

PROBLEMAS DE GENERADORES SINCRÓNICOS.

Asignatura : Conversión Electromecánica de la Energía.
 Fecha : Agosto-2003.
 Autor : Ricardo Leal Reyes.

1. Un generador sincrónico de 6 polos conectado en estrella, de 480 (V), 60 (Hz), $x_s=1$ (Ω /fase), $I_a=60$ (A), FP= 0.80 atraso. Las pérdidas por fricción y ventilación son de 1.5 (kW), las pérdidas en el núcleo son de 1 (kW) a 60 (Hz). La corriente de campo (I_F) se ajusta para obtener un voltaje de campo (E_F) igual a 480 (V) en vacío. Determinar:

- a) La velocidad sincrónica (N_s).
- b) ¿Cuál es el voltaje en bornes del generador si:

- I. Se carga con la corriente nominal a factor de potencia 0.80 en atraso.
- II. Se carga con la corriente nominal a factor de potencia 1.0.
- III. Se carga con la corriente nominal a factor de potencia 0.80 en adelante.

- c) El rendimiento sin considerar las pérdidas de potencia eléctricas que no se conocen cuando funciona a corriente nominal y con factor de potencia igual a 0.80 en atraso.
- d) El torque inducido y el torque aplicado.
- e) La regulación de tensión para los factores de potencia: 0.80 en atraso, 1.0 y 0.80 en adelante.

Solución:

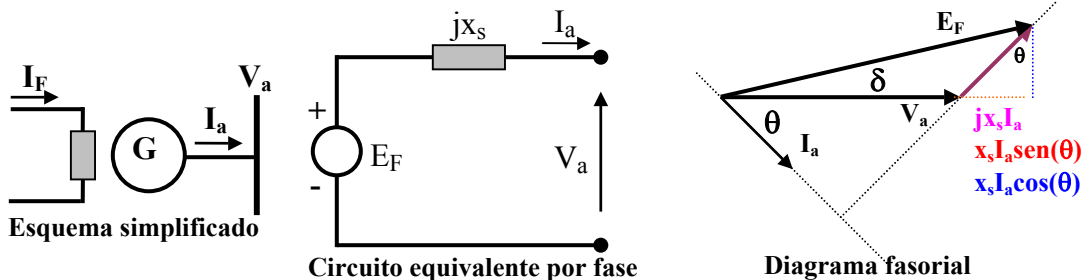
- a) Velocidad sincrónica (N_s).

$$P = 3 \text{ pares de polos}$$

$$f = 60 \text{ (Hz)}$$

$$N_s = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{60 \cdot 60}{3} = 1200 \text{ (rpm)}$$

- b) Voltaje en terminales del generador (V_a).



Del circuito equivalente y del diagrama fasorial se determina, como:

$$V_a = E_F - jx_s I_a$$

$$|V_a| \angle 0 = |E_F| \angle \delta - jx_s |I_a| \angle \theta$$

De la ec. Anterior se desconoce V_a y el ángulo δ .

Para determinar el ángulo δ , se plantean dos formas:

La primera es emplear en triángulo, pitagórico según se muestra en la figura anterior, esto es:

$$\text{sen} \delta = \frac{x_s I_a \cos \theta}{E_F}$$

$$\delta = \text{sen}^{-1} \left[\frac{x_s I_a \cos \theta}{E_F} \right] = \text{sen}^{-1} \left[\frac{1 \cdot 60 \cdot 0.8}{\frac{480}{\sqrt{3}}} \right]$$

La segunda forma es separar la ecuación de voltaje V_a en parte real y parte imaginaria, como:

$$|V_a| \angle 0 = |E_F| \angle \delta - jx_s |I_a| \angle \theta$$

$$|V_a| = |E_F| [\cos \delta + j \text{sen} \delta] - jx_s |I_a| [\cos \theta + j \text{sen} \theta]$$

$$|V_a| = |E_F| \cos \delta + x_s |I_a| \text{sen} \theta$$

$$0 = |E_F| \text{sen} \delta - x_s |I_a| \cos \theta \Rightarrow \delta = \text{sen}^{-1} \left[\frac{x_s |I_a| \cos \theta}{|E_F|} \right]$$

I. Corriente nominal y FP=0.80 atraso:

$$\delta = \text{sen}^{-1} \left[\frac{x_s I_a \cos \theta}{E_F} \right] = \text{sen}^{-1} \left[\frac{1 \cdot 60 \cdot 0.8}{\frac{480}{\sqrt{3}}} \right] = 10^\circ$$

$$FP = 0.80 \text{ atraso} \Rightarrow \theta = -36.86^\circ$$

$$|V_a| = |E_F| \cos \delta + x_s |I_a| \text{sen} \theta$$

$$|V_a| = \frac{480}{\sqrt{3}} \cos 10^\circ + 1 \cdot 60 \cdot (-0.60) = 237 \text{ (V / fase)} \Rightarrow |V_a| = 237 \cdot \sqrt{3} = 410 \text{ (V línea)}$$

II. Corriente nominal y FP=1 atraso:

$$\delta = \text{sen}^{-1} \left[\frac{1 \cdot 60 \cdot 1}{\frac{480}{\sqrt{3}}} \right] = 12.5^\circ$$

$$FP = 1 \Rightarrow \theta = 0^\circ$$

$$|V_a| = \frac{480}{\sqrt{3}} \cos 12.5^\circ = 271 \text{ (V / fase)} \Rightarrow |V_a| = 271 \cdot \sqrt{3} = 468 \text{ (V línea)}$$

III. Corriente nominal y FP=0.80 adelanto:

$$\delta = \text{sen}^{-1} \left[\frac{1 \cdot 60 \cdot 0.80}{\frac{480}{\sqrt{3}}} \right] = 10^\circ$$

$$FP = 0.80 \text{ adelanto} \Rightarrow \theta = +36.87^\circ$$

$$|V_a| = \frac{480}{\sqrt{3}} \cos 10^\circ + 1 \cdot 60 \cdot 0.6 = 309 \text{ (V / fase)} \Rightarrow |V_a| = 309 \cdot \sqrt{3} = 535 \text{ (V línea)}$$

c) Rendimiento (η), considerando carga nominal con factor de potencia 0.80 en atraso.

$$\eta = \frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} \cdot 100 = \frac{3 \text{ Real} \{V_a I_a^*\}}{P_{\text{salida}} + P_{\text{perdidas}}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} V_a I_a \cos \theta}{\sqrt{3} V_a I_a \cos \theta + P_{\text{perdidas}}} \cdot 100$$

$$\eta = \frac{\sqrt{3} \cdot 410 \cdot 60 \cdot 0.80}{\sqrt{3} \cdot 410 \cdot 60 \cdot 0.80 + 2500} \cdot 100 = 93.2\%$$

d) Torque inducido τ_{ind} para corriente nominal a FP=0.80 atraso.

$$\tau_{\text{ind}} = \frac{P_{\text{salida}}}{\omega_s} = \frac{\sqrt{3} V_a I_a \cos \theta}{\frac{\pi \cdot N_s}{30}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 410 \cdot 60 \cdot 0.80}{\frac{\pi \cdot 1200}{30}} = 271.3 \text{ (Nm)}$$

Torque aplicado τ_{ap} para corriente nominal a FP=0.80 en atraso.

$$\tau_{ap} = \frac{P_{entrada}}{\omega_s} = \frac{P_{salida} + P_{perdidas}}{\frac{\pi \cdot N_s}{30}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 410 \cdot 60 \cdot 0.80 + 2500}{\frac{\pi \cdot 1200}{30}} = 291.2 \text{ (Nm)}$$

e) Regulación de tensión

I. Regulación de tensión para un FP=0.80 en atraso

$$\text{Reg} = \frac{E_F - V_a}{V_a} \cdot 100 = \frac{480 - 410}{410} \cdot 100 = 17.07\%$$

II. Regulación para de tensión para un FP=1

$$\text{Reg} = \frac{E_F - V_a}{V_a} \cdot 100 = \frac{480 - 468}{468} \cdot 100 = 2.56\%$$

III. Regulación para de tensión para un FP=0.80 en adelanto

$$\text{Reg} = \frac{E_F - V_a}{V_a} \cdot 100 = \frac{480 - 535}{535} \cdot 100 = -10.28\%$$

2. Un generador sincrónico conectado en **triángulo**, 480 (V), 60 (Hz), 4 polos, r_a igual a 0.015Ω y x_s igual a 0.1Ω . A plena carga la maquina entrega 1200 (A) con FP= 0.80 en atraso. Las pérdidas totales son 70 (kW). Las características de vacío están dadas por:

E_F	0	125	260	375	450	510	550	560	570	580	590
I_F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Determinar:

- Velocidad sincrónica (N_s) del generador.
- La corriente de campo del generador para lograr un voltaje en los terminales de 480 (V) en vacío.
- Si el generador entrega 1200 (A) a una carga de factor de potencia 0.80 en atraso, ¿cuál debe ser su corriente de campo para sostener el voltaje en los terminales de 480 (V).
- En condiciones de c) potencia de salida, potencia de entrada, y el rendimiento.
- Si se desconecta la carga que sucede con el voltaje terminal.
- Si se carga con 1200 (A) y el factor de potencia es de 0.80 en adelanto, ¿cuál debería ser la corriente de campo para mantener un voltaje terminal de 480 (V).

Solución:

a) Velocidad sincrónica

$$N_s = \frac{60f}{P} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ rpm}$$

b) Sabemos que se realizó la medición en vacío, por lo tanto, conocemos el voltaje de campo, en este caso es de 480 (V). Observando la tabla de EF v/s IF podemos decir que la corriente de campo para este valor de voltaje de campo es 4.5(A).

c) Corriente de campo IF

$$I_{af} = \frac{I_a}{\sqrt{3}} = \frac{1200}{\sqrt{3}} \angle -36.87^\circ$$

$$V_a = 480 \angle 0$$

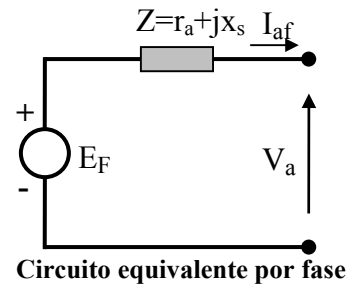
$$Z = 0.015 + j0.1$$

$$E_F = Z \cdot I_{af} + V_a$$

$$E_F = (0.015 + j0.1) \cdot \frac{1200}{\sqrt{3}} \angle -36.87^\circ + 480 \angle 0$$

$$E_F = 532.16 \angle 5.3$$

Ya que tenemos este dato, vamos a la tabla
y vemos que para este valor de tensión la corriente
de campo es $I_F = 5.3(A)$.



d) Rendimiento de generador η

$$P_{entrada} = P_{salida} + P_{perdidas}$$

$$P_{salida} = \sqrt{3} V_a I_a \cos \theta = \sqrt{3} \cdot 480 \cdot 1200 \cdot 0.80 = 798129 (W)$$

$$P_{perdidas} = 3r_a |I_{af}|^2 = 3 \cdot 0.015 \cdot \left(\frac{1200}{\sqrt{3}} \right)^2 = 21600 (W)$$

$$\therefore P_{entrada} = 798129 + 21600 = 889729 (W)$$

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \cdot 100 = \frac{798129}{889729} \cdot 100 = 89.71\%$$

e) Si se desconecta la carga el voltaje en los terminales sería el mismo de E_F encontrado en el ejercicio c), o sea, 532.16 (V)

f) Corriente de campo I_F

$$I_{af} = \frac{I_a}{\sqrt{3}} = \frac{1200}{\sqrt{3}} \angle 36.87^\circ$$

$$V_a = 480 \angle 0$$

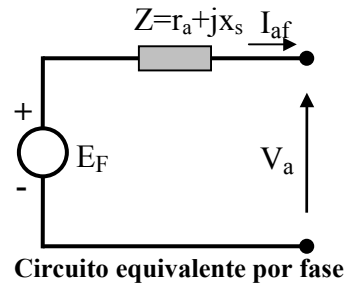
$$Z = 0.015 + j0.1$$

$$E_F = Z \cdot I_{af} + V_a$$

$$E_F = (0.015 + j0.1) \cdot \frac{1200}{\sqrt{3}} \angle 36.87^\circ + 480 \angle 0$$

$$E_F = 451 \angle 14.19^\circ \text{ (V)}$$

Ya que tenemos este dato, vamos a la tabla
y vemos que para este valor de tensión la corriente
de campo es $I_F = 4 \text{ (A)}$.



3. Un generador sincrónico de 12 polos 400 (V) a 50 (Hz), $x_s = 1 \Omega$, conectado en estrella, la corriente de armadura a plena carga es 60 (A) con un factor de potencia de 0.80 en atraso. La corriente de campo se ajusta para que el voltaje en los terminales en vacío sea de 400 (V). Determinar:

- a) El voltaje terminal a corriente nominal a factor de potencia 0.70 en atraso.

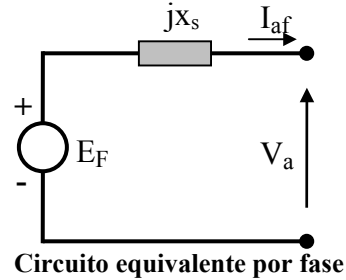
$$E_f = \frac{400}{\sqrt{3}} \angle \delta$$

$$x_s = 1 \angle 90$$

$$V_a = |V_a| \angle 0$$

$$\theta = 45.57$$

$$I_a = 60 \angle -45.57$$



$$|V_a| \angle 0 = |E_f| \angle \delta - jx_s |I_a| \angle \theta$$

$$|V_a| = |E_f| [\cos \delta + j \sin \delta] - jx_s |I_a| [\cos \theta + j \sin \theta]$$

$$|V_a| = |E_f| \cos \delta + x_s |I_a| \sin \theta$$

$$0 = |E_f| \sin \delta - x_s |I_a| \cos \theta \Rightarrow \delta = \sin^{-1} \left[\frac{x_s |I_a| \cos \theta}{|E_f|} \right]$$

$$\delta = \sin^{-1} \left(\frac{1 \cdot 60 \cdot 0.7}{400/\sqrt{3}} \right) = 10.48^\circ$$

$$\therefore |V_a| = \frac{400}{\sqrt{3}} \cdot \cos 10.48 - 1 \cdot 60 \cdot \sin(-45.57) = 184.24 (V)$$

4. Un generador sincrónico, trifásico de 5 (Kva.), $208 \cdot \sqrt{3}$ (V_{LL}), 4 polos, 60 (hz.), conexión estrella, tiene una reactancia sincrónica $x_s = 8 \Omega$. El generador opera a una red y trifásica de $208 \cdot \sqrt{3}$ (V_{LL}), 60 (hz.). La tabla muestra la característica de vacío del generador a 60 (hz.).

I_F (A)	1	2	2.5	3	4
E_F (V)	100	200	250	280	330

- ¿A qué velocidad (rpm) debe ser impulsado el eje del generador para poder conectarse a la red de 60 (hz).
- Calcule la corriente I_F necesaria para que el generador entregue potencia a la red con corriente nominal y factor de potencia 0.8 inductivo. Determine el ángulo de carga.

Solución:

- a) Velocidad sincrónica

$$N_s = \frac{60 f_e}{P} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 1800 \text{ rpm}$$

- b) Corriente de campo I_F .

$$|I_L| = |I_a| = \frac{|S_a|}{\sqrt{3} \cdot |V_{aLL}|} = \frac{5000}{\sqrt{3} \cdot 208 \cdot \sqrt{3}} = 8.013 (A)$$

$$FP = 0.8 \text{ inductivo}$$

$$V_a = E_a - jx_s I_a$$

$$E_a = 208/\underline{0} + j8 \cdot 8.013/\underline{-36.87} = 251.74/\underline{11.75} (V)$$

$\therefore$ Con este valor de volteje de campo vamos a la tabla y vemos que la corriente de campo es aproximadamente a 2.5 (A).

5. Un generador sincrónico trifásico conexión estrella, pérdidas despreciables, 4 polos, tensión nominal 13.2 (kVLL), 50 (Mva), reactancia sincrónica $x_s = 3 \Omega$ esta conectado a una red de 13.2 (kVLL), 50 (Hz). La turbina entrega una potencia de 45 (MW) al eje. La corriente de campo ha sido ajustada para que el generador opere con factor de potencia unitario.
- Determine la corriente por el estator I_a .
 - ¿Cuánto valen la tensión de rotación y el ángulo de carga δ ?
 - ¿Cuánto vale el torque desarrollado por la turbina?

Solución:

- a) Corriente en el estator I_a .

$$|I_L| = |I_a| = \frac{|S_a|}{\sqrt{3}|V_{aLL}|} = \frac{500000000}{\sqrt{3} \cdot 13200} = 218.69 (A)$$

- b) La tensión de campo y ángulo par δ .

$$FP = 1$$

$$V_a = E_a - jx_s I_a$$

$$E_a = \frac{13200}{\sqrt{3}} \angle 0 + j3 \cdot 218.69 \angle 0 = 7649.21 \angle 4.92^\circ (V)$$

$$\delta = 4.92^\circ$$

- c) Torque aplicado τ_{ap} .

$$P_{entrada} = 3 \cdot \frac{|V_a||E_a|}{x_s} \sin \delta = 3 \cdot \frac{\frac{13200}{\sqrt{3}} \cdot 7649.21}{3} \sin(4.92^\circ) = 5 (MW)$$

$$\omega_s = \frac{2\pi f_e}{P} = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 157.08 \left(\frac{rad}{seg} \right)$$

$$\tau_{ap} = \frac{P_{entrada}}{\omega_s} = \frac{5000}{157.08} = 31.826 (kN - m)$$

6. Un generador sincrónico de 6 polos, de 50 (HZ) tiene una reactancia sincrónica de $x_s = 4\Omega$ y es conectada a una red de 2300 (V) y trabaja con una corriente de campo $I_F = 5$ (A). La característica de vacío del generador es:

I_F (A)	2.5	5.0	7.5	10
E_{FLL} (V)	1125	2250	3375	4200

Si el generador opera con $\delta = 25^\circ$:

- Determine el torque requerido para mover el generador.
- La corriente por el estator.
- Determine el factor de potencia.

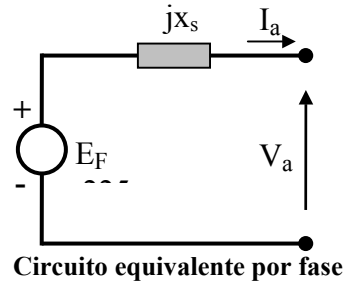
Solución:

- a) Torque requerido τ_{ap} .

$$E_F = \frac{2250}{\sqrt{3}} \angle 25^\circ (V)$$

$$V_a = \frac{2300}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ (V)$$

$$x_s = 4\Omega$$



$$P_{entrada} = 3 \cdot \frac{|V_a| |E_F|}{x_s} \sin \delta = 3 \cdot \frac{\frac{2300}{\sqrt{3}} \cdot \frac{2250}{\sqrt{3}}}{4} \sin(25^\circ) = 546.76 (kW)$$

$$\omega_s = \frac{2\pi f_e}{P} = \frac{2\pi \cdot 50}{3} = 104.72 \left(\frac{rad}{seg} \right)$$

$$\therefore \tau_{ap} = \frac{P_{entrada}}{\omega_s} = \frac{546.76}{104.72} = 5.2 (kN - m)$$

- b) Corriente por el estator I_a

$$V_a = E_a - jx_s I_a$$

$$I_a = \frac{E_a - V_a}{jx_s} = \frac{\frac{2250}{\sqrt{3}} \angle 25^\circ - \frac{2300}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ}{4 \angle 90^\circ} = 142.32 \angle 15.34^\circ (A)$$

- c) Factor de potencia.

$$FP = \cos(15.34^\circ) = 0.964 \text{ en adelante (capacitivo)}$$

7. Un generador sincrónico de 10 (MVA), 6.6 (kV), 50 (Hz), 600 rpm, conectado en estrella. La reactancia sincrónica $x_s = 6.8\Omega$. Las pérdidas mecánicas ascienden a 125 (kW). El generador se encuentra acoplado a una red infinita de 6.6 (kV) cediendo una potencia de 8 (MVA) con factor de potencia 0.8 inductivo. Calcular:
- La tensión de campo y el ángulo par.
 - El par mecánico de la turbina.
 - El rendimiento del generador en estas condiciones.

Solución:

- a) Corriente de excitación I_F

$$|I_L| = |I_a| = \frac{|S_a|}{\sqrt{3}|V_{aLL}|} = \frac{8000000}{\sqrt{3} \cdot 6600} = 699.82 \text{ (A)}$$

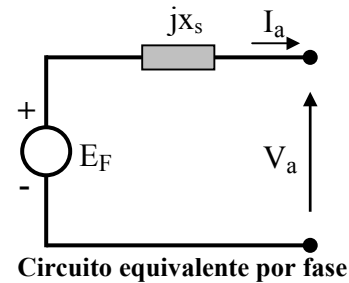
$$|I_a| = 699.82 \text{ (A)}$$

$$I_a = 699.82 / -36.87^\circ \text{ (A)}$$

$$V_a = E_a - jx_s I_a$$

$$E_a = \frac{6600 / 0^\circ}{\sqrt{3}} + j6.8 \cdot 699.82 / -36.87^\circ = 7676.33 / 29.73^\circ \text{ (V)}$$

$$\delta = 29.73^\circ$$



- b) El torque aplicado τ_{ap} y c) rendimiento η

$$\tau_{ap} = \frac{P_{mec}}{\omega_s}$$

$$P_{mec} = P_{salida} + P_{perdidas}$$

$$P_{salida} = S_a \cdot FP = 8000000 \cdot 0.8 = 6400 \text{ (kW)}$$

$$P_{mec} = 6400 + 125 = 6525 \text{ (kW)}$$

$$\omega_s = \frac{2\pi N_s}{60} = 62.83 \left(\frac{rad}{seg} \right)$$

$$\tau_{ap} = \frac{P_{mec}}{\omega_s} = \frac{6525}{62.83} = 103.85 \text{ (kN-m)}$$

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{mec}} \cdot 100 = 98.08\%$$

8. La curva de vacío de un generador síncrono de 50 (Hz), 4 polos, 50 (MVA), 13.8 (kV), FP = 0.85 inductivo, 50 (Hz), conectada en estrella, reactancia síncrona viene dada por los siguientes valores:

I_F (A)	61	92	142	179	240	320	430
E_F (KV)	5.52	8.28	11.04	12.42	13.8	15.18	16

Durante este ensayo la potencia mecánica absorbida por el eje a la tensión de 13.8 (kV) fue de 250 (KW). Calcular:

- La excitación necesaria para el funcionamiento en condiciones asignadas de tensión, corriente y factor de potencia.
- El rendimiento del generador.

Solución:

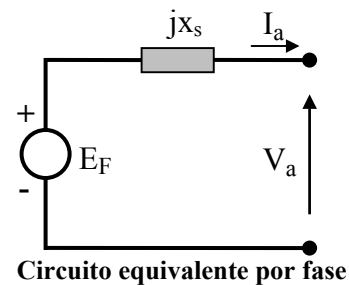
- a) La tensión de campo E_F .

$$|I_L| = |I_a| = \frac{|S_a|}{\sqrt{3}|V_a|} = \frac{5000000}{\sqrt{3} \cdot 13800} = 209.185 \text{ (A)}$$

$$I_a = 209.185 / -31.79^\circ \text{ (A)}$$

$$V_a = E_a - jx_s I_a$$

$$E_a = \frac{13800}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ + j3.5 \cdot 209.185 / -31.79^\circ = 8376.28 / 4.26^\circ \text{ (V)}$$



- b) Rendimiento del generador η .

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{mec}} \cdot 100$$

$$P_{mec} = P_{salida} + P_{perdidas}$$

$$P_{salida} = S_a \cdot FP = 5000000 \cdot 0.85 = 4250 \text{ (KW)}$$

$$P_{perdidas} = 250 \text{ (KW)}$$

$$P_{mec} = 4500 \text{ (KW)}$$

$$\eta = \frac{4250}{4500} \cdot 100 = 94.4\%$$

9. Un generador sincrónico trifásico de 60 (Hz), 635 (MVA), factor de potencia de 0.9, 24 (kV), 3600 rpm. El generador esta entregando a una barra infinita 458.47 (MW) y 114.62 (MVA). Calcule el voltaje de excitación E_F , si la reactancia sincrónica es $x_s = 1.7241$ por unidad sobre la base de la máquina resistencia es insignificante.

Solución:

Todos los valores en por unidad en los cálculos que siguen se basan en los datos nominales de megavoltamperes y kilovolts de la máquina.

$$S_{base} = 635 \text{ (MVA)}$$

$$V_{base} = 24 \text{ (KV)}$$

$$V_a = 22.8 \text{ (KV)}$$

$$V_{a^{\circ}/1} = \frac{V_a}{V_{base}} = 0.95/\underline{0}$$

$$x_{\circ/1} = 1.7241$$

$$P_{salida} = 458.47 \text{ (MW)}$$

$$Q_{salida} = 114.62 \text{ (MVA)}$$

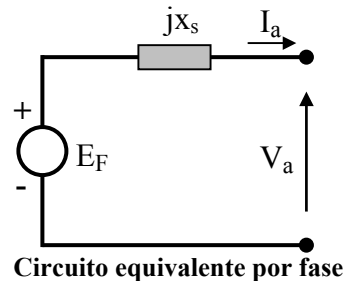
$$S_{salida} = P_{salida} + jQ_{salida}$$

$$S_{\circ/1} = Q_{\circ/1} + P_{\circ/1} = \frac{P_{salida} + jQ_{salida}}{S_{base}} = 0.722 + j0.1805$$

$$I_{a^{\circ}/1} = \left(\frac{S_{\circ/1}}{V_{a^{\circ}/1}} \right)^* = 0.76 - j0.19 = 0.783/\underline{-14.036^{\circ}}$$

$$\therefore E_{a^{\circ}/1} = V_{a^{\circ}/1} + jx_{\circ/1} I_{a^{\circ}/1}$$

$$E_{a^{\circ}/1} = 1.83/\underline{45.7239^{\circ}} \text{ por unidad}$$



10. El generador del problema anterior tiene una reactancia sincrónica $x_s = 1.7241$ por unidad. El voltaje en terminales es $1.0 + j0$ por unidad y el generador suministra al sistema una corriente de 0.8 por unidad a factor de potencia 0.9 en atraso. Todos los valores en por unidad están sobre la base de la máquina. Sin considerar la resistencia, encuentre la magnitud y el ángulo δ entre EF y el voltaje de la barra, también encuentre la potencia activa y reactiva suministrada por el generador a la barra.

Solución:

$$\theta = \cos^{-1} 0.9 = 25.84^\circ \text{ en atraso}$$

$$I_a = 0.8 / -25.84^\circ \text{ por unidad}$$

$$V_a = 1 / 0^\circ \text{ por unidad}$$

$$x_s = 1.7241 \text{ por unidad}$$

$$E_a = V_a + jx_s I_a = 2.026 / 37.78^\circ \text{ por unidad}$$

$$\delta = 37.78^\circ$$

$$P_a = \frac{|V_a| |E_a|}{x_s} \sin \delta = 0.72 \text{ por unidad}$$

$$Q_a = \frac{|V_a|}{x_s} (|E_a| \cos \delta - |V_a|) = 0.349 \text{ por unidad}$$