

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

3º de Grado
en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Curso 2012-13
Convocatoria de MAYO

Segundo Parcial

Tiempo: 2 horas

31 de mayo de 2013

TEORIA

- Indicar en cada caso si el enunciado es VERDADERO o FALSO
- Marcar las respuestas en el número correspondiente (nºs 1-34) de la hoja de respuestas

I.- Respecto a los campos rotativos.

- 1.- Para un observador situado en el rotor de un motor asíncrono trifásico no existe campo rotativo.
- 2.- Para un observador situado en el rotor de un motor síncrono trifásico no existe campo rotativo.

II.- Un generador síncrono trifásico debe girar a 1200 rpm para generar tensiones de 100 Hz.

- 3.- Los ejes de dos polos consecutivos del rotor están situados a 36º geométricos.
- 4.- Los lados activos de una espira del estator están situados a 180º eléctricos.

III.- Un generador síncrono trifásico alimenta cargas resistivas puras a tensión nominal. Si se disminuye el índice de carga con que trabaja el generador y se desea mantener la tensión nominal en bornes.

- 5.- El regulador de tensión no debe actuar frente al cambio del índice de carga.
- 6.- El regulador de frecuencia debe actuar frente al cambio del índice de carga.

Deben actuar
ambos

IV.- Un generador síncrono trifásico funciona en vacío a 1500 rpm con una excitación de 2 A. En estas condiciones la tensión eficaz medida en bornes del inducido es de 600 V.

- 7.- Se puede asegurar que si se duplica la excitación (4 A y 1500 rpm) la tensión eficaz en bornes del inducido será de 1200 V.
- 8.- Se puede asegurar que si se duplica la velocidad (2 A y 3000 rpm) la tensión eficaz en bornes del inducido será de 1200 V.

V.- El valor en Ω de la reactancia síncrona de un generador síncrono:

- 9.- Depende de la velocidad del rotor.
- 10.- Depende de la carga alimentada por el generador.

$$Z_s = R + jX_s$$

$$\hookrightarrow X_s = 2\pi f_s \frac{P(\Omega)}{60}$$

VI.- Reacción de inducido en generadores síncronos trifásicos que alimentan cargas equilibradas.

- 11.- Su sentido de giro depende del tipo de carga alimentada por el generador.
- 12.- Si la carga es de tipo inductivo provoca una disminución de la tensión en bornes del generador.

VII.- Un motor síncrono trifásico (de resistencia de inducido despreciable y alimentado a tensión y frecuencia constantes) mueve una carga mecánica. El motor se encuentra funcionando en unas condiciones tales que no tiene intercambio de potencia reactiva con la red.

- 13.- El módulo de la tensión por fase en bornes de la máquina (V) y el módulo de la tensión por fase de vacío (E_0) son iguales.
- 14.- Los vectores de E_0 y V están en fase.

VIII.- Un motor síncrono trifásico trabaja alimentado desde una red que mantiene constantes su valor de tensión y frecuencia. El motor arrastra una carga de par resistente constante en unas condiciones tales que presenta frente a la red un factor de potencia de valor 0.85 (capacitivo) y la tensión por fase en bornes (V) esta adelantada respecto a la tensión por fase de vacío (E_0).

15.- Para conseguir que la intensidad que se toma de la red sea mínima es necesario aumentar la intensidad de excitación.

16.- Si el motor presentase frente a la red un factor de potencia de 0.85 (inductivo), la tensión por fase en bornes (V) seguiría estando adelantada respecto a la tensión por fase de vacío (E_0).

IX.- Un motor asíncrono trifásico:

17.- Trabaja proporcionando su par motor máximo cuando la potencia transmitida del estator al rotor es máxima.

18.- Siempre presenta factor de potencia inductivo frente a la red de la que se alimenta.

X.- En el ensayo de cortocircuito de un motor asíncrono trifásico:

19.- El deslizamiento del motor debe ser 0.

20.- El motor no consume potencia reactiva.

XI.- Un motor asíncrono trifásico alimentado de una red de 50 Hz mueve una carga mecánica a una velocidad de 735 rpm.

21.- Si la potencia transmitida del estator a rotor fuese de 100 kW, la potencia mecánica interna sería de 98 kW.

22.- La frecuencia de las corrientes del rotor es de 1 Hz.

XII.- La velocidad nominal de un motor asíncrono trifásico de 380 V (50 Hz) es de 970 rpm. El motor trabaja alimentado desde una red trifásica de 380 V (50 Hz).

23.- A 990 rpm la intensidad tomada por el motor de la red es superior a la intensidad nominal.

24.- A 950 rpm el par motor desarrollado por el motor es superior al par nominal.

XIII.- Arranque de motores asíncronos trifásicos

25.- En el arranque estrella-triángulo la intensidad de arranque es 3 veces menor respecto al arranque directo.

26.- El arranque basado en la inserción de reactancias solo se puede aplicar en los motores de rotor bobinado.

XIV.- Un motor asíncrono trifásico dispone en su placa de características la siguiente información: 400/230 V; 10/17,32 A.

27.- Se trata de un motor Dahlander o de dos velocidades.

28.- La corriente nominal de línea cuando se conecte en triángulo es de 10 A.

XV.- A un motor asíncrono trifásico de rotor bobinado se le conecta una resistencia en serie con cada fase del inducido. Como consecuencia de ello:

29.- Aumenta el rango de velocidades que definen la zona de funcionamiento estable del motor. Si

30.- Disminuye la velocidad del eje a la que la máquina desarrolla un determinado valor del par motor.

XVI.- Motor asíncrono monofásico.

31.- En el motor de fase partida, el interruptor centrífugo está cerrado (on) para velocidades bajas y abierto (off) para velocidades altas.

32.- En el motor de arranque con condensador, la corriente que circula por el condensador está adelantada 90° respecto a la tensión de alimentación del motor.

XVII.- La máquina asíncrona trifásica funcionando como generador:

33.- Para poder funcionar como generador la máquina debe ser de tipo rotor bobinado.

34.- El rotor gira en el mismo sentido que el campo rotativo.

EJERCICIOS

- Indicar en cada caso la solución correcta: A ó B
- Marcar las respuestas en el número correspondiente (n^{os} 101-108) de la hoja de respuestas

XVIII.- Sea un generador síncrono trifásico de 3 kV (50 Hz), conexión estrella, rotor cilíndrico, 3 pares de polos y 500 kVA. Tras ensayar la máquina, se comprueba que es necesaria una excitación de 5,9 A durante su ensayo de cortocircuito nominal. Además se ha comprobado que, alimentando a la tensión nominal (50 Hz) una carga resistiva pura de 200 kW, la máquina presenta un ángulo de par de 15°. Despreciando a efectos de cálculo la resistencia interna de los devanados del estator y los efectos de la saturación, se pide calcular:

101.- Intensidad de excitación correspondiente a la situación de carga resistiva pura señalada en el enunciado del problema.

A) 9,1 A

B) 8,2 A

102.- Intensidad de excitación necesaria para mantener, en vacío, una tensión de 3 kV en bornes de la máquina cuando ésta gira a 1200 rpm.

A) 6,1 A

B) 7,3 A

La misma máquina síncrona pasa a trabajar ahora como un motor síncrono conectado a una red de 3 kV y 50 Hz, con el objetivo de arrastrar un par resistente constante de 3600 Nm. Calcular

103.- Intensidad de excitación necesaria para que el consumo de intensidad del motor sea mínimo.

A) 9,8 A

B) 7,9 A

104.- Par motor máximo que puede desarrollar el motor para una intensidad de excitación de 4 A.

A) 3237 Nm

B) 2837 Nm

XIX.- La placa de características de un motor asíncrono trifásico contiene los siguientes datos:

460 V 60 Hz 37.7 A estrella $\cos \varphi=0.82$ 30 CV 864 rpm

El motor es aprovechado para ser utilizado en un taller con alimentación trifásica de 380 V a 50 Hz.

A efectos de cálculo se considera que:

- En un ensayo de cortocircuito el 40 % de las pérdidas se producen en el inducido.
- Ante cambios en las condiciones de alimentación el valor de la intensidad nominal permanece invariante.
- La influencia de la rama de vacío es despreciable.
- 1 CV = 735.5 W

Calcular:

Cuando el motor funcionaba alimentado a 460 V y 60 Hz:

105.- Rendimiento nominal.

A) 84,7 %

B) 89,6 %

106.- Pérdidas por rozamiento.

A) 0,39 kW

B) 0,24 kW

Cuando funciona en el taller alimentado a 380 V y 50 Hz:

107.- Nueva velocidad nominal de la máquina.

A) 729 rpm

B) 713 rpm

108.- Nuevo par resistente máximo que el motor es capaz de mover en un arranque directo.

A) 51,6 Nm

B) 34,6 Nm

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

3º de Grado
en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Curso 2012-13
Convocatoria de MAYO

Segundo Parcial

31 de mayo de 2013

EJERCICIOS

XVIII.- Sea un generador síncrono trifásico de 3 kV (50 Hz), conexión estrella, rotor cilíndrico, 3 pares de polos y 500 kVA. Tras ensayar la máquina, se comprueba que es necesaria una excitación de 5,9 A durante su ensayo de cortocircuito nominal. Además se ha comprobado que, alimentando a la tensión nominal (50 Hz) una carga resistiva pura de 200 kW, la máquina presenta un ángulo de par de 15°. Despreciando a efectos de cálculo la resistencia interna de los devanados del estator y los efectos de la saturación, se pide calcular:

101.- Intensidad de excitación correspondiente a la situación de carga resistiva pura señalada en el enunciado del problema.

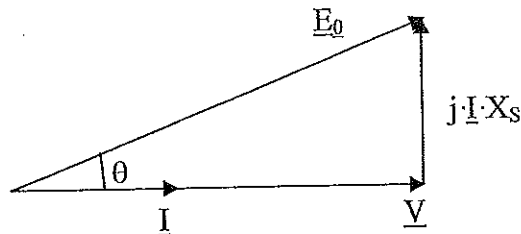
A) 9,1 A

B) 8,2 A

La ecuación fundamental que rige el comportamiento de un generador síncrono es:

$$\underline{E}_0 = \underline{V} + j\underline{I} \cdot X_s \quad (\text{ya que la resistencia del inducido se considera despreciable})$$

Su representación gráfica en el caso de una carga resistiva pura es:



Con los datos de carga del enunciado se puede obtener el valor de la reactancia síncrona a 50 Hz:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (3 \cdot 10^3) \cdot 1} = 38,49 \text{ A}$$

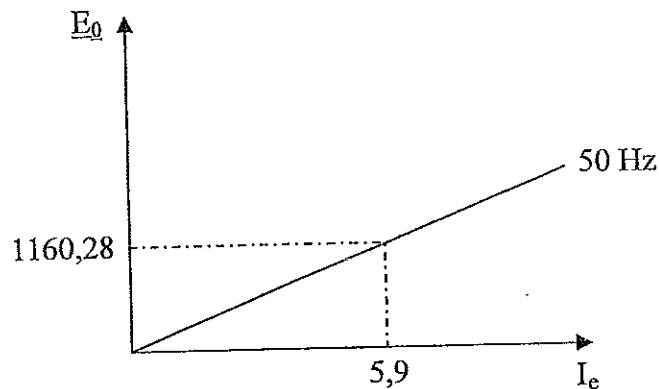
$$\text{tg} \theta = \frac{I \cdot X_s}{V} \Rightarrow X_s = \frac{V \cdot \text{tg} \theta}{I} = \frac{(3000/\sqrt{3}) \cdot \text{tg} 15^\circ}{38,49} = 12,058 \ \Omega$$

En el ensayo de cortocircuito nominal la intensidad es la nominal.

$$I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (3 \cdot 10^3)} = 96,225 \text{ A}$$

$$E_0 = I_{CC} \cdot X_s = I_N \cdot X_s = 96,22512,058 = 1160,28 \text{ V}$$

Como el ensayo de cortocircuito fue hecho con una excitación de 5,9 A, se puede definir (bajo hipótesis de no saturación) la curva de vacío del generador a 50 Hz.



La tensión de vacío en las condiciones de carga señaladas es:

$$E_0 = \sqrt{V^2 + (I \cdot X_s)^2} = \sqrt{\left(\frac{3000}{\sqrt{3}}\right)^2 + (38,49 \cdot 12,058)^2} = 1793,15 \text{ V}$$

Por lo que la intensidad de excitación pedida es:

$$I_e = 1793,15 \cdot \frac{5,9}{1160,28} \Rightarrow \boxed{I_e = 9,1 \text{ A}}$$

102.- Intensidad de excitación necesaria para mantener, en vacío, una tensión de 3 kV en bornes de la máquina cuando ésta gira a 1200 rpm.

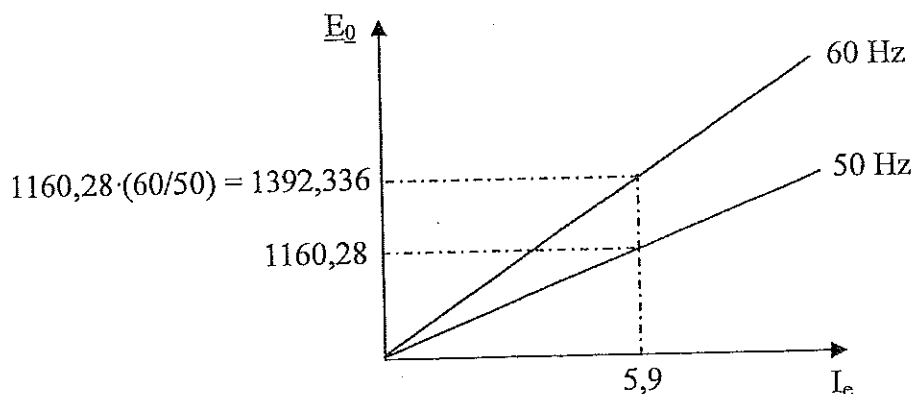
A) 6,1 A

B) 7.3 A

A 1200 rpm le corresponde una frecuencia de 60 Hz.

$$f = \frac{p \cdot n}{60} = \frac{3 \cdot 1200}{60} = 60 \text{ Hz}$$

La curva de vacío para 60 Hz es:



Por tanto:

$$I_e = \frac{3000}{\sqrt{3}} \frac{5,9}{1392,336} \Rightarrow \boxed{I_e = 7,3 \text{ A}}$$

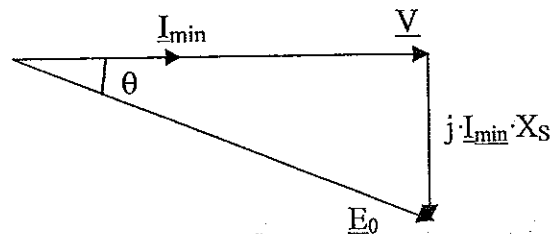
La misma máquina síncrona pasa a trabajar ahora como un motor síncrono conectado a una red de 3 kV y 50 Hz, con el objetivo de arrastrar un par resistente constante de 3600 Nm. Calcular

- 103.-** Intensidad de excitación necesaria para que el consumo de intensidad del motor sea mínimo.
A) 9,8 A **B)** 7,9 A

El consumo de intensidad es mínimo cuando el motor presenta factor de potencia resistivo puro.

$$I_{\min} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot C}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (1000/60) \cdot 3600}{\sqrt{3} \cdot 3000 \cdot 1} = 72,552 \text{ A}$$

El diagrama vectorial correspondiente a $\cos\varphi=1$ es:



Con lo que:

$$E_0 = \sqrt{V^2 + (I_{\min} \cdot X_s)^2} = \sqrt{\left(\frac{3000}{\sqrt{3}}\right)^2 + (72,552 \cdot 12,058)^2} = 1940,446 \text{ V}$$

Que llevada a la curva de vacío de 50 Hz proporciona el valor pedido:

$$I_e = 1940,446 \frac{5,9}{1160,28} \Rightarrow \boxed{I_e = 9,8 \text{ A}}$$

- 104.-** Par motor máximo que puede desarrollar el motor para una intensidad de excitación de 4 A.
A) 3237 Nm **B)** 2837 Nm

Para un determinado valor de excitación, el par máximo se produce cuando el ángulo de par alcanza el valor de 90° , ya que entonces su seno tiene el valor máximo ($\text{sen } \theta=1$)

$$C = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot n} \cdot 3 \cdot \frac{V \cdot E_0}{X_s} \cdot \text{sen } \theta$$

$$P = C_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot n = 3 \cdot \frac{V \cdot E_0}{X_s} \cdot \text{sen } \theta$$

$$C_{\max} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1000}{60}} \cdot 3 \cdot \frac{3000 \left(4 \cdot \frac{1160,28}{5,9}\right)}{12,058} \cdot 1$$

$$\Rightarrow \boxed{C_{\max} = 3237 \text{ Nm}}$$

XIX.- La placa de características de un motor asíncrono trifásico contiene los siguientes datos:

460 V 60 Hz 37.7 A estrella $\cos \varphi = 0.82$ 30 CV 864 rpm

El motor es aprovechado para ser utilizado en un taller con alimentación trifásica de 380 V a 50 Hz.

A efectos de cálculo se considera que:

- En un ensayo de cortocircuito el 40 % de las pérdidas se producen en el inducido.
- Ante cambios en las condiciones de alimentación el valor de la intensidad nominal permanece invariante.
- La influencia de la rama de vacío es despreciable.
- 1 CV = 735.5 W

Calcular:

Cuando el motor funcionaba alimentado a 460 V y 60 Hz:

105.- Rendimiento nominal.

A) 84,7 %

B) 89,6 %

La placa de características de un motor asíncrono refleja valores nominales y potencia útil. Utilizando estos datos se obtiene que en condiciones nominales de funcionamiento la potencia de entrada al motor es:

$$P_{1\text{ NOM}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{NOM}} \cdot I_{\text{NOM}} \cdot \cos \varphi_{\text{NOM}} = \sqrt{3} \cdot 460 \cdot 37,7 \cdot 0,82 = 24630,52 \text{ W}$$

y que la potencia útil en condiciones nominales es:

$$P_{u\text{ NOM}} = 30 \cdot 735,5 = 22065 \text{ W}$$

Con lo que el rendimiento nominal es:

$$\eta_{\text{NOM}} = \frac{P_{u\text{ NOM}}}{P_{1\text{ NOM}}} \cdot 100 = \frac{22065}{24630,52} \cdot 100$$

\Rightarrow

$$\eta_{\text{NOM}} = 89,6 \%$$

106.- Pérdidas por rozamiento.

A) 0,39 kW

B) 0,24 kW

El deslizamiento nominal de la máquina es:

$$s_{\text{NOM}} = \frac{n_1 - n_{2\text{ NOM}}}{n_1} = \frac{900 - 864}{900} = 0,04$$

$$n_{2\text{ nom}} = \frac{60 \cdot p}{p} \Rightarrow p = 40$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot p}{p} = 900$$

ya que a esa velocidad nominal y 60 Hz le corresponden 4 pares de polos.

La impedancia nominal de la máquina es:

$$Z_{e\text{ NOM}} = \frac{V_{1\text{ NOM}}}{I_{1\text{ NOM}}} = \frac{460/\sqrt{3}}{37,7} = 7,045 \Omega$$

La parte resistiva de esta impedancia es:

$$R_1 + \frac{R'_2}{s_{\text{NOM}}} = Z_{e \text{ NOM}} \cdot \cos \varphi_{\text{NOM}} = 7,045 \cdot 0,82 = 5,777 \ \Omega$$

Teniendo en cuenta que

$$\frac{P_{\text{CC inducido}}}{P_{\text{CC inductor}}} = \frac{P_{J2}}{P_{J1}} = \frac{R'_2}{R_1} = \frac{4}{6}$$

se obtienen los valores de las resistencias: $R_1 = 0,327 \ \Omega$ y $R'_2 = 0,218 \ \Omega$

La potencia mecánica interna en condiciones nominales es:

$$P_{\text{mi NOM}} = 3(I_{1 \text{ NOM}})^2 \cdot R'_2 \cdot \left(\frac{1 - s_{\text{NOM}}}{s_{\text{NOM}}} \right) = 3 \cdot (37,7)^2 \cdot 0,218 \cdot \left(\frac{1 - 0,04}{0,04} \right) = 22308,57 \ \text{W}$$

Con lo que las pérdidas por rozamiento resultan ser:

$$P_R = P_{\text{mi NOM}} - P_{\text{u NOM}} = 22308,57 - 22065 \Rightarrow \boxed{P_R = 0,24 \ \text{kW}}$$

Cuando funciona en el taller alimentado a 380 V y 50 Hz:

107.- Nueva velocidad nominal de la máquina.

A) 729 rpm

B) 713 rpm

La reactancia de la máquina referida a 60 Hz (datos de apartados anteriores) es:

$$(X_1 + X'_2)_{60\text{Hz}} = Z_{e \text{ NOM}} \cdot \sin(\arccos \varphi_{\text{NOM}}) = 7,045 \cdot \sin(\arccos 0,82) = 4,032 \ \Omega$$

También podría hallarse como:

$$(X_1 + X'_2)_{60\text{Hz}} = \sqrt{(Z_{e \text{ NOM}})^2 - \left(R_1 + \frac{R'_2}{s_{\text{NOM}}} \right)^2} = 4,032 \ \Omega$$

La reactancia referida a 50 Hz es:

$$(X_1 + X'_2)_{50\text{Hz}} = (X_1 + X'_2)_{60\text{Hz}} \cdot \frac{50}{60} = 3,36 \ \Omega$$

Como, a efectos de cálculo, se considera que la intensidad nominal permanece invariante:

$$I_{1 \text{ NOM}} = \frac{V_{1 \text{ NOM}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{s_{\text{NOM NUEVA}}} \right)^2 + (X_1 + X'_2)_{50\text{Hz}}^2}}$$

$$s_{\text{NOM NUEVA}} = \frac{R_2'}{\sqrt{\left(\frac{V_{1\text{NOM}}}{I_{1\text{NOM}}}\right)^2 - (X_1 + X_2')^2_{50\text{Hz}} - R_1}} = \frac{0,218}{\sqrt{\left(\frac{380/\sqrt{3}}{37,7}\right)^2 - 3,36^2 - 0,327}} = 0,04927$$

La nueva velocidad nominal ($p=4$ y 50 Hz) es de 750 rpm, por tanto:

$$n_{2 \text{ NOM NUEVA}} = n_1 \cdot (1 - s_{\text{NOM NUEVA}}) = 750 \cdot (1 - 0,04927)$$

\Rightarrow

$$n_{2 \text{ NOM NUEVA}} = 713 \text{ rpm}$$

108.- Nuevo par resistente máximo que el motor es capaz de mover en un arranque directo.

A) $51,6$ Nm

B) $34,6$ Nm

El nuevo par de arranque se puede obtener directamente de la fórmula correspondiente, con la única precaución de utilizar los valores relativos a las nuevas condiciones de funcionamiento.

$$C_{\text{ma}} = \frac{3 \cdot V_1^2 \cdot R_2'}{2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot [(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2]} = \frac{3 \cdot (380/\sqrt{3})^2 \cdot 0,218}{2 \cdot \pi \cdot \frac{750}{60} \cdot [(0,327 + 0,218)^2 + (3,36)^2]}$$

$$C_{\text{ma}} = 34,6 \text{ Nm}$$

SOLUCIONES

Segundo Parcial

Convocatoria de **MAYO**

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(Curso 2012-13) – 31 de Mayo de 2013

01	F
02	V
03	V
04	V
05	F
06	V
07	F
08	V
09	V
10	F
11	F
12	V
13	F
14	F
15	F
16	V
17	V
18	V
19	F
20	F
21	V
22	V
23	F
24	V
25	V
26	F
27	F
28	F
29	V
30	V
31	V
32	F
33	F
34	V
101	A
102	B
103	A
104	A
105	B
106	B
107	B
108	B

SOLUCIONES

Primer Parcial de

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(Curso 2013-14) – 25 de Enero de 2014

	<u>Modelo - A</u>	<u>Modelo - B</u>	<u>Modelo - C</u>	<u>Modelo - D</u>
01	F	F	V	F
02	F	F	F	F
03	V	F	F	V
04	F	V	F	F
05	F	F	F	F
06	F	F	F	F
07	V	V	V	V
08	V	V	V	V
09	F	F	F	F
10	V	V	V	V
11	V	F	V	F
12	F	V	F	V
13	F	V	F	V
14	V	F	V	F
15	V	V	V	V
16	V	V	V	V
17	F	F	F	F
18	V	V	V	V
19	F	F	F	V
20	V	V	V	F
21	V	V	V	F
22	F	F	F	F
23	F	F	F	V
24	F	F	F	V
25	V	F	V	F
26	F	V	F	V
27	V	F	V	V
28	F	V	F	F
29	F	F	F	F
30	F	F	F	F
31	V	V	V	V
32	V	V	V	F
33	V	V	V	V
34	V	V	V	V
101	B	A	B	A
102	A	B	B	B
103	A	A	A	A
104	B	B	A	A
105	A	B	B	A
106	A	B	A	A
107	B	B	B	B
108	A	B	B	B

circula corriente por I_2

?

$\varphi > 0$ $\cos\varphi$ y $\sin\varphi > 0$

no es seguro

?

?

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

3º de Grado
en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Curso 2012-13
Convocatoria de JULIO

Segundo Parcial

Tiempo: 2 horas

2 de julio de 2013

TEORIA

- Indicar en cada caso si el enunciado es VERDADERO o FALSO
- Marcar las respuestas en el número correspondiente (nºs 1-34) de la hoja de respuestas

- I.-** Un generador síncrono trifásico de 4 polos alimenta a un motor asíncrono trifásico de 4 polos.
- 1.- Las velocidades de giro de los ejes de las dos máquinas son iguales.
 - 2.- Las velocidades de los campos giratorios en las dos máquinas son iguales.
- II.-** Respecto al factor de potencia en máquinas rotativas:
- 3.- El factor de potencia de una máquina asíncrona es siempre inductivo.
 - 4.- El factor de potencia de un motor síncrono se controla con la intensidad del inductor.
- III.-** La separación entre los ejes de dos polos consecutivos del rotor de un generador síncrono trifásico es de $22,5^\circ$ geométricos.
- 5.- Si el inductor gira a 750 rpm, las tensiones generadas serán de 100 Hz.
 - 6.- La separación entre los lados activos de una misma espira del inducido es de 120 grados magnéticos.
- IV.-** En un generador síncrono trifásico de 5 pares de polos, 400 V, 60 Hz y 1500 VA se puede afirmar que:
- 7.- La intensidad de excitación necesaria para alcanzar la tensión nominal (400 V a 60 Hz) en bornes de la máquina es menor en vacío que en carga.
 - 8.- La velocidad del rotor necesaria para alcanzar la tensión nominal (400 V a 60 Hz) en bornes de la máquina es 720 rpm para cualquier régimen de funcionamiento.
- V.-** Un generador síncrono funciona en vacío en la zona de no saturación. Cuando gira a 300 rpm con una intensidad de excitación de 8 A, la tensión generada en bornes es de 1200 V a 50 Hz.
- 9.- Si pasa a funcionar en vacío con la misma excitación (8 A) pero girando a 360 rpm, la tensión generada en bornes será de 1440 V a 60 Hz.
 - 10.- Si pasa a funcionar en vacío con a la misma velocidad (300 rpm) pero con una excitación de 6 A, la tensión generada en bornes será de 900 V a 50 Hz.
- VI.-** Un generador síncrono (cuya resistencia de inducido es despreciable) es ensayado en cortocircuito. Cuando gira a 600 rpm con una intensidad de excitación de 2 A, la intensidad de cortocircuito es de 20 A a 50 Hz.
- 11.- Si el ensayo de cortocircuito se realiza con la misma excitación (2 A) pero girando a 720 rpm, la intensidad de cortocircuito será de 20 A a 60 Hz.
 - 12.- Si el ensayo de cortocircuito se realiza a la misma velocidad (600 rpm) pero con una excitación de 1 A, la intensidad de cortocircuito será de 10 A a 50 Hz.
- VII.-** Un generador síncrono trifásico trabaja alimentando una carga trifásica equilibrada.
- 13.- El sentido de giro de la reacción de inducido depende del tipo de carga (inductiva/resistiva/capacitiva) que alimenta el generador.
 - 14.- Si la carga es resistiva pura, no existe reacción de inducido.

No

VIII.- Un motor síncrono trifásico es alimentado desde una red que mantiene en todo momento una tensión de 400 V (50 Hz). El motor trabaja moviendo una carga que presenta un par resistente constante.

15.- Si se incrementa la intensidad de excitación, el valor absoluto del ángulo de par aumenta.

16.- Si el intercambio de potencia reactiva con la red es nulo, cualquier variación de la intensidad de excitación implicará un aumento de la intensidad absorbida de la red.

IX.- Sea un motor asíncrono trifásico de 6 polos conectado a una red de corriente alterna trifásica de 50 Hz.

17.- La velocidad absoluta del campo magnético rotativo generado en el rotor depende de las condiciones de carga.

18.- En funcionamiento, la velocidad de giro del rotor siempre será menor que la de un motor síncrono trifásico de 6 polos conectado a la misma red.

$$\text{Motor} \rightarrow \omega < \omega_{sincrono} \rightarrow 1 > s > 0$$

$$\text{Gener} \rightarrow \omega_2 > \omega_1 \rightarrow s < 0$$

$$\text{Freno} \rightarrow \omega_2 = 0 \rightarrow s = 1$$

X.- Modos de funcionamiento de una máquina asíncrona trifásica.

19.- Si funciona como generador el deslizamiento es negativo.

20.- Si funciona como freno el campo rotativo generado por el estator y el eje del rotor giran en sentidos contrarios.

XI.- En un motor asíncrono trifásico.

21.- Cuanto mayor sea la velocidad del eje, mayor es la frecuencia de las corrientes del inducido.

22.- El par motor es máximo cuando la intensidad absorbida de la red es máxima.

XII.- En el ensayo de vacío de un motor asíncrono trifásico a tensión nominal.

23.- No existen pérdidas mecánicas.

24.- La velocidad de giro del eje en el ensayo es mayor que la velocidad de giro a plena carga.

XIII.- Un motor asíncrono trifásico de 8 polos es alimentado desde una red de 50 Hz y mueve una carga mecánica a una velocidad de 735 rpm.

25.- El rendimiento eléctrico del rotor es del 98%.

26.- La relación entre la potencia mecánica interna y las pérdidas en los bobinados del rotor es 49.

XIV.- Arranque de motores asíncronos.

27.- Un motor asíncrono trifásico dispone en su placa de características la siguiente información: 400/230 V; 10/17,32 A. En este motor se puede realizar el arranque estrella-triángulo desde una red trifásica de 230 V.

28.- El objetivo principal de los métodos de arranque es aumentar el par motor de arranque.

XV.- Regulación de velocidad de motores asíncronos.

29.- La regulación de velocidad basada en el cambio del número de polos no puede aplicarse a motores de tipo jaula.

30.- El método basado en aumentar la tensión de alimentación a frecuencia constante tiene el riesgo de que la máquina puede entrar en saturación.

XVI.- Frenado de motores asíncronos

31.- Un motor Dahlander funciona sobre una red de 50 Hz en su conexión de 3 pares de polos arrastrando a 980 rpm una carga de par resistente constante. Al aumentar el número de pares de polos a 6, se produce un frenado regenerativo desde 980 rpm hasta 500 rpm.

32.- Durante el frenado por inversión, la máquina está funcionando con deslizamientos negativos.

XVII.- En un motor asíncrono monofásico.

33.- Se aplica el teorema de Leblanc para estudiar el campo rotativo creado por el inductor.

34.- Si es del tipo fase partida, la intensidad por el bobinado auxiliar es nula en el punto de funcionamiento.

EJERCICIOS

- Indicar en cada caso la solución correcta: A ó B
- Marcar las respuestas en el número correspondiente (n^{os} 101-108) de la hoja de respuestas

XVIII.- Un generador síncrono trifásico de rotor cilíndrico y conexión estrella es sometido a una serie de ensayos en un laboratorio.

En un ensayo en carga se le hace trabajar a 50 Hz sobre una carga inductiva pura. En estas condiciones, con una excitación de 24,5 A, la tensión en bornes es de 440,5 V y la intensidad por el inducido es de 118 A. Al desconectar la carga (manteniendo constante la velocidad del rotor y la intensidad de excitación) la tensión en bornes pasa a ser de 577,4 V.

101.- Ensayo de cortocircuito ¿Qué intensidad de excitación es necesaria para que la intensidad de cortocircuito sea de 250 A (50 Hz)?

A) 12,3 A

B) 10,4 A

102.- Ensayo de vacío, ¿Qué intensidad de excitación es necesaria para obtener en bornes una tensión de 660 V a 100 Hz?

A) 12,4 A

B) 14 A

103.- Ensayo en carga. Si el generador trabaja con una intensidad de excitación de 32 A, con una tensión en bornes de 660 V (50 Hz) y entregando a la carga una potencia de 200 kW. ¿Cuál es el factor de potencia de la carga?

A) 0,86

B) 0,95

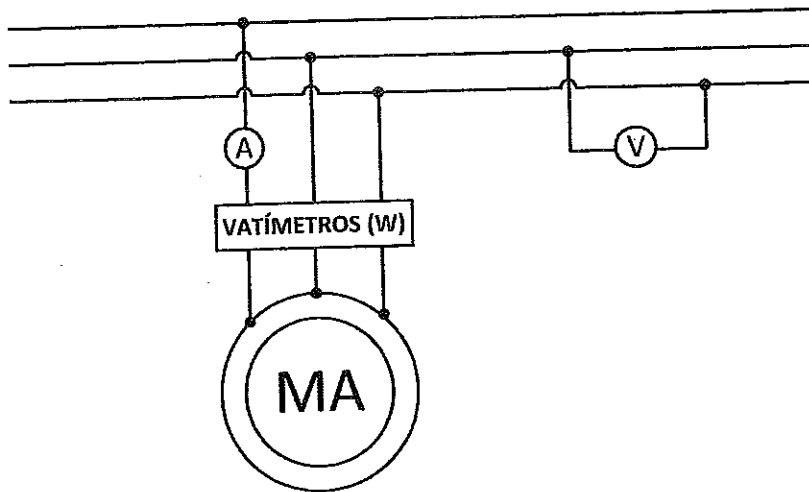
104.- Ahora se hace trabajar a la máquina síncrona como motor conectado a una fuente trifásica equilibrada de 50 Hz y moviendo una carga mecánica que presenta un par resistente constante. En estas condiciones se observa que la intensidad tomada de la fuente es mínima e igual a 175 A cuando la intensidad de excitación es de 18,3 A ¿Cuál es la tensión fase-fase de la fuente?

A) 380,5 V

B) 395,2 V

NOTA: A efectos de cálculo se considerarán despreciables los efectos de la saturación y la resistencia interna de los devanados del estator.

XIX.- Sea el motor asíncrono trifásico de 4 polos de la figura, en cuya placa de características aparecen los siguientes datos nominales: 400/230 V (50 Hz); 2,8/4,8 A



Tras conectar el bobinado del estator en estrella, se realiza un ensayo de medida de resistencias, obteniéndose una medida de 6Ω entre dos bornes del estator.

Posteriormente, manteniendo la conexión en estrella, el motor es sometido a dos ensayos realizados con tensión de alimentación de 50 Hz. Las lecturas de los aparatos de medida durante estos ensayos son las mostradas en la Tabla I.

TABLA I

TIPO DE ENSAYO	LECTURAS APARATOS DE MEDIDA		
	Voltímetro (V)	Amperímetro (A)	Vatímetros (W)
Ensayo con rotor bloqueado	87 V	2,8 A	135 W
Ensayo con carga mecánica acoplada	400 V	2,8 A	¿...?

105.- Velocidad de giro del motor en condiciones nominales

A) 1447,1 rpm

B) 1425,4 rpm

106.- Lectura de los vatímetros en las condiciones del ensayo con carga mecánica acoplada

A) 1763 W

B) 1898 W

107.- Par motor desarrollado en condiciones nominales

A) 18,41 Nm

B) 11,63 Nm

108.- Intensidad de arranque directo si se conecta el motor en estrella a una red de 400 V y 60 Hz

A) 10,9 A

B) 13,8 A

NOTA: Despreciar a efectos de cálculo la influencia de la rama de vacío.

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

3º de Grado
en Ingeniería en
Tecnología Industrial

Curso 2012-13
Convocatoria de JULIO

2 de julio de 2013

Segundo Parcial

EJERCICIOS

XVIII.- Un generador síncrono trifásico de rotor cilíndrico y conexión estrella es sometido a una serie de ensayos en un laboratorio.

En un ensayo en carga se le hace trabajar a 50 Hz sobre una carga inductiva pura. En estas condiciones, con una excitación de 24,5 A, la tensión en bornes es de 440,5 V y la intensidad por el inducido es de 118 A. Al desconectar la carga (manteniendo constante la velocidad del rotor y la intensidad de excitación) la tensión en bornes pasa a ser de 577,4 V.

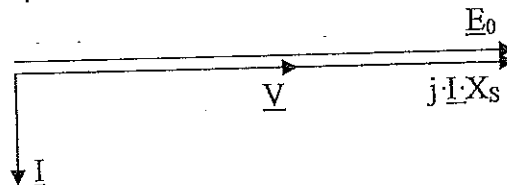
NOTA: A efectos de cálculo se considerarán despreciables los efectos de la saturación y la resistencia interna de los devanados del estator.

101.- Ensayo de cortocircuito ¿Qué intensidad de excitación es necesaria para que la intensidad de cortocircuito sea de 250 A (50 Hz)?

La ecuación básica del generador síncrono, considerando $R=0$, es:

$$\underline{E}_0 = \underline{V} + \underline{I} \cdot jX_s$$

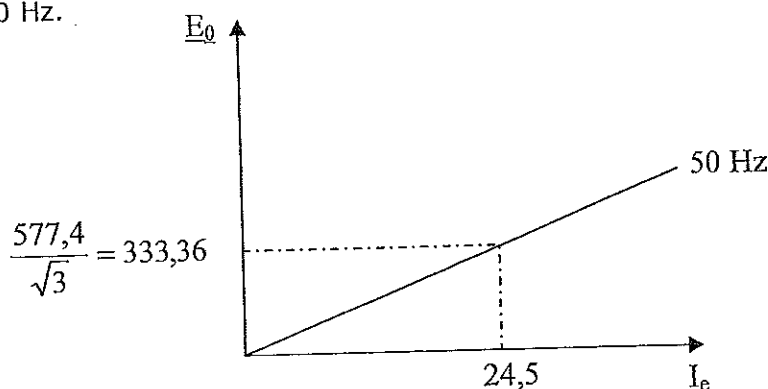
En el caso de carga inductiva pura el diagrama vectorial correspondiente es:



Teniendo en cuenta que al desconectar la carga (manteniendo constante la velocidad del rotor y la intensidad de excitación) lo que se mide en bornes es la tensión de vacío, del ensayo en carga se obtiene que:

$$X_s = \frac{E_0 - V}{I} = \frac{\frac{577,4}{\sqrt{3}} - \frac{440,5}{\sqrt{3}}}{118} = 0,6698 \Omega$$

Además, con este ensayo se puede definir (bajo hipótesis de no saturación) la curva de vacío del generador a 50 Hz.



En el ensayo de cortocircuito se cumple que:

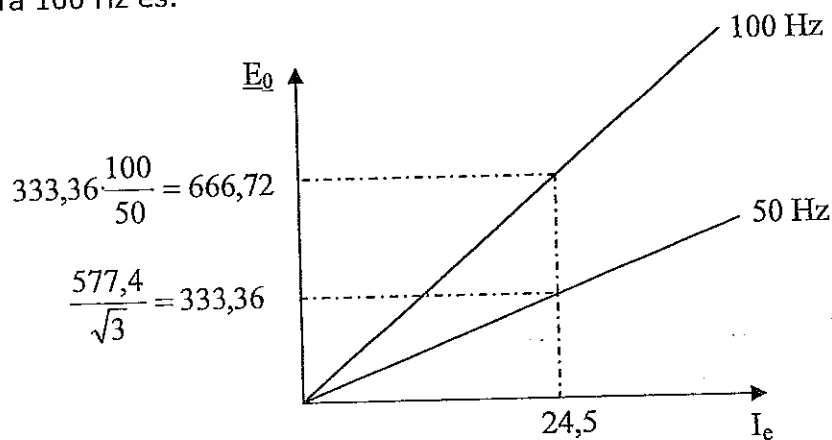
$$E_0 = I_{CC} \cdot X_s = 250 \cdot 0,6698 = 167,45 \text{ V}$$

que llevado a la curva a la curva de vacío (50 Hz) del generador proporciona el valor de la intensidad de excitación correspondiente.

$$I_e = 167,45 \cdot \frac{24,5}{333,36} \Rightarrow \boxed{I_e = 12,3 \text{ A}}$$

102.- Ensayo de vacío, ¿Qué intensidad de excitación es necesaria para obtener en bornes una tensión de 660 V a 100 Hz?

La curva de vacío para 100 Hz es:



Por tanto:

$$I_e = \frac{660}{\sqrt{3}} \cdot \frac{24,5}{666,72} \Rightarrow \boxed{I_e = 14 \text{ A}}$$

103.- Ensayo en carga. Si el generador trabaja con una intensidad de excitación de 32 A, con una tensión en bornes de 660 V (50 Hz) y entregando a la carga una potencia de 200 kW. ¿Cuál es el factor de potencia de la carga?

Partiendo de la ecuación básica del generador síncrono se despeja el valor de la intensidad.

$$\underline{E}_0 = \underline{V} + \underline{I} \cdot jX_s \Rightarrow \underline{I} = \frac{\underline{E}_0 - \underline{V}}{jX_s}$$

En este caso, fijando ángulo de 0° para la tensión \underline{V} , se tiene que:

$$\underline{V} = \frac{660}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ$$

$$E_0 = \frac{333,36}{24,5} \cdot 32 = 435,41 \text{ V}$$

$$P = 3 \cdot \frac{V \cdot E_0}{X_s} \sin \theta \Rightarrow \sin \theta = \frac{P \cdot X_s}{3 \cdot V \cdot E_0} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0,6698}{3 \cdot \frac{660}{\sqrt{3}} \cdot 435,41} = 0,269 \Rightarrow \theta = 15,61^\circ$$

$$\underline{E}_0 = 435,41 \angle 15,61^\circ$$

Por tanto:

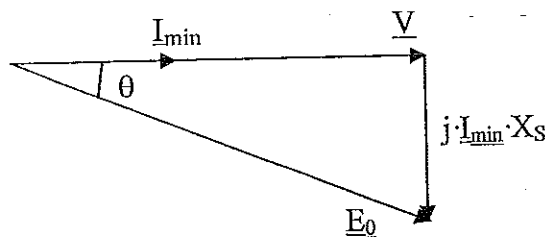
$$\underline{I} = \frac{\underline{E}_0 - \underline{V}}{jX_s} \Rightarrow \underline{I} = 184,02 \angle -18,11^\circ \Rightarrow \cos(18,11^\circ) = 0,95$$

104.- Ahora se hace trabajar a la máquina síncrona como motor conectado a una fuente trifásica equilibrada de 50 Hz y moviendo una carga mecánica que presenta un par resistente constante. En estas condiciones se observa que la intensidad tomada de la fuente es mínima e igual a 175 A cuando la intensidad de excitación es de 18,3 A ¿Cuál es la tensión fase-fase de la fuente?

La ecuación básica del motor síncrono, considerando $R=0$, es:

$$\underline{V} = \underline{E}_0 + \underline{I} \cdot jX_s$$

La intensidad es mínima cuando el motor presenta factor de potencia unitario ($\cos \varphi = 1$). Por tanto, en estas condiciones, el diagrama vectorial es:



Donde se cumple que: *módulos* ($hip^2 = cat^2 + cat^2$)

$$V = \sqrt{E_0^2 - (I \cdot X_s)^2}$$

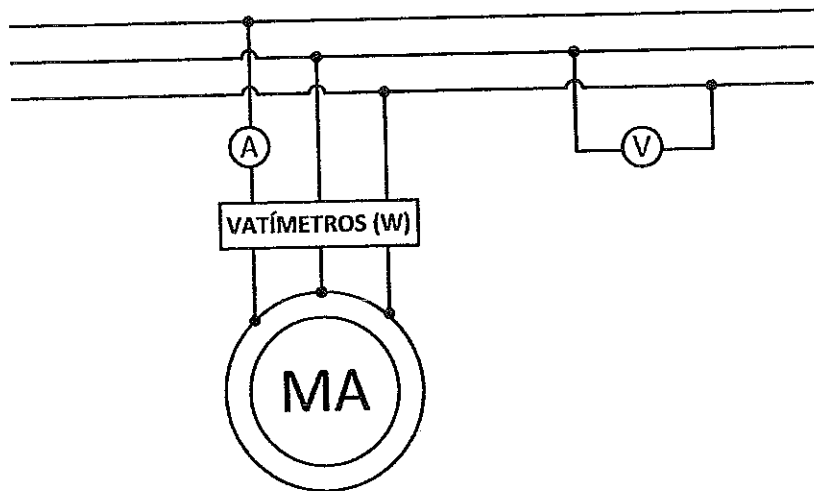
La tensión de vacío (50 Hz) para una excitación de 18,3 A es:

$$E_0 = \frac{333,36}{24,5} \cdot 18,3 = 249 \text{ V}$$

Por tanto:

$$V = \sqrt{(249)^2 - (175 \cdot 0,6698)^2} = 219,68 = \frac{U}{\sqrt{3}} \Rightarrow U = 380,5 \text{ V}$$

XVI.- Sea el motor asíncrono trifásico de 4 polos de la figura, en cuya placa de características aparecen los siguientes datos nominales: 400/230 V (50 Hz); 2.8/4.8 A



Tras conectar el bobinado del estator en estrella, se realiza un ensayo de medida de resistencias, obteniéndose una medida de 6Ω entre dos bornes del estator.

Posteriormente, manteniendo la conexión en estrella, el motor es sometido a dos ensayos realizados con tensión de alimentación de 50 Hz. Las lecturas de los aparatos de medida durante estos ensayos son las mostradas en la Tabla I.

TABLA I

TIPO DE ENSAYO	LECTURAS APARATOS DE MEDIDA		
	Voltímetro (V)	Amperímetro (A)	Vatímetros (W)
Ensayo con rotor bloqueado	87 V	2.8 A	135 W
Ensayo con carga mecánica acoplada	400 V	2.8 A	¿...?

NOTA: Despreciar a efectos de cálculo la influencia de la rama de vacío.

105.- Velocidad de giro del motor en condiciones nominales

El primar paso es calcular los parámetros característicos de motor.

Del ensayo de medida de resistencias se obtiene la resistencia por fase del inductor (que está conectado en estrella).

$$R_1 = \frac{R_{\text{entre bornes}}}{2} = \frac{6}{2} = 3 \Omega$$

Del ensayo con rotor bloqueado (ensayo de cortocircuito) se obtiene el resto de parámetros.

$$R_{cc} = R_1 + R_2' = \frac{W_{cc}}{3 \cdot (I_{1cc})^2} = \frac{135}{3 \cdot (2,8)^2} = 5,74 \Omega \quad \Rightarrow \quad R_2' = 2,74 \Omega$$

$$Z_{cc} = \frac{V_{icc}}{I_{icc}} = \frac{87/\sqrt{3}}{2,8} = 17,94 \Omega$$

$$X_{cc} = X_1 + X_2 = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{17,94^2 - 5,74^2} = 17 \Omega$$

Teniendo en cuenta el circuito equivalente (considerando despreciable la rama de vacío) se cumple que:

$$I_1 = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad \text{IMP}$$

En el punto de funcionamiento nominal:

$$I_{IN} = \frac{V_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s_N}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \Rightarrow s_N = \frac{R_2'}{\sqrt{\left(\frac{V_1}{I_{IN}}\right)^2 - (X_1 + X_2')^2} - R_1}$$

Para los parámetros de este motor:

$$s_N = \frac{2,74}{\sqrt{\left(\frac{400/\sqrt{3}}{2,8}\right)^2 - 17^2} - 3} = 0,03526$$

Con lo que:

$$n_{2N} = n_1(1 - s_N) = 1500 \cdot (1 - 0,03526)$$

$$\Rightarrow n_{2N} = 1447,1 \text{ rpm}$$

106.- Lectura de los vatímetros en las condiciones del ensayo con carga mecánica acoplada

Se trata del punto de funcionamiento nominal. Los vatímetros leen la potencia de entrada. Como se desprecia la influencia de la rama de vacío, las pérdidas en el hierro se consideran despreciables frente al resto:

$$P_1 = P_j + P_{mi} = P_j + 3 \cdot (I_{2N}')^2 \cdot R_2' \left(\frac{1-s_N}{s_N}\right) = 135 + 3 \cdot (2,8)^2 \cdot 2,74 \left(\frac{1-0,03526}{0,03526}\right) = 1898 \text{ W}$$

$$\text{Lectura de los vatímetros} = 1898 \text{ W}$$

107.- Par motor desarrollado en condiciones nominales

Una de las expresiones del par motor es:

$$C_m = \frac{P_{mi}}{2\pi n_2} = \frac{3 \cdot V_1^2 \cdot R_2' \left(\frac{1-s}{s}\right)}{2\pi n_2} = \frac{3 \cdot V_1^2 \cdot R_2'}{2\pi n_1 \cdot s \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2 \right]}$$

En condiciones nominales:

$$C_{mN} = \frac{P_{miN}}{2 \cdot \pi \cdot n_{2N}} = \frac{3 \cdot (I'_{2N})^2 \cdot R'_2 \left(\frac{1 - s_N}{s_N} \right)}{2 \cdot \pi \cdot n_{2N}} = \frac{3 \cdot (2,8)^2 \cdot 2,74 \left(\frac{1 - 0,03526}{0,03526} \right)}{2 \cdot \pi \cdot \frac{1447,1}{60}} \Rightarrow C_{mN} = 11,63 \text{ Nm}$$

↳ la otra fórmula con $n_2 = \frac{1500}{60}$

108.- Intensidad de arranque directo si se conecta el motor en estrella a una red de 400 V y 60 Hz

La intensidad de arranque directo es

$$I_{a \text{ DIRECTO}} = \frac{V_1}{Z_{CC}}$$

Por tratarse de una red de 60 Hz, la impedancia hay que referirla a 60 Hz.

$$I_{a \text{ DIRECTO}} = \frac{V_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + \left[(X_1 + X'_2) \frac{60}{50} \right]^2}} = \frac{400/\sqrt{3}}{\sqrt{(5,74)^2 + \left[17 \cdot \frac{60}{50} \right]^2}}$$

$$I_{a \text{ DIRECTO}} = 10,9 \text{ A}$$

SOLUCIONES

Segundo Parcial

Convocatoria de **JULIO**

ANÁLISIS Y FUNCIONAMIENTO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

(Curso 2012-13) – 2 de Julio de 2013

01	F
02	V
03	V
04	V
05	V
06	F
07	F
08	V
09	V
10	V
11	V
12	V
13	F
14	F
15	F
16	V
17	F
18	V
19	V
20	V
21	F
22	F
23	F
24	V
25	V
26	V
27	V
28	F
29	F
30	V
31	V
32	F
33	V
34	V
101	A
102	B
103	B
104	A
105	A
106	B
107	B
108	A

31 mayo 2013

Generador síncrono

$U_N = 3 \text{ kV} \quad (50 \text{ Hz})$

Estrella

Rotas cilíndricas

$n = \frac{60f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ rpm}$

$p = 3$

$S_N = 300 \text{ kVA} \longrightarrow I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_N} = \frac{300}{\sqrt{3} \cdot 3} = 96'22 \text{ A}$

$I_e = 5'9 \text{ A}$

Ensayo CC

$I_{cc} = I_N$

Despreciar:

+ R

+ Saturación

Ensayo carga

$U = U_N = 3 \text{ kV} \quad (50 \text{ Hz})$

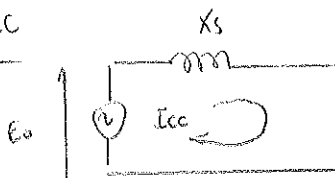
$P = 200 \text{ kW}$

$\theta = 15^\circ$

(resist. pura)

sol.

Ensayo CC



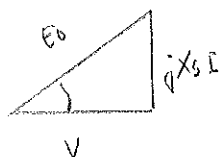
$E_0(5'9 \text{ A}) = X_s \cdot I_{cc} = X_s \cdot I_N$

$E_0(5'9 \text{ A}) = 12'06 \cdot 96'22 = 1160'19 \text{ V}$

Ensayo carga:

Resist. pura:

$E_0^2 = V^2 + (X_s I)^2$



$\cos \theta = \frac{V}{E_0} = \cos(15^\circ) = 0'9659 \longrightarrow E_0 = \frac{3 \cdot 10^3 / \sqrt{3}}{0'9659} = 1793'15 \text{ V}$

$P = 200 \cdot 10^3 \text{ W} = \frac{3V E_0}{X_s} \cdot \sin \theta \longrightarrow X_s = \frac{3V \cdot E_0 \sin(15^\circ)}{P} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3000 \cdot 1793'15 \cdot \sin(15^\circ)}{200 \cdot 10^3} = 12'06 \Omega$

$X_s = 12'06 \Omega$

de saturación

$$\frac{E_b}{I_e} = \text{cte}$$

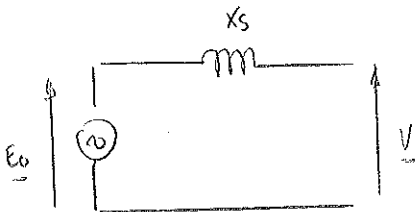
$$\frac{E_o(5'9A)}{5'9} = \frac{E_o(I_e)}{I_e}$$

$$\frac{1160'2}{5'9} = \frac{1793'15}{I_e} \longrightarrow I_e = \underline{\underline{9'11 A}}$$

102.

$$n = 1200 \text{ rpm} = \frac{60 \cdot f}{3} \longrightarrow \underline{f = 60 \text{ Hz}}$$

60 Hz!



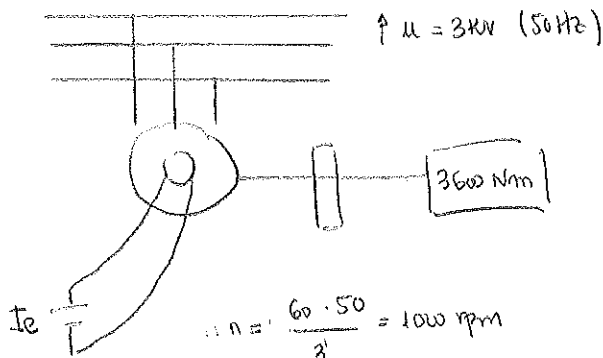
$$50 \text{ Hz} : E_o(5'9) = 1160'19 \text{ V}$$

$$60 \text{ Hz} : E_o(I_e) = V = \frac{3000}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{3000/\sqrt{3}}{I_e} = \frac{E_o(5'9) \cdot \frac{60}{50}}{5'9} = \frac{1160'19 \cdot \frac{60}{50}}{5'9}$$

$$\underline{\underline{I_e = 7'34 A}}$$

103. motor! 50 Hz!



$$C_r = \text{cte} = 3600 \text{ Nm} \longrightarrow P = \text{cte}$$

$$I_{\text{min}} \longrightarrow \cos \phi = 1$$

$$P = C_m \cdot 2\pi \cdot n = 3600 \cdot 2\pi \cdot \frac{1000}{60} = 120.000 \pi$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{min}} \cos \phi$$

$$I = \frac{P}{\min \sqrt{3} \cdot U} = \frac{120.000 \pi}{\sqrt{3} \cdot 360} = 72'55 A$$

$$E_o^2 = V^2 + (X_s I_{\text{min}})^2$$

de saturación $\frac{E_o}{I_e} = \text{cte}$

$$\frac{1940'5}{I_{e \text{ min}}} = \frac{1160'19}{5'9} \longrightarrow \underline{\underline{I_e = 9'86 A}}$$

104.

$$\left\{ \begin{aligned} P &= C_m \cdot 2\pi \cdot n = C_r \cdot 2\pi \cdot \frac{1000}{60} \\ P &= \frac{3VE_0}{X_s} \cdot \sin\theta \end{aligned} \right.$$

Δ saturación

$$\frac{E_0}{E_e} = \frac{d}{\lambda}$$

$$\frac{E_0(4A)}{4A} = \frac{1165^2}{5^4A} \longrightarrow E_0(4A) = 786^2 \text{ V}$$

$$C_r = \left(\frac{3VE_0}{X_s} \cdot \sin\theta \right) \cdot \frac{60}{2\pi \cdot 1000} = \frac{\sqrt{3} \cdot 3000 \cdot 786^2 \cdot \cancel{\sin(45^\circ)}}{12106} \cdot \frac{60}{2\pi \cdot 1000}$$

$$\underline{\underline{C_r = 3236 \text{ Nm}}}$$



2 julio 2013

Generador síncrono motor cil.
Estrella.

Ensayo carga
(má. pura)
 $f = 50 \text{ Hz}$
 $I_e = 24'5 \text{ A}$
 $U = 440'5 \text{ V}$
 $I = 118 \text{ A}$

desconectar carga $U = 577'4 \text{ V}$

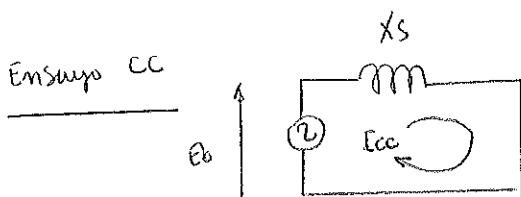
ASA.

carga inductiva pura

$$\underline{E}_0 = \underline{V} + j X_s \underline{I} \longrightarrow E_0 = V + X_s I$$

Al desconectar carga: vacío $\longrightarrow E_0 = V = \frac{577'4}{\sqrt{3}} \text{ V} \longrightarrow E_0(24'5) = \frac{577'4}{\sqrt{3}} \text{ V}$

$$X_s = \frac{E_0 - V}{I} = \frac{\frac{577'4}{\sqrt{3}} - \frac{440'5}{\sqrt{3}}}{118} = 0'669 \approx 0'67 \text{ } \Omega$$



$$E_0(I_e) = X_s \cdot I_{cc} = 0'67 \cdot 250 = 167'45$$

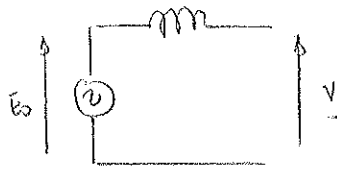
~~A~~ saturación

$$\frac{E_0}{I_e} = c_a \longrightarrow$$

$$\frac{E_0(I_e) = 167'45}{I_e} = \frac{577'4/\sqrt{3}}{24'5} \longrightarrow \underline{\underline{I_e = 12'3 \text{ A}}}$$

102. 100 Hz!

Ensayo vacío: $u = 660\text{ V}$
 $f = 100\text{ Hz}$



$$E_0 = V = \frac{660}{\sqrt{3}}$$

$$X_{S_{100}} = X_{S_{50}} \cdot \frac{100}{50} = 0'67 \cdot 2 = 1'34 \ \Omega$$

A saturación

$$\boxed{\frac{E_0}{I_e} = \text{cte}}$$

$$\frac{577'4/\sqrt{3} \cdot 100/50}{24'5} = \frac{660/\sqrt{3}}{I_e} \rightarrow \underline{\underline{I_e = 14\text{ A}}}$$

103.

$$P = \sqrt{3} \cdot u \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$I_e = 32\text{ A}$$

$$u = 660\text{ V} \quad (50\text{ Hz})$$

$$P = 200\text{ kW}$$

$$\boxed{\frac{E_0}{I_e} = \text{cte}} \quad \frac{E_0(32)}{32} = \frac{577'4/\sqrt{3}}{24'5} \rightarrow \underline{\underline{E_0(32\text{ A}) = 435'41\text{ A}}}$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot u \cdot E_0(32\text{ A})}{X_{S_{50}}} \cdot \sin \theta \rightarrow \sin \theta = \frac{P \cdot X_S}{\sqrt{3} \cdot u \cdot E_0(32)}$$

$$\sin \theta = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 0'67}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 435'41} = 0'269 \quad \theta = \underline{\underline{15'61^\circ}}$$

$$\underline{E_0} = \underline{V} + j X_S \underline{I}$$

$$435'41 \angle 15'61 = \frac{660}{\sqrt{3}} \angle 0 + j 0'66 \cdot \underline{I} \rightarrow \underline{I} = 183'97 \angle -18'20$$

inductiva

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot u \cdot I} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 183'97} = 0'95 \quad \underline{\underline{\cos \varphi = 0'95}}$$

104. motor! 50 Hz!

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\left. \begin{array}{l} G = d\phi \\ P = d\phi \end{array} \right\}$$

$$I_{\text{min}} = 175 \text{ A}$$

$$I_e = 183 \text{ A}$$

$$\left[\begin{array}{l} E_0 \\ I_e \end{array} = d\phi \right]$$

$$\frac{E_0(183 \text{ A})}{183} = \frac{577'4/\sqrt{3}}{24'5} \rightarrow E_0(183) = 249 \text{ V}$$

$$E_0 = \sqrt{\left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2 + (0'67 \cdot 175)^2} = 249 \text{ V}$$

$$\underline{\underline{U = 380'47 \text{ V}}}$$

