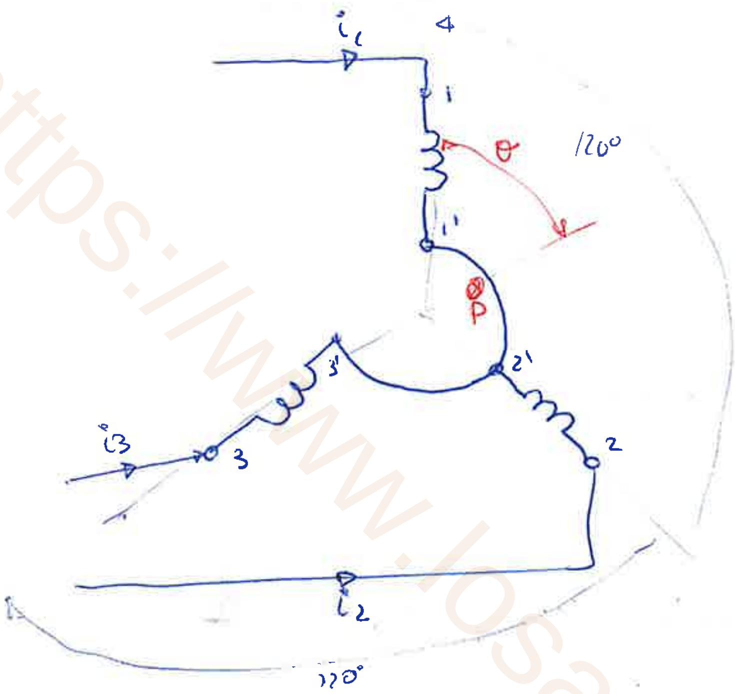
EL campo es pulsante.



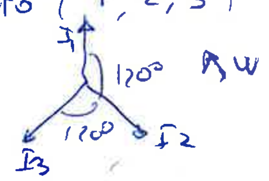
TEOREMA DE FERRARIS.

considero la misma ecuación $F_P = F_{mx} \cos(p\theta - \omega t)$ pero con devanados estáticos.

considero 3 bobinas desplazado en el espacio según 120°



• la corriente forman un sist. equilibrado
• Directo (1, 2, 3)



⇒

- los ϕ son $\propto$ a la corriente $\phi \propto I$
- la F.m.m. sinusoidales

la corrientes son:
$$i_1 = I\sqrt{2}\cos\omega t = I_{mx}\cos\omega t \rightarrow F_{eje_1}$$
$$i_2 = I\sqrt{2}\cos(\omega t - 120°) = I_{mx}\cos(\omega t - 120°)$$
$$i_3 = I\sqrt{2}\cos(\omega t - 240°) = I_{mx}\cos(\omega t - 240°)$$

i_1 origina $\longrightarrow$ $\frac{F.mm}{F_{eje_1}}$ (bobina 1) $= \frac{n i_1}{Rm = cte} = \frac{n I\sqrt{2}\cos\omega t}{Rm} = F_{mx}\cos\omega t$ (F_{mx})

i_2 origina $\longrightarrow$ $F_{eje_2} = F_{mx}\cos(\omega t - 120)$

i_3 origina $\longrightarrow$ $F_{eje_3} = F_{mx}\cos(\omega t - 240)$

la Fmm que se produce en P. es decir F_1, F_2, F_3

$F_1 = F_{eje_1}\cos\theta = F_{mx}\cos\omega t \cos\theta$ $\quad$ F_1 = f.m.m. en el conductor P originada en la bobina 1

$F_2 = F_{eje_2}\cos(\theta - 120) = F_{mx}\cos(\omega t - 120)\cos(\theta - 120°)$ $\quad +$

$F_3 = F_{eje_3}\cos(\theta - 240°) = F_{mx}\cos(\omega t - 240°)\cos(\theta - 240°)$

---

como tiene las bobinas direcciones radiales entonces la suma sería F_P

$$F_P = F_1 + F_2 + F_3 = F_{mx}\left\{\frac{1}{2}\left[\overset{(1)}{\cos(\omega t + \theta)} + \cos(\omega t - \theta)\right] + \frac{1}{2}\left[\overset{(2)}{\cos(\omega t + \theta - 240°)} + \cos(\omega t - \theta)\right] + \frac{1}{2}\left[\overset{(3)}{\cos(\omega t + \theta - 480°)} + \cos(\omega t - \theta)\right]\right\}$$

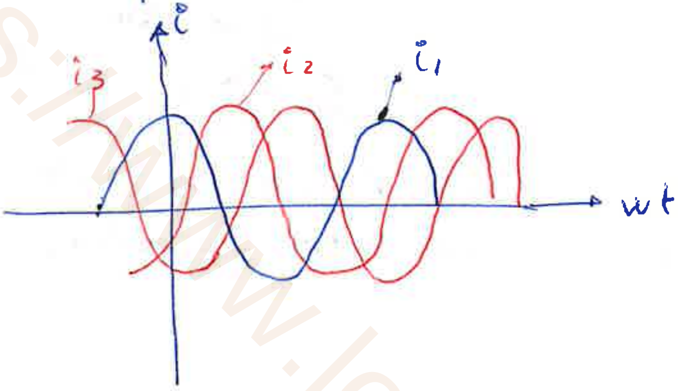
la suma de los tres (1)(2)(3) valen ceros ⇒ quedaría $\boxed{\frac{3}{2} F_{mx}\cos(\omega t - \theta)}$ esto es para maq. bipolar.

para maquina multipolar $p > 1$

$$\boxed{F_p = \frac{3}{2} F_{mx} \cos(wt - p\theta)}$$

para $t=0$ y $\theta = 0$ } la Fuerza magnetomotriz es max. $F_p = \frac{3}{2} F_{mx}$. (F.m.m.)

Representación grafica.



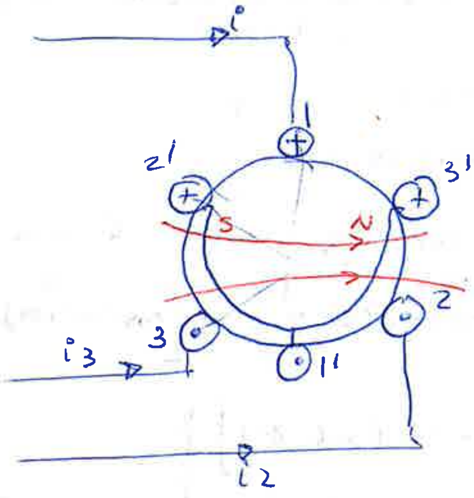
para que F_p = sea max. tiene que transcurrir un tiempo $\cos(wt_1 - p\theta) = 1$

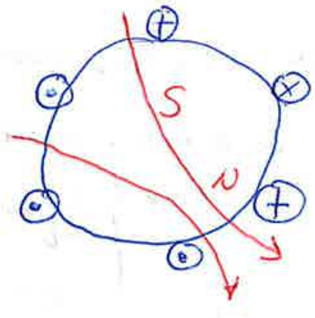
$t_1 = p\theta$

$$t_1 = \frac{p\theta}{w} = \frac{\theta}{w/p}$$ velocidad giro.

<u>Enunciado: Teorema de Ferraris.</u>

cuando un debanado polifasico de p pares de polos se encuentra recorrido por un sist. de corrit. polifasicas de pulsación $w = 2\pi f$, se origina un campo magnetico giratorio de p pares de polos ficticios, deslizandose por el entrehierro, con velocidad angular mecanica W/p





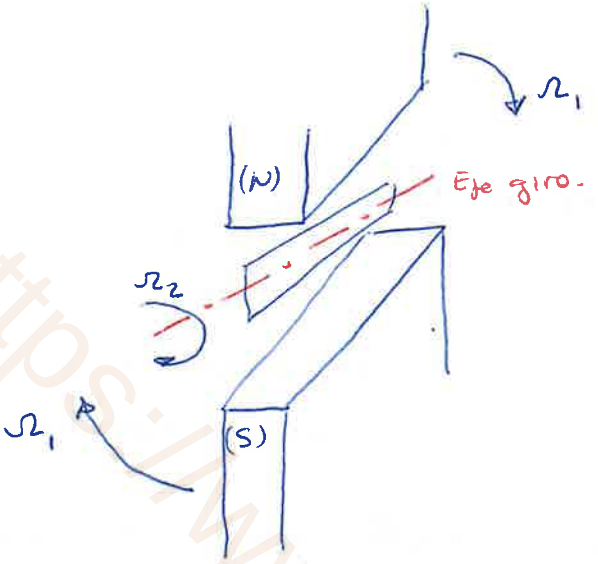
$p=1$

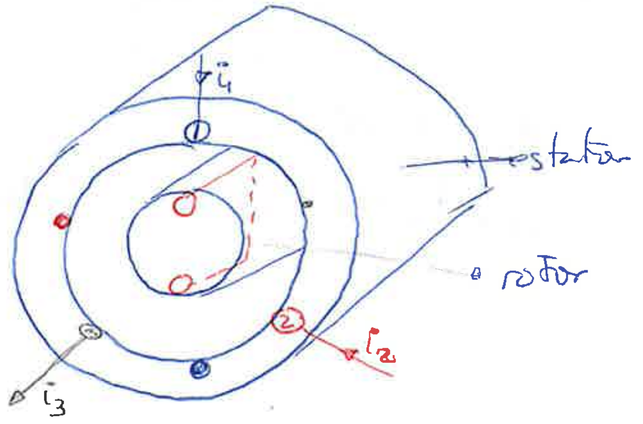
$f = \frac{pN}{60}$

$50 = \frac{(1)}{60} N$

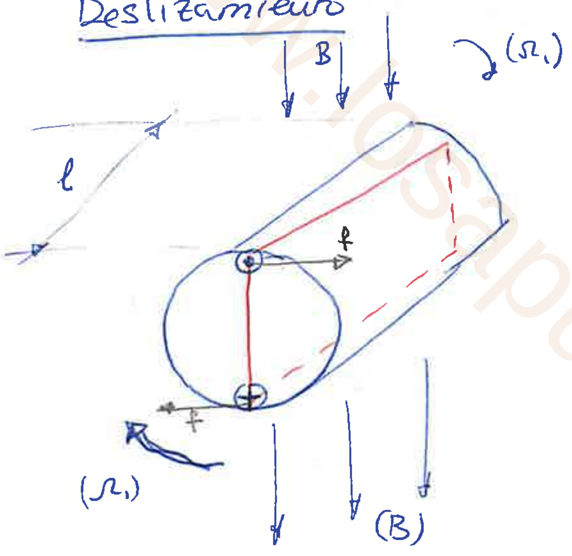
TEMA:
MOTORES ASINCRONOS.

Principios de Funcionamiento del motor asincrono.





Deslizamiento



La espira tiene una longitud axial que llamamos l.

Al desplazarse el campo magnetico giratorio origina que corta lineas de fuerza

$e = Blv$

origina la fuerza electromagnetica de Laplace $f = Bli$ entonces existiria un par.

excepto en un caso ideal la velocidad de giro de ~~Motor asincrono~~ Ω_2 (rotor) es siempre inferior a ~~motores sincrono~~ Ω_1. es decir $\boxed{\Omega_2 < \Omega_1}$

$$\boxed{\Omega_g = \Omega_1 - \Omega_2}$$

velocidad relativa giro del rotor con relacion campo magnetico giratorio

$$\boxed{g = \frac{\Omega_g}{\Omega_1}} = \frac{\Omega_1 - \Omega_2}{\Omega_1}$$

y hablando el deslizamiento en

deslizamiento g

porcentaje $\boxed{g\% = \frac{\Omega_1 - \Omega_2}{\Omega_1} \cdot 100}$

$\boxed{W_g = p\,\Omega_g}$ una velocidad electrica es p veces mayor a la mecanic.

$$W_g = p\,\Omega_g \qquad w_g = 2\pi f_2$$

$$2\pi f_2 = p\,\Omega_g = p[g\,\Omega_1] = p[g\,2\pi N_1]$$

$\Omega_1 = 2\pi N_1$ ← velocidad de giro de la máquina.

$f_2 = p\,g\,N_1$

$N_1 = \frac{f_1}{p}$ → frecuencia de la corriente del estator

$f_2 = \cancel{p}\,g\,\frac{f_1}{\cancel{p}}$

$$\boxed{f_2 = g f_1}$$

la frec. rotórica es g veces la frecuencia estatórica.

– En el arranque de aplicar tensión a el estator (y = Rotor bloqueado) la g vale 1 $g = \frac{\Omega_1 - 0}{\Omega_1} = 1$ entonces $f_2 = g f_1$ $f_2 = f_1$

– Sincronismo si $\Omega_1 = \Omega_2$ $g = \frac{\Omega_1 - \Omega_1}{\Omega_1} = 0$ deslizamiento cero.

– Deslizamiento típico $g\% = 5\%$ o $g = 0'05$ cuanto vale la frecuencia rotórica si la de la red es $50Hz = f_1$

$$f_2 = g(f_1) = (0'05)(50) = 2'5\,Hz.$$

$$g\% = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \cdot 100 \qquad g = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \qquad N_2 = N_1(1-g] = 3000\,[1-0'05]$$

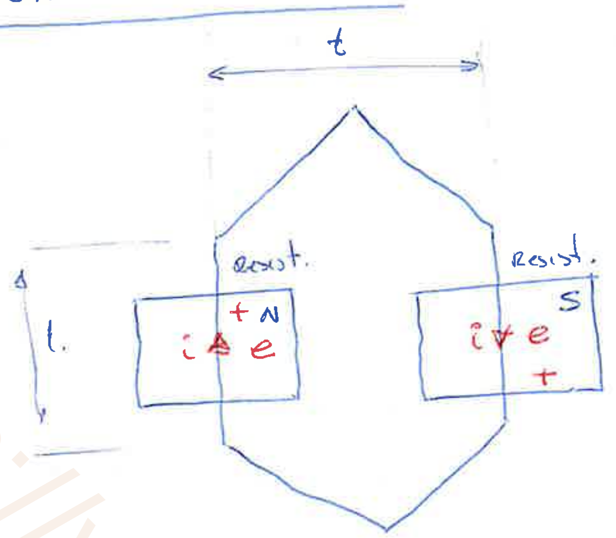
$$N_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60\cdot(50)}{1} = 3000\ RPM.$$

$$\boxed{= (3000)(0'95) = 2850\ RPM.}$$

Si la carga mecánica aumenta la velocidad variara..

ROTOR TIPO JAULA.

longitud de los conductores activos.

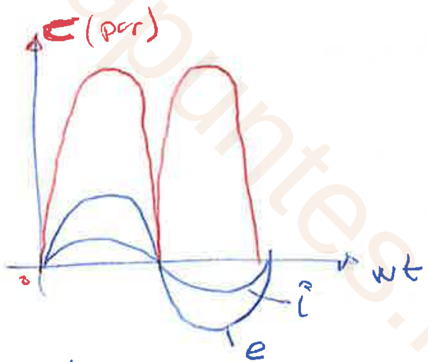


$\Sigma e = 2e$
Dos resistencia
⇒ campo magnetico con velocidad angular Ω_1

es una cte de maquina
$e = B l v$
$e \propto B$ (induccion)
$F = B l i$
$C \propto F$
el par motor

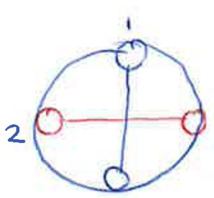
el par.
$C \propto B \cdot i$
$C \propto e i$

representacion curvas temporales de la f.elect. y corriente
e

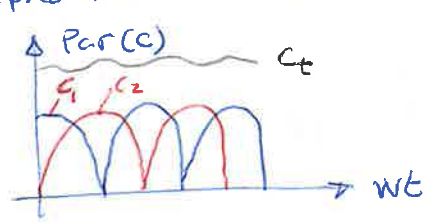


El par en funcion del tiempo es muy pulsante.

~~Dos~~ Espiras en cuadratura:

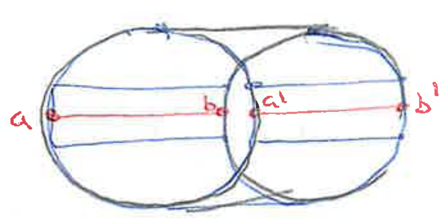


representacion en cuadratura



C_2 = ~~par~~ par 2
C_t = par total
$C_t = C_1 + C_2$.

Y llegamos al rotor tipo de Jaula.



consideramos dentro de la Jaula (las espiras en rojo)
suponemos que tiene resistencia las barras

$$i = \frac{\Sigma e}{\Sigma R} = \frac{2e}{2R} = \frac{e}{R} \rightarrow e - Ri = 0$$

diferencia de potencial $V_a - V_b = e - Ri$ $V_a - V_b = 0$ $\boxed{V_a = V_b}$

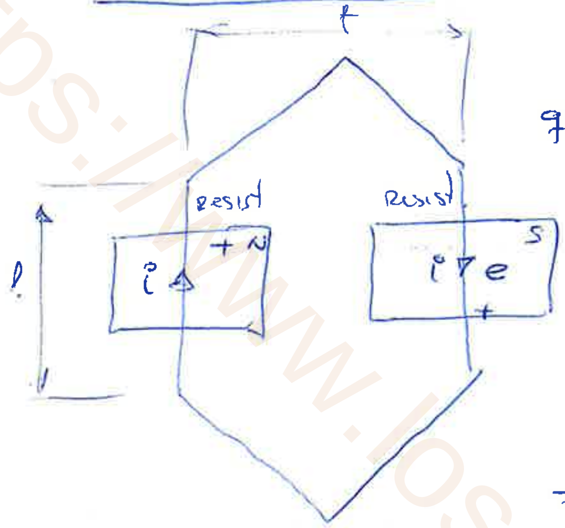
f.el. caida en la barra.

los puntos a y b estan al mismo potencial la dif. potencial $V_{a'} - V_{b'} = e - Ri$ $\quad V_{a'} - V_{b'} = 0$ $\quad \boxed{V_{a'} = V_{b'}}$

Esta todo en el mismo potencial todos los conductores del anillos anterior y anillo exterior.

Puede existir un contacto galvanico sin peligro, porque esta al mismo potencial

ROTOR DE ANILLO ROSANTE. o ROTOR DEBANADO.



$q = 1$

la e de cada conductor esta balanceada en caida Resist. y caida inductancia.

$$e = Ri - \mathcal{L}\frac{di}{dt}$$

$$\phi = tg^{-1}\frac{W_g \cdot \mathcal{L}}{R} = tg^{-1}\frac{2\pi f_2 \mathcal{L}}{R} =$$

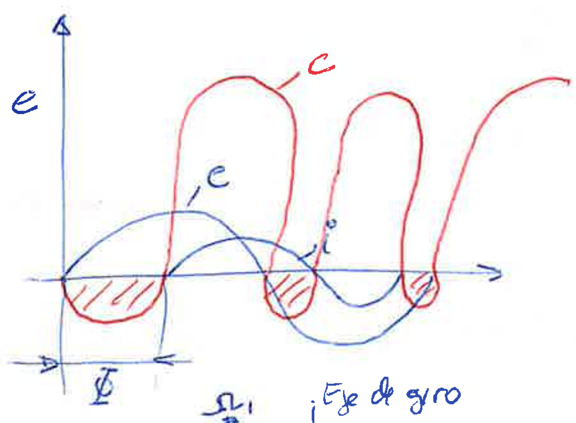
$$= tg^{-1}\frac{2\pi g f_1 \mathcal{L}}{R}$$

deslizamiento es igual $g = 1$ (en el arranque del motor o rotor bloqueado)

deslizamiento $\rightarrow g = 0$ (sincronismo) (marcha industrial)

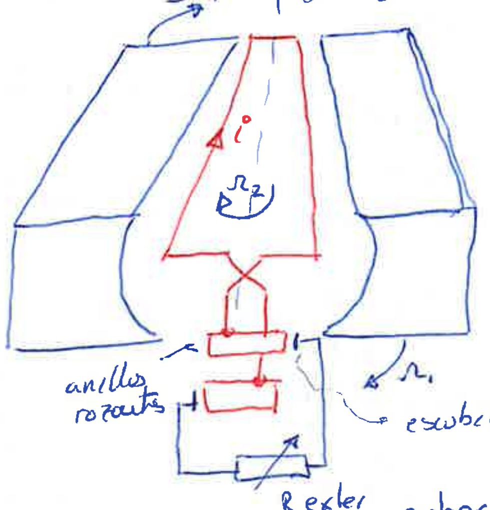
tendremos la siguiente representación:

$c \propto ei$

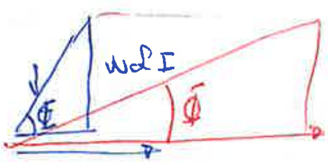


no interesa que halla pares negativos.

El angulo Φ disminuye con una resistencia exterior para poder quitar los pares negativos.



grafica circuito RL.



al aumentar la resistencia disminuye el angulo.

gobernar la corriente de la espir

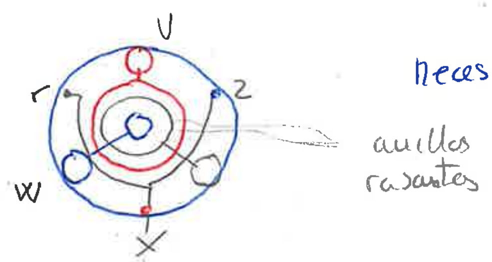
con $g=1$ → Resist. exterior en circuito.

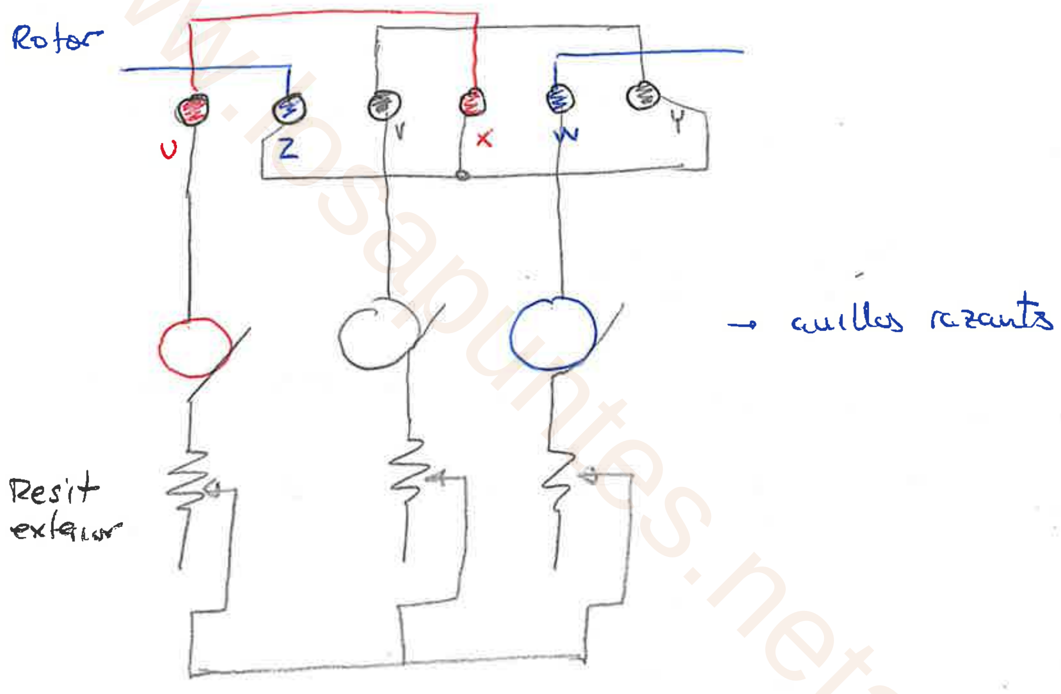
con $g \simeq 0$ → R. ext fuera (off)

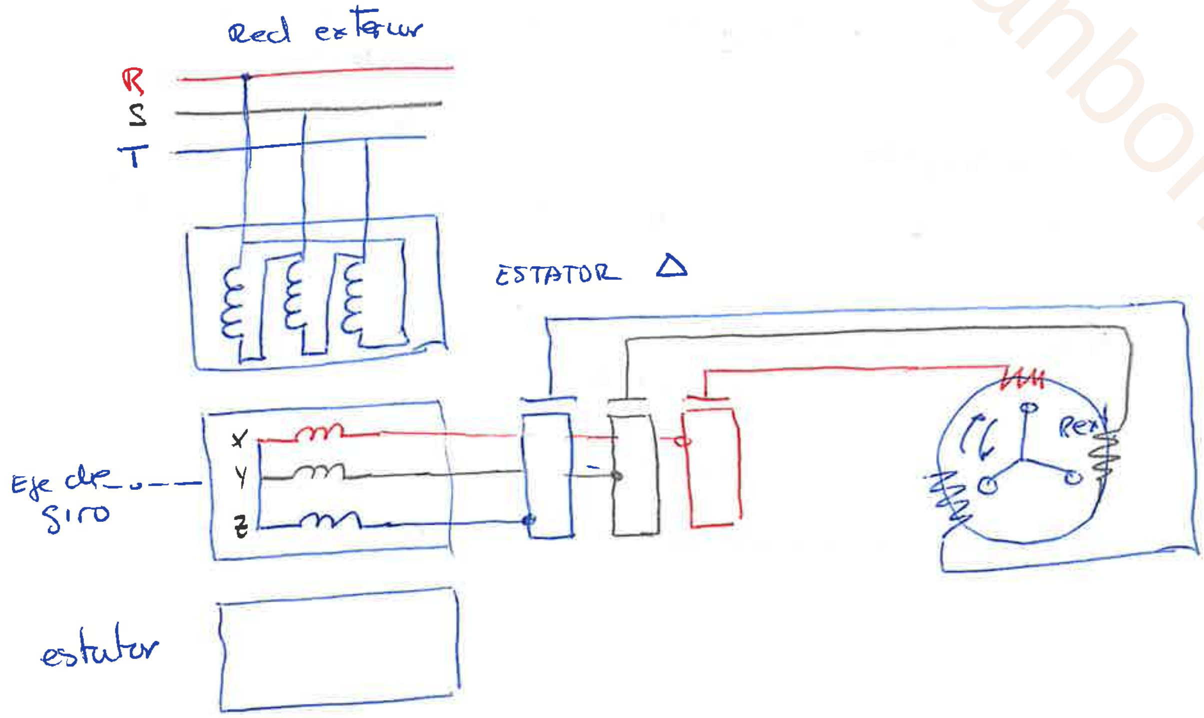
Pasamos a un rotor polifásico (tres fases) $q=3$

Lo montamos en λ,

Necesitamos tres anillos razantes

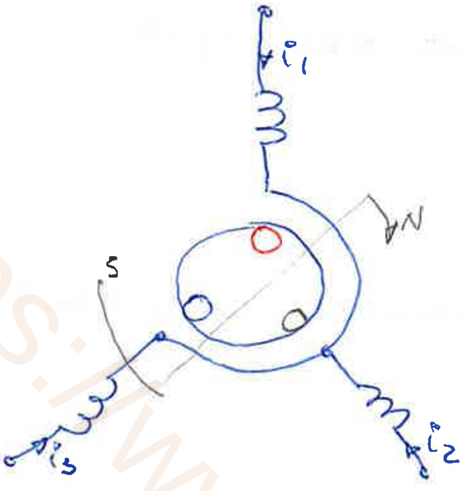






VELOCIDAD DE GIRO CAMPO MAGNETICO GIRATORIO DE ROTOR.

trifasico



el nº de pares de polos ~~de la maquina sincrona~~ en el rotor y en el estator es la misma.

$N_1 = \frac{60 f_1}{p}$ = veloc. giro c. mag., un par de polo.

el devanado rotorico es un devanado trifasico

a) Veloc. giro campo mag. ROTOR con relacion tambor rotorico $= \frac{60 f_2}{p} =$ (frecuencia de la corriente rotorica f_2)

$f_2 = g f_1$

$$= \frac{60 g f_1}{p} = g N_1$$

b) Velocidad giro ROTOR con relacion estator $= N_2$ (se puede medir con un taquimetro. $g = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \rightarrow N_2 = N_1(1-g)$

Sumo a+b

$$\begin{array}{r} gN_1 \\ + \; N_2 = N_1(1-g) \end{array}$$

$$\boxed{N_1(1-g) + g(N_1) = N_2}$$

velocidad de giro c. mag. ROTOR con relacion al estator.

Ejemplo $N_1 = 3000$ RPM.

$g = 0'05$ $\qquad N_2 = N_1(1-g) = 3000(1-0'05) = 2850$ RPM.

$gN_1 = 0'05(3000) = 150$ RPM.

$$\begin{array}{r} 150 \text{ RPM} \\ + \; 2850 \text{ RPM} \\ \hline 3000 \text{ RPM} \end{array}$$

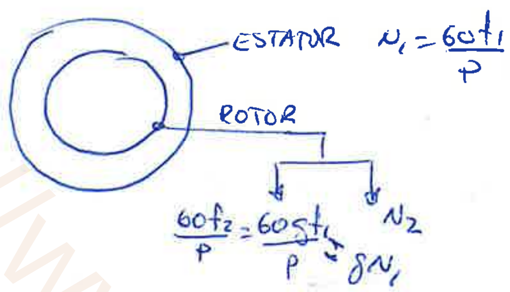
el campo va avanzado con la velocidad del ROTOR.

velocidad de giro del estator q. sería velocidad síncrona $N_1 = \frac{60 f_1}{P}$

velocidad de giro del campo del rotor con relación al rotor $\frac{60 f_2}{P} = \frac{60 s f_1}{P} = s N_1$

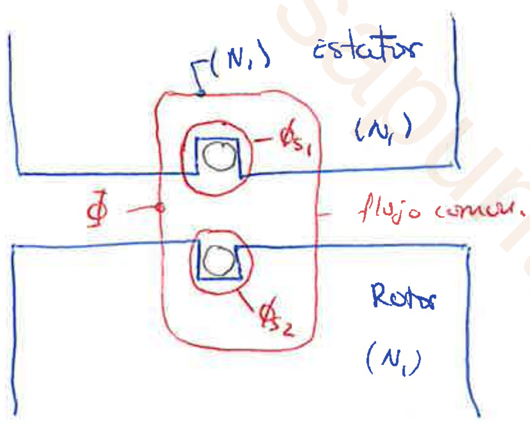
velocidad de giro del rotor con relación al estator

$$N_2 + sN_1 = N_2 + \frac{N_1 - N_2}{N_1} N_1 = N_1$$



REACTANCIA DE DISPERSIÓN

En un flujo común al circuito magnético del estator y del rotor.



- flujo de dispersión ϕ_{s1} origina en el estator una reactancia de dispersión de valor

$\boxed{X_1 = 2\pi f_1 \mathcal{L}_1}$ = react. dispersión del estator = cte

- ϕ_{s2} (flujo de dispersión 2) origina una reactancia inductiva.

$$\boxed{X_{2s} = 2\pi f_2 \mathcal{L}_2}$$

y como la frecuencia rotórica es s veces la frecuencia

$$f_2 = s f_1$$

$$X_{2s} = 2\pi f_2 \mathcal{L}_2 = 2\pi [s f_1] \mathcal{L}_2 = [2\pi f_1 \mathcal{L}_2] s = s X_2$$

$X_2 = 2\pi f_1 \mathcal{L}_2$ = Reactancia dispersión rotórica medida con f_1

$$\boxed{X_{2s} = s X_2}$$

react. inductiva con dispersión rotórica

FUERZAS ELECTROMOTRICES INDUCTIVAS.

– $E_1 = 4'44\, f_1\, \phi\, n_1\, Kd_1$

Kd_1 = factor de debanado del estator

$E_{2g} = 4'44\, f_2\, \phi\, n_2\, Kd_2$ = f.e.m. por fase en marcha.

n_2 = nº de espiras del rotor por fase

Kd_2: factor de debanado del rotor

$$E_{2g} = 4'44\,[g f_1]\,\phi\, n_2\, Kd_2 = g\,\underbrace{[4'44\, f_1\, \phi\, n_2\, Kd_2]}_{E_2} = g\, E_2$$

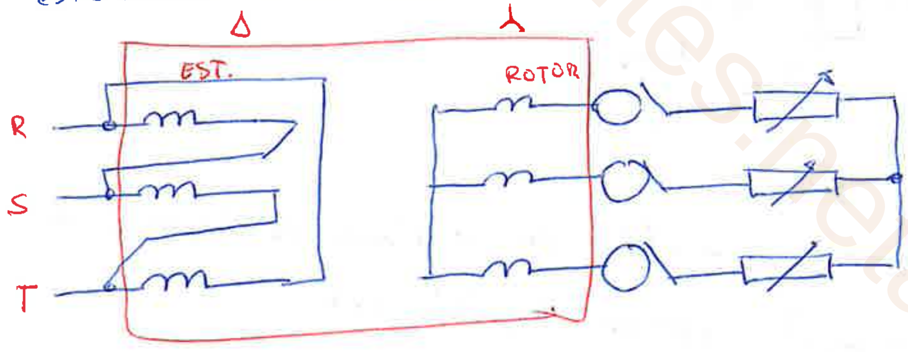
f.e.m inducida por fase con rotor bloqueado

E_2

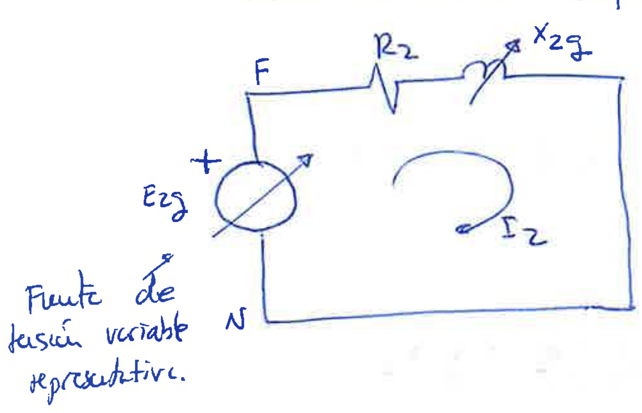
cuando la maquina tiene el rotor bloqueado se comporta como un transformador.

Motor induccion como transformación

este motor es de anillo rozante.



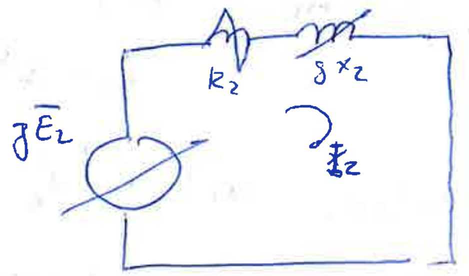
Rotor en marcha: (esquema por fase del rotor cuando está en marcha)



la Int. $\bar{I}_2 = \dfrac{\bar{E}_{2g}}{R_2 + j X_{2g}} = \dfrac{g \bar{E}_2}{R_2 + j g X_2}$

rotor en marcha

⇒



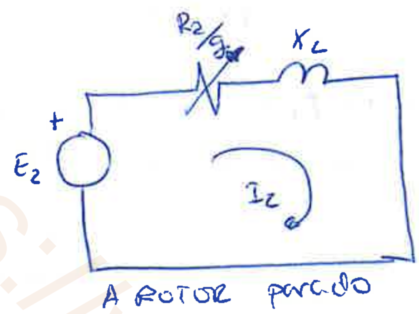
Divido numerador y denominador por g.

$$\bar{I}_2 = \frac{\bar{E}_2}{\frac{R_2}{g} + j X_2}$$

$\bar{E}_2$ = f.em. inducida

X_2 = react. indud. cte

ahora el esquema de esta ecuación sería,



ahora todo es cte menos la resistencia que es variable

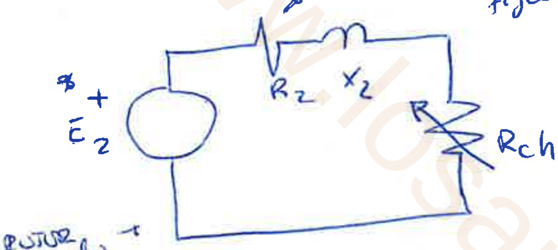
$E_2 = 4'44 f_1 \, \phi \, n_2 K d_2$

ϕ flujo cte en todas la maquinas

f_1 = cte.

$X_2 = 2\pi f_1 L_2$ = cte

⇓ la resistencia del rotor es cte fija



para que los dos circuitos sean equivalente

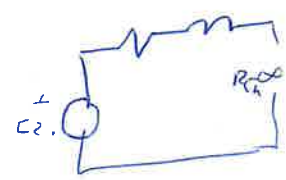
$$\frac{R_2}{g} = R_2 + R_{ch} \rightarrow R_{ch} = R_2\left[\frac{1}{g} - 1\right]$$

↑ aqui lo unico que va ha ser variable la resistencia de carga

R_{ch} { $g = 1$ (Arranque)(Rotor bloq) $\Rightarrow R_{ch} = R_2\left(\underbrace{\frac{1}{1} - 1}_{0}\right)$ $R_{ch} = 0$.

$g = 0$ (condición de sincronismo) $\Rightarrow R_{ch} = \infty$ circuito abierto

no hay corriente. no hay par.



Ecuación de Fuerzas ~~electromotrices~~ magnetomotrices

$$q_1 N_1 \bar{I}_1 K d_1 + q_2 N_2 \bar{I}_2 K d_2 = q_1 N_1 \bar{I}_0 \, K d_1$$

q_1 = nº de fases estator = 3

q_2 = " ... rotor = 3

$$\bar{I}_1 = \frac{q_1 N_1 \bar{I}_0 K d_1}{q_1 N_1 K d_1} - \frac{q_2 N_2 \bar{I}_2 K d_2}{q_1 N_1 K d_1} = \bar{I}_0 - \frac{q_2 N_2 K d_2}{q_1 N_1 K d_1} \cdot \bar{I}_2 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2'$$

↑ corriente secundario reducido al estator

$$I_2' = -\frac{q_2 N_2 K d_2}{q_1 N_1 K d_1} I_2 = -\frac{\bar{I}_2}{K_a}$$

$$K_a = \frac{q_1 N_1 K d_1}{q_2 N_2 K d_2}$$

relación amperimetrica.

$E_1 = 4'44 f_1 \phi \, n_1 K d_1$
$E_2 = 4'44 f_1 \phi \, n_2 K d_2$ } $\dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{n_1 K d_1}{n_2 K d_2}$

E_2: f.e.m. inducido a rotor parado.

haciendo un análisis paralelo.

para el transf.

ecuación f.m.m.

$$n_1\bar{I}_1 + n_2\bar{I}_2 = n_1\bar{I}_0 \rightarrow \bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_2'$$

$$\bar{I}_2' = -I_2/K$$

$$E_1 = 4'44 f_1 \phi n_1$$

$$E_2 = 4'44 f_2 \phi n_2$$

$$K = \frac{E_1}{E_2}$$

Motor inducción

$$q_1 n_1 \bar{I}_1 Kd_1 + q_2 n_2 \bar{I}_2 Kd_2 = q_1 n_1 \bar{I}_0 Kd_1$$

$$K_a = \frac{q_1 n_1 Kd_1}{q_2 n_2 Kd_2}$$

$$E_1 = 4'44 f_1 \phi n_1 Kd_1$$

$$E_2 = 4'44 f_1 \phi n_2 Kd_2$$

$$K_v = \frac{E_1}{E_2}$$

relación voltimétrica.

$$K = K_a \cdot K_v$$

impedancia rotórica

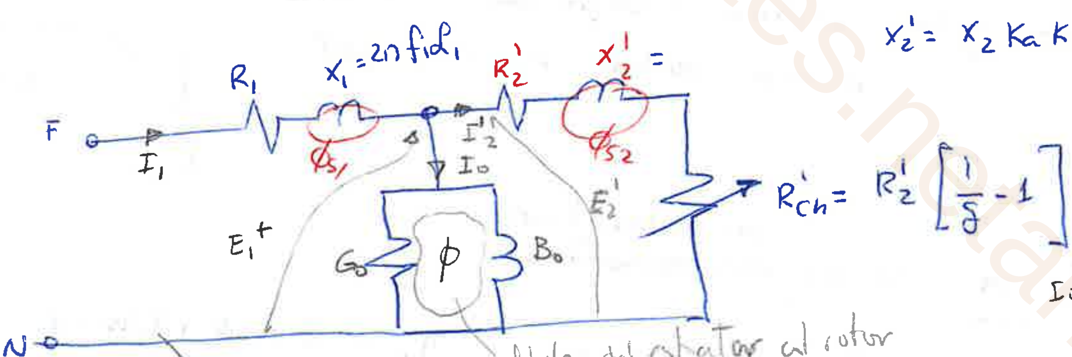
$$Z_{2g} = \sqrt{R_2^2 + (g X_2)^2} \rightarrow$$

$$Z_{2g}' = K_a K_v Z_{2g}$$

trasladada al primario.

Esquema equivalente para el motor de inducción.

$$x_2' = X_2 K_a K_v = 2\pi f_1 \mathcal{L}_2 K_a K_v$$

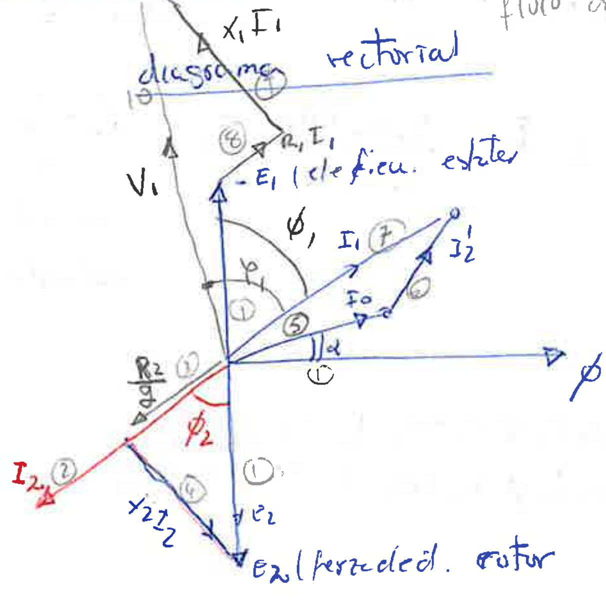


$$R_{ch}' = R_2' \left[\frac{1}{g} - 1\right]$$

I_0 = corriente vacío

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{g}\right)^2 + x_2^2}}$$

diagrama vectorial



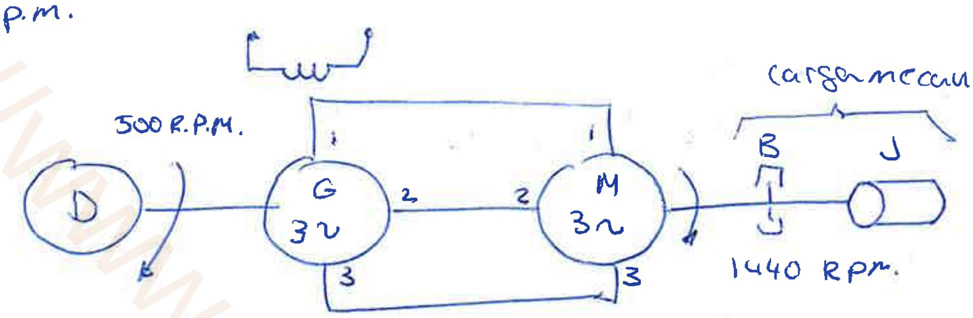
Problemas. parker cap. 30 maquinas de inducción. (deslizamiento)

30.19. Un altern. trifásico de 12 polos está acopl. a una maq. que gira a 500 r.p.m. y alimenta a un motor de inducción que tiene una carga de 1440 r.p.m. Hallar . . . . sol [4% 4 polos]

$p = 6$ (12 polos ⟹ 6 pares de polos)

500 r.p.m.

1440 R.p.m.



$$f_1 = \frac{pN_1}{60} = \frac{6\cdot(500)}{60} = 50\ \text{Hz}.$$

si $p=1$ la velocidad síncrona del motor

$$N_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60\cdot(50)}{(1)} = 300\ \text{R.P.M.}$$

si $p=2$ la velocidad síncrona del motor

$$N_1 = \frac{60 f_1}{p} = \frac{60\cdot 50}{2} = 1500\ \text{R.P.M.}$$

si $p=3$ $N_1 = 1000$ r.p.m.

entonces para $p=2$ tiene $N_1 = 1500$ R.P.M. ⟹ al tener $p=2$ hay 4 polos

$$s\% = \frac{N_1 - N_2}{N_1}\cdot 100 = \frac{1500-1440}{1500}\cdot 100 = \boxed{4\%}$$

30.22 c) la corriente del rotor con el 3% de deslizamiento y $s = 0'03$

$$R_{ch} = 0'01\left[\frac{1}{0'03} - 1\right] = 0'3\ \Omega/f \qquad R_2 + R_{ch} = \frac{R_2}{s} = \frac{0'01}{0'03} = \frac{1}{3}\ \Omega/f.$$

maquina en marcha.

$X_2 = 0'101\ \Omega/f$

$$\cancel{I_2 = \frac{\frac{1000}{\sqrt{3}}\cdot\frac{1}{3'6}}{\sqrt{(\frac{1}{3})^2 + (0'101)^2}}} \qquad I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{(R_2+R_{ch})^2 + X_2^2}} \quad \left(\frac{R_2}{s}\right)^2$$

$$Z_2 = \sqrt{(\tfrac{1}{3})^2 + (0'101)^2} = 0'35\ \Omega/f \qquad I_2 = \frac{160'38\ \text{V}}{0'35\ \Omega/f} = \boxed{460'47}$$

/ 30.20 / Si la tem. en el estator de un mot. de inducción de 8 polos tiene una f. de 50Hz y la f.em. en el rotor $f_2 = 1'5 Hz$ hay velocidad gira el motor y cual es su deslizamiento

sol. [728 R.P.M ; 0'03]

8 polos $f_1 = 50Hz$ $(p=4)$

$f_2 = 1'5 Hz$ $f_2 = g f_1$

$1'5 = g \cdot 50$ $g = 0'03$ en porcentaje $g\% = 3\%$

$$g = \frac{N_1 - N_2}{N_1} \rightarrow N_2 = N_1(1-g)$$

$$N_2 = \frac{60 f_1}{p}(1-g)$$

$$\boxed{N_2 = \frac{(60)(50)}{4}(1-0'03) = 727'5 \text{ RPM.}}$$

0'07

/ Problema 30.22 / Si un motor inducción conectado en λ de 200CV, 1000V 25 Hz, tiene un rotor de anillo rozante conectado en estrella con una relación de trasformación de $K = 3'6$, la $R_2 = 0'01\ \Omega/f$ $\mathcal{L}_2 = 0'64\ mH/f$ puede despreciarse las perdidas del estator. a) Hallar la corriente [1600A] solución.

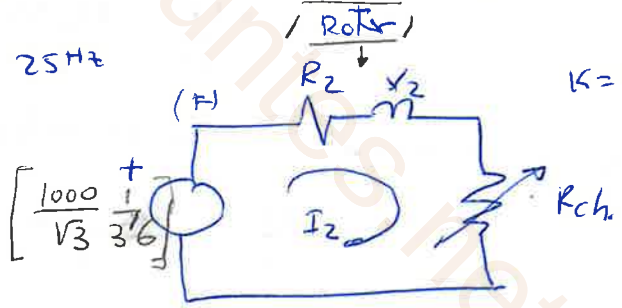
λ 200 CV 1000V 25 Hz

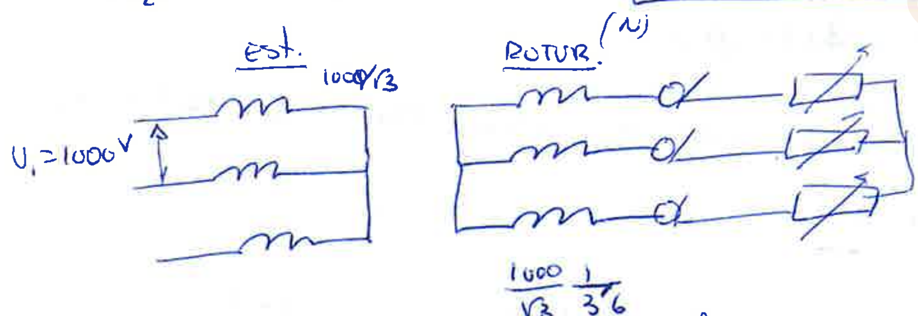
$K = 3'6$

$R_2 = 0'01\ \Omega/f$

$\mathcal{L}_2 = 0'64\ mH/f$.

$K = 3'6 = K_e K_v$





$$X_2 = 2\pi f_1 \mathcal{L}_2 = [0'64 \cdot 10^{-3}] [\overset{f_1}{25}] \cdot 2\pi = 0'101\ \Omega/f.$$

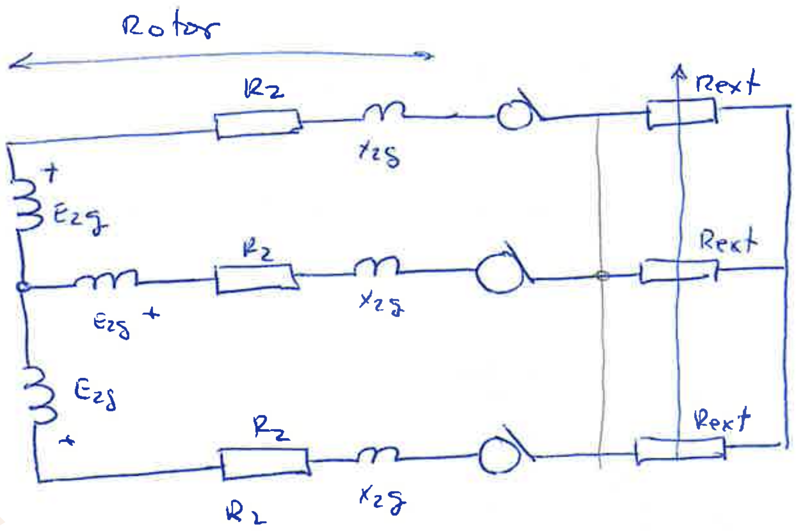
// por pasar al Henrios

arranque $g = 1$ $R_{ch} = 0$

$$\boxed{I_2 = \frac{V_1}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{\frac{1000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{3'6}}{\sqrt{0'001^2 + 0'101^2}} = \frac{\frac{1000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{3'6}}{0'101} = 1580'146^A}$$

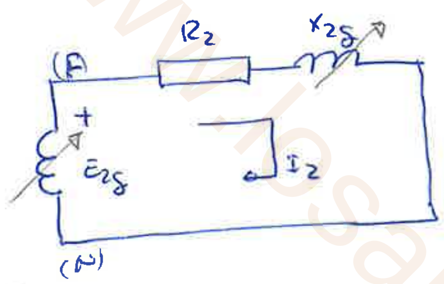
b) factor de potencia del rotor en el arranque. (sin resistencia variable). Solución [0'1]

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{X_2}{R_2} = \frac{0'101}{0'01} \rightarrow \cos\varphi_2 = 0'099 \simeq \boxed{0'1}$$



la Rext se utiliza solamente para el arranque.

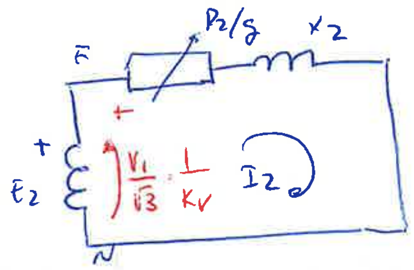
Marcha normal.



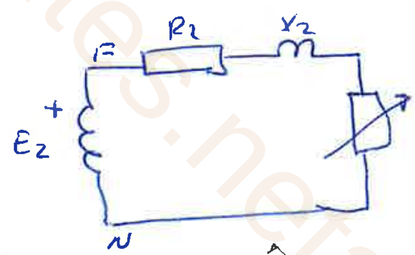
$E_{2s} = s E_2$

$X_{2s} = s X_2$

$$I_2 = \frac{E_{2s}}{\sqrt{R_2^2 + X_{2s}^2}} = \frac{s E_2}{\sqrt{R_2^2 + s^2 X_2^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}}$$



=



$R_{ch} = R_2 \left[\frac{1}{s} - 1\right]$

$$\operatorname{tg} \phi_2 = \frac{X_{2s}}{R_2} = \frac{s X_2}{R_2} = \frac{X_2}{R_2/s}$$

haciendo el apartado c del problema anterior:

$$E_2 = \frac{V_1}{\sqrt{3} K_v} = \frac{1000}{\sqrt{3}(3'6)}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}} =$$

$s = 1$ $\quad N_2 = 0$ $\quad I_2 = \dfrac{\frac{1000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{3'6}}{\sqrt{\left[\frac{0'01}{1}\right]^2 + \left[2\pi 25 \cdot 0'64 \cdot 10^{-3}\right]^2}} =$

$$\boxed{I_2 = \frac{160'375}{\sqrt{}} = 1587'445 \text{ A.}}$$

$s = 0'03 \Rightarrow$

cuando $g = 0'03$ $\quad I_2 = \dfrac{\frac{1000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{36}}{\sqrt{\left(\frac{0'01}{0'03}\right)^2 + \left(2\pi 25 \cdot 064 \cdot 10^{-3}\right)^2}} = \boxed{460'632 \text{ A}}$

BALANCE DE POTENCIA DE UN MOTOR ASINCRONO.

esquema del motor asincrono por fase.

Potencia por fase.

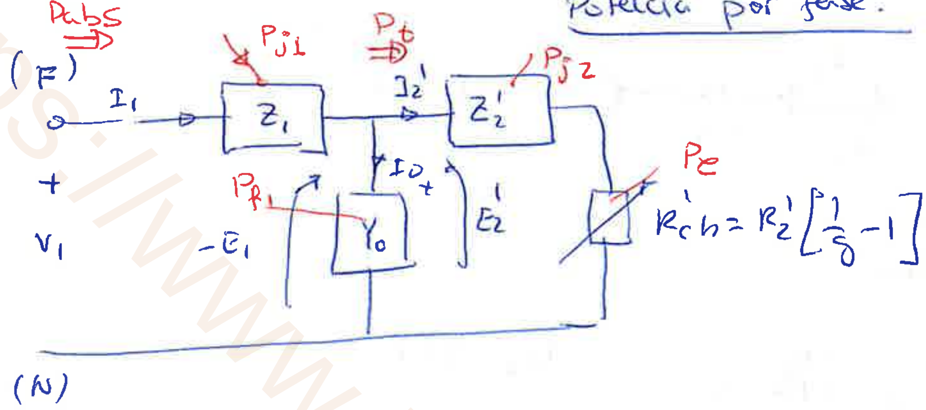
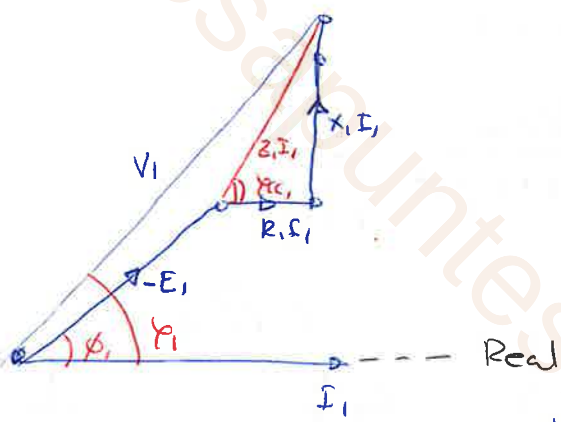


Diagrama de tensiones estatoricas.



sobre el eje real proyecto todos los vectores

$V_1 \cos\varphi_1 = -E_1 \cos\phi_1 + R_1 I_1$ $\qquad$ multiplico por $q_1 I_1 \Rightarrow q_1 = 3$

$3 V_1 I_1 \cos\varphi_1 = 3[-E_1] I_1 \cos\phi_1 + \underbrace{3 R_1 I_1^2}$

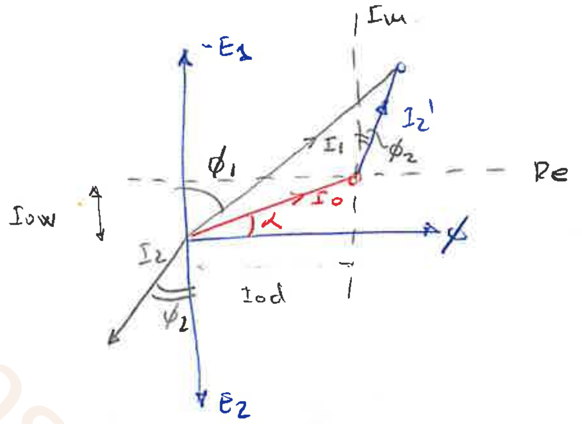
P_{j1} = perdidas Joule del estator.

$P_{abs} = 3[-E_1] I_1 \cos\phi_1 + P_{j1}$

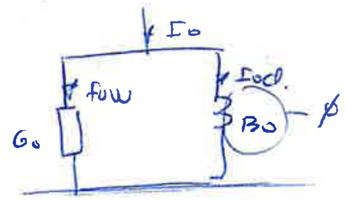
$P_{abs} = 3 V_1 I_1 \cos\varphi_1 = \sqrt{3}\, U_1 I_1 \cos\varphi_1$

$P_{j1} = 3 R_1 I_1^2$

Diagrama.



coloco los ejes Im y Real



proyecto sobre el imaginario.

$$I_0 \sin\alpha + I_2' \cos\phi_2 = I_1 \cos\phi_1$$

$$P_{abs} = 3[-E_1]\left[I_0 \sin\alpha + I_2' \cos\phi_2\right] + P_{j1}$$

$$P_{abs} = 3[-E_1] I_0 \sin\alpha + 3[-E_1] I_2' \cos\phi_2 + P_{j1}$$

$$3[-E_1] I_0 \sin\alpha = 3[-E_1] I_{0w} = P_{f1}$$

$$P_{abs} = P_{f1} + \underbrace{3[-E_1] I_2' \cos\phi_2}_{P_t} + P_{j1}$$

→ P_t = potencia transmitida del estator al rotor

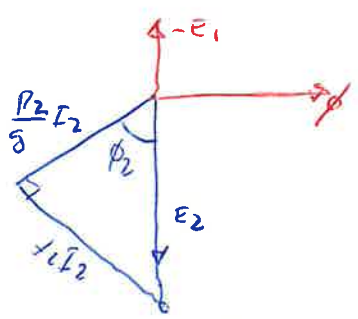
$$P_t = 3[-E_1] I_2' \cos\phi_2$$

$$P_t = 3E_1 \frac{I_2}{k_a} \cos\phi_2 = 3E_1 I_2 \frac{q_2 n_2 k_{d2}}{\underset{\underset{3}{\parallel}}{q_1} n_1 k_{d1}} \cos\phi_2 = \cancel{3} E_2 \frac{\cancel{n_1 k_{d1}}}{n_2 \cancel{k_{d2}}} \cdot I_2 \frac{q_2 n_2 \cancel{k_{d2}}}{\cancel{3 n_1} \cancel{k_{d1}}} \cos\phi_2$$

$$k_v = \frac{E_1}{E_2} = \frac{n_1 k_{d1}}{n_2 k_{d2}}$$

del rotor

$$\Rightarrow P_t = q_2 E_2 I_2 \cos\phi_2$$



$$\cos\phi_2 = \frac{R_2 I_2}{g} \cdot \frac{1}{E_2}$$

$$P_t = q_2 I_2^2 \frac{R_2}{g}$$

y como $R_{ch} = R_2\left[\frac{1}{g} - 1\right]$

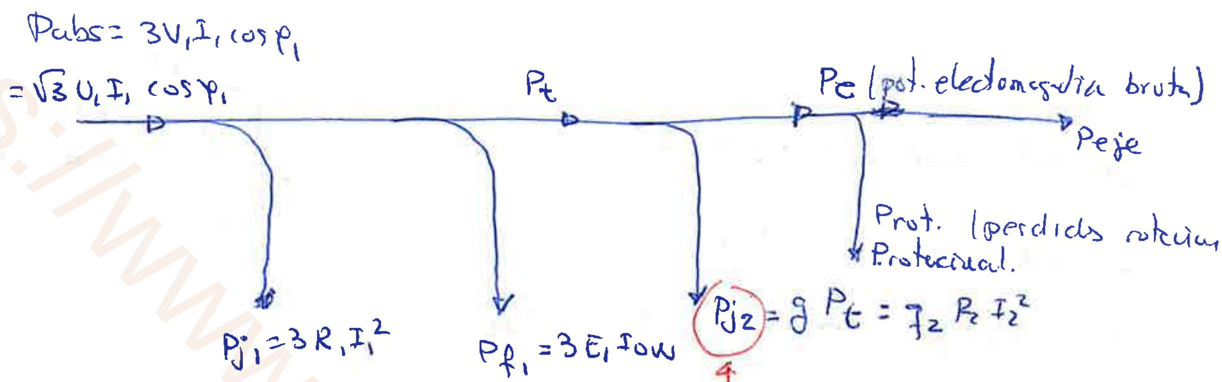
$$R_{ch} = \frac{R_2}{g} - R_2$$

$$\frac{R_2}{g} = R_{ch} + R_2$$

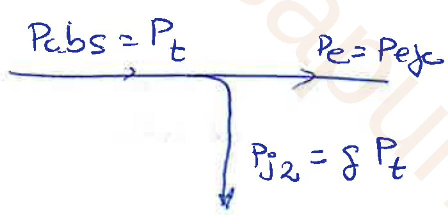
$$P_t = q_2 I_2^2 \left[R_{ch} + R_2 \right]$$

$$P_t = \underbrace{q_2 R_{ch} I_2^2}_{P_e \text{ (potencia electromagnética)}} + \underbrace{q_2 R_2 I_2^2}_{P_{j2}}$$

P_{j2}: pérdida Joule del rotor.



esta pérdida es la mas importante.



el rendimiento del motor sería:

$$\eta = \frac{P_{eje}}{P_{abs}} = \frac{P_e}{P_t} = \frac{P_{abs} - P_{j2}}{P_{abs}} = 1 - \frac{P_{j2}}{P_{abs}} = 1 - \frac{P_{j2}}{P_t} = 1 - \frac{s P_t}{P_t}$$

entonces el rendimiento es $\boxed{\eta = 1 - s}$

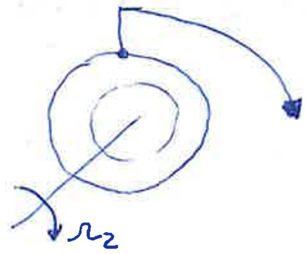
una maq con deslizamiento del 4% tiene un rend. del 96%.

PAR MOTOR. (ASINCRONO)

Ω_1 velocidad de giro del campo magnético del estator

Ω_2 " " " del rotor (o del motor) $\qquad \Omega_2 = \Omega_1 (1-g)$

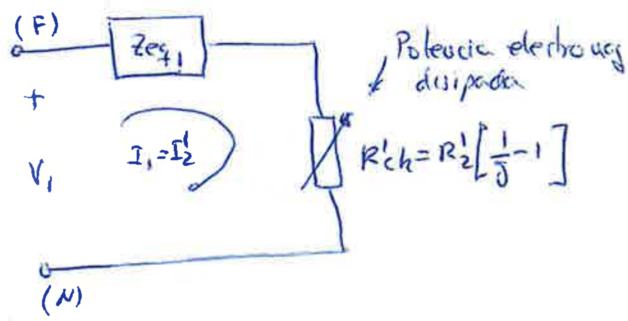
$$g = \frac{\Omega_1 - \Omega_2}{\Omega_1}$$



$\longrightarrow \Omega_1 = \dfrac{w_1}{p} = \dfrac{\text{pulsación de corriente}}{\text{pares de polos}} \qquad w_1 = 2\pi f_1$

por lo tanto el par electromagnético o par mecánico bruto es $C_e = \dfrac{P_e}{\Omega_2}$ (par mecánico bruto.) (P_e → potencia electromagnética)

$$C_e = \frac{P_e}{\Omega_2} = \frac{m_2 R'_{ch} I'^2_2}{\Omega_2} =$$



m_2 = nº fase de rotor normalmente son tres.

$$= \frac{m_2 R'_2 \left[\frac{1}{g} - 1\right] I'^2_2}{\frac{w_1}{p}\left[1-g\right]} = \frac{p\, m_2 R'_2 I'^2_2}{g\, w_1}$$

como $\quad I'_2 = \dfrac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{g}\right)^2 + (\underbrace{x_1 + x'_2}_{x_{cc}})^2}}$

$$C_e = \frac{p\, m_2 R'_2}{g\, w_1} \cdot \frac{V_1^2}{\left(R_1 + \frac{R'_2}{g}\right)^2 + (x_{cc})^2}$$

ecuación del par.

$$\boxed{C_e = \frac{K R'_2}{g\left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{g}\right)^2 + x_{cc}^2\right]}} \quad (1)$$

$$K = \frac{p\, m_2 V_1^2}{w_1} = \text{cte}$$

$V_1 = \text{cte}$

$f_1 = \text{cte}$

- hagamos $\dfrac{dC_e}{dg} = 0 \qquad C_e = \dfrac{K R'_2}{g\left[R_1^2 + \frac{R'^2_2}{g^2} + 2R_1\frac{R'_2}{g} + x_{cc}^2\right]} =$

$$= \frac{K R'_2}{g R_1^2 + \frac{R'^2_2}{g} + 2 R_1 R'_2 + g\, x_{cc}^2}$$

$$\frac{dCe}{ds} = -\frac{R_1^2 - \frac{R_2'^2}{s^2} + X_{cc}^2}{\text{denominador al cuadrado}}$$

$$R_1 - \frac{R_2'^2}{s^2} + X_{cc}^2 = 0$$

$$\boxed{s = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}}$$

valor del deslizamiento para obtener el par maximo

el valor del deslizamiento lo llevo a la ecuacion del par (1) para obtener el par maximo

$$Ce = \frac{K R_2'}{s\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{cc}^2\right]} \qquad s = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} \quad s \text{ para } Ce_{max}.$$

$$K = \frac{p m_2 V_1^2}{w_1}$$

sustituimos

$$Ce_{max} = \frac{K \cancel{R_2'}}{\frac{\cancel{R_2'}}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}\left[\left(R_1 + \frac{\cancel{R_2'}}{\frac{\cancel{R_2'}}{\sqrt{R_1^2+X_{cc}^2}}}\right)^2 + X_{cc}^2\right]}$$

operando,

$$Ce_{max} = \frac{K\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}{\left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}\right]^2 + X_{cc}^2} = \frac{K\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}{R_1^2 + R_1^2 + X_{cc}^2 + 2R_1\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2} + X_{cc}^2}$$

$$\boxed{Ce_{max}} = \frac{K\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}{2R_1^2 + 2X_{cc}^2 + 2R_1\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} = \frac{K\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}{2\left[R_1^2 + X_{cc}^2 + R_1\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}\right]} =$$

$$= \frac{K\cancel{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}}{2\left[\cancel{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} \cdot \sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2} + R_1\cancel{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}}\right]} = \boxed{\frac{K}{2\left[\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2} + R_1\right]}}$$

se utiliza frecuentemente

tensión por maximo Ce_{max}.

- cuando despreciamos la Resistencia R_1 del estator frente al del rotor R_2'
- " " " readucia X_1 " " " " " " X_2'

el deslizamiento quedaría.

$$g = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2}} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')}} \simeq \frac{R_2'}{X_2'}$$

se desprecia

$$R_2' = g\,X_2'$$

$$\boxed{R_2' = X'_{2g}}$$

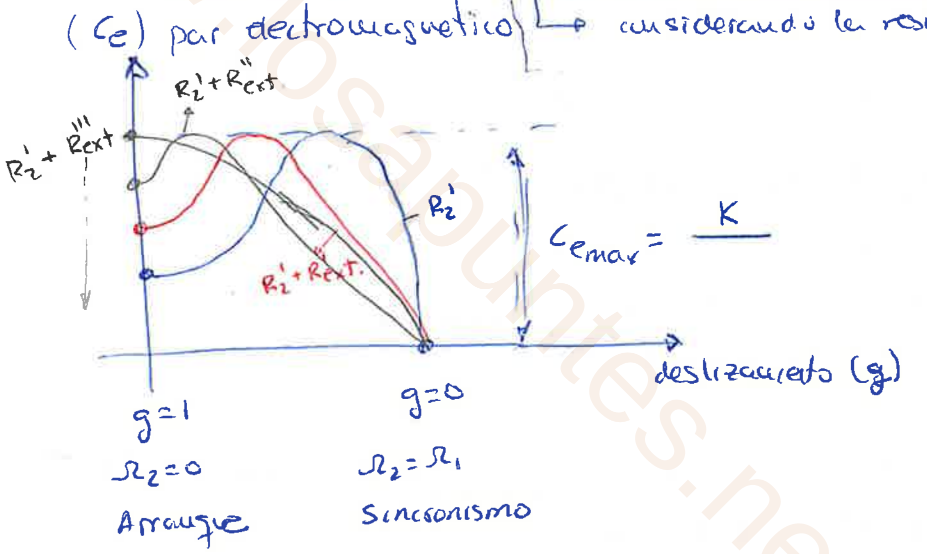
Se desprecia porque la impedancia del rotor es mucho mayor al del estator.

entonces el par quedaría

$$\boxed{C_{e\,max} = \frac{K}{2\left[\sqrt{R_1^2 + X_{cc}^2} + R_1\right]} \simeq \frac{K}{2X_2'}}$$

CURVA DE PAR

considerando la resistencia rotórica

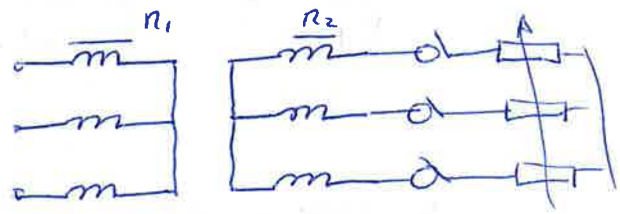


al arrancar el motor va eliminando resistencia hasta quedar en la gráfica de R_2'

Problema 30.21

Un motor de inducción trifásico. está en λ el motor funciona con una alimentación 50Hz f, y $200^V = U_1$ entre fase. la $R_2 = 0'1\ \Omega/f$ $X_2 = 0'9\ \Omega/f$.

la relación rotor-estator $K = \frac{n_2}{n_1}$



λ $p=2$ $50Hz = f_1$ $200^V = U_1$

$R_2 = 0'1\ \Omega/f$ $X_2 = 0'9\ \Omega/f$

$K = \frac{n_2}{n_1} = 0'67$ $K_V = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{0'67}$ (K_V: K voltaútrico.)

a) ¿Calcular el par total electromag. para $s = 0'04$? (solución $4'08$ Kg·m.)

c) par Ce_{max}? solución ($6'5$ Kg·m) — o —

$$K_V = \frac{1}{0'67} = 1'49$$

$$R_2' = K_V^2 \cdot R_2 = (1'49)^2 (0'1) = 0'223\ \Omega/f$$

$$X_2' = K_V^2 \cdot X_2 = (1'49)^2 (0'9) = 2'005\ \Omega/f$$

numero de fase.

$$K = \frac{p\, m_2\, V_1^2}{w_1} = \frac{(2)(3)\left(\frac{200}{\sqrt{3}}\right)^2}{2\pi 50} = 254'648$$

c)

$$Ce_{max} = \frac{K}{2\ X_2'} = \frac{254'648}{2\cdot(2'005)} = 63'503\ (Nm) = \frac{63'503}{9'81}\ Kg\text{-}m = 6'473\ Kg\text{-}m.$$

a) apartado a.

$$\boxed{Ce} = \frac{K R_2'}{s\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{cc}^2\right]} = \frac{K R_2'}{s\left[\left(\frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_2'^2\right]} = \frac{(254'648)(0'223)}{0'04\left[\left(\frac{0'223}{0'04}\right)^2 + 2'005^2\right]} =$$

$\left(\frac{0'223}{0'04}\right)^2 \to 31'081$

$$= 40'445\ Nm = \frac{40'445}{9'81}\ Kg\text{-}m = \boxed{4'123\ Kg\text{-}m}$$

b) potencia mecánica electromagnetic. total [solución $8'05$ CV.]

$$P_e = Ce\ \Omega_2 = Ce\ \frac{w_1}{p}[1-s] = Ce\ \frac{2\pi f_1}{p}[1-s] =$$

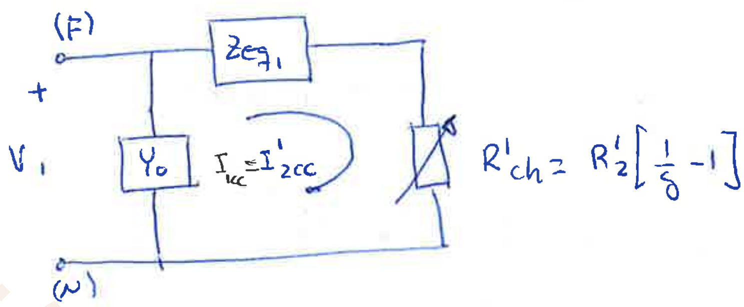
(p: pares de polos)

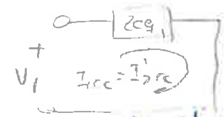
$$40'445^{Nm} \cdot \frac{2\pi 50}{2}[1-0'04] = 6098'962\ W = \frac{6098'962}{740} = \boxed{8'242\ CV}$$

PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR ASÍNCRONO o ARRANQUE DEL MOTOR ASÍNCRONO.

esquema por fase de la maquina.

$g=1$ arranque $\Rightarrow R'_{ch}=0$





I'_{2cc} es una corriente fuerte entonces $I'_{2cc}=I_{1cc}$ hay que limitar esta corriente

- disminuyendo V_1 ∴ se puede hacer → ①
- Aumenta resistencia R_2 del rotor (motores inducción de anillos rozantes) es solamente para anillos rozantes

①
- ⓐ Resistencia serie estator
- ⓑ Autotransf.
- ⓒ λ Δ

normalmente para motores en jaula.

PAR transmisión (C_t)

Hablando por fase:

$$P_{J2}=g\,\underset{\text{P. transmisión}}{P_t}=g\,C_t\,\Omega_1=g\,C_t\,\frac{w_1}{p}$$

$$P_{J2}=R_2 I_2^2$$

w_1 = velocidad angular

Ω_1 = velocidad síncrona

P_{J2} = perdidas joule en el rotor

$$R_2 I_2^2 = g\,C_t\,\frac{w_1}{p}$$

$$C_t=\frac{R_2 I_2^2 p}{g\,w_1}=K\,\frac{I_2^2}{g}$$

R_2, p cte de maquina.

$w_1 = 2\pi f_1$ cte.

$$K=\frac{R_2 p}{w_1}\qquad \boxed{C_t=K\,\frac{I_2^2}{g}}$$

expresión general del par

$C_t=\dfrac{K I_2^2}{g}$

- Par transmisión arranque ($g=1$) → $C_{td}=\dfrac{K I_{2d}^2}{g=1}=K I_{2d}^2$ ①

  I_{2d} = corriente de arranque $\boxed{I'_{2d}=I'_{2cc}}$ $\boxed{I_{1d}=I'_{2d}}$

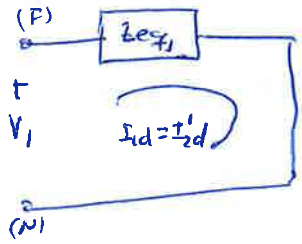
- par transmisión regimen nominal. → $C_{tn}=K\,\dfrac{I_{2n}^2}{g_n}$ ← corriente nominal. ②

  par transmisión nominal. — deslizamiento nominal

tomando ~~igualando~~ ①② $\dfrac{C_{td}}{C_{tn}}=\left[\dfrac{I_{2d}}{I_{2n}}\right]^2 g_n$ $\quad\dfrac{C_{td}}{C_{tn}}=\left[\dfrac{I_{1d}}{I_{1n}}\right]^2 g_n$.

esquema equivalente. (análisis por fase)

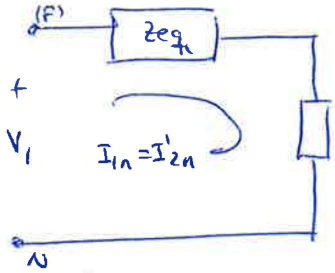
$C_{td} \rightarrow I_{1d}$.



arranque. (a plena tensión)

$g = 1$

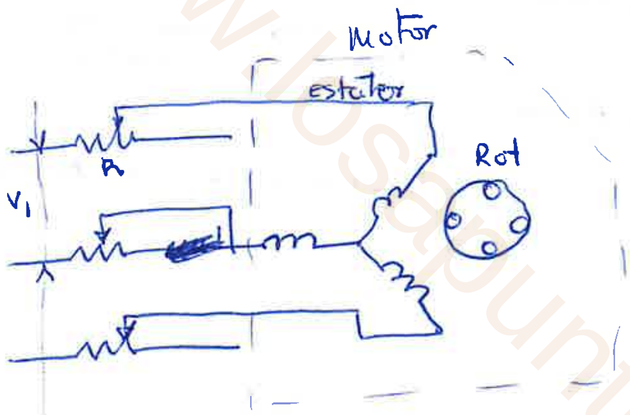
$C_{tn} \rightarrow I_{1n}$



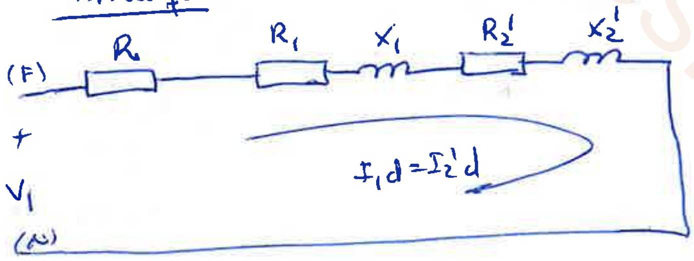
Marcha nominal.

$$R'_{ch} = R'_2 \left[\frac{1}{S_n} - 1 \right]$$

ⓐ Con Resistencia estatórica.



Arranque.

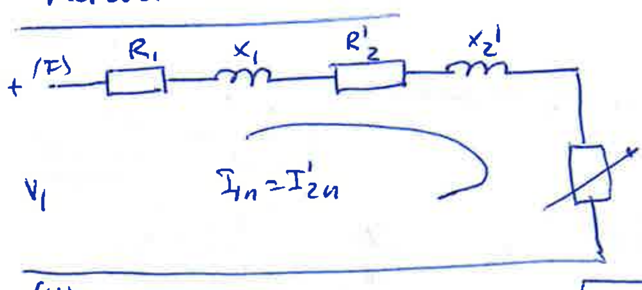


$t = 0^+$ impedancia de arranque

$$Zd = \sqrt{(R + R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2} \qquad g = 1$$

corriente de arranque $\rightarrow$ $I_{1d} = \dfrac{V_1}{Zd}$ $\rightarrow$ $C_{td} = K\, I_{1d}^2$

marcha nominal.



$$R'_{ch} = R'_2 \left[\frac{1}{S_n} - 1 \right]$$

$$I_{1n} = \frac{V_1}{Z_n} \qquad Z_n = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{S_n}\right)^2 + (X_1 + X'_2)^2} \rightarrow C_{tn} = K \frac{I_{1n}^2}{S_n}$$

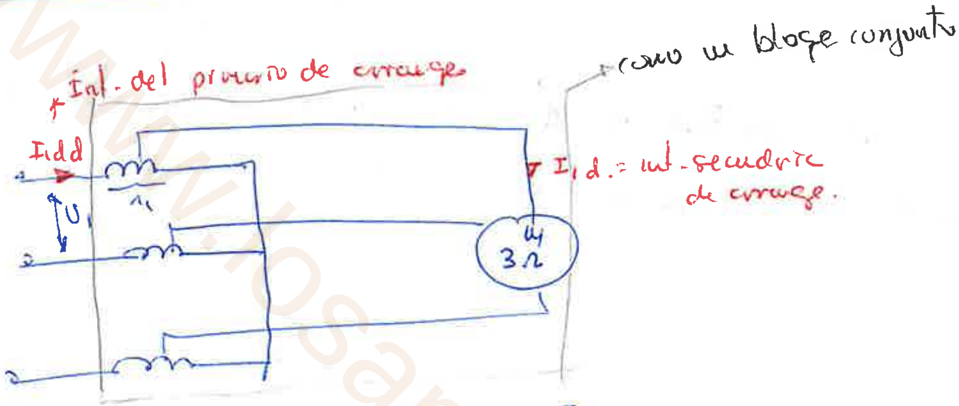
¿cuánto vale la relación par de arranque par nominal?

ejemplo $\quad \frac{C_{td}}{C_{tn}} = \left(\frac{I_{1d}}{I_{1n}}\right)^2 g_n \qquad \frac{I_{1d}}{I_{1n}} = 2 \qquad g_n\% = 5\%$

$\frac{C_{td}}{C_{tn}} = (2)^2 (0{,}05) = \underline{0'2}$ $\qquad$ el par de arranque 0'2 veces el par nominal.

Si el par $C_{td} \neq C_{tn}$ no es posible el arranque tiene que ser al menos iguales. en este caso $C_{td} = 0'2\, C_{tn}$ y no es posible el arranque.

(b) ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR. REDUCTOR.



$\frac{C_{td}}{C_{tn}} = \left[\frac{I_{1d}}{I_{1n}}\right]^2 g_n = \left[\frac{I_{1dd}}{I_{1n}}\right]^2 K_{aut}^2\ g_n$

$K_{aut} = \frac{n_1}{n_2} > 1$ al ser > 1 es reductor $\qquad I_{1d} = K\, I_{1dd}$

Supongamos. (ejemplo) $\quad \frac{I_{1d}}{I_{1n}} = 2 \qquad K_{aut} = 3 \qquad g_n = 0'05$

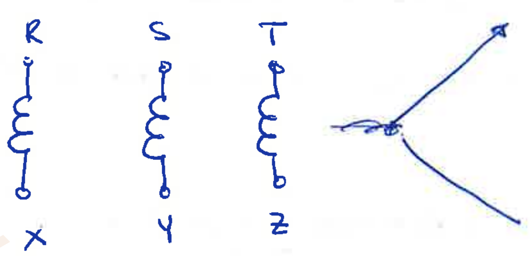
$\frac{C_{td}}{C_{tn}} = [2]^2\ [3]^2\ [0'05] = 1'8$ $\qquad$ el par de arranque 1'8 el par nominal.

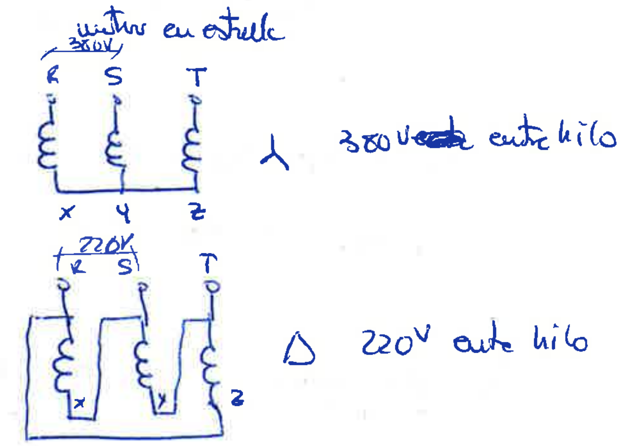
la máquina puede arrancar porque es superior a 1.

Ejemplo $\quad$ resistencia estator $\quad \frac{C_{td}}{C_{tn}} = 1'8 = \left[\frac{I_{1dd}}{I_{1n}}\right]^2 0'05 \quad \rightarrow \quad 6 = \frac{I_{1d}}{I_{1n}}$ $\quad$ no lo permite la compañía suministradora

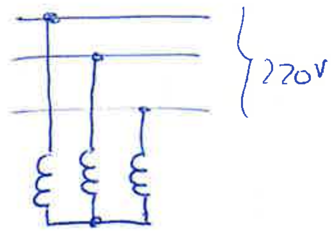
(c) ⅄ Δ solo es valido para aquellos motores que en su marcha normal valla conectado en triangulo.

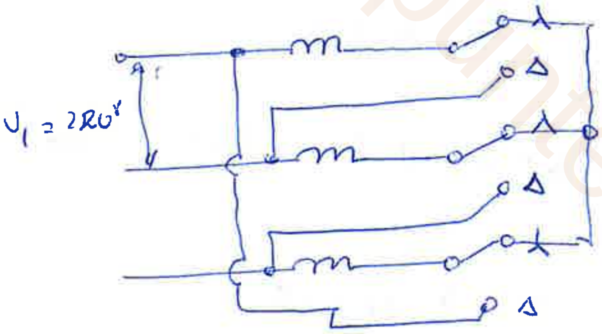
Supongamos un motor 220V/380V
Δ ⅄



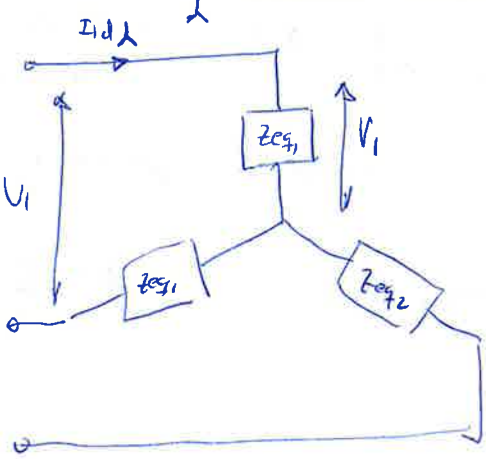


antes de conectarlo en Δ lo conectado en ⅄ ⇒ entonces arranque con tensión reducida en ⅄



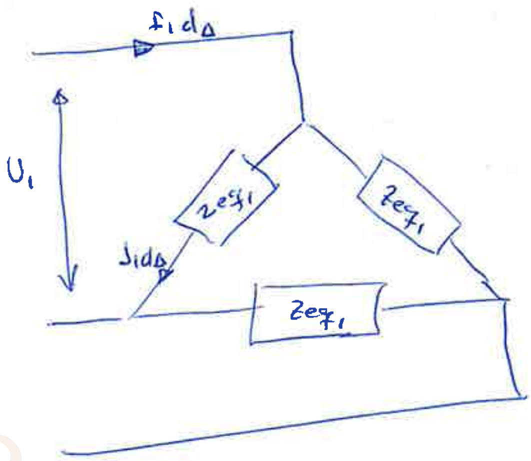


conexión estrella ⅄



$$I_{ld} = \frac{V_1/\sqrt{3}}{Zeq_1}$$

en triangulo.



$$I_1 d_\Delta = \frac{U_1}{Zeq_1}$$

$$I_1 d_\Delta = \sqrt{3} J_1 d_\Delta = \frac{\sqrt{3} U_1}{Zeq_1}$$

$$\frac{I_1 d_\lambda}{I_1 d_\Delta} = \frac{\cancel{U_1}}{\sqrt{3}\,\cancel{Zeq_1}} \cdot \frac{\cancel{Zeq_1}}{\sqrt{3}\,\cancel{U_1}} \qquad \boxed{I_1 d_\lambda = \frac{1}{3} I_1 d_\Delta}$$

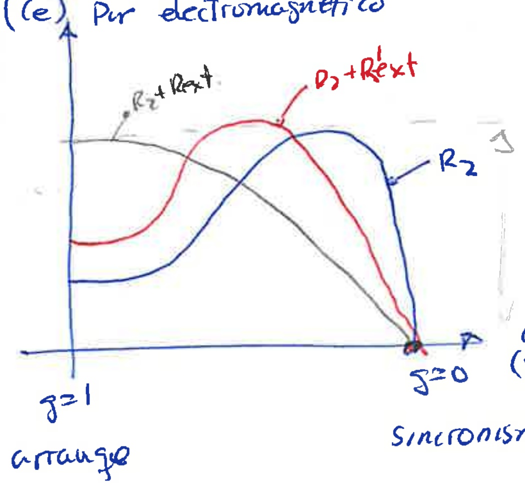
la intensidad en el arranque en λ se reduce a un tercio. a la que le corresponde en el arranque en Δ

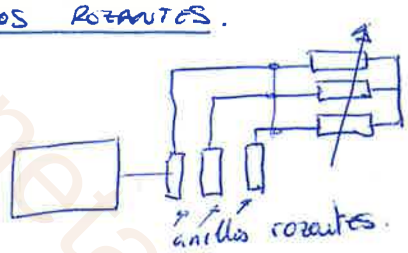
Supongamos: ejemplo $\frac{I_1 d}{I_{1n}} = 2$ $\quad g_n^{\%} = 5\%$ $\quad K_{\lambda\Delta} = \sqrt{3}$

$$\frac{C_{td}}{C_{tn}} = \left[\frac{I_1 d}{I_{1n}}\right]^2 K_{aut}^2\, g_n$$

$$\frac{C_{td}}{C_{tn}} = [2]^2 [\sqrt{3}]^2\, 0'05 = 0'6.$$ No puede arrancar. Podemos arrancar en vacio y luego acoplar la maq. mecanica o aumentamos la corriente $\frac{I_1 d}{I_{1n}}$ y así si podra arrancar.

CURVA PAR DESLIZANTE DE UN MOTOR DE ANILLOS ROZANTES.





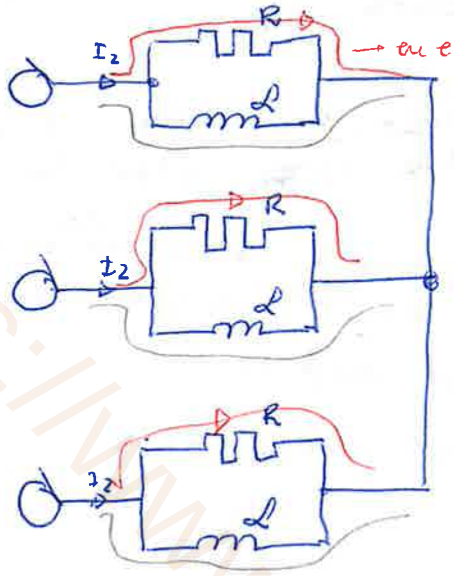
$$C_{e\,max} = K \frac{\cancel{A}}{2 X_2} = cte \qquad K = \frac{m_2 V_1^2}{2\pi N_1} = cte$$

el par maximo es $R_2 + R_{ext}$

$$g_{Cemx} = \frac{R_2}{X_2}$$ deslizamiento del par maximo. cuando este en arranque entonces $g = 1$, para que g valga 1 conviene $R_2 = X_2$.

nos interesa
limitamos la corriente de arranque significa aumentar la resistencia del Rotor.

Supongamos que los cuadros rotantes lo conectamos en un paralelo de resistencia pura y reactancia PURA, CIRCUITO RL paralelo.



→ en el arranque la corriente circula por hay para que arranque con un buen par.

$$x = 2\pi f_2 \mathcal{L}$$

· en marcha nominal la corriente circula por hay

Al arrancar circula corriente por la resistencia y luego se va desplazando hasta circular por la bobina y se encontraría en marcha nominal.

$$f_2 = g f_1 \begin{cases} g=1 \quad f_2 = f_1 \ (\text{fuerte}) \ \text{Arranque} \quad 50^{Hz} = f_1 \quad f_2 = 50\,Hz \quad X = \text{fuerte} \\ g = 0'05 \quad f_2 = 0'05 f_1 \ \text{marcha nominal} \quad 50^{Hz} = f_1 \quad f_2 = 25\,H_2. \quad X = \text{debil} \end{cases}$$

baja reactancia inductiva.

Relación par de arranque y par nominal.

$$C_e = \frac{P_e}{\Omega_2} = \frac{m_2 R_2' \left[\frac{1}{g} - 1\right] I_2'^2}{\Omega_1 [1-g]} = \frac{m_2 \, R_2' I_2'^2}{g \Omega_1} = \frac{m_2 \, R_2'}{g \Omega_1} \cdot \frac{V_1^2}{\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{g}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2\right]}$$

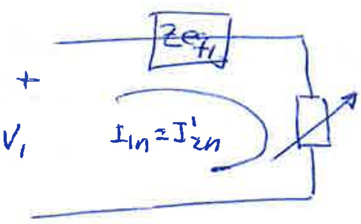
$$\frac{m_2 R_2'}{\Omega_1} = cte = K \qquad C_e = K \frac{V_1^2}{g\left[R_1 + \frac{R_2'}{g}\right]^2 + (x_{eq_1})^2} =$$

ⓐ Regimen nominal
ⓑ Arranque con arrancador
ⓒ Arranque a plena tensión.

ⓐ Regimen nominal. g_n

$$C_e = K \frac{V_1^2}{g\left[R_1 + \frac{R_2'}{g}\right]^2 + (x_{eq_1})^2} \qquad g_n \qquad C_{e_n} = \frac{K V_1^2}{g_n\left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{g_n}\right)^2 + x_{eq_1}^2\right]}$$

el esquema.



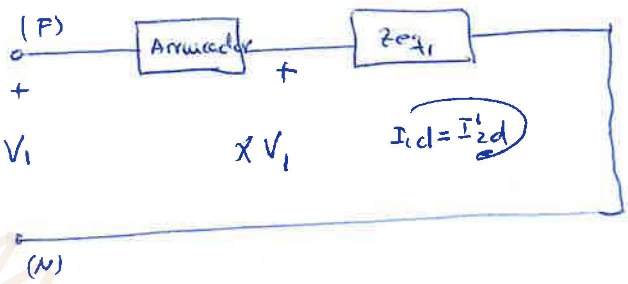
$$R'_{cn} = R_2'\left[\frac{1}{g_n} - 1\right]$$

$$I_{1n} = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{g_n}\right)^2 + (x_1 + x_2')^2}}$$

ⓑ arranque con arrancador. $g=1$ $x<1$

$$C_{ed}=\frac{K\left[xV_1\right]^2}{\underbrace{(R_1+R_2')^2}_{R_{eq_1}}+\underbrace{(x_1+x_2')^2}_{x_{eq_1}}}$$

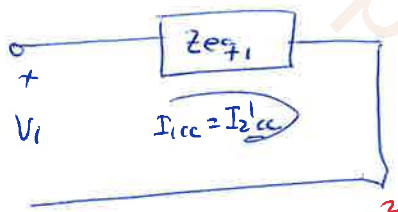
$$\underbrace{I_{1d}}_{\text{intensidad de arranque.}}=\frac{xV_1}{\sqrt{(R_1+R_2')^2+(x_1+x_2')^2}}$$



ⓒ arranque a plena tensión $g=1$

$$\underbrace{C_{ecc}}_{\text{par de arranque en régimen de corto}}=\frac{K\,V_1^2}{(R_1+R_2')^2+(x_1+x_2')^2}$$

$$I_{1cc}=\frac{V_1}{\sqrt{(R_1+R_2')^2+(x_1+x_2')^2}}$$



$$\frac{C_{ed}}{C_{en}}=\frac{\cancel{K}\left[xV_1\right]^2}{(R_1+R_2')^2+(x_1+x_2')^2}\cdot\frac{g_n\left[\left(R_1+\frac{R_2}{g_n}\right)^2+(x_1+x_2')^2\right]}{\cancel{K}V_1^2}$$

I_{1dc}^2

$\left[\frac{1}{I_{1n}}\right]^2$

$$\boxed{\frac{C_{ed}}{C_{en}}=x^2\left[\frac{I_{1cc}}{I_{1n}}\right]^2 g_n}$$

Cap. 32. arrancadores de autotrasf. y $\lambda\Delta$

Problema 17. ~~comparar las corrientes de~~ . Determinar el par de arranque de un motor de inducción. Se pone en marcha.

a) conmutador $\lambda\Delta$ solución (0'42)

b) autotrasf con toma 50% solución. (0'31)

$\frac{I_{1cc}}{I_{1n}} = 5$ (sin arrancador) $s_n^{\%} = 5\%$ (se ve marcha nominal)

I_{1n} en marcha nominal.

$$\boxed{\frac{C_{ed}}{C_{en}} = x^2 \left[\frac{I_{1cc}}{I_{1n}}\right]^2 s_n = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 [5]^2 \cdot 0'05 = 0'41\hat{6}}$$

cuando es arranque directo $x = \frac{1}{\sqrt{3}}$ → reduce la tensión $\sqrt{3}$.

b) como lo estamos reduciendo la mitad $x = 50\%$ $x = 0'5$

$$\boxed{\frac{C_{ed}}{C_{en}} = [0'5]^2 [5]^2 (0'05) = 0'3125}$$

32.17. d) mediante una resistencia estatórica que limite la corriente a 2'5 veces la nominal.

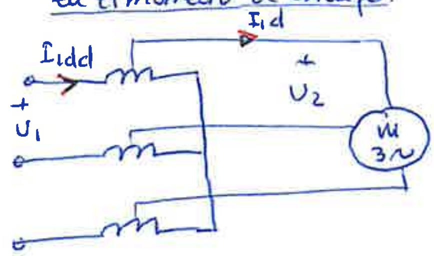
problema 33.18.

Determinar una relación adecuada de autotr. de arranque de un motor de inducción de una corriente de alimentación que no exceda a la de la carga. Corriente de corto 4 veces la corriente a plena carga. en el momento de arranque.

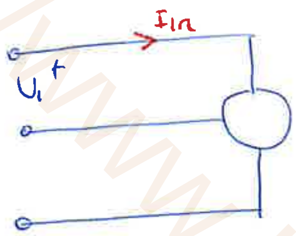
$I_{1dd} = 2 I_{1n}$

$I_{1cc} = 4 I_{1n}$ Solución $\begin{bmatrix} 1'41 \\ 0'2 \end{bmatrix} = K$

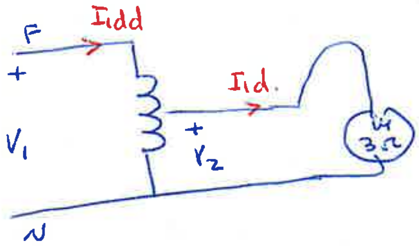
$s_n^{\%} = 7'5\%$



en marcha nominal.



autotransformador.

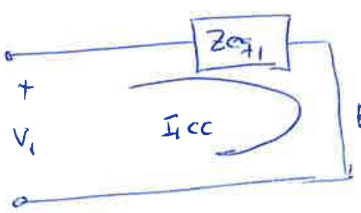


potencia de entrada es igual a la de la salida.

$V_2 = x V_1$ $\quad V_1 I_{1dd} = V_2 I_{1d}$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_{1d}}{I_{1dd}} = \frac{1}{x}$ $\quad \boxed{I_{1dd} = x I_{1d}}$ *

la x es inferior a la unidad.

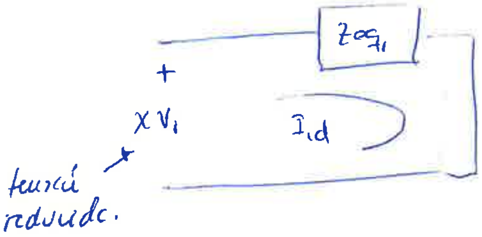
Arranque directo (plena tensión)



$s_d = 1$ desplazamiento de arranque = 1

$R'_{ch} = 0$ $\quad R'_{ch} = R'_2 \left[\frac{1}{s_d} - 1\right] = 0$ $\quad \boxed{Z_{eq_1} = \frac{V_1}{I_{1cc}}}$

Arranque con arrancador (lo que hace reducir la ~~corriente~~ tensión de entrada)



$s_d = 1$

$I_{1d} = \frac{x V_1}{Z_{eq_1}} = x \cancel{V_1} \cdot \frac{I_{1cc}}{\cancel{V_1}} = x I_{1cc}$

$\boxed{I_{1d} = x I_{1cc}}$ *

entonces con * $\boxed{I_{1dd} = x^2 I_{1cc}}$

$2 I_{1n} = x^2 4 I_{1n}$ $\quad x^2 = \frac{1}{2}$ $\quad \boxed{x = \frac{1}{\sqrt{2}}}$ $\quad K = \frac{1}{x}$

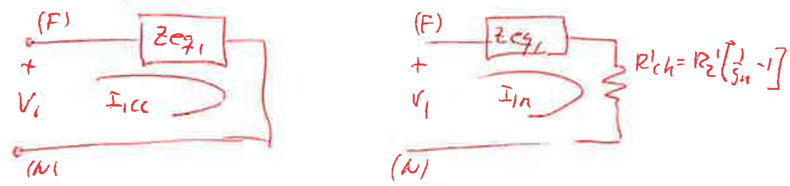
tiene la relación contraria a la solución.

(5) Par electromagnético de arranque.

$$C_{ed} = K \frac{(x V_1)^2}{(R_1+R_2')^2 + (x_1+x_2')^2}$$

$$C_{en} = \frac{K\, V_1^2}{g_n\left[\left(R_1+\frac{R_2'}{g}\right)^2 + (x_1+x_2')^2\right]}$$

$$\frac{C_{ed}}{C_{en}} = x^2 \frac{K V_1^2}{(R_1+R_2')^2+(x_1+x_2')^2} \cdot \frac{g_n\left[\left(R_1+\frac{R_2'}{g_n}\right)^2+(x_1+x_2')^2\right]}{K V_1^2}$$



$I_{cc} = 4 I_n$

$$\boxed{\frac{C_{ed}}{C_{en}} = x^2 \left[\frac{I_{cc}}{I_{1n}}\right]^2 g_n = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 4^2 \cdot 0'025 = 0'2}$$

32.16. Comparar las corrientes de fase, en el instante de conmutación . . .

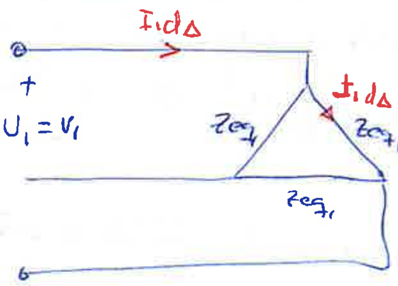
a) por conmutación directa. solución $[\cancel{4}]$

b) " " $\lambda\Delta$ solución $[0'33]$

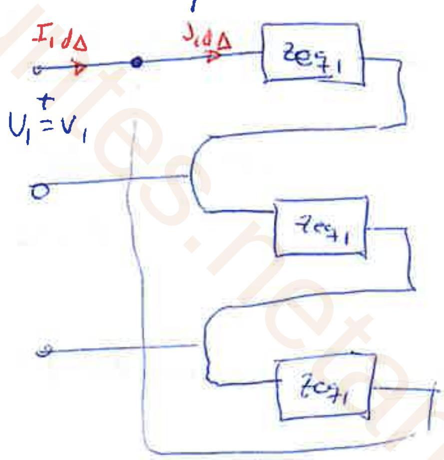
c) " autotransformador ~~$\%$~~ $p\%$ solución $[P/(100)^2]$

marcha normal. $\rightarrow \Delta$

arranque directo triángulo.



arranque Δ



$R'_{ch} = 0$ $S_d = 1$

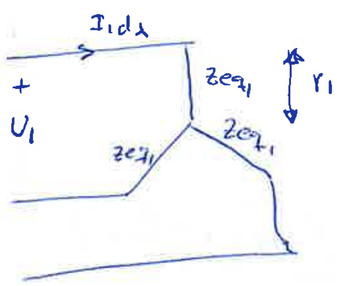
$$J_{1d\Delta} = \frac{V_1}{Ze_{q_1}}$$

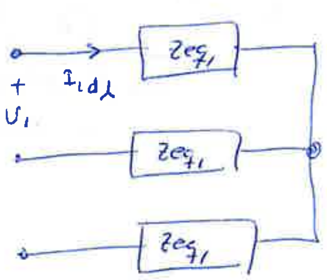
$$I_1 d_\Delta = \sqrt{3}\, J_1 d_\Delta = \sqrt{3} \frac{V_1}{Ze_{q_1}}$$

b) $I_1 d_\Delta = 100\%$

$I_1 d_{\Delta\, pu} = 1$

tanto por unidad.





$$I_1 d_\lambda = \frac{V_1}{Ze_{q_1}} = \frac{U_1}{\sqrt{3}\, Ze_{q_1}}$$

$$\frac{I_1 d_\lambda}{I_1 d_\Delta} = \frac{\cancel{V_1}}{\sqrt{3}\, Ze_{q_1}} \cdot \frac{Ze_{q_1}}{\sqrt{3}\, \cancel{V_1}} = \frac{1}{3}$$

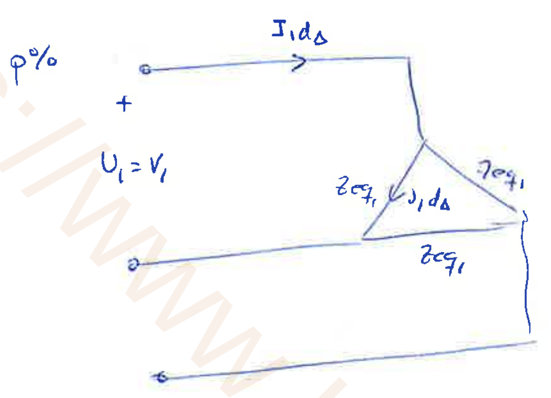
$$\boxed{I_1 d_\lambda = \frac{1}{3} I_1 d_\Delta}$$

$\boxed{0'33}$

32.16. continuación.

$$\boxed{I_{1d\Delta} = \sqrt{3}\,\frac{V_1}{Zeq_1}}$$

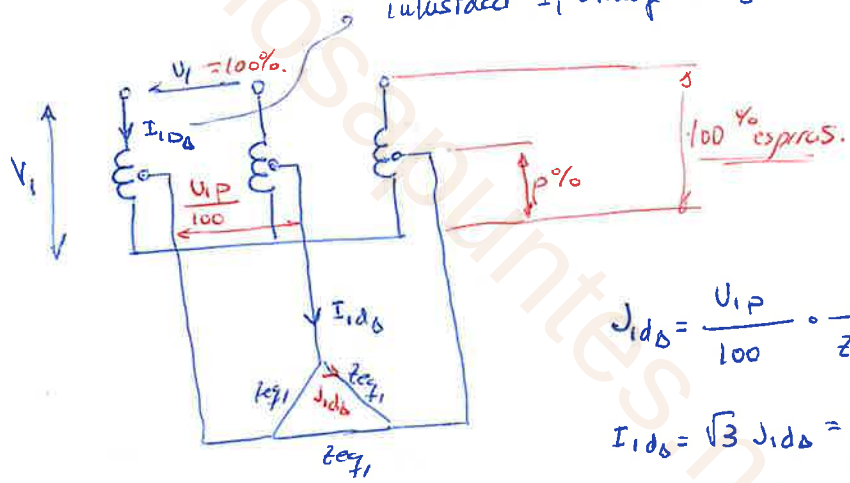
conmutación directa pes en Δ



$$J_1 d_\Delta = \frac{V_1}{Zeq_1}$$

$$I_{1d\Delta} = \sqrt{3}\,J_1 d_\Delta = \sqrt{3}\,\frac{V_L}{Zeq_1}$$

intensidad I_1 arranque triangulo



$$J_{1d\Delta} = \frac{U_1 p}{100} \cdot \frac{1}{Zeq_1}$$

$$I_{1d\Delta} = \sqrt{3}\,J_1 d_\Delta = \sqrt{3}\,\frac{U_1 p}{100} \cdot \frac{1}{Zeq_1}$$

un transformador que tenga rendimiento unidad no tiene perdidas ninguna en el cobre ni en el hierro.

$(VA)_{ent.\ autotransformador} = (VA)_{salida\ autotransformador.}$

$$\cancel{U_1}\, I_{1D\Delta} = \frac{\cancel{U_1} p}{100}\, I_1 d_\Delta \qquad I_{1D\Delta} = \frac{p}{100} \cdot \left[\frac{\sqrt{3}\,U_1 p}{100} \cdot \frac{1}{Zeq_1}\right]$$

$\cancel{I_{1D\Delta} = \frac{p\, I_1 d_\Delta}{100}}$

$$\frac{\text{corriente primario autotransf. en arranque}}{\text{corriente arranque } \Delta} = \frac{I_{1D\Delta}}{I_1 d_\Delta} =$$

$$= \left[\frac{p^2\,\cancel{\sqrt{3}\,U_1}}{100^2\,\cancel{Zeq_1}}\right]\left[\frac{\cancel{Zeq_1}}{\cancel{\sqrt{3}\,U_1}}\right] = \frac{p^2}{100^2} = \boxed{\left[\frac{p}{100}\right]^2}$$

Problema.

32.19. Halla el % de la tensión necesario. (con rotor jaula)

$C_d = \frac{1}{4} C_n$ par electromagnético de arranque $= \frac{1}{4}$ par electromagnético nominal.

$I_{cc} = 4 I_{1n}$

$g_n\% = 3\%$

$$\frac{C_{cd}}{C_{en}} = x^2 \left[\frac{I_{1cc}}{I_{1n}}\right]^2 g_n$$

$$\frac{1}{4} = x^2 [4]^2 0'03 \qquad x = 0'722 \qquad \boxed{x\% = 72'2\%}$$

32.20

3 c.v. $\quad \eta = 0'83$

$f.d.p = 0'8$

$I_{cc} = 3'5 I_{1n}$

500 V

solución [4'54 A]

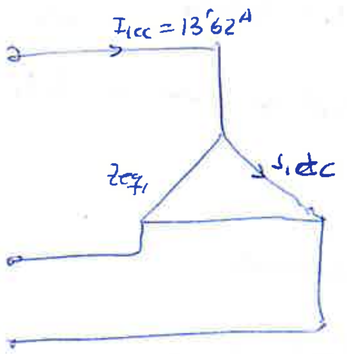
$$P_{abs} = \frac{P_{útil}}{\eta} \qquad P_{abs} = \frac{(3)\cdot(746)}{0'83}$$

$$P_{abs} = \sqrt{3}\, U_1 I_{1n} \cos\varphi_{1n}$$

$$\frac{(3)(746)}{0'83} = \sqrt{3}\, 500 \cdot I_{1n} \cdot 0'8 \qquad \boxed{I_{1n} = 3'89\,A}$$ corriente en marcha nominal.

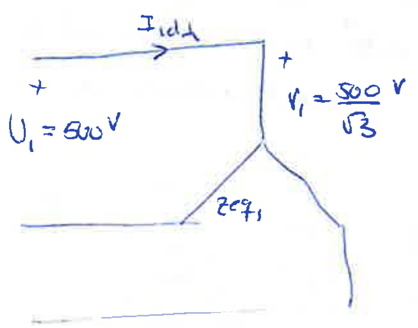
$$\boxed{I_{1cc} = 3'5\, I_{1n} = 3'5\,(3'89)^A = 13'62^A}$$

$$\cancel{\frac{C_{cd}}{C_{cn}} = x^2 \left[\frac{I_{1cc}}{I_{1n}}\right] g_n}$$



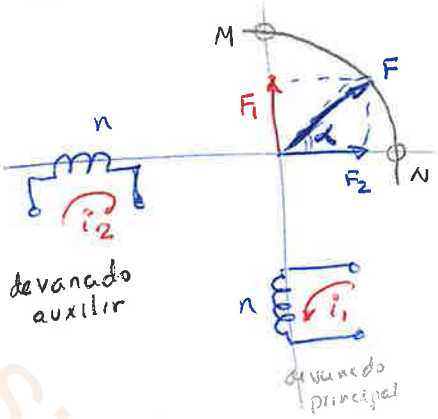
$$J_{1cc} = \frac{I_{1cc}}{\sqrt{3}} = \frac{13'62}{\sqrt{3}} = 7'86\,A.$$

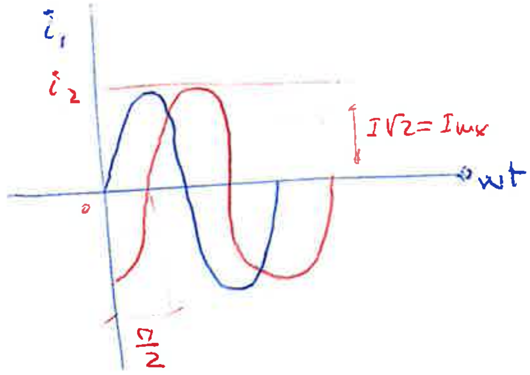
$$z_{eq_1} = \frac{U_1}{J_{1cc}} = \frac{500}{7'86} = 63'58\,\Omega.$$



$$I_{1d\lambda} = \frac{V_1}{z_{eq_1}} = \frac{500/\sqrt{3}}{63'58} = \boxed{4'54^A}$$

Arranque de un motor monofásico. Suponemos dos bobinas a 90° alimentado por un sistema de c.a. están desplazados 90° eléctricos





$i_1 = I_{max}\, \mathrm{sen}\, wt \rightarrow F_1 = n\, i_1 = n I\sqrt{2}\, \mathrm{sen}\, wt = F_{max}\, \mathrm{sen}\, wt$

$i_2 = I_{mx} \cos wt \rightarrow F_2 = n\, i_2 = n I \sqrt{2} \cos wt = F_{mx} \cos wt$ $\Rightarrow$

$F^2 = F_1^2 + F_2^2 = F^2_{mx}\left[\mathrm{sen}^2 wt + \cos^2 wt\right]$

$\boxed{F = F_{mx} = cte}$ la fuerza resultante es cte

cuando estamos en el punto M la F_2 es nula.
y cuando estamos en el punto N la F_1 es nula.

$\Rightarrow \dfrac{F_1}{F_2} = tg\alpha = \dfrac{F_{max}\, \mathrm{sen}\, wt}{F_{mx} \cos wt} = tg\, wt$

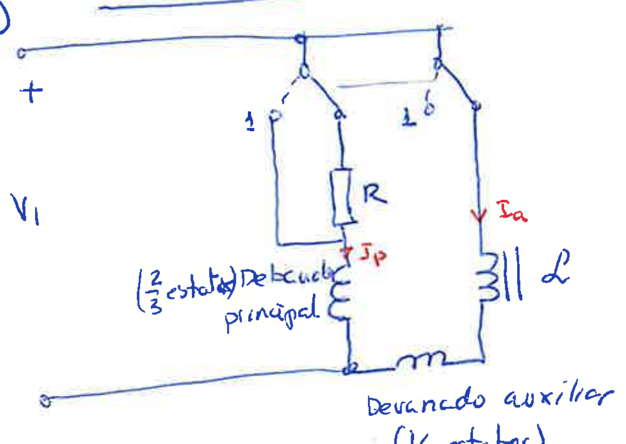
$tg\, \alpha = tg\, wt$

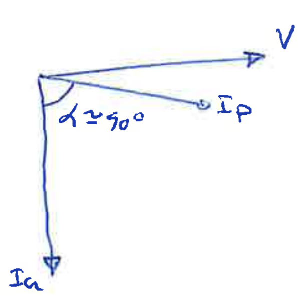
$\boxed{\alpha = wt}$

Dos bobinas desplazadas 90° eléctricos dan origen a un campo magnético giratorio.

Para arrancar el motor con:
a). con bobina
b). con condensador.

a)

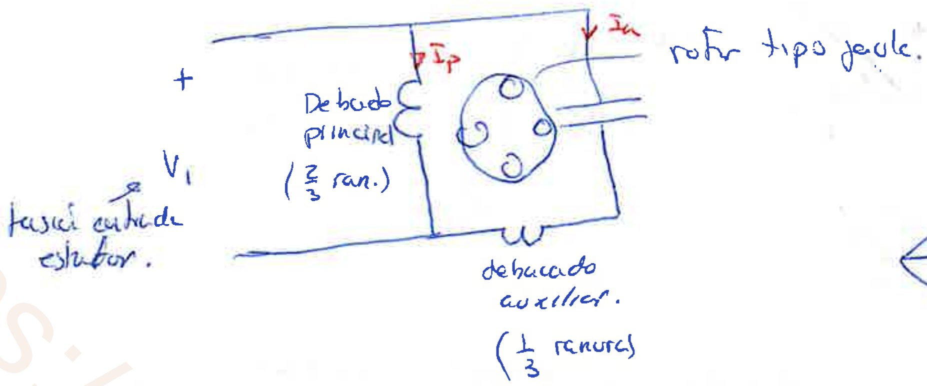


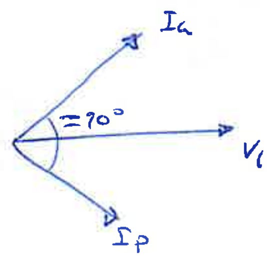


cuando el motor arranca el conmutador pasa a la posición 1 quedando el devanado principal.

una vez movido el rotor se engancha y pasa a la posición 1.

⑥ Este procedimiento es mejor





· se quita el condensador o se quita en marcha, normalmente esta conectado. Ejemplo labadora

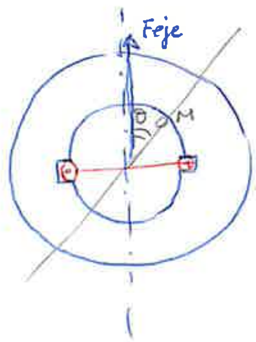
↑

para producir un buen par.

poblemas de arrancadores. B2.17 en adelante.

TEOREMA LEBLANC.

Bobina diametral recorrida por corriente eléctrica monofásica.



$i = I\sqrt{2}\cos wt$

la f. magnetomotriz en el eje tiene por valor:

$F_{eje} = F_{mx}\cos wt$

$F_{mx} = \frac{2}{\pi} n I$

fuerza magnetomotriz máxima.

$F = F_{eje}\cos p\theta$

$p = 1$

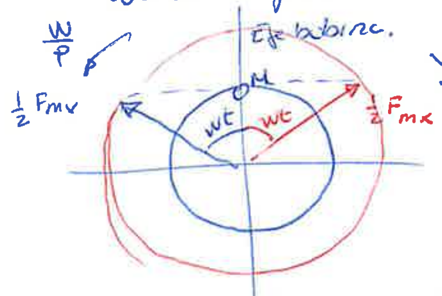
p = p. pares de polos los ángulos son eléctricos.

$F = F_{max}\cos wt \cos p\theta$ descomponiendo el producto en suma.

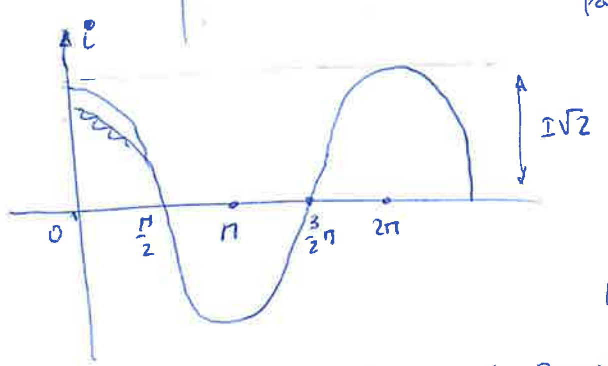
$$F = \underbrace{\tfrac{1}{2} F_{max}\cos(wt + p\theta)}_{\text{sentido directo}} + \underbrace{\tfrac{1}{2} F_{max}\cos(wt - p\theta)}_{\text{sentido inverso}}$$

Th. de Leblanc: un campo magnético pulsante alimentado por una c.a. de pulsación w puede descomponerse en dos campos magnéticos giratorios, de p pares de polos ficticios desplazándose uno en sentido contrario al otro con la velocidad mecánica w/p

cuando el punto M está situado en el eje de la bobina.



tiene mismo módulo uno va desplazándose en sentido directo y otro en sentido inverso



Para $wt = 0$

$\frac{1}{2} F_{mx}$ $\frac{1}{2} F_{mx}$ ⇒ F_{max}

para $wt = \frac{\pi}{2}$ ⇒ $i = 0$ no ∃ campo

para $wt = \pi$

$w/p - p\theta = 0$ $F = \frac{1}{2} F_{mx}\cos wt + \frac{1}{2} F_{mx}\cos wt = F_{mx}\cos wt.$

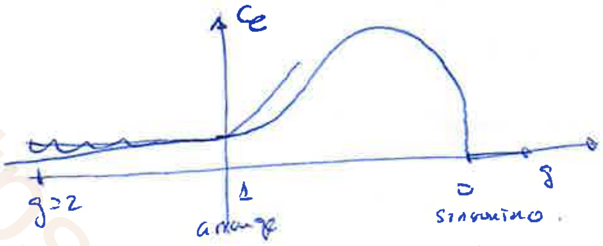
esto es la base de motores monofásicos de c.a.

Motores Monofasicos.

a) Rotor debanado trifasico con anillos rozantes o rotor debanado.

b) tipo jaula.

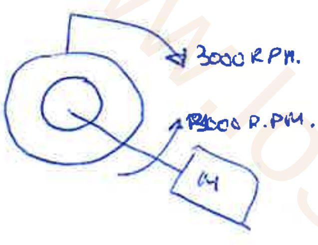
El estator es identico al alternador monofasico.



$g=2$ se arrastra en sentido inverso con velocidad sincron.

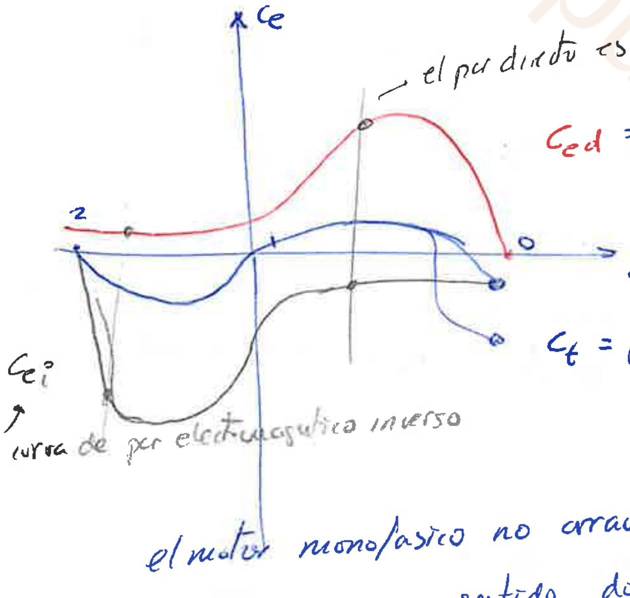
ejemplo: $p=1$ $f=50Hz$

$$N_1 = \frac{60 f}{p} = 3000 \text{ RPM.}$$



$$g = \frac{N_1 - N_2}{N_1} = \frac{3000 - (-3000)}{3000} = 2$$

$$f_2 = g f_1$$



C_{ed} = par electromagnetico directo.

$\eta = 1-g$

C_t = par total resultante del par C_{ed} y C_{ei}

el motor monofasico no arranca por si mismo, pero le doy un impulso se arranca en sentido donde le de el impulso. (es decir tanto en el directo o inverso)