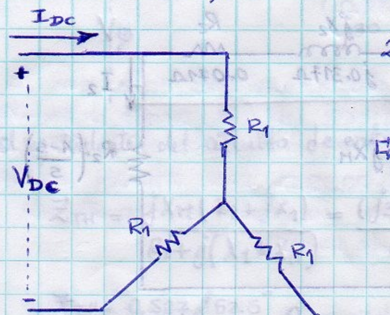
Grupo Número "8" (Motores de Inducción)

• problema **7.18** :

* Solucionando de la prueba de DC :



$$2R_1 = \frac{13.5V}{64A}$$

$$\Rightarrow R_1 = 0.105\,\Omega$$

* Notamos que en la prueba sin carga, el voltaje de la línea es de 208 V, por lo que la tensión de fase es de 120 V. por lo tanto,

$$X_1 + X_M = \frac{V_\phi}{I_{A,nl}} = \frac{120V}{22.0A} = 5.455\,\Omega \quad a \quad 60Hz$$

* En la prueba del rotor bloqueado, el voltaje de la línea es de 24.6V, por lo que la tensión de fase es 14.2V. de la prueba al rotor bloqueado 15 Hz,

$$|Z'_{LR}| = |R_{LR} + jX'_{LR}| = \frac{V_\phi}{I_{A,LR}} = \frac{14.2\,V}{64.5A} = 0.2202\,\Omega$$

$$\theta_{LR} = \cos^{-1}\left(\frac{P_{LR}}{S_{LR}}\right) = \cos^{-1}\frac{2200\,W}{\sqrt{3}(24.6V)(64.5A)} = 36.82^\circ$$

* por lo tanto :

$$R_{LR} = |Z'_{LR}|.\cos\theta_{LR} = (0.2202\,\Omega).\cos(36.82^\circ) = 0.176\,\Omega$$

$$\Rightarrow R_1 + R_2 = 0.176\,\Omega$$

$$\Rightarrow R_2 = 0.071\,\Omega$$

$$X'_{LR} = |Z'_{LR}|\,\mathrm{Sen}(\theta_{LR}) = (0.2202\,\Omega).\mathrm{sen}(36.82^\circ) = 0.132\,\Omega$$

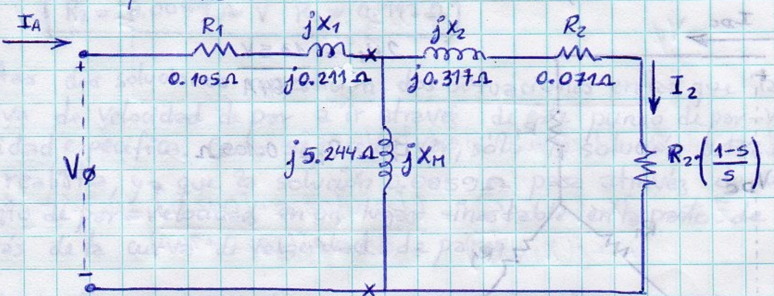
* a una frecuencia de 60Hz.

$$X_{LR} = \frac{60Hz}{15Hz} \quad X'_{LR} = 0.528\,\Omega$$

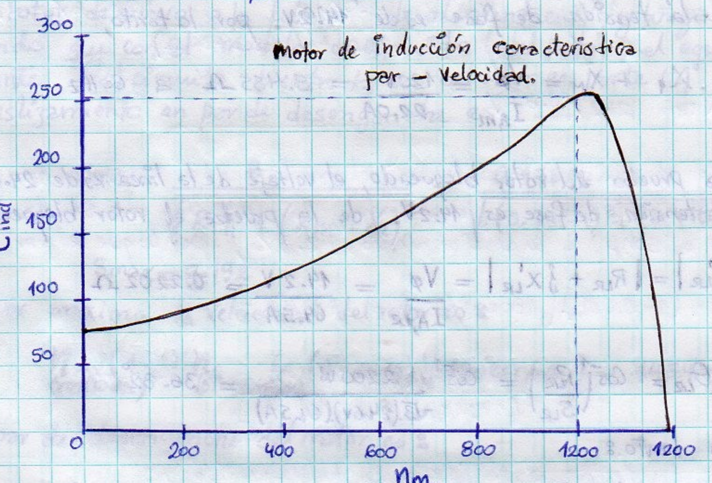
* para un motor de diseño de clase B, la división es $X_1 = 0.211\,\Omega$ y $X_2 = 0.317\,\Omega$. por lo tanto.

$$X_M = 5.455\,\Omega - 0.211\,\Omega = 5.244\,\Omega$$

* el circuito equivalente resultante se muestra a continuación:

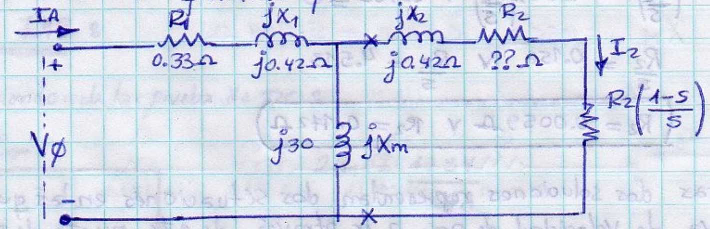


* Curva Característica de par - Velocidads



• problema 7.19 :

* Solución: el circuito equivalente para este motor es:



* el equivalente del circuito de entrada es:

$$Z_{TH} = \frac{jX_M(R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_M)} = \frac{(j30\Omega)(0.33\Omega + j0.42\Omega)}{0.33\Omega + j(0.42\Omega + 30\Omega)} = 0.321 + j0.418\,\Omega$$

$$Z_{TH} = 0.527\angle 52.5^\circ\,\Omega$$

$$V_{TH} = \frac{jX_M}{R_1 + j(X_1 + X_M)} V\phi = \frac{(j30\Omega)}{0.33\Omega + j(0.42\Omega + 30\Omega)} \times (265.6\angle 0^\circ V)$$

$$V_{TH} = 262\angle 0.6^\circ V$$

a) Si se descuidan las pérdidas, el par inducido en un motor es igual a su par de la carga a plena carga, la potencia de salida de este motor es 50hp y su deslizamiento es 3.8%, por lo que el par inducido es:

$$n_m = (1 - 0.038)\cdot(1800\ r/min) = 1732\ r/min$$

$$\tau_{ind} = \tau_{carga} = \frac{(50hp)(746\ W/hp)}{(1732\ r/min)\cdot \frac{2\pi\ rad}{1r} \times \frac{1min}{60s}} = 205.7\ N.m$$

* El par inducido está dada por la ecuación:

$$\tau_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 \cdot R_2/s}{\omega\cdot(R_{TH} + R_2/s)^2 + (X_{TH} + X_2)^2}$$

* Sustituyendo los valores conocidos y despejando rendimientos. $\left(\frac{R_2}{s}\right)$.

$$205.7Nm = \frac{3\cdot(262V)^2\cdot R_2/s}{(188.5\ rad/s)\cdot(0.321 + R_2/s)^2 + (0.418 + 0.42)^2}$$

$$(0.321 + R_2/s)^2 + 0.702 = 5.311\ R_2/s$$

$$0.103 + 0.642\,R_2/s + \left(R_2/s\right)^2 + 0.702 = 5.311\,R_2/s$$

$$\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 - 4.669\left(\frac{R_2}{s}\right) + 0.702 = 0$$

$$\frac{R_2}{s} = 0.156 \quad \vee \quad \frac{R_2}{s} = 4.513$$

$$\boxed{R_2 = 0.0059\,\Omega \quad \vee \quad R_2 = 0.172\,\Omega}$$

* Estas dos soluciones representan dos situaciones en las que la curva de velocidad de par a ir através de este punto de par-velocidad específica. Como se puede ver, sólo la solución 0.172 Ω es realista, ya que la solución 0.0059 Ω pasa através de ese punto de par-velocidad en un lugar inestable en la parte de atrás de la curva de velocidad de pares.

b) el deslizamiento en el par de desganche se puede encontrar mediante el cálculo del equivalente del circuito de entrada del rotor de nuevo a la fuente de alimentación, y luego usando que con el modelo de circuito del rotor. el equivalente del circuito de entrada era calcular en parte (a). El deslizamiento en par de desenganche es:

$$S_{max} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{TH}^2 + (X_{TH} + X_2)^2}} = \frac{0.172\,\Omega}{\sqrt{(0.321\,\Omega)^2 + (0.418\,\Omega + 0.420\,\Omega)^2}}$$

$$S_{max} = 0.192$$

* Un par máximo la velocidad del rotor es:

$$n_{(retirada)} = (1-s) \cdot n_{(sincronizar)} = (1-0.192)(1800\ r/min) = 1454\ r/min$$

* y el par de desenganche del motor es:

$$\tau_{max} = \frac{3V_{TH}^2}{2\omega_{sincronizar} * R_{TH} + \sqrt{R_{TH}^2 + (X_{TH} + X_2)^2}}$$

$$\tau_{max} = \frac{3(262V)^2}{2(188.5\ rad/s)(0.321) + \sqrt{(0.321\,\Omega)^2 + (0.418\,\Omega + 0.420\,\Omega)^2}}$$

$$\boxed{\tau_{máx} = 448\ N.m}$$

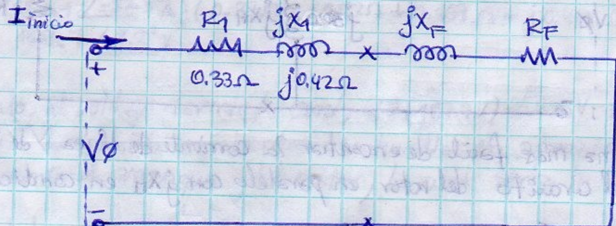
c) El par de arranque de este motor es el par de torsión en deslizamiento $s=1$ es:

$$\tau_{ind} = \frac{3V_{TH}^2 R_2/s}{\omega_{sincronizar}\left[(R_{TH} + R_2/s)^2 + (X_{TH} + X_2)^2\right]}$$

$$\tau_{ind} = \frac{3(262\,V)^2(0.172\,\Omega)}{(188.5\,rad/s)\left[(0.321 + 0.172\,\Omega)^2 + (0.418 + 0.420)^2\right]} = 199\ N.m$$

$$\boxed{\tau_{ind} = 199\ N.m}$$

d) para determinar la letra del código de comenzar tenemos que encontrar el rotor bloqueado KVA por fuerza, que es equivalente a encontrar la partida KVA de fuerza. la forma más fácil de encontrar la corriente de línea (o armadura actual) en el arranque es conseguir la impedancia equivalente Z_F del circuito del rotor en paralelo con jX_M en las condiciones de partida, y luego calcular la corriente de arranque como la tensión de fase dividido por la suma de las impedancias de la serie, como se muestra a continuación.



* la impedancia equivalente del circuito del rotor en paralelo con jX_M en Condiciones de partida ($s=1$) es:

$$Z_{F,inicio} = \frac{1}{\frac{1}{jX_M} + \frac{1}{Z_2}} = \frac{1}{\frac{1}{j30\Omega} + \frac{1}{0.172 + j0.42}} = 0.167 + j0.415$$

$$Z_{F,inicio} = 0.448\angle 68.1^\circ\,\Omega$$

* La tensión de fase es $460/\sqrt{3} = 266V$, por lo que la corriente de línea $I_{L,inicio}$ es:

$$I_{L,inicio} = I_A = \frac{V\phi}{R_1 + jR_1 + R_F + jX_F} = \frac{266\angle 0^\circ\ V}{0.33\Omega + j0.42\Omega + 0.167\Omega + j0.415\Omega}$$

$$I_{L,inicio} = I_A = 274\angle -59.2^\circ A$$

* Por lo tanto, el rotor bloqueado KVA de este motor es:

$$S = \sqrt{3}\cdot V_T \cdot I_{L_1} = \sqrt{3}\cdot(460V)(274A) = 218\,KVA$$

* y el KVA por fuerza es:

$$KVA/hp = \frac{218\,KVA}{50\,hp} = 4.36\ KVA/hp.$$

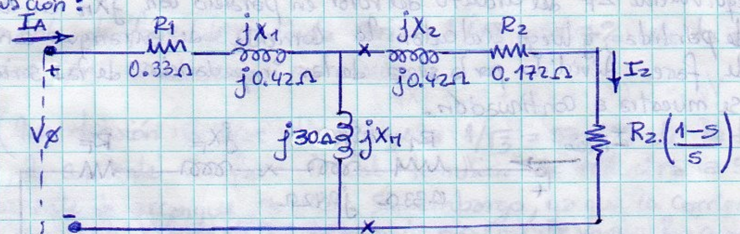
$$\boxed{KVA/hp = 4.36\,\frac{KVA}{hp}}$$

• este motor habría de comenzar letra de codigo D, desde la letra D cubre la gama 400-4.50.

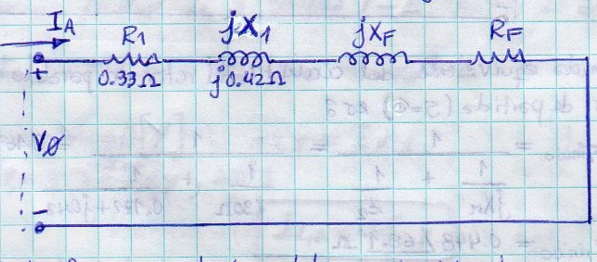
• problema 7.20:

* Solución:

a) el circuito equivalente de este motor de inducción se muestra a continuación:



* la forma mas facil de encontrar la corriente de línea de impedancia Z_F del circuito del rotor en paralelo con jX_M en condiciones de partida.



* la impedancia equivalente del circuito del rotor en paralelo con jX_M en condiciones de partida ($s = 1{,}0$) es:

$$Z_F = \frac{1}{\frac{1}{jX_M}+\frac{1}{Z_2}} = \frac{1}{\frac{1}{j30\Omega}+\frac{1}{0.172+j0.42}} = 0.167 + j0.415 = 0.448\angle 68^\circ\,\Omega$$

* La tensión de fase es $460/\sqrt{3} = 266V$, por lo que la corriente de Linea I_L es:

$$I_L = I_A = \frac{V\phi}{R_1 + jX_1 + R_F + jX_F} = \frac{266\angle 0°}{0.33\Omega + j0.42\Omega + 0.167\Omega + j0.415\Omega}$$

$$I_L = I_A = 273\angle -59.2° A$$

b) Si una linea de transmisión con una impedancia de por fase se utiliza para conectar el motor de inducción a la barra infinita.

$$I_L = I_A = \frac{V\phi}{R_{line} + jX_{linea} + R_1 + jX_1 + R_F + jX_F}$$

$$I_L = I_A = \frac{266\angle 0° V}{0.35\Omega + j0.25\Omega + 0.33\Omega + j0.42\Omega + 0.167\Omega + j0.415\Omega}$$

$$I_L = I_A = 193.2\angle -52.0° A$$

* La tensión en los terminales del motor será:

$$V\phi = I_A(R_1 + jX_1 + R_F + jX_F)$$
$$V\phi = (194.1\angle -52.3° A)(0.33\Omega + j0.42\Omega + 0.167\Omega + j0.415\Omega)$$
$$V\phi = 187.7\angle 7.2° V$$

* Por lo tanto, el voltaje terminal será, $\sqrt{3}(187.7V) = 325V$ tenga en cuenta que la tensión en bornes se hundía en aproximadamente 30% durante el arranque del motor, lo cual sería inaceptable.

c) Si un autotransformador ideales paso hacia abajo está conectado entre la Línea de transmisión y el motor de la relación de vueltas $a = 1.4$:

$$R_1' = a^2 . R_1 = (1.96)(0.33) = 0.647\Omega$$
$$X_1' = a^2 . X_1 = (1.96)(0.42\Omega) = 0.823\Omega$$
$$R_F' = a^2 . R_F = (1.96)(0.167) = 0.327\Omega$$
$$X_F' = a^2 . X_F = (1.96)(0.415\Omega) = 0.813\Omega$$

* por lo tanto, la corriente de arranque que se refiere al lado primario del transformador será:

$$I_L' = I_A' = \frac{V\phi}{R_{line} + jX_{line} + R_1' + jX_1' + R_F' + jX_F'}$$

$I'_L = I'_A = 115.4 \angle -54.9^\circ \; A.$

* la tensión en el extremo del motor de la línea de transmisión sería la misma q' la tensión se hace referencia en los terminales del motor.

$$V'_\phi = I'_A \cdot (R'_1 + jX'_1 + R'_F + jX''_F)$$

$$V'_\phi = (115.4 \angle -54.9^\circ A)(0.64\Omega + j0.823\Omega + 0.327\Omega + j0.813\Omega)$$

$$V_\phi = 219.7 \angle 4.3^\circ \; V$$

- por lo tanto, la tensión de red del lado del motor de la línea de transmisión será $\sqrt{3} \cdot (219.7V) = 380.5V$.

- problema 7.21:
  - Solución:

a) La tensión de fase de partida sería $1/\sqrt{3} = 57.7\%$ de la tensión de fase en condiciones normales.

b) Ya que la tensión de fase disminuye a $1/\sqrt{3} = 57.7\%$ de la tensión normal, la corriente de fase inicial también se reducirá a 57.7% de la corriente de arranque normal. Sin embargo, ya que la corriente de línea para la conexión en triángulo original $\sqrt{3}$ veces la corriente de fase, mientras que la corriente de línea para la Y conexión de arranque es igual a su corriente de fase, la corriente de línea se reduce por un factor de 3 en una Y-Δ motor de arranque.

$I_{L,\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi,\Delta}$ ⇨ para conexión Δ

- para conexión en [Y]: $I_{L,Y} = I_{\phi,Y}$

pero $I_{\phi,\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{\phi,Y}$, así:

$$\boxed{I_{L,\Delta} = 3 I_{L,Y}}$$