

## Control N°2

**Profesores: Constanza Ahumada, Rodrigo Moreno**

Profesores Auxiliares: Javiera Pacheco, Erik Saez

Ayudantes: Manuel Aceituno H., Pamela Acuña, Alvaro Flores

**Duración: 90 minutos. Puede hacer uso de calculadora TI o similar. Para los resultados obtenidos utilizar 4 decimales y 2 para ángulos.**

### Pregunta 1

Responda las siguientes preguntas de manera concisa (la corrección de cada subpregunta será binaria, correcta o incorrecta, sin puntaje intermedio):

- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)
- (f)

### Pregunta 2

Considere un generador CC de valores nominales:  $150[V]$ ,  $1000 [rpm]$ , que presenta resistencia de armadura  $R_a = 0.5[\Omega]$  y resistencia de campo  $R_c = 10[\Omega]$ . La máquina tiene la siguiente curva de magnetización, representando la tensión interna  $E_a$  vs corriente de campo  $I_e$ :

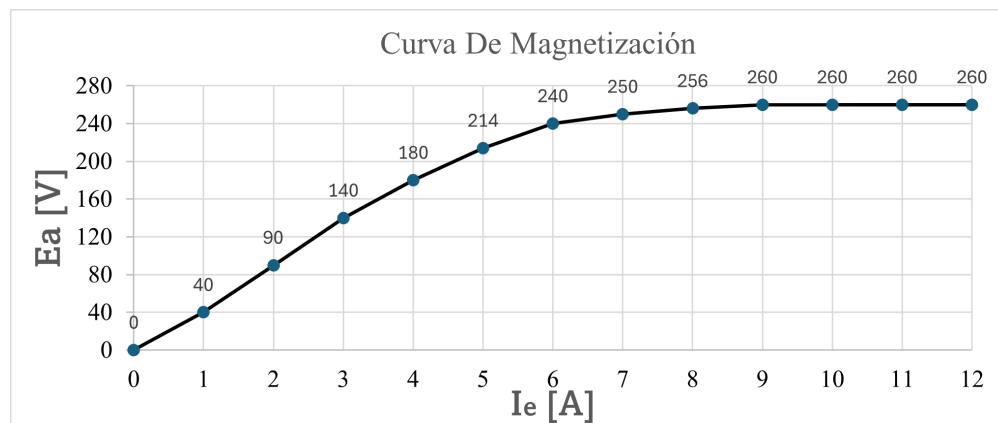


Figura 1: Curva de Magnetización a  $1000[rpm]$

Considerando esta curva, responda las siguientes preguntas. Para los cálculos puede despreciar la reacción de armadura y la caída de voltaje en las escobillas.

- a) (1.5 puntos) Si el generador se conecta con excitación independiente, a tensión nominal, alimentando el circuito de campo a  $60[V]$  calcule la corriente por la armadura y potencia generada.
- b) (1.0 punto) Si la velocidad de giro aumenta a  $1200[rpm]$ , indique la potencia que se genera en estas condiciones y concluya respecto a la saturación de la máquina.
- c) (0.5 puntos) Considere que estando en las condiciones del inciso b) y que solo tiene acceso al circuito de campo, si se desea que la tensión de la armadura sea igual que en el inciso a) mencione y calcule la modificación que realizará al circuito de campo.
- d) (1.5 puntos) En las condiciones asignadas inicialmente ( $1000[rpm]$ ), considere que el generador se conecta con excitación shunt (en paralelo, en derivación) a tensión nominal, calcule nuevamente la corriente por la armadura y potencia generada. Comente acerca de las ventajas y desventajas respecto a la conexión con excitación independiente.
- e) (1.5 puntos) Debido a temas de seguridad, la corriente de armadura no debe superar los  $200[A]$  en estado estacionario, (ahora usted puede acceder a todo el circuito de la máquina) indique y calcule qué modificaciones debe realizar a ambos tipos de conexión, para que se cumpla esta restricción.

## Pregunta 3

amsmath amsfonts amssymb tikz xcolor

Una compañía ha adquirido recientemente una pequeña central hidroeléctrica de pasada, cuya máquina síncrona tiene las siguientes especificaciones de placa: potencia nominal de 230 MVA, tensión nominal de 19.831 kV, frecuencia de 60 Hz y 16 polos. Para evaluar el rendimiento de la máquina, se realizaron pruebas de circuito abierto y cortocircuito con el objetivo de determinar la reactancia síncrona de la máquina. Los resultados de estas pruebas se presentan en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1: Resultados de la prueba en vacío.

Excitación $I_{fd}$ [A]	Tensión en prueba de CA $E$ [ $V_{fn}$ ]
55	4000
100	7100
150	9500
180	10800
210	11450
250	12000

1. (1.0 puntos) Calcule la reactancia síncrona saturada y no saturada de la máquina, usando la tensión nominal.
2. (1.0 puntos) Considerando la reactancia saturada estimada en la parte anterior, determine la tensión interna  $E$  y el ángulo de carga  $\delta$  cuando el generador opera entregando una potencia reactiva de -3 MVar con un factor de potencia de 0.8 capacitivo. Calcule también el torque y la frecuencia de sincronismo.

Tabla 2: Resultados de la prueba de cortocircuito.

$I_{fd}$ [A]	$I_A$ [A]
55	2200
100	4000
150	6000

3. (1.0 puntos) Dibuje el diagrama fasorial correspondiente. Indique también si el motor está operando en un estado de sobreexcitación o subexcitación.
4. (3.0 puntos) Considere ahora que está operando como generador y mantiene la reactancia saturada obtenida con anterioridad. La máquina presenta los siguientes límites:  $P_{\max} = 45$  MW,  $P_{\min} = 10$  MW,  $E_{\min} = 2$  kV,  $E_{\max} = 30$  kV, y el ángulo del límite de estabilidad de la máquina es de  $75^\circ$ .

### Resolucion 3.1

Dado que se busca obtener la reactancia saturada y no saturada, se tiene que:

$$V_{1\phi} = \frac{V_{3\phi}}{\sqrt{3}} = 11,4494[kV] \quad (1)$$

Que visto en la tabla de valores se tiene que equivale a un valor de  $I_{fd} = 210A$ . Utilizando la segunda tabla considerando que es una recta lineal, luego:

$$I_a = m \cdot I_{fd} \quad (2)$$

Por lo que calculando esa pendiente con cualquiera de los valores entregados:

$$m = \frac{I_a}{I_{fd}} = \frac{6000 - 2200}{150 - 55} = 40 \quad (3)$$

Luego se puede obtener la corriente de armadura como:

$$I_a = 40 \cdot 210 = 8400[A] \quad (4)$$

Con esto se puede obtener la reactancia síncrona saturada como:

$$X_s = \frac{V_{1\phi}}{I_a} = \frac{11,4494[kV]}{8400} = 1,36[\Omega] \quad (5)$$

Por otro lado para la reactancia no saturada se tiene de manera directa que  $I_c = 55$  con lo que la corriente de armadura sera de  $I_a = 2200$  y por lo tanto:

$$X_s = \frac{V_{1\phi}}{I_a} = \frac{11,4494[kV]}{2200} = 5,20[\Omega] \quad (6)$$

Esto dada la linealidad de la reactancia no saturada.

### Resolucion 3.2

Se debe tener en consideracion que se encuentra operando como motor y ademas que la carga es capacitiva, luego tenemos que:

$$\phi = \cos^{-1}(0,8) = -36,87^\circ \quad (7)$$

$$Q_{3\phi} = |S_{3\phi}| \cdot \sin(\phi) \quad (8)$$

$$-3 = |S_{3\phi}| \cdot \sin(-36,87^\circ) \quad (9)$$

$$(10)$$

Se debe tener en cuenta que se tiene que tener que  $Q < 0$ , luego se tendra que:

$$|S_{3\phi}| = \frac{3}{\sin(-36,87^\circ)} = 4,57 [MVA] \quad (11)$$

$$|S_{1\phi}| = \frac{4,57}{3} = 1,52 [MVA] \quad (12)$$

Con lo que se tendrá que  $\hat{S}$  será por tanto:

$$\hat{S} = 1.52 \angle -36.87^\circ [\text{MVA}] \quad (13)$$

Con esto es posible obtener la corriente considerando que el voltaje nominal será con fase 0, luego:

$$\hat{S} = V \cdot I^* \quad (14)$$

$$I = \left( \frac{\hat{S}}{\hat{V}} \right) \quad (15)$$

$$= \left( \frac{1.52 \angle -36.87^\circ}{11.4494 \angle 0^\circ} \right)^* \quad (16)$$

$$= 132.7580 \angle 36.87^\circ [\text{A}] \quad (17)$$

Con lo que se obtiene la corriente y con esto es posible obtener la tension interna y el angulo de carga, luego como opera como motor se tiene que:

$$\hat{V} = \hat{E} + jX_s \cdot \hat{I} \quad (18)$$

$$\hat{E} = \hat{V} - jX_s \cdot \hat{I} \quad (19)$$

$$\hat{E} = 11.4494 \angle 0^\circ - j1.36 \cdot 132.7580 \angle 36.87^\circ \quad (20)$$

$$\hat{E} = 11.588 [\text{kV}] \angle -0.7160^\circ \quad (21)$$

Con lo que tenemos que el angulo de la carga sera de  $-0.7160^\circ$  y la tension interna sera de  $11.588 [\text{kV}]$ . Por otro lado el torque sera:

$$w_s = 2\pi \cdot 60 = 377 [\text{rad/s}] \quad (22)$$

Con lo que:

$$P_{3\phi} = |\hat{S}_{3\phi}| \cdot 0.8 = 4.57 \cdot 0.8 = 3.656 [\text{MVA}] \quad (23)$$

$$T = \frac{P_{3\phi}}{w_s} = \frac{3.656 [\text{MVA}]}{377} = 9.69 [\text{kNm}] \quad (24)$$

### Resolucion 3.3

Luego se tendra que el diagrama fasorial sera el siguiente:

(O) at (0,0); (V) at (12,0); (E) at (14,-2);  
 [->, ultra thick, black] (O) – (V) node[midway, above]  $V = 13.2791 \angle 0^\circ [\text{kV}]$ ; [->, ultra thick, blue] (O) – (E) node[midway, below, sloped]  $E = 17.0557 \angle 17.82^\circ [\text{kV}]$ ; [->, ultra thick, red] (E) – (V) node[midway, right]  $I_{x_s} = 0.2406 \angle 60^\circ [\text{kA}]$ ;  
 [thick] (1,0) arc[start angle=0,end angle=17.82,radius=1] node[above left, xshift=90, yshift=-25]  $17.82^\circ$ ;  
 at (O) [circle,fill,inner sep=1.5pt] ;