



Ingeniería Eléctrica

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Conversión de la Energía y Sistemas Eléctricos (EL4111-1)

Clase auxiliar 6

Prof. Constanza Ahumada - Rodrigo Moreno.

Prof. Aux. Javiera Pacheco - Erik Sáez

Ayudantes. Manuel Aceituno - Pamela Acuña - Alvaro Flores

1. Un generador síncrono trifásico de 50 [MVA], 23 [kV], 4 polos y 50 [Hz] presenta los siguientes datos de corriente de campo I_f y tensión interna E en su prueba en vacío:

I_f [A]	61	92	142	179	200	240
E [V _{fn}]	5520	8325	11040	12420	13100	14395

Cuadro 1: Resultados de la prueba en vacío.

Además, para el ensayo de cortocircuito se necesitaron 242 [A] de corriente de excitación para lograr una corriente de 2090 [A] en el estator.

A partir de esto, se pide:

- Estimar la reactancia saturada y no saturada de la máquina.
 - Considerando la reactancia saturada estimada en la parte anterior, determinar la tensión interna E y el ángulo de carga δ cuando el generador opera entregando una potencia reactiva de 2.5 [MVar] con un factor de potencia de 0.85 inductivo.
 - Bosquejar el diagrama fasorial para el punto de operación anterior e indicar si el generador se encuentra subexcitado o sobreexcitado.
 - Determinar el torque mecánico y la velocidad de sincronismo para el punto de operación anterior.
 - ¿Qué variable de control permite llevar al generador a operar con factor de potencia unitario manteniendo el módulo de la tensión interna E ?
 - ¿En qué porcentaje habría que aumentar/disminuir dicha variable para lograr este objetivo?
2. Se tiene un generador síncrono trifásico de potencia nominal 60 [MVA] y tensión nominal 23 [kV] que se encuentra conectado a una barra infinita de igual tensión nominal y frecuencia 50 [Hz]. La máquina posee una reactancia de 5 [Ω] por fase y cuenta con 24 polos.

En cierto instante, la máquina inyecta a la red una corriente de 1.2 [kA] por fase, con factor de potencia 0.87 inductivo.

A partir de esto, calcular:

- La potencia activa, reactiva y aparente en los terminales de la máquina.
- La tensión interna y el ángulo de carga. Dibujar el diagrama fasorial.
- La velocidad a la que gira la máquina y el torque que esta ejerce.
- En cierto instante, el operador cambia el factor de potencia de la máquina a 0.9 capacitivo manteniendo la potencia activa suministrada a la red. Determine nuevamente la tensión interna y el ángulo de carga de la máquina y dibuje el respectivo diagrama fasorial.

3. Una máquina síncrona trifásica (máquina de CA) se conecta mecánicamente a una máquina de CC en derivación y forman un conjunto de motor-generator como el que se muestra en la Figura 4. La máquina de CC se conecta a un sistema de potencia de CC que suministra 240 [V] constantes y la máquina de CA se conecta a una barra infinita de 480 [V] y 60 [Hz]. La máquina de CC tiene cuatro polos y sus valores nominales son: 50 [kW] y 240 [V]. Tiene una resistencia del inducido por unidad de 0.03456 [Ω]. La máquina de CA tiene cuatro polos y está conectada en estrella. Sus valores nominales son de 50 [kVA], 480 [V], un factor de potencia de 0.8 en retraso y su reactancia síncrona saturada es de 3.0 [Ω] por fase. Se pueden despreciar todas las pérdidas excepto las de resistencia del inducido de la máquina de CC. Suponga que las curvas de magnetización de ambas máquinas son lineales.

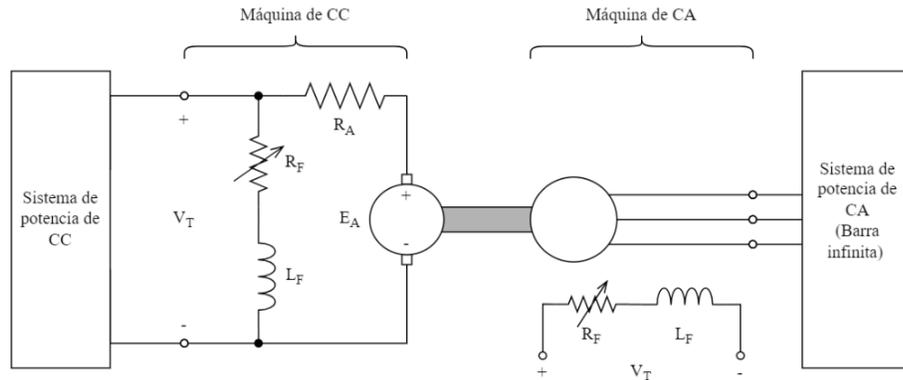


Figura 1: Conjunto Motor-Generador.

Inicialmente, la máquina de CA suministra 50 [kVA] con un factor de potencia de 0.8 en retraso al sistema de potencia de CA.

1. ¿Cuánta potencia se suministra al motor de CC desde el sistema de potencia de CC?
2. ¿De qué magnitud es la tensión interna generada E_A de la máquina de CC?
3. ¿Cuál es la magnitud y el ángulo de la tensión interna generada E de la máquina de CA?
4. Bosqueje un diagrama fasorial de la máquina síncrona en el punto de operación anterior

1 Resumen

- **Velocidad síncrona**

La máquina síncrona elemental corresponde a una máquina de voltaje alterno sinusoidal cuya frecuencia eléctrica ω es igual a la velocidad mecánica ω_m , la cual se denomina velocidad de sincronismo ω_s .

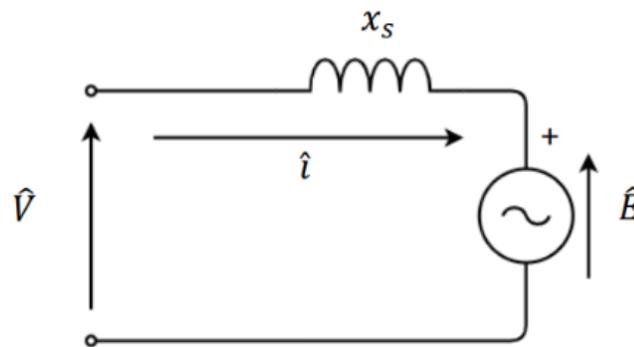
$$\omega_s = \frac{2\pi \cdot n_s}{60} = 2\pi f$$

De forma general, para una máquina con un enrollado de estator de p polos, se tiene que la frecuencia ω del voltaje generado está relacionada con la velocidad angular mecánica ω_m mediante:

$$\omega = \frac{p}{2} \cdot \omega_m \Rightarrow n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

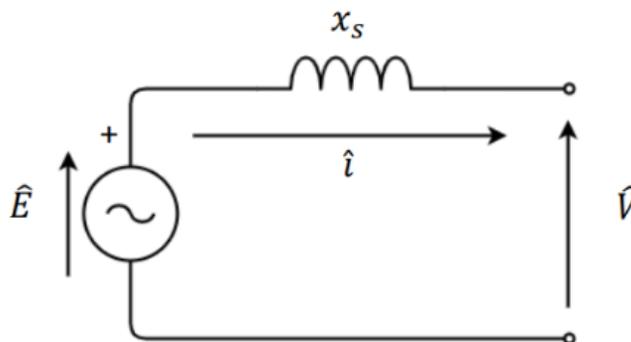
- **Modelos circuitales**

Motor:



$$\hat{V} = \hat{E} + j \cdot x_s \cdot \hat{i}$$

Generador:



$$\hat{E} = \hat{V} + j \cdot x_s \cdot \hat{i}$$

- **Potencias**

En estado estacionario, las potencias P y Q se calculan mediante:

$$P_{1\Phi} = \frac{V \cdot E}{x_s} \sin(\delta)$$

$$Q_{1\Phi} = \frac{V}{x_s} (E \cdot \cos(\delta) - V)$$

A partir de lo anterior, la máquina síncrona puede tener distintas formas de operación:

- Si $P > 0$ la máquina actúa como generador.
- Si $P < 0$ la máquina actúa como motor.
- Si $Q > 0$ la máquina se encuentra sobreexcitada.
- Si $Q < 0$ la máquina se encuentra subexcitada.

- **Torque mecánico**

$$T_m = \frac{P_{3\Phi}}{\omega_s}$$