

## Ejercicios propuestos de máquinas asíncronas. Curso 2004/05

1.- Una máquina asíncrona trifásica de 3 pares de polos, rotor devanado, alimentada a 50c/seg., trabaja como motor y desarrolla a plena carga una velocidad de 980 r.p.m. Su velocidad de par máximo es de 730 r.p.m. Siendo  $X^e + m^2X^r = 15\Omega$ ,  $I_v$  y  $R^e$  despreciables, calcular:

- Relación entre los pares de arranque, máximo y de plena carga
- Relación entre el par de arranque calculado anteriormente y el que tendría si al devanado del rotor se le conecta en serie una resistencia  $m^2R_x = 5 \Omega$  por fase.

### Solución

- $C_{\max}/C_{\text{arr}} = (1 + S_{\text{cmáx}}^2) / 2 S_{\text{cmax}} = 1,23$   
 $C_{\text{p.c.}}/C_{\text{arr}} = S_{\text{p.c.}} (S_{\text{cmax}}^2 + 1) / (S_{\text{cmax}}^2 + S_{\text{p.c.}}^2) = 1,14$   
 $C_{\max}/C_{\text{p.c.}} = 1,07$
- $C_{\text{arr}}/C'_{\text{arr}} = 0,81$

2.- Dado un motor asíncrono trifásico conectado en estrella, 380V, 50c/sg. cuyas características son,  $m^2R^r = 2\Omega$ ;  $X_{\text{eq}}^2 = 8\Omega$ , velocidad de plena carga 1425 r.p.m.

Se pide, considerando  $R^e \ll R^r/s$ , calcular:

- Velocidad de sincronismo, n° de pares de polos y deslizamiento a plena carga
- Frecuencia de la corriente inducida a plena carga. Velocidad de par máximo.
- Par de arranque, máximo y de plena carga.

Se supondrán las pérdidas mecánicas despreciables.

### Solución

- para que funcione como motor  $\omega_{\text{p.c.}} = 1500$  r.p.m, el n° de pares de polos será 2, el deslizamiento a plena carga  $S_{\text{p.c.}} = 0,05$
- $f_2 = S_{\text{p.c.}} f_1 = 0,05 \times 50 = 2,5$  c/sg.;  $S_{\text{cmax}} = 0,25$ ;  $\omega_{\text{cmax}} = 1125$  r.p.m
- $C_{\text{arr}} = 27$  Nw-m;  $C_{\max} = 4,25 C_{\text{arr}} = 114,75$  Nw-m;  $C_{\text{p.c.}} = 0,81 C_{\text{arr}} = 21,87$  Nw-m

3.- Un motor de inducción trifásico de rotor devanado conectado en estrella, 380V, 50c/sg., 3 pares de polos, velocidad de plena carga 960r.p.m.,  $R^e = 0,045\Omega$ ,  $X^e = 0,2\Omega$ ,  $m^2R^r = 0,1\Omega$ ,  $m^2X^r = 0,1\Omega$ , pérdidas mecánicas despreciables e  $i_v = 0$ .

Calcular:

- para plena carga, las pérdidas en el cobre, la potencia mecánica desarrollada, el par y el rendimiento
- el deslizamiento a par máximo y el valor del par máximo.

**Solución**

- $P_{cu}^e = 5497,46 \text{ W}$  ;  $P_{cu}^r = 4886,63 \text{ W}$  ;  $P_{cu} \text{ (totales)} = 10384,09 \text{ W}$   
 $P_{mecánica} = 117279,19 \text{ W}$  ;  $C = 1166,59 \text{ Nw-m}$  ;  $\eta = 0,92$
- $s_{cmáx} = 0,1318$  ;  $C_{máx} = 1565,59$

**4.-** Un motor asíncrono trifásico conectado en  $\Delta$ , tiene las siguientes características, potencia nominal 22C.V. ; nº de pares de polos  $p=3$  ;  $m^2R^r = 1\Omega$  ;  $m^2X^r = 4\Omega$  ;  $R^e = 0\Omega$  ;  $P_{Fe} = 400\Omega$  ; pérdidas mecánicas despreciables.

Si se alimenta de una línea trifásica de 380V, 50c/s. Calcular:

- La velocidad de plena carga
- La velocidad de par máximo
- La velocidad de potencia máxima
- La velocidad de rendimiento máximo
- La relación entre el par máximo y el par de arranque

**Solución**

- $s_{p.c.} = 0,064$  ;  $\omega_{p.c.} = 960 \text{ r.p.m.}$
- $s_{cmáx} = 0,25$  ;  $\omega_{cmáx} = 750 \text{ r.p.m.}$
- $s_{pmáx} = 0,195$  ;  $\omega_{pmáx} = 805 \text{ r.p.m.}$
- $s_{\eta máx} = 0,03$  ;  $\omega_{\eta máx} = 970 \text{ r.p.m.}$
- $C_{máx} / C_{arr} = 2,125$

**5.-** Un motor de inducción trifásico conectado en estrella, de rotor devanado, 3 pares de polos, 960 r.p.m., 440V y 50 c/sg. , tiene los siguientes parámetros referidos al estator.

$$R^e = 0,045\Omega ; X^e = 0,2\Omega ; m^2R^r = 0,04\Omega ; m^2X^r = 0,1 \Omega$$

Las pérdidas mecánicas son despreciables y el ensayo en vacío da como resultados

$$V = 440V ; P_{Fe} = 5400W ; \cos\phi_v = 0,2.$$

Se pide:

- Determinar para las condiciones de plena carga, la potencia de entrada, el factor de potencia y la corriente de línea

- b) También en las condiciones de plena carga, el par, las pérdidas en el cobre, la potencia mecánica desarrollada y el rendimiento del motor
- c) El deslizamiento a par máximo y el valor del par máximo
- d) Si se quiere que el par máximo se obtenga en el arranque, calcular la resistencia a añadir al rotor (referida al estator)
- e) En la situación d) y suponiendo el motor trabajando a un par igual a  $C_{p.c.}$  calculado en el apartado b), calcular la nueva velocidad de funcionamiento y el rendimiento del rotor en esta situación.

### **Solución**

- a) Pot. Entrada = 176,557 KW, f.d.p. = 0,9194 ;  $I^e = 251,96_{L-23,15^\circ}$
- b)  $C_{p.c.} = 1563,95$  Nw-m ; Pot. mecánica = 213,62 C.V. ; pérdidas cobre = 6551W;  $\eta_{rotor} = 0,96$
- c)  $s_{cmax} = 0,1318$  ;  $C_{max} = 2653,52$  Nw-m
- d)  $m^2R^a = 0,26$
- e)  $N = 700$  r.p.m. ;  $\eta' = 0,7$

**6.-** Un motor de inducción trifásico de 6 polos, 50c/sg., tiene un par máximo 2,5 veces el par nominal a un deslizamiento  $s_{cmax} = 0,3$ .

Se pide calcular el par de arranque, el par máximo y trazar la curva C- $\omega$  en función del par nominal en los siguientes casos:

- a) en las condiciones del enunciado
- b) manteniendo los voltajes aplicados y reduciendo la frecuencia de alimentación a 25c/sg.
- c) manteniendo la frecuencia de 50c/sg. y reduciendo los voltajes aplicados a la mitad
- d) reduciendo tanto la frecuencia como el voltaje a la mitad

Suponer  $R^e = 0$ ,  $X^e = 0$

### **Solución**

- a)  $C_{arr} = 1,43 C_{nomi}$  ;  $C_{max} = 2,5 C_{nomi}$  ;  $\omega_{sin} = 1000$ r.p.m. ;  $\omega_{nom} = 940$  r.p.m.;  $\omega_{cmax} = 700$  r.p.m.
- b)  $\omega_s = 500$  r.p.m. ;  $\omega_{cmax} = 350$  r.p.m. ;  $\omega_{nom} = 470$  r.p.m. ;  $C'_{arr} = 2 C_{arr}$  ;  $C'_{max} = 2 C_{max}$
- c)  $C''_{max} = \frac{1}{4} C_{max}$  ;  $C''_{arr} = \frac{1}{4} C_{arr}$
- d)  $C'''_{max} = \frac{1}{2} C_{max}$  ;  $C'''_{arr} = \frac{1}{2} C_{arr}$

7.- En un motor asíncrono se verifica que  $R^e \ll m^2 R^r/s$  en la zona de funcionamiento.

Se pide:

- A partir del circuito equivalente aproximado, calcular el valor del par
- Condición que ha de cumplirse para que el par máximo se obtenga en el arranque
- Suponiendo que la máquina se alimenta a frecuencia variable, establecer la condición a cumplir para que el par máximo se mantenga constante
- Supuestas las pérdidas del hierro nulas, calcular el rendimiento del motor

**Solución**

- $C = [3 p m^2 R^r s (V^e)^2] / \omega_1 [(m^2 R^r)^2 + s^2 (X^e + m^2 X^r)^2]$
- $S_{cmax} = m^2 R^r / X^e + m^2 X^r = 1$
- $C_{max} = 3 p R^r m^2 (V^e)^2 / \omega_1 [(m^2 R^r)^2/s + s (X^e + m^2 X^r)^2]$  ;  $S_{cmax} = R^r / X^r_{eq}$   
 $C_{max} = 3p (V^e/\omega_1)^2 / 2L^e_{eq}$  por lo tanto  $V^e/\omega_1$  debe ser constante
- $\eta = 1 - s$

8.- Un motor asíncrono trifásico conectado en triángulo de 4 C.V., 970 r.p.m. está alimentado a 220V, 50c/sg., siendo  $R^e$  despreciable.

El resultado del ensayo a rotor parado ha sido  $V_{cc} = 33,3 V$  ;  $I_{cc} = 8,16 A$  ;  $P_{cu} = 92 W$

Calcular:

- El par máximo, de plena carga y de arranque
- Razonar el comportamiento del motor en los siguientes casos
  - Con par resistente constante de 44Nw-m
  - Con par resistente constante de 32 Nw-m
  - Con par resistente constante de 24Nw-m
  - Funcionando a plena carga el par resistente aumenta hasta 104 Nw-m
  - Se acopla mecánicamente a un generador shunt de corriente continua de características:  $R_a = 0,3\Omega$ ;  $R_f = 200\Omega$  ;  $I = 12 A$ ;  $V = 200 V$

Pérdidas mecánicas despreciables

**Solución**

- $C_{max} = 98,5 Nw-m$  ;  $C_{p.c.} = 4x 736 / (2\pi 970 /60) = 28,98 Nw-m$  ;  $C_{arr} = 37,88 Nw-m$
- el par resistente es mayor que el de arranque , la máquina no arrancar

- b) la máquina arrancaría buscando su punto estable de funcionamiento, estando sobrecargada
- c) arrancaría y estaría subcargada
- d) el motor iría disminuyendo su velocidad, se pararía y si no se desconecta la carga terminaría quemándose
- e)  $\omega = 972$  r.p.m.

**9.-** Un motor asíncrono trifásico de rotor devanado conectado en estrella, 6 polos, 50c/sg.,  $R^e = 1\Omega$ ,  $m^2 R^r = 1\Omega$ ,  $X^e = 2,5\Omega$ ,  $m^2 X^r = 2\Omega$  es alimentado a 380V.

El motor está conectado mecánicamente a una carga que impone un par resistente de 70Nw-m (constante con la velocidad)

Se pide:

- a) Justificar el arranque o no del motor
- b) Calcular la resistencia  $m^2 R_x$  que habrá que conectar en serie con el rotor para arrancar el motor.
- c) Calcular la velocidad de giro del motor cuando está conectada la resistencia  $m^2 R_x$

Una vez arrancado el motor se quita la resistencia  $m^2 R_x$  y se cortocircuitan los devanados del rotor

Se pide:

- d) Calcular la velocidad a la que girará el motor
- e) Calcular la potencia mecánica que el motor está dando

No se tendrá en cuenta la rama paralelo del circuito equivalente del motor y se supondrán las pérdidas mecánicas despreciables.

### **Solución**

- a)  $C_{arr} = 47,54$  Nw-m  $\ll C_{resis} = 70$  Nw-m el motor no arrancará
- b)  $m^2 R_x = 0,6$
- c)  $N_{p.c.} = 900$  r.p.m.
- d)  $N = 938$  r.p.m.
- e)  $P_{mec.} = 6875$  vatios

**10.-** Un motor asíncrono trifásico conectado en  $\Delta$ , 980 r.p.m., 6 polos, 380V, 50c/sg., de rotor devanado, ha dado los siguientes resultados al realizarle los ensayos a rotor libre y a rotor parado:

A rotor libre	380V	5 A	600W
A rotor parado	49V	10 A	300W

Considerando las pérdidas mecánicas nulas y  $R^e = 1\Omega$ , calcular:

- Circuito equivalente
- Deslizamiento a plena carga y a par máximo. Par máximo, par de arranque y par de plena carga. Representar la curva  $C-\omega$
- La nueva velocidad de funcionamiento y la velocidad de par máximo si disminuye la tensión de alimentación a  $380/\sqrt{3}$ , conservando el par de plena carga
- La nueva velocidad de funcionamiento y la velocidad de par máximo si se pone en serie con el devanado del rotor una resistencia  $m^2R_x = 2\Omega$  y el motor se alimenta a una tensión nominal de 380V, conservando el par de plena carga.

### **Solución**

- $R_p = 722\Omega$ ;  $X_m = 134\Omega$ ;  $R^e + m^2R^r = 3\Omega$ ;  $X^e + m^2 X^r = 7,93 \Omega$
- $s_{p.c.} = 0,02$ ;  $s_{cmax} = 0,25$ ;  $C_{arr} = 115\text{Nw-m}$ ;  $C_{p.c.} = 40,3 \text{Nw-m}$ ;  $C_{max} = 230\text{Nw-m}$
- $N_{p.c.} = 930 \text{r.p.m.}$
- $N_{cmax} = 950 \text{r.p.m.}$ ;  $N_{p.c.} = 960 \text{r.p.m.}$

**4.-** Un motor asíncrono trifásico conectado en  $\Delta$  tiene las siguientes características, Potencia nominal 22C.V. ; n° de pares de polos  $p=3$  ;  $m^2R^r = 1\Omega$  ;  $m^2X^r = 4\Omega$  ;  $R^e = 0\Omega$  ;  $P_{Fe} = 400\Omega$  ; pérdidas mecánicas despreciables.

Si se alimenta de una línea trifásica de 380V, 50c/s. Calcular:

- f) La velocidad de plena carga
- g) La velocidad de par máximo
- h) La velocidad de potencia máxima
- i) La velocidad de rendimiento máximo
- j) La relación entre el par máximo y el par de arranque

**Solución**

- f)  $s_{p.c.} = 0,064$  ;  $\omega_{p.c.} = 960$  r.p.m.
- g)  $s_{cm\acute{a}x} = 0,25$  ;  $\omega_{cm\acute{a}x} = 750$  r.p.m.
- h)  $s_{pm\acute{a}x} = 0,195$  ;  $\omega_{pm\acute{a}x} = 805$  r.p.m.
- i)  $s_{\eta m\acute{a}x} = 0,03$  ;  $\omega_{\eta m\acute{a}x} = 970$  r.p.m.
- j)  $C_{m\acute{a}x} / C_{arr} = 2,125$