



SEGUNDO EXAMEN PARCIAL

Apellidos y nombre: _____

Número de matrícula: _____

DNI: _____

PARTE 1: PREGUNTAS DE TEST (25% del total del examen). Cada 3 respuestas incorrectas descuentan una correcta

1º) Indique cual o cuales de las siguientes afirmaciones son falsas (0,25 PTOS):

- a) Las bobinas de los motores de media tensión se recubren con materiales conductores y semiconductores.
- b) En la construcción de los devanados de motores de media tensión se utilizan la fibra de vidrio y el poliéster.
- c) Los conductores individuales que forman una bobina de un motor de media tensión no están aislados entre sí.
- d) El principal material aislante utilizado en la construcción del muro aislante de las bobinas es la mica.
- e) En la actualidad es muy habitual encontrar motores que utilicen como aglomerante en el muro aislante compuestos asfálticos.

2º) Un motor asíncrono trifásico de 2 pares de polos alimentado a 50 Hz presenta el rotor bloqueado. Indicar cual o cuales de las siguientes afirmaciones son falsas (0,25 PTOS):

- a) La frecuencia de las corrientes rotóricas es de 50 Hz.
- b) El motor no entrega par.
- c) La tensión a la que está alimentado debe ser sensiblemente inferior a la nominal sino se desea dañar al motor.
- d) La frecuencia de giro del campo magnético giratorio del motor es de 25 Hz.
- e) Si la corriente estática coincide con la nominal, aunque el rotor no gire se puede considerar que las pérdidas en el cobre son aproximadamente las nominales.

3º) Indicar cual o cuales de las siguientes afirmaciones con respecto a un motor asíncrono trifásico son falsas (0,25 PTOS):

- a) El par motor es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación.
- b) El par máximo es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación.
- c) La velocidad de giro a la que se produce el par máximo es función de la tensión de alimentación.
- d) El par máximo entregado por el motor depende de la resistencia rotórica.
- e) La velocidad de giro a la que se produce el par máximo depende de la resistencia rotórica.

4º) Indicar cual o cuales de las siguientes afirmaciones con respecto a un motor asíncrono trifásico son falsas (0,25 PTOS):

- a) La corriente de vacío de los motores asíncronos es despreciable frente al valor de la corriente nominal.
- b) Los motores asíncronos trifásicos trabajan en condiciones normales con valores del deslizamiento superiores al 5%.
- c) El rendimiento de los motores asíncronos trifásicos está en torno al 80-90% y se mantiene en este valor desde el giro en vacío hasta la carga nominal.
- d) El factor de potencia habitual de un motor asíncrono trifásico es de 0,8 para todo su rango de giro (desde el giro en vacío hasta la carga nominal).
- e) La temperatura de trabajo de los motores asíncronos trifásicos puede superar los 155° C.



5º) Indicar cual o cuales de las siguientes afirmaciones con respecto a un motor asíncrono trifásico son falsas (0,25 PTOS):

- a) La corriente máxima de arranque de un motor asíncrono trifásico depende de la carga accionada por el motor.
- b) La corriente máxima de arranque de un motor asíncrono trifásico depende del instante de conexión a la red.
- c) El par de arranque de un motor asíncrono trifásico depende de la tensión de alimentación.
- d) El par de arranque de un motor asíncrono trifásico es proporcional al cuadrado de la corriente de alimentación consumida durante el arranque.
- e) El par de arranque de un motor asíncrono trifásico depende de su resistencia rotórica.

6º) Indique cual o cuales de las siguientes son falsas respecto de un generador síncrono trabajando en vacío (0,25 PTOS):

- a) La tensión generada por el generador es proporcional a su velocidad de giro.
- b) La tensión generada por el generador es proporcional a la corriente de excitación y su crecimiento con ésta se mantiene lineal en todo su posible rango de funcionamiento.
- c) La tensión generada por el generador no depende de la corriente de excitación sino de la velocidad.
- d) Para una velocidad de giro constante la tensión generada por el generador es proporcional a la corriente de excitación, y su crecimiento con ésta se mantiene lineal en todo su posible rango de funcionamiento.
- e) Cuando el generador trabaja en vacío el único flujo existente es el debido a la corriente de excitación

7º) Indique cual o cuales de las siguientes son falsas respecto a las máquinas síncronas (0,25 PTOS):

- a) Un motor síncrono puede trabajar con factor de potencia unitario.
- b) Los motores síncronos se utilizan habitualmente en aplicaciones industriales de baja potencia.
- c) Cuando un generador síncrono está conectado a una red de potencia infinita no es necesario controlar su velocidad de giro.
- d) Es posible controlar la potencia reactiva suministrada por un generador síncrono conectado a una red de potencia infinita mediante el control de su excitación.
- e) La potencia activa suministrada por un generador síncrono conectado a una red de potencia infinita se controla mediante el control de la energía mecánica aportada por la fuente generadora primaria (turbina de vapor o hidráulica, etc).

8º) Indique cual o cuales de las siguientes son falsas (0,25 PTOS):

- a) Los contactores tienen dos posiciones de trabajo estables.
- b) Los fusibles son los dispositivos de protección contra sobrecorrientes de mayor poder de ruptura.
- c) Se puede afirmar que un fusible de poder de ruptura de corriente mínima de fusión 10 A no puede ser utilizado para proteger una instalación cuya corriente de cortocircuito es de 300 A.
- d) Debido a su diseño, la temperatura ambiente no influye en la corriente de disparo de los interruptores magnetotérmicos.
- e) La corriente de reacción por disparo magnético de un interruptor de potencia es generalmente ajustable.



9º) Indique cual o cuales de las siguientes afirmaciones son falsas (0,25 PTOS):

- a) En un interruptor de potencia el tiempo de disparo por sobrecarga es inversamente proporcional al valor de la corriente que la produce.
- b) En términos generales se puede afirmar que el poder de corte de los interruptores automáticos es equivalente, a igualdad de coste económico, al de los cortacircuitos fusibles.
- c) El tiempo de disparo magnético de un interruptor de potencia es varios órdenes de magnitud inferior al de disparo térmico.
- d) Un motor eléctrico puede ser protegido de forma equivalente con un interruptor de potencia o con otros dispositivos de protección asociados al contactor que utiliza para su maniobra.
- e) Las instalaciones domésticas de baja tensión incorporan interruptores magnetotérmicos para la protección de los receptores y el cableado.

10º) Indique cual o cuales de las siguientes afirmaciones son falsas (0,25 PTOS):

- a) Los dispositivos termistores cuya resistencia eléctrica se incrementa con la temperatura reciben la designación genérica NTC.
- b) Los dispositivos termistores tienen una variación de su resistencia eléctrica lineal con la temperatura.
- c) Los dispositivos termistores se utilizan combinados con los circuitos de maniobra de las máquinas eléctricas para la protección térmica de éstas.
- d) Un dispositivo termistor PTC presentará un valor de resistencia eléctrica superior a 200° C que a la temperatura ambiente.
- e) La variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo termistor tiene lugar de forma brusca al aproximarse a la temperatura a la que se desea que se produzca la protección térmica.



PRIMER EXAMEN PARCIAL

Apellidos y nombre: _____

Número de matrícula: _____

DNI: _____

PARTE 2: PREGUNTAS TEÓRICAS (25% del total del examen)

1º Indicar muy brevemente los elementos que integran el sistema aislante de los motores de inducción de media tensión.

7.3.2. Elementos del aislamiento estático en motores con devanados preformados II

- **MURO AISLANTE:** elemento de mayor espesor que separa al conjunto de la bobina del exterior. Debe estar dimensionado para soportar la tensión correspondiente al nivel de aislamiento de la máquina.
- **AISLAMIENTO ENTRE ESPIRAS Y ENTRE CONDUCTORES ELEMENTALES:** las espiras pueden estar formadas conductores individuales para reducir las pérdidas. Es necesario que exista aislamiento entre ellas y entre conductores.
- **CINTAS Y RECUBRIMIENTOS DE PROTECCIÓN:** se utilizan cintas y recubrimientos protectores para proteger las bobinas en las zonas de ranura.

2º Indique las diferencias existentes entre los procesos de fabricación de bobinados con alta riqueza en resina y los procesos VPI (Vacuum pressure Impregnation o impregnación por presión al vacío).

7.4. Procesos de fabricación actuales I

PROCESO RICO EN RESINA

- La mica en forma de láminas se deposita sobre un material impregnado con una resina epoxy que polimeriza a alta temperatura (**cinta preimpregnada**).
- Se recubre la bobina con este material.
- Se introduce en un molde al que se le aplica presión y calor: la temperatura y la presión logran una impregnación homogénea en toda la bobina.
- El proceso final de polimerización de la resina termoestable se consigue sometiendo el motor a elevadas temperaturas en un horno.

7.4. Procesos de fabricación actuales III

PROCESO VPI GLOBAL

- Las bobinas se montan en las ranuras antes de haber realizado el proceso de curado de la resina epoxy.
- Como material soporte se utilizan cintas porosas con bajo contenido en resina epoxy.
- Una vez colocadas todas las bobinas en sus alojamientos y realizadas las conexiones se introduce el estator en un tanque.
- A continuación, se hace el vacío con lo que el tanque se inunda de resina epoxy. El estator se pasa a otro tanque donde se aplica gas a alta presión y temperatura para producir la polimerización de la resina.

3º Un motor asíncrono trifásico de 6 polos alimentado a 50 Hz trabaja con un deslizamiento del 3% indicar cual es su velocidad de giro y cuál es la frecuencia de las corrientes rotóricas.

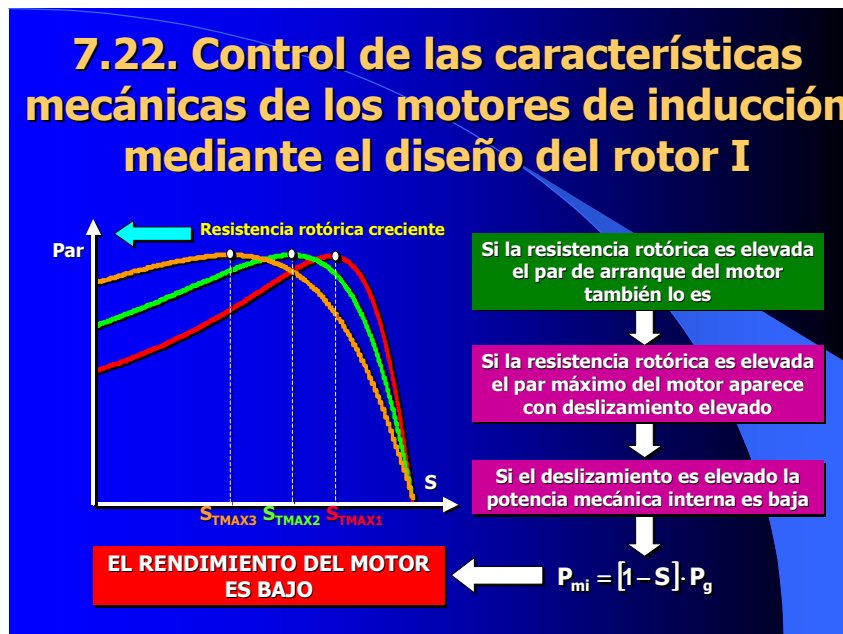
$$N_s = \frac{60 \cdot f}{P} = \frac{3000}{3} = 1000 \text{ rpm. } N = N_s \cdot [1 - S] = 1000 \cdot [1 - 0,03] = 970 \text{ rpm. } f_{\text{rotor}} = S \cdot f_{\text{estator}} = 1,5 \text{ Hz}$$



4º El catálogo de un fabricante de motores asíncronos indica que las pérdidas en el hierro de un determinado motor disponible en su planta son de 80 W. Con el fin de comprobarlo, vd. alimenta el motor a la tensión y frecuencia nominales indicadas por el fabricante sin accionar ninguna carga, encontrándose con que la potencia absorbida de la red en tales condiciones es de 98 W. Justifique las posibles causas para la obtención de este resultado.

La discrepancia puede atribuirse principalmente al hecho de que la potencia medida en el ensayo de vacío también engloba las pérdidas rotacionales de la máquina.

5º Explique lo más brevemente posible la relación existente entre el valor de la resistencia rotórica de un motor de inducción, su par de arranque y su rendimiento.



6º Indique razonadamente qué tipo de motor (Clase A, B, C, D) utilizaría para las siguientes aplicaciones:

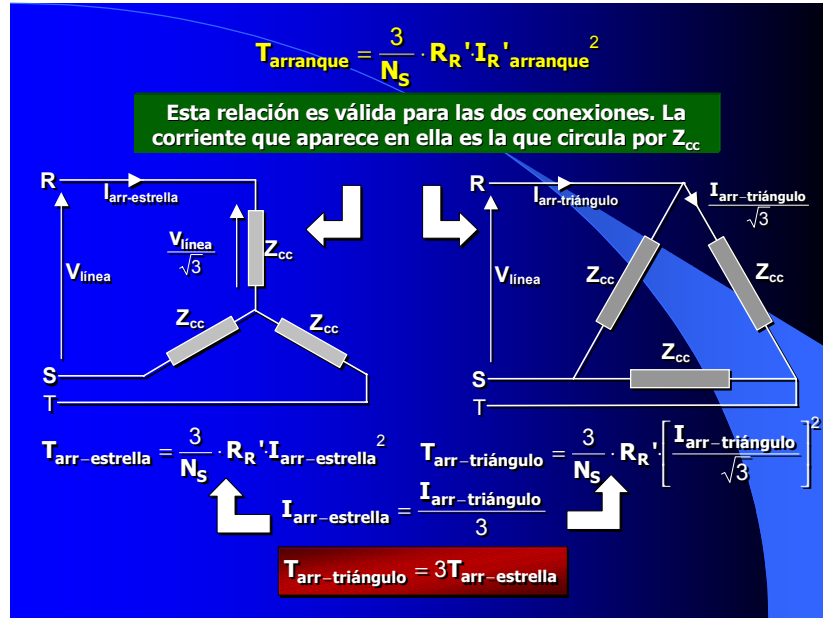
- a) Accionamiento de una bomba de ciclo de trabajo con múltiples arranques y una potencia de 75 kW.
- b) Accionamiento de un molino de carbón de gran potencia (1200 kW) que debe ser capaz de arrancar cargado, presenta una importante inercia y tiene un ciclo de trabajo intermitente en función del suministro de carbón.

Caso a): Motor de clase B. (Podría considerarse clase C, pero la potencia del motor es pequeña, sería un motor típico)

Caso b): Motor de clase D. (La elevada potencia y la descripción del ciclo de trabajo hacen más adecuado el motor con par de arranque más elevado)



7º) Explique utilizando un esquema eléctrico de los devanados de la máquina qué magnitud de reducción presenta el par de arranque de un motor cuando se arranca variando la conexión de sus devanados de estrella a triángulo.

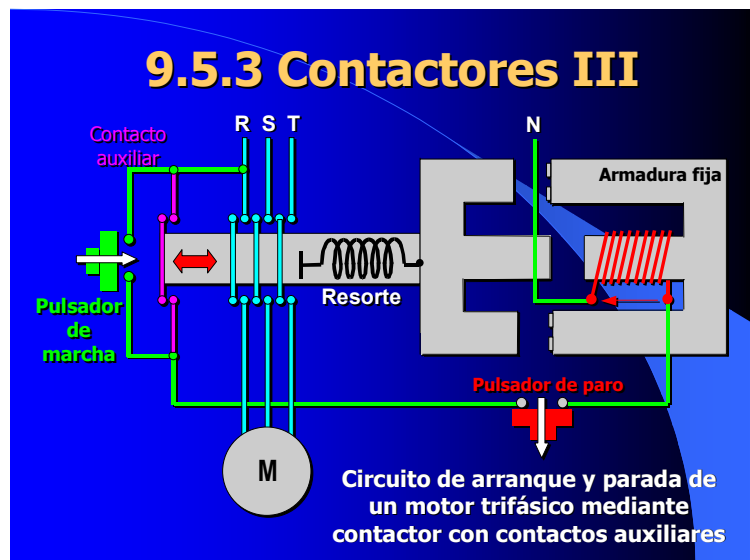


8º) Se dispone de un motor asíncrono trifásico de 2500 kW, 50 Hz, 2 pares de polos, 6,3 kV que acciona a una máquina cuyo momento de inercia es de 600 kg*m², sabiendo que el par resistente que ofrece dicha máquina es de 400 N*m, que el momento de inercia del motor es de 360 kg*m², y que la máquina dispone de un sistema de frenado que aporta un par resistente adicional de 100 N*m calcular el tiempo que emplearía en parar completamente cuando está girando a 1460 rpm.

Puesto que se desconecta la alimentación el par motor es nulo durante el frenado. El tiempo de parada se calcularía como:

$$t_{\text{frenado}} = \int_{\omega_{\text{nominal}}}^0 \left[\frac{J_{\text{mot}} + J_{\text{carg}}}{T - [T_R + T_{\text{freno}}]} \right] \cdot d\omega \Rightarrow T_R + T_{\text{freno}} \text{ es el par resistente total si se incluye un procedimiento adicional de frenado}$$

9º) Completar las conexiones sobre el diagrama de la figura para obtener un circuito de mando de arranque y parada por pulsadores para el motor trifásico





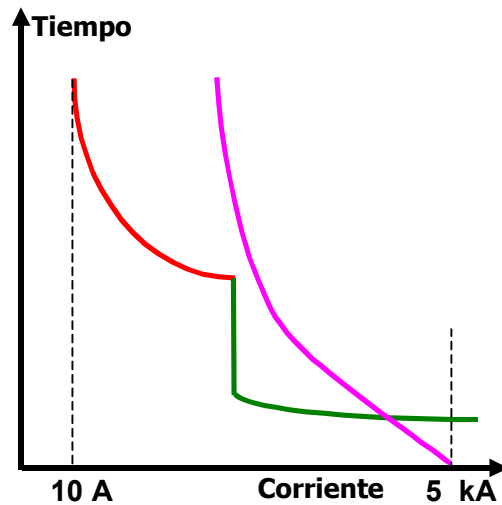
10º) Los dos gráficos de la figura corresponden a un interruptor magnetotérmico y un fusible. A la vista de los valores indicados en la gráfica. Razonar los siguientes aspectos:

- De forma orientativa qué valor puede tomar la capacidad nominal de ruptura del fusible.
- Cuál de los dos dispositivos protege mejor contra sobrecargas.
- Para corrientes superiores a 15 kA, cuál protege mejor.

a) Lo único que se puede afirmar sobre el poder de corte del fusible es que es superior a 5 kA.

b) El interruptor magnetotérmico ya que su tiempo de disparo en sobrecarga es mas corto.

c) No se puede afirmar nada en concreto ya que se desconoce el poder de corte del fusible. En cualquier caso, sí se puede decir que el interruptor no es capaz de cortar dicha corriente.





PARTE 3: EJERCICIOS PRÁCTICOS (50% Del total del examen, resolver en hojas aparte)

EJERCICIO 1: Vd. es el encargado de un planta industrial en la que existe un motor asíncrono trifásico de las siguientes características: Rotor bobinado, 11 kW, 50 Hz, 400 V, 4 polos, 1460 rpm, factor de potencia y rendimiento en condiciones nominales 0,81 y 83 % respectivamente. El catálogo suministrado por el fabricante del motor indica que, alimentado a la tensión nominal, desarrolla un par de arranque 1,2 veces superior al par nominal, consumiendo una corriente 5 veces superior a la corriente nominal durante el arranque.

El citado motor acciona una máquina cuyo par resistente es el indicado en la figura 1. Debido a un fallo en las protecciones de la instalación el motor queda sin alimentación, lo cual es una situación inadmisibles para la producción de la planta ya que, a pesar de su baja potencia, la máquina accionada por el motor es imprescindible para el proceso productivo. Puesto que la reparación de la instalación va a prolongarse durante un tiempo elevado debido a la falta de repuestos, Vd. busca todas las posibilidades disponibles para alimentar el motor y mantener la producción. Entre ellas se encuentra la opción de alimentarlo a través de un grupo electrógeno autónomo que mueve un generador síncrono de las siguientes características. Potencia generada=42,1 kW, Tensión generada =300 V.

1º) Sabiendo que la máquina accionada por el motor puede trabajar con una velocidad de giro un 4,11 % inferior a la nominal de 1460 rpm: **DEMUESTRE**, realizando los cálculos pertinentes, si sería posible **arrancar y mantener de forma provisional el motor trabajando** alimentado por el grupo electrógeno, **manteniendo el proceso productivo dentro de los límites admitidos y preservando la integridad de todos los equipos implicados**. Para resolver este apartado haga tantas simplificaciones como considere oportunas sobre la características de la curva par-velocidad del motor.

2º) La situación de emergencia en la que se encuentra la instalación obliga a reducir la velocidad de la máquina accionada por el motor hasta 800 rpm. Puesto que no dispone de ningún otro procedimiento para hacerlo se plantea la introducción de resistencias rotóricas manteniendo la alimentación del motor a través del grupo electrógeno. Indique si esta solución **sería posible** calculando el valor de **resistencia por fase referida al estator** necesario para obtener la velocidad deseada y la corriente rotórica en ese caso. Para la resolución de este apartado considere que la corriente nominal del rotor son 100 A y que se pueden despreciar las pérdidas rotacionales.

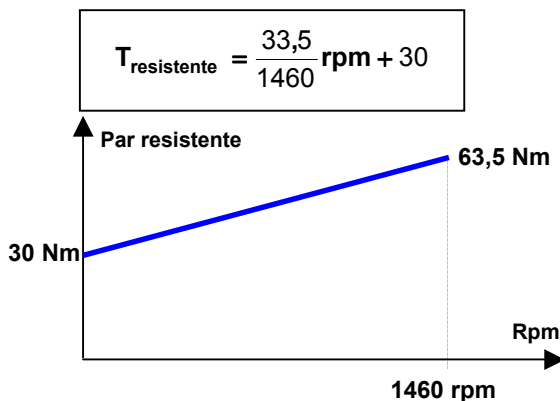


Figura 1. Ecuación y curva del par resistente

3,5 PTOS

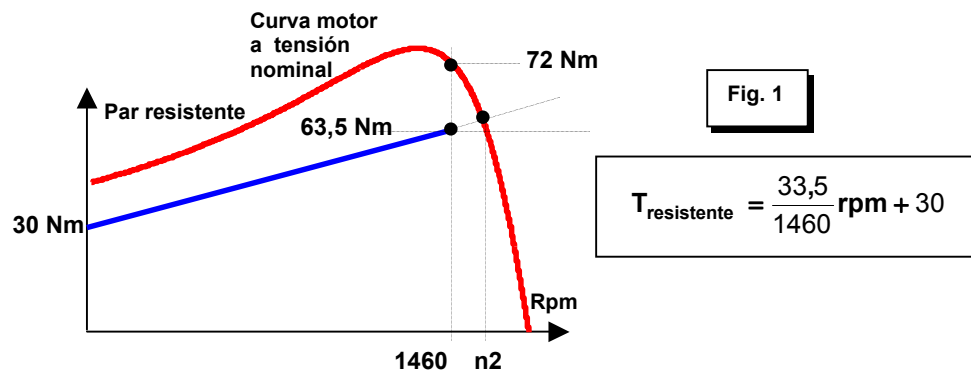


SOLUCIÓN:

Antes de comenzar con la resolución del problema se harán unos cálculos previos que permitan entender la situación en la que trabajan el motor y la máquina accionada en condiciones normales.

El par nominal del motor es: $T = \frac{P}{\Omega} = \frac{11000}{\frac{2\pi}{60} \cdot 1460} = 72 \text{ Nm}$. Por otro lado, la carga a 1460 RPM

presenta un par resistente de 63,5 Nm, lo cual parece imposible. Sin embargo, la situación en la que ambos trabajan es la siguiente:



Puesto que el par que entrega el motor a 1460 rpm es mayor que el que solicita la carga, el punto de equilibrio entre par motor y par resistente va a estar a una velocidad superior (n_2) donde el motor entregará un par comprendido entre 72 Nm y 63,5, tal y como se observa en la gráfica. Este comportamiento no es anómalo, sino real, ya que indica que el motor está ligeramente sobredimensionado para esta aplicación y es capaz de girar a una velocidad algo superior a 1460 rpm (su velocidad nominal) cuando acciona la carga.

Estas consideraciones previas no tienen ninguna repercusión en la resolución del problema si para todos los cálculos se asume que el motor entrega 63,5 Nm a 1460 rpm (lo cual supone un coeficiente de seguridad para el estudio ya que se presupone que el motor trabaja en condiciones más adversas). Sin embargo, son útiles para aclarar las posibles dudas surgidas del hecho de que el par nominal del motor no coincida con el par resistente a 1460 rpm.

Continuando con la resolución del problema: $P_{\text{eléctrica}} = \frac{P_{\text{útil}}}{\eta} = \frac{11000}{0,83} = 13253 \text{ W}$. Entonces, la

corriente nominal consumida por el motor será: $I_n = \frac{P_{\text{eléctrica}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\phi} = \frac{13253}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,81} = 23,6 \text{ A}$. Esta

corriente será superior a la que el motor entrega en realidad al accionar la máquina que tiene acoplada.

A) COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO ALIMENTADO CON GRUPO ELECTRÓGENO

1º) La primera comprobación que se va a realizar es si el grupo electrógeno es capaz de alimentar al motor: $I_{nG} = \frac{P_{\text{eléctrica}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\phi} = \frac{42100}{\sqrt{3} \cdot 300 \cdot 0,81} = 100 \text{ A}$. Puesto que la corriente del motor en

condiciones es nominales es de 23,6 A y la nominal del grupo electrógeno es de 100 A el grupo podrá alimentar de forma indefinida al motor en condiciones nominales (cuando se reduzca la tensión de alimentación el motor consumirá aún menos corriente con lo cual esta primera limitación queda totalmente comprobada).

2º) Es necesario comprobar que el motor es capaz de arrancar alimentado a la tensión de 300 V. Para ello, se considera que durante el arranque se cumple: $T_{\text{ARR}} = K \cdot V^2$

Con la tensión nominal (400 V): $T_{\text{ARR}400V} = K \cdot 400^2 = 1,2 \cdot T_n = 86,4 \text{ Nm}$. Por tanto, $K=0,00054$.



En las nuevas condiciones (300) $T_{ARR300V} = K \cdot 300^2 = 0,00054 \cdot 300^2 = 48,6 \text{ Nm}$. Este par es mayor que los 30 Nm exigidos por la carga, por tanto, el motor arranca sin problemas.

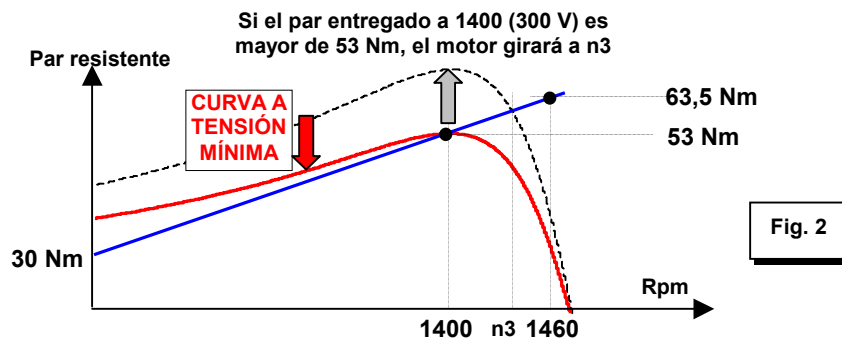
3º) Se ha comprobado que el motor arranca porque dispone de par mecánico. Ahora es necesario comprobar que la corriente de arranque del motor a 300 V no excede de la corriente máxima que puede suministrar el grupo electrógeno. Para hacer la comprobación la corriente de arranque se aproximará de la siguiente forma: $I_{ARR} = K \cdot V$

Con la tensión nominal (400 V) $I_{ARR400V} = K \cdot 400 = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 23,6 = 118 \text{ A}$. Por lo tanto: $K=0,259$.

En las nuevas condiciones (300 V) $I_{ARR400V} = K \cdot 300 = 88 \text{ A}$. Que está muy por debajo de los 100 A que el grupo electrógeno puede suministrar en condiciones nominales. **Se puede concluir que no hay problemas mecánicos ni eléctricos para realizar el arranque del motor.**

4º) Ahora es necesario comprobar que tras reducir la tensión el motor gira dentro de los límites establecidos para la máquina, según los cuales su velocidad puede disminuir en un 4,11 % o lo que es lo mismo puede girar a 1400 rpm. A esa velocidad de giro, el par resistente que tiene que entregar el motor es de 53 Nm tal y como se deduce de la expresión suministrada para el par resistente de la carga.

Para hacer la comprobación, lo que se tratará de determinar es el valor del par entregado por el motor a 1400 rpm cuando está alimentado a 300 V. Si dicho par es mayor o igual que 53 Nm eso querrá decir que el motor gira a 1400 rpm o más y, por tanto seremos será posible cumplir los requisitos del sistema productivo.



Para hacer la comprobación se hará la siguiente simplificación: $T = K'' \cdot V^2 \cdot S$. De este modo se cumplirá que: $T_{400V} = K'' \cdot 400^2 \cdot S_{400V}$.

De donde: $K'' = \frac{72}{400^2 \cdot S_{400V}} = \frac{72}{400^2 \cdot \left[\frac{1500 - 1460}{1500} \right]} = 0,0169$. Conocida la constante, ya se

puede determinar el par que entrega el motor a 1400 rpm cuando se alimenta a 300 V:

$T_{400V} = K'' \cdot 300^2 \cdot S_{400V} = 0,0169 \cdot 300^2 \cdot \left[\frac{100}{1500} \right] = 101,2 \text{ Nm}$. Puesto que el valor es muy superior

a los 53 Nm requeridos para el giro a 1400 rpm, se puede concluir que **el motor alimentado a 300 V es capaz de mantener a la máquina dentro de los límites indicados para el proceso productivo.**

B) INSERCIÓN DE RESISTENCIAS ROTÓRICAS

En este caso se pretende reducir la velocidad de giro del motor mediante la inserción de resistencias rotóricas. El primer paso del estudio consistirá en calcular la resistencia rotórica inicial del motor. Para calcular la corriente rotórica se tendrá en cuenta que como dato del problema se



indica que se pueden despreciar las pérdidas rotacionales. Con esta premisa el balance de potencias de la máquina cumplirá: $P_{mi} = P_{útil}$. Por tanto:

$$P_{mi} = P_{útil} = 11000 = 3R_R' \cdot \left[\frac{1 - S_n}{S_n} \right] \cdot I_{Rn}'^2. \text{ En las condiciones iniciales se podrá hacer la}$$

aproximación de considerar que el motor trabaja en su punto nominal, por este motivo, la corriente rotórica será también la nominal. Por tanto, la resistencia rotórica se podrá calcular despejando de

$$\text{la expresión anterior: } R_R' = \frac{P_{útil} \cdot \left[\frac{S_n}{1 - S_n} \right]}{3 \cdot I_{RNOMINAL}'^2} = \frac{110000 \cdot \left[\frac{2,67 \cdot 10^{-2}}{1 - 2,67 \cdot 10^{-2}} \right]}{3 \cdot 100^2} = 10^{-2} \Omega.$$

La situación a la que se llegará con la inserción de resistencias rotóricas se puede ver en la figura 3. En ella se aprecia que aunque se sabe que el motor no entrega 63,5 Nm a 1460 rpm (figura 1) se ha realizado la aproximación indicada en apartados anteriores. Además, en la resolución de este apartado, a pesar del elevadísimo deslizamiento se hará la siguiente aproximación:

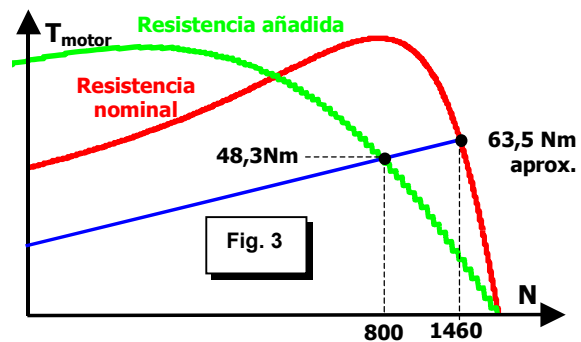
$$T_i = K''' \cdot \frac{S}{R_R'}$$

$$\text{A 1460 rpm: } 63,5 = K''' \cdot \frac{2,67 \cdot 10^{-2}}{R_R'}$$

$$\text{A 800 rpm: } 48,3 = K''' \cdot \left[\frac{1500 - 800}{1500} \right] \frac{S}{R_{R'}' \text{ nueva}}$$

Dividiendo las dos ecuaciones se obtiene que el nuevo valor de resistencia es $6,15 \cdot 10^{-2} \Omega$.

La resistencia que debe insertarse será la diferencia entre la que se acaba de obtener y la inicial, es decir: $5,15 \cdot 10^{-2} \Omega$.





EJERCICIO 2: Los siguientes datos corresponden a la pruebas realizadas en un motor asíncrono trifásico de 3 pares de polos y 15 kW, 400 V 50 Hz, conexión en estrella, CLASE A y corriente nominal 52 A:

Medida de la resistencia de estator: 0,11 Ω /fase.

Ensayo de rotor libre: 50 Hz, 240 V, $I_0=14,7$ A, $P_0=530$ W

Ensayo de rotor bloqueado a la corriente nominal: $V_{cc}=20$ V, $P_{cc}=1260$ W.

1,5 PTOS

CALCULAR:

1. Parámetros del circuito equivalente.
2. Par máximo.
3. Velocidad de par máximo.

DATOS:
 Motor CLASE A: $X_s=X_R$

SOLUCIÓN

1º) En el ensayo de rotor libre se tiene: $Z_0 = \frac{V_{\text{línea}}}{I_0} = \frac{400}{14,7} = 15,71 \Omega$. La tensión de línea debe

dividirse por $\sqrt{3}$ puesto que la impedancia se calcula sobre el circuito equivalente que es un circuito equivalente fase – neutro. La impedancia cumple: $Z_0 = R_0 + jX_0$. La resistencia se puede calcular directamente a partir de la potencia medida en el ensayo: $R_0 = \frac{P_0}{3I_0^2} = \frac{420}{3 \cdot 8,17^2} = 2,64 \Omega$.

Conocida la resistencia, la reactancia se obtiene como:
 $X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2} = \sqrt{15,71^2 - 2,64^2} = 15,5 \Omega$.

Del ensayo de rotor bloqueado se obtiene: $Z_{cc} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} = \frac{20}{52} = 0,22 \Omega$. La tensión que se da como

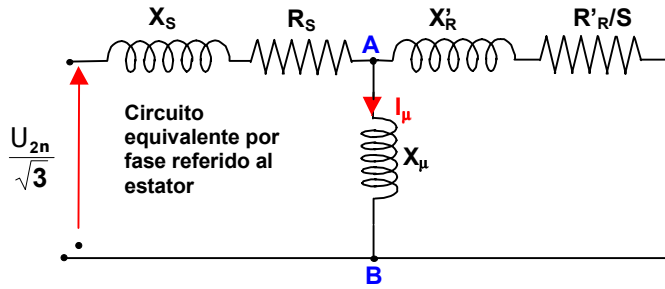
dato en el ensayo es la de línea, por tanto, también hay dividirla por $\sqrt{3}$. La resistencia cumple:
 $R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3I_{cc}^2} = \frac{1260}{3 \cdot 52^2} = 0,155 \Omega$. Puesto que $Z_{cc} = R_{cc} + jX_{cc}$, la reactancia se puede calcular como: $X_{cc} = \sqrt{Z_{cc}^2 - R_{cc}^2} = \sqrt{0,22^2 - 0,155^2} = 0,156 \Omega$.

Del ensayo de cortocircuito se sabe que $R_{cc} = R_s + R_R'$. Como la resistencia estática se suministra de un ensayo independiente: 0,243 Ω /fase la resistencia rotórica se obtiene por diferencia: $R_R' = R_{cc} - R_s = 0,156 - 0,11 = 0,046 \Omega$.

Por otro lado, también se cumple que $X_{cc} = X_s + X_R'$. Como el motor es una máquina clase A ($X_s=X_R'$) las reactancias serán: $X_s = X_R' = \frac{X_{cc}}{2} = 0,078 \Omega$.

Del ensayo de vacío se sabe que: $X_0 = X_s + X_\mu$ por tanto, la reactancia de magnetización se puede obtener como: $X_\mu = X_0 - X_s = 15,4 \Omega$.

2º) Para el cálculo del par máximo se partirá del circuito equivalente obtenido mediante los parámetros calculados en el apartado anterior. En el circuito equivalente se despreciará la resistencia de pérdidas en el hierro para simplificar los cálculos, ya que dichas pérdidas en este tipo de máquina son muy bajas.



Se calculará a partir del circuito anterior el equivalente Thévenin en los terminales A, B, extremos de la reactancia de magnetización:

$$\underline{V}_{th} = \frac{\frac{U_{2n}}{\sqrt{3}} \cdot jX_{\mu}}{R_s + j[X_s + X_{\mu}]}$$

La impedancia del equivalente se puede calcular como: $\underline{Z}_{th} = \frac{[R_s + jX_s] \cdot jX_{\mu}}{R_s + j[X_s + X_{\mu}]}$

Por tanto: R_{th} Y X_{th} se calculan como parte real e imaginaria de la expresión anterior. El par máximo y el deslizamiento al que éste se produce se podrán obtener entonces como:

$$T_{max} = \frac{3V_{th}^2}{2\Omega_s \cdot [R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + [X_{th} + X_{R'}]^2}]}$$

$$S_{TMAX} = \frac{R_{R'}}{\sqrt{R_{th}^2 + [X_{th} + X_{R'}]^2}}. \text{ A partir del deslizamiento la velocidad se podrá calcular como}$$

$$N = N_s \cdot (1 - S).$$