



Ingeniería Eléctrica

FACULTAD DE CIENCIAS  
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
UNIVERSIDAD DE CHILE

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

Clase auxiliar Extra

Prof. Constanza Ahumada - Rodrigo Moreno.

Prof. Aux. Javiera Pacheco - Erik Sáez

Ayudantes. Manuel Aceituno - Pamela Acuña - Alvaro Flores

1. El generador síncrono de una central termoeléctrica de ciclo combinado venía con la carta de operación que se muestra en la figura, la cual fue provista por el fabricante y en donde se puede apreciar que el eje horizontal corresponde a la potencia reactiva, en [MVar], y el vertical a la potencia activa, en [MW].

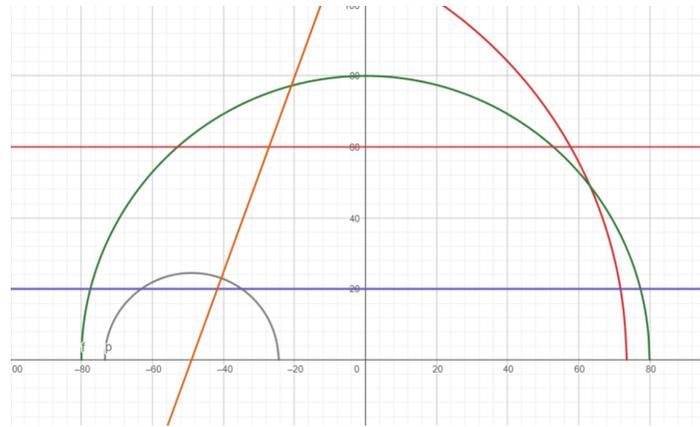


Figura 1: Carta de operación del generador síncrono.

Esta máquina es de tensión nominal 23 [kV], la tensión interna máxima y mínima es de 2.5 y 0.5 veces la nominal respectivamente. Por otro lado, la reactancia síncrona es de 3.6 [ $\Omega$ ] y el límite de estabilidad está fijado en 70°. A través de su largo periodo en funcionamiento, la máquina ha tenido algunos incidentes y desgastes, los cuales han modificado los valores anteriores. Entre ellos se encuentran:

- La ruptura y posterior extracción de una turbina de gas de la máquina motriz, lo que redujo en 20% la potencia activa máxima que esta podía entregar al generador.
- La quema del 15% de los devanados del estator.
- La quema del 10% del devanado del circuito de campo.

A partir de lo anteriormente mencionado, determine los nuevos límites de la carta de operación describiéndolos claramente mediante ecuaciones de la forma  $P(Q)$ . Para ello, asuma que existe una relación directamente proporcional entre el número de vueltas del devanado de campo y la tensión interna.

2. Un generador síncrono trifásico de 50 [MVA], 13,8 [kV], 4 polos y 50 [Hz] presenta los siguientes datos de corriente de campo  $I_f$  y tensión interna  $E$  en su prueba de vacío:

Cuadro 1: Resultados de prueba de circuito abierto.

Excitación $I_{fd}$ [A]	61	92	142	179	200	240
Prueba de CA $E$ [ $V_{ff}$ ]	5520	8325	11040	12420	13100	14395

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

- a) Determine la reactancia saturada y no saturada de la máquina.
  - b) Si en cierto instante en que la máquina se encuentra operando como generador conectada a una barra infinita de igual frecuencia y tensión nominal, inyecta 36 [MW] con factor de potencia 0,85 inductivo. Determine la corriente y la tensión interna (magnitud y ángulo) de la máquina en este punto de operación. Bosqueje el circuito que representa esta situación y el respectivo diagrama fasorial. Indique también si el generador está operando subexcitado o sobreexcitado.
  - c) Suponga que debido a un cambio constructivo en la máquina, la reactancia síncrona pasa a ser  $x_s = 5 [\Omega]$ . Dibuje la carta de operación de la máquina indicando todos sus límites y a qué se deben estos límites si:  $P_{\max} = 40 [\text{MW}]$ ,  $P_{\min} = 5 [\text{MW}]$ ,  $E_{\min} = 4 [\text{kV}]$ ,  $E_{\max} = 36 [\text{kV}]$  y el ángulo del límite de estabilidad de la máquina es de  $75^\circ$ . Además, calcule e indique en la carta de operación el factor de potencia nominal y la corriente máxima por el estator.
3. Se tienen 2 motores shunt de corriente continua. Ambos motores operan con voltaje nominal de 220 V, girando a 1000 RPM y absorbiendo 20 kW cada uno a plena carga. Mediante las pruebas respectivas se sabe que:

Motor	$R_a [\Omega]$	$R_c [\Omega]$
I	0.1	38
II	0.08	40

Suponga que se conectan ambos motores en paralelo, acoplados por el mismo eje y se operan como generadores para alimentar la calefacción de una empresa. Dicha calefacción está compuesta exclusivamente por elementos pasivos y tiene un leve carácter inductivo. Bajo condiciones nominales, es decir, 220 V AC, absorbe 35 kW con un  $\cos(\phi) = 0.9$ . Desprecie las pérdidas mecánicas.

- a) Calcular el torque necesario sobre el eje para que la calefacción entregue la misma potencia que en condiciones nominales.
  - b) La potencia eléctrica entregada al eje.
4. Una empresa recientemente compró una pequeña central hidroeléctrica de pasada, cuya máquina síncrona tiene una placa que indica los siguientes datos: potencia nominal 100 MVA, tensión nominal 13.8 kV, frecuencia 50 Hz y 24 polos. La empresa le encarga realizar las pruebas de cortocircuito y de vacío para determinar la reactancia de la máquina, arrojando los resultados de las Tablas 1 y 2.

Cuadro 2: Resultados prueba de circuito abierto.

Excitación $I_{fd} [\text{A}]$	50	100	200	300	400	600
Prueba de CA $E [\text{V}_m]$	1625	3250	6500	7500	7960	8800

Cuadro 3: Resultados prueba de cortocircuito.

$I_{fd} [\text{A}]$	50	100
$I_A [\text{A}]$	2050	4100

1. Determine la impedancia síncrona saturada y no saturada para la tensión nominal de la máquina.
2. Si en cierto instante en que la máquina se encuentra operando como generador conectado a una barra infinita de igual frecuencia y tensión nominal, inyecta 72 MW con factor de potencia 0.8 inductivo. Determine la corriente, la tensión interna (magnitud y ángulo), torque y velocidad de sincronismo de la máquina en este punto de operación.

3. Bosqueje el circuito que representa esta situación y el respectivo diagrama fasorial. Indique también si el generador está operando subexcitado o sobreexcitado.