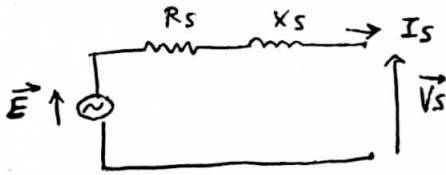


MA, 18/VI

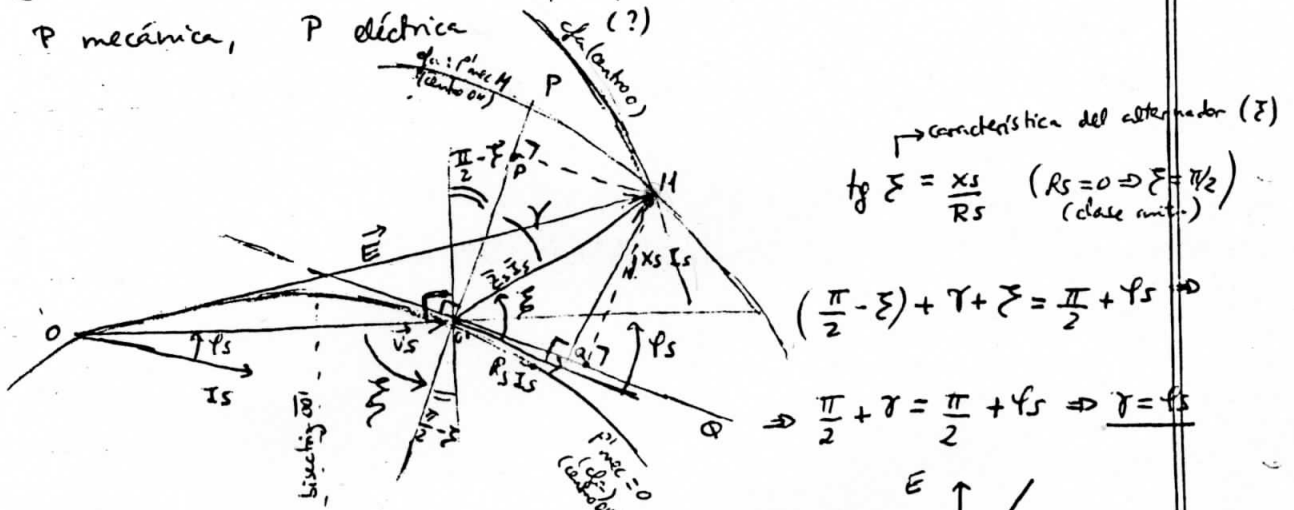


Consideramos $R_s = 0$.

$R_s \neq 0$ → Diagrama dipolo de doble potencia.

(Considero R_s como la única fuente de pérdidas) (1)

P mecánica, P eléctrica



$$\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) + \gamma + \delta = \frac{\pi}{2} + \gamma_s \Rightarrow$$

$$\frac{\pi}{2} + \gamma = \frac{\pi}{2} + \gamma_s \Rightarrow \gamma = \gamma_s$$

$$\vec{E} = -j\omega M_{rs} \vec{I}_r$$

$$|\vec{E}| = k |i_{exc}| \phi^{0.8}$$

$$Z_s = R_s + jX_s$$

$$\begin{cases} (O'P)_v = Z_s I_s \cos \gamma_s \\ (O'Q)_v = Z_s I_s \sin \gamma_s \end{cases}$$

↳ tengo el plano graduado en Volts

$$\begin{cases} P = 3V_s I_s \cos \gamma_s \\ Q = 3V_s I_s \sin \gamma_s \end{cases}$$

Cambio a escala de potencias:

$$\begin{cases} (O'P)_p = \left(\frac{3V_s}{Z_s}\right) (O'P)_v \\ (O'Q)_p = \left(\frac{3V_s}{Z_s}\right) (O'Q)_v \end{cases} \rightarrow O'P, O'Q \text{ graduados en potencias}$$

$$P_{mec} = P_{el.} + 3R_s I_s^2 \quad (\text{sin considerar fricción, excitación si la hay, etc})$$

O sea, considero sólo pérdidas Joule en estator

$$P_{\text{mec}} = P'_{\text{mec}} + \underbrace{(P_{\text{mec}} + P_{\text{Fe}})}_{P_0 = \text{cte}} \quad (\text{si lo desprecia, no cambia el resonamiento})$$

consumida en el eje

(H) $V_s = \text{cte}$, $f = \text{cte} \Rightarrow P_{\text{Fe}} = \text{cte}$.

$O'P$, $O'A$ graduado en potencias.

$$M(x, y) \quad x = 3V_s I_s \sin \psi_s \quad (\text{es } Q)$$

$$y = 3V_s I_s \cos \psi_s \quad (\text{es } P)$$

$$\boxed{x^2 + y^2 = 9V_s^2 I_s^2}$$

$$\left(O''O' \right)_V = \frac{V_s/2}{\cos \xi}$$

$$\left(O''O' \right)_r = \left(\frac{3V_s}{2S} \right) \frac{V_s}{2} \frac{1}{\cos \xi} = \frac{3V_s^2}{2S} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\cos \xi}$$

$$\cos \xi = \frac{R_s}{2S} \quad \Rightarrow \quad \left(O''O' \right)_r = \frac{3}{2} \frac{V_s^2}{R_s}$$

$$P_{\text{Fe}} = \frac{3V_s^2}{R_s} (P_{\text{mec}} - y)$$

$$P'_{\text{mec}} = y + 3R_s \frac{x^2 + y^2}{9V_s^2} = y + \left(\frac{R_s}{3V_s^2} \right) (x^2 + y^2)$$

$$\Rightarrow \boxed{x^2 + y^2 + 2 \left(\frac{3V_s^2}{2R_s} \right) y - \frac{3V_s^2}{R_s} P'_{\text{mec}} = 0}$$

Ecuación de 1 cfa:

$$(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = R^2 \quad \Rightarrow \quad \left. \begin{array}{l} x_0 = 0 \\ y_0 = -\frac{3V_s^2}{2R_s} \end{array} \right\} \equiv O''$$

$$R^2 = \frac{3V_s^2}{R_s} \left(\frac{3V_s^2}{4R_s} + P'_{\text{mec}} \right)$$

$O'' =$ puntos con $P'_{\text{mec}} = 0$, $R = \frac{3V_s^2}{2R_s}$
(pasa por O y O')

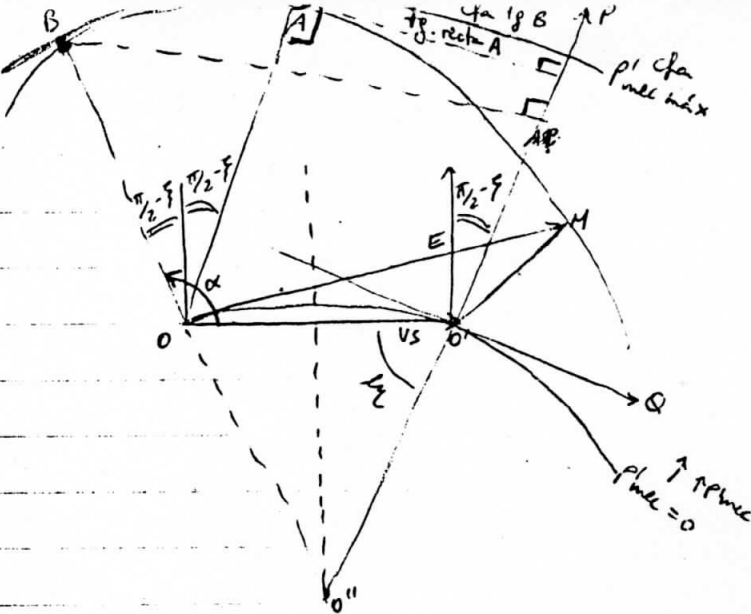
Los pto con $= P'_{\text{mec}}$ tendrá centro O'' y un radio entre O'' y M (ptos. con $= P'_{\text{mec}}$ q' $M \Rightarrow$ radio $O''M$)

Diagrama de doble pot, pues tengo P'_{mec} en las cfas. y

P_{el} en los ejes P y Q .

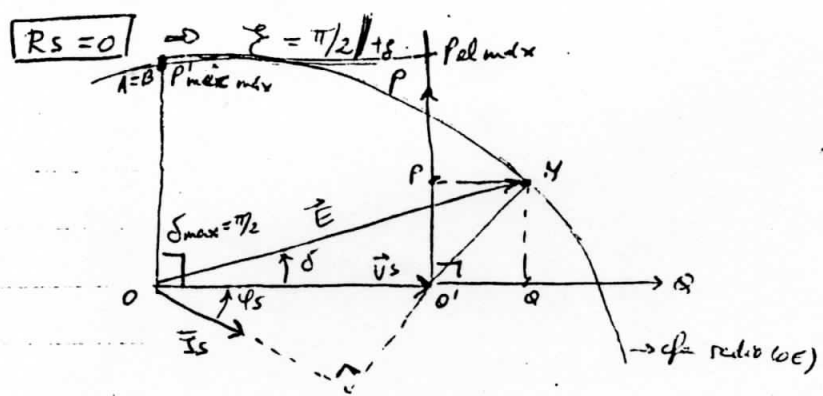
(H) $i_{\text{exc}} = \text{cte} \Rightarrow E = \text{cte}$

cfa centro O , radio \overline{OM}



Para la cfa radio OE etc busco el pto. de máx.
 $P'_{mec} (B)$
 \Rightarrow el pto. será la tg.
 con las cfas centro O'' de P'_{mec}
 Ese tg estará en la línea de los centros OO''

(A): tp \perp eje $P \Rightarrow$ pto de máx P_{el} para una excitación fija (E fija), tiene $< P'_{mec}$ q' el de P'_{mec} máx (cfa menor)
 Para cfas O'' radio $> O''B \Rightarrow$ no cortan con cfa radio (OE)
 \Rightarrow no hay pto. de funcionamiento, la máx. se desengancha. (embudo)
B: límite de estabilidad estática : con $\alpha = \frac{\pi}{2} + (\frac{\pi}{2} - \epsilon) = \pi - \epsilon = \delta_{máx}$
 (tanja. δR entre \vec{E} y \vec{V}_s)
 Sea el caso + usual:
 no hay funcionam. posible para $\delta > \delta_{máx}$.



\rightarrow las cfas de $= P'_{mec}$ son ahora rectas horizontales.
 O'' se fue al ∞ .

Aquí $A \equiv B$ y $P_{el máx} = P'_{mec máx}$ (No hay pérdidas en este modelo)

$\delta_{máx} = \pi - \epsilon = \pi/2$
 $P_{el} = P = 3 \cdot \frac{V_s E}{X_s} \cdot \sin \delta$, $V_s = cte$
 $E = i_{exc} = cte, E = cte$

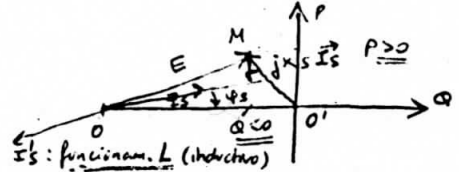
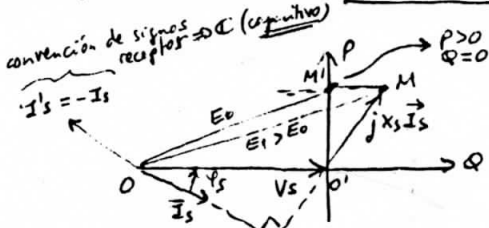
$P_{máx} \rightarrow \sin \delta = 1 \Rightarrow \delta = \delta_{máx} = \pi/2$

Modelé con $X_s = cte$, MS polos lisos, régimen lineal
 \rightarrow modelo de Behn-Eschenberg.

La MS, aunque no sea de polos lisos y no esté en reg. lineal, se interpreta con el modelo de B-E, con $R_s = 0$. (pues es el + sencillo)

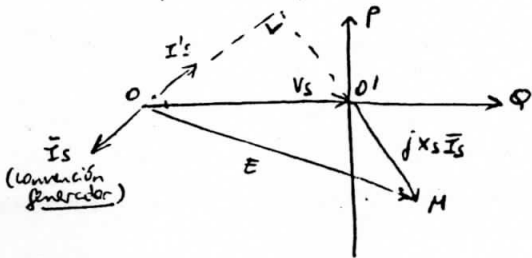
Modos de funcionamiento:

Considero una convención de signos generador: $P > 0$ } entregados a la red
 $Q > 0$ } ($Q =$ la carga) (Salen de la msp.)

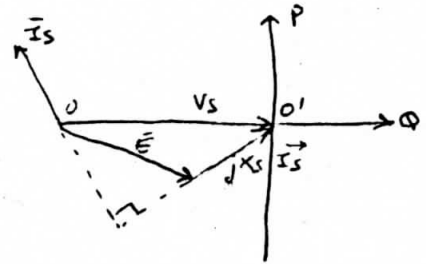


1- Alternador sobre-excitado

(respecto al pto con $Q=0, E_i > E_0$)



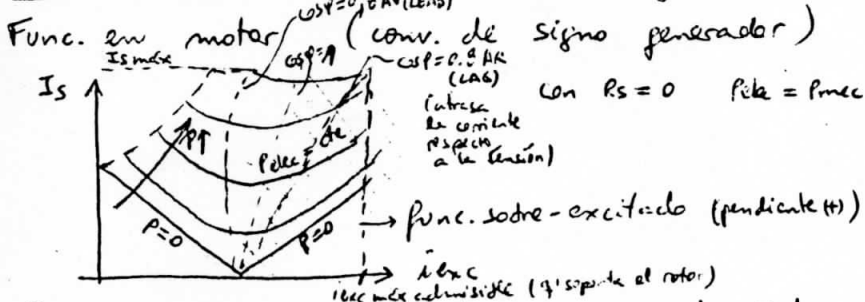
2- Alternador sub-excitado



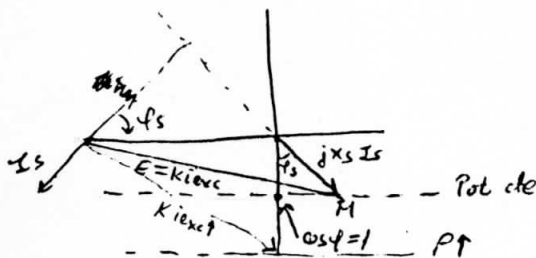
3- Motor sobre-excitado

4- Motor sub-excitado

Curvas en "V" o curvas de Mordey

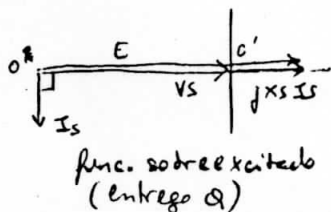


Se pueden explicar con el diagrama de Behn-Eschenburg.



La $I_s \downarrow$ hasta $\cos \phi = 1$ y luego \uparrow
 (ver curvas V y este dibujo)

Al \uparrow Pot \Rightarrow el mínimo se produce para $i_{exc} >$ (se ve td. en las curvas V)

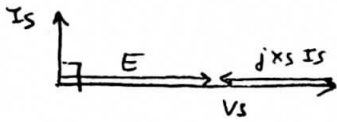


$\rightarrow E = V_s + X_s I_s$

$K_{iexc} = V_s + X_s I_s$

$I_s = \frac{1}{X_s} (K_{iexc} - V_s) \rightarrow$ relación lineal entre I_s y i_{exc} .

(\uparrow en atraso, pues curvas en V se hacen con conv. of. motor) (ver-)(?)



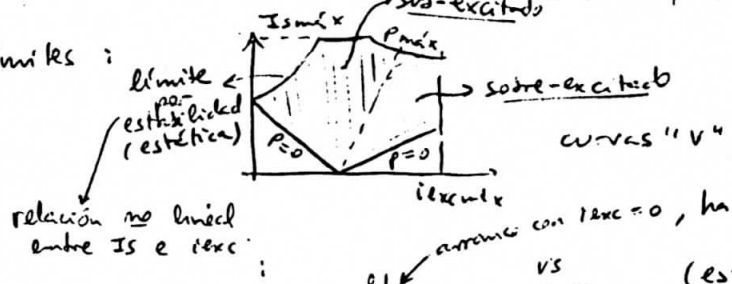
$$E = V_s - x_s I_s$$

$$k i_{exc} = V_s - x_s I_s$$

$$I_s = \frac{1}{x_s} (V_s - k i_{exc})$$

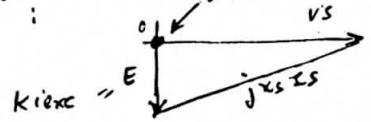
zona de pendiente (-) de curvas "V"

Hay límites:



relación no lineal entre I_s e i_{exc}

arranca con $i_{exc} = 0$, hasta $I_{smáx}$



(estoy en límite de estabilidad)

Las curvas "V" pueden relevarse experimentalmente. (o sacarse del modelo de Behn-Eschendorf). \rightarrow al $T_{i_{exc}}$ puede aparecer saturación (con i_{exc} e I_s alta). Se tiene en cuenta entonces q' x_s no es cte.