

# Práctico 5 - Electrotécnica 2

## Máquinas de inducción - MI

### Problema 1

Para determinar los parámetros del circuito equivalente del motor de inducción MI (trifásico, 50 Hz) se realizan los siguientes ensayos:

- **Ensayo 1:** Ensayo de vacío a tensión nominal:  $U = 220V$ ;  $I = 0,188A$ ;  $P = 25,2W$ .
  - **Ensayo 2:** Ensayo de rotor bloqueado:  $U = 59,12V$ ;  $I = 4,2A$ ;  $P = 243,4W$ .
- a) Determinar los valores de  $R_o$ ,  $X_o$  y  $X_1 + X_{2e}$ .
  - b) Se realizan las medidas indicadas en la Figura 1, obteniendo los siguientes resultados:  $V = 9V$ ;  $I = 1,875A$ . Determinar el valor de  $R_1$  y  $R_{2e}$ .
  - c) Sabiendo que la velocidad nominal del MI se obtiene cuando el deslizamiento es de 9,5%, determinar la corriente y potencia mecánica nominal.

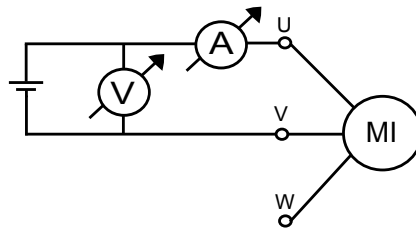


Figura 1: Esquema del Problema 1.

### Problema 2

A un motor de inducción trifásico de 50 Hz, conectado en triángulo, se le realizan los siguientes ensayos:

- **Ensayo 1:**  $I = 20,56A$ ;  $U = 40V$ ;  $P = 799W$ .
  - **Ensayo 2:**  $I = 8,64A$ ;  $U = 380V$ ;  $P = 2241W$ .
- a) Determinar  $R_o$  y  $X_o$ .
  - b) Determinar  $R_1$ ,  $X_1 + X_{2e}$  y  $R_{2e}$  sabiendo que  $R_1 = 1,12R_{2e}$ .

*Nota: Suponer que  $R_o$  y  $X_o$  valen lo mismo a 40V que a 380V.*

### Problema 3

De acuerdo con un catálogo del fabricante de motores *SIEMENS*, el motor asíncrono tipo 112M4, tiene las siguientes características:

- Tensión nominal:  $U_n = 220V$ .
- Velocidad nominal:  $n_n = 1735prm$ .

- Factor de potencia nominal:  $\cos \phi = 0,81$ .
- Rendimiento nominal:  $\eta_n = 86\%$ .
- Potencia útil nominal:  $P = 5,5kW$ .
- Frecuencia nominal:  $f = 60Hz$ .

Además se sabe que con el motor en vacío a tensión nominal se obtienen los siguientes valores:  $P_o = 483W$ ,  $Q_o = 4009VAr$ .

Se pide:

- Determinar  $n_s$ (rpm de sincronismo),  $g_n$ (deslizamiento nominal),  $P_{e_n}$ (activa absorbida nominal),  $Q_{e_n}$ (reactiva absorbida nominal).
- Con los datos anteriores calcule:  $R_o, X_o, R_1, X_1 + X_{2e}, R_{2e}, I_{2en}$ (corriente rotórica pasada al estator),  $I_n$ (corriente nominal),  $C_n$ (par nominal),  $C_A$ (par de arranque).

## Problema 4

Un MI de 4HP tiene un rendimiento en condiciones nominales de 83% y un factor de potencia( $\cos \phi$ ) de 0,87.

- Determinar la potencia activa y reactiva tomada de la red por el MI en condiciones nominales.
- Funcionando en condiciones nominales, el estator se conecta en estrella (estaba en triángulo), determinar nuevamente los valores pedidos en (a)(se mantiene el deslizamiento de la parte (a)).

## Problema 5

Un MI tiene los siguientes parámetros por fase:  $R_1 = 0,6\Omega$ ;  $X_1 + X_{2e} = 3,4\Omega$ ;  $R_{2e} = 0,71\Omega$ ; rotor bobinado,  $f = 50Hz$ .

- Determinar el valor que debería tener  $R_{2e}$  para que el par sea máximo en el arranque.

## Problema 6

A un MI bobinado originalmente con hilo de cobre, se le cambia el bobinado estático por otro idéntico realizado en hilo de aluminio de igual sección que el original. Determinar cual será la nueva potencia útil, par, rendimiento y deslizamiento, para que el calentamiento en servicio continuo sea igual que en el caso del bobinado original, en condiciones nominales.

**Datos:**

- $U_n = 440V$ , Y, 4 polos,  $f_n = 50Hz$ ,  $g_n = 5\%$ .
- Ensayo a rotor bloqueado: 120V; 6,6A; 600W.
- Resistencia por fase del estator: 2,5 $\Omega$ .
- Resistividad del Cu: 0,0175 $\Omega \cdot mm^2/m$ .
- Resistividad del Al: 0,0248 $\Omega \cdot mm^2/m$ .
- Potencia con el rotor en vacío a  $U_n = 400W$ .

*Nota: El comportamiento en vacío se supondrá igual en ambos casos.*

## Problema 7

Un motor MI, estator en Y, 2 polos, funciona conectado a una red de  $U = 220V$ ,  $f = 50Hz$ . Los parámetros del circuito equivalente por fase son:  $R_{2e} = 0,22\Omega$ ;  $R_1 = 0,24\Omega$ ;  $X_1 + X_{2e} = 1,2\Omega$ ;  $R_o = 630\Omega$ ;  $X_o = 215\Omega$  ( $R_o$  en paralelo con  $X_o$ ).

El bobinado ha sido diseñado de forma tal que la máxima temperatura interna que el motor puede soportar sin dañarse sea de  $T_{int} = 60^\circ C$ . Por lo anterior es que se ha estudiado la disipación del MI adoptando un modelo lineal, determinando la potencia de pérdidas calor  $\dot{Q}$ . Esta potencia en régimen queda determinada por la diferencia entre  $T_{int}$  y la temperatura ambiente  $T_{amb}$ ,  $\Delta T = T_{int} - T_{amb}$ . La relación entre  $\dot{Q}$  y  $\Delta T$  viene dada por  $\dot{Q} = K\Delta T$  y se sabe que cuando  $\Delta T = 30^\circ C$  entonces  $\dot{Q} = 1000W$ .

- Determinar con  $T_{amb} = 45^{\circ}\text{C}$  cuál es el deslizamiento máximo del MI ( $T_{int}$  no supera los  $60^{\circ}\text{C}$ ).
- ¿A cuánto deberá bajar  $T_{amb}$  para que MI tenga una velocidad de  $n = 2880\text{rpm}$ ?
- Determinar el rendimiento del MI en cada uno de los funcionamientos anteriores.

## Problema 8

Un MI está conectado a la red por medio de una protección de tiempo dependiente, tal que el tiempo  $t$  de actuación de la misma (tiempo que demora en abrir el circuito sobrecargado) en función de la corriente  $I$  de línea, cumple la siguiente relación:

$$t = \frac{k}{(1 - \frac{I}{I_a})^2} \text{ para } I \geq I_a$$

$$t = \infty \text{ para } I \leq I_a$$

Con  $t$  en segundos e  $I$  en Ampere.

- Si se desea que la máxima temperatura de MI no supere los  $65^{\circ}\text{C}$ , determinar el máximo valor de  $I_a$  con una temperatura ambiente de  $T_{amb} = 40^{\circ}\text{C}$ .
- Suponiendo que el motor está a temperatura ambiente ( $40^{\circ}\text{C}$ ), determinar el máximo valor de  $k$  para que en el caso de que el MI arranque con su rotor bloqueado, su temperatura interna no supere los  $65^{\circ}\text{C}$  (suponer calentamiento adiabático: todo el calor generado eleva la temperatura del motor, no hay disipación al aire circundante).
- Si la temperatura ambiente baja a  $30^{\circ}\text{C}$ , ajustando adecuadamente  $I_a$ , determinar en que porcentaje aumenta la potencia útil del MI respecto a una temperatura ambiente de  $40^{\circ}\text{C}$  (tomar temperatura interna máxima de  $65^{\circ}\text{C}$ ).

### Datos:

Parámetros por fase modelo estrella equivalente:  $R_1 = 0,18\Omega$ ;  $X_1 + X_{2e} = 0,64\Omega$ ;  $R_{2e} = 0,21\Omega$ ;  $R_o = 80\Omega$ ;  $X_o = 21\Omega$  (rama de vacío en paralelo). Tensión nominal:  $U_n = 220\text{V}$ .

$$\dot{Q} = k_1 \frac{dT}{dt} + k_2 (T_{int} - T_{amb})$$

- $\dot{Q}$ : Potencia de pérdidas calor.
- $T_{int}$ : Temperatura interna del MI.
- $T_{amb}$ : Temperatura ambiente.
- $k_1 = 10930\text{W}\cdot\text{s}/^{\circ}\text{C}$ .
- $k_2 = 60\text{W}/^{\circ}\text{C}$ .

## Problema 9

Se dispone de un motor de inducción trifásico de  $175\text{HP}$  el cual arranca mediante un autotransformador con una relación de transformación fija. En la Figura 2 se esquematiza la conexión del motor y del autotransformador.

$C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ , representan los contactos principales de los contactores (llaves) utilizados para implementar el arranque. En el caso de  $C_1$  y  $C_2$  para poder especificarlos es necesario conocer la máxima corriente que va a circular por ellos. Se pide:

- Indicar la secuencia de conexión y desconexión de los contactores durante el arranque del motor.
- Determinar la máxima corriente que va a circular por  $C_1$  y por  $C_2$ .
- Si la carga que mueve el motor ejerce un par constante (independiente de la velocidad) igual a  $480\text{Nm}$ , calcular la corriente que circula por  $C_3$  (se admite usar el modelo de pequeño deslizamiento).
- Si por falla del sistema el motor nunca se desconecta del autotransformador y  $C_3$  nunca que cierra, ¿en cuánto queda sobrecargada la máquina?

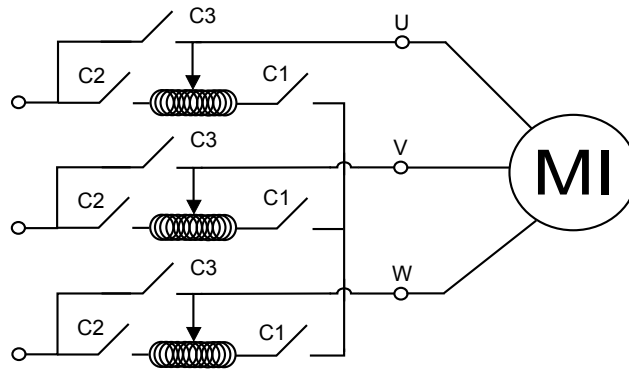


Figura 2: Esquema del Problema 9.

**Datos:**

- Autotransformador: 440/220, considerarlo ideal.
- Motor: 175HP, 440V, estator en  $\Delta$ , rotor de jaula, 2 pares de polos, 50Hz.
- Ensayo de rotor bloqueado: 50Hz; 50V; 185A; 7,5kW.
- Resistencia por fase de estator: 0,1 $\Omega$ .
- Ensayo de vacío: A tensión nominal, 50Hz;  $P = 0W$ ;  $Q = 60kVA_r$ .
- Carga: Par constante independiente de la velocidad igual a 480Nm.