

PRÁCTICO 6 - INT. A LA ELECTROTÉCNICA

Máquina de inducción

Problema 1

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

E1: ensayo de vacío (tensión nominal, $g = 0$) $U = 220V$, $I = 0,188A$, $P = 25,2W$.

E2: ensayo de rotor bloqueado $U = 59,12V$, $I = 4,2A$, $P = 243,4W$.

- Determinar los valores de R_o , X_o , $X1 + X2e$.
- Se realizan las medidas indicadas en la figura, obteniendo los siguientes resultados: $V = 9V$, $I = 1,875A$. Determinar el valor de $R1$ y $R2e$.
- Sabiendo que la velocidad nominal del MI se obtiene cuando el deslizamiento es de 9,5%, determinar la corriente y potencia mecánica nominal.

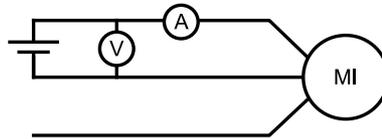


Figura 1: Ensayo para el Problema 1

Problema 2

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

E1: A rotor bloqueado: $I = 20,56A$, $U = 40V$, $P = 799W$.

E2: En vacío: $I = 8,64A$, $U = 380V$, $P = 2241W$.

- Determinar R_o y X_o .
- Determinar $R1$, $X1 + X2e$ y $R2e$ sabiendo que $R1 = 1,12 \times R2e$.

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

Problema 3

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

- Tensión nominal: $U_n = 220V$
- Velocidad nominal: $n_n = 1735rpm$
- Factor de potencia en condiciones nominales: $\cos \varphi_n = 0,81$
- Rendimiento nominal: $\eta_n = 0,86$
- Potencia útil nominal: $P = 5,5kW$
- Frecuencia nominal: $f = 60Hz$

- Cantidad de polos: 4

El ensayo en vacío a tensión nominal obtiene los siguientes valores: $P_{vacio} = 483W$, $Q_{vacio} = 4009Var$.

Se pide determinar: n_s (rpm de sincronismo), g_n (deslizamiento en condiciones nominales), P_{abs_n} (potencia absorbida), Q_{abs_n} (reactiva absorbida), R_o , X_o , $R1$, $X1 + X2e$, $R2e$, $I2e_n$ (corriente rotórica pasada al estator), I_n (corriente nominal), C_n (par nominal), C_A (par de arranque).

Problema 4

Un MI de 4 HP tiene un rendimiento en condiciones nominales de 83% y un factor de potencia de 0,87.

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

Problema 5

Un MI tiene los siguientes parámetros por fase: $R1 = 0,6\Omega$, $X1 + X2e = 3,4\Omega$, $R2e = 0,71\Omega$, $n_n = 960rpm$, pares de polos: 3, $f = 50Hz$.

- Determinar el valor de la resistencia adicional $R2e'$ a agregar en serie con $R2e$ para que el par sea máximo en el arranque.
- Si el rotor y el estator están en triángulo, y la relación de transformación $N_E/N_R = 1/4$, determinar el valor real de $R2'$ a conectar.

Problema 6

A un MI bobinado originalmente con hilo de cobre, se le cambia el bobinado estatórico 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 del MI con bobinado original en cobre:

- $U_n = 440V$, Y , 4 polos, $f_n = 50Hz$, $g_n = 0,05$
- Ensayo a rotor bloqueado: 120V, 6,6A, 600W
- Resistencia por fase del estator: $2,5\Omega$
- Resistividad del Cobre: $0,0175\Omega \cdot mm^2/m$
- Resistividad del Aluminio: $0,0284\Omega \cdot mm^2/m$
- Potencia de vacío en condiciones nominales: $P_v = 400W$

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

Problema 7

Un motor MI, Y, 2 polos, funciona conectado a una red de $V = 220V$, $f = 50Hz$. Los parámetros del circuito equivalente por fase son: $R2e = 0,22\Omega$, $R1 = 0,24\Omega$, $X1 + X2e = 1,2\Omega$, $Ro = 630\Omega$, $Xo = 215\Omega$. (Ro en paralelo con Xo).

El bobinado ha sido diseñado de forma tal que la máxima temperatura interna de MI (TI), que puede soportar sin dañarse, sea de $TI = 60^\circ C$. (Diseño especial ya que normalmente admite TI más altos) Por lo anterior es que se ha estudiado la disipación del MI, determinando la potencia de pérdidas totales (PPT) (que es la suma de todas las pérdidas eléctricas de MI) que puede disipar MI en función de la diferencia entre TI y la temperatura ambiente TA , $DT = TI - TA$. La relación entre PPT y DT es de la forma: $PPT = a \times DT$ y se cumple que cuando $DT = 30^\circ C$, $PPT = 1000W$.

- Determinar con $TA = 45^\circ C$, cual es el deslizamiento máximo del MI, (TI no supera los $60^\circ C$).
- A cuanto deberá bajar TA para que MI tenga una velocidad de $n = 2880rpm$.
- Determinar el rendimiento de 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 en función de la corriente I de línea, cumple la siguiente relación:

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

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

Con t en segundos e I en ampere.

- Si se desea que la máxima temperatura de MI, no supere los $65^\circ C$, determinar el máximo valor de I_a (la temperatura ambiente es de $40^\circ C$).
- Suponiendo que el motor está a una temperatura igual a la ambiente ($40^\circ C$), determinar el máximo valor de k para que en caso de arranque de MI con su rotor bloqueado, MI no supere los $65^\circ C$ (suponer calentamiento adiabático).
- Si la temperatura ambiente baja $30^\circ C$, ajustando adecuadamente I_a , determinar en que porcentaje aumenta la potencia útil de MI, respecto a una temperatura ambiente de $40^\circ C$ (tomar temperatura máxima de MI $65^\circ C$).

Datos:

Parámetros por fase modelo estrella equivalente: $R1 = 0,18\Omega$, $X1 + X2e = 0,64\Omega$, $R2e = 0,21\Omega$, $Ro = 80\Omega$, $Xo = 21\Omega$ (rama de vacío en paralelo). Tension nominal: $U_n = 220V$

$$W_{PT} = k_1 \frac{dT}{dt} + k_2 (T - T_a)$$

W_{PT} : potencia de pérdidas totales de la maquina

T : Temperatura interna de MI

T_a : Temperatura ambiente.

$$k_1 = 10930W \cdot s/^\circ C$$

$$k_2 = 60W/^\circ C$$

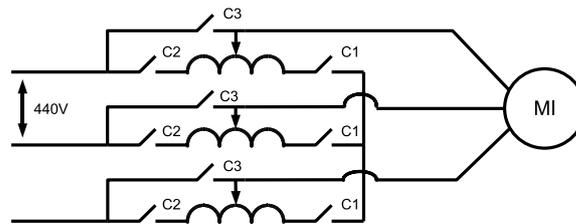


Figura 2: Esquema de conexión para el Problema 9

Problema 9

Se dispone de un motor de inducción trifásico de 175 Hp el cual arranca mediante autotransformador con una relación de transformación fija. En la figura 2 se esquematiza la conexión del motor y del autotransformador.

C1, C2, C3, representan los contactos principales de los contactores (llaves) utilizados para implementar el arranque. En el caso de C1 y C2 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 C1 y por C2.
- Si la carga que mueve el motor ejerce un par constante (independiente de la velocidad) igual a $480Nm$, calcular la corriente que circula por C3.
- Si por falla del sistema el motor nunca se desconecta del autotransformador y C3 nunca se cierra, en cuanto queda sobrecargada la máquina.

Datos:

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

Problema 10

Se dispone de un motor de inducción rotor bobinado, de tensión nominal $U_n = 3kV$. Como dispositivo de arranque se va a conectar dos resistencias de R_a y R_b en serie con cada fase del rotor tal como indica la figura 3, la barra que aparece en la figura se desplaza pudiendo cortocircuitar los contactos 1, 2 o 3. El motor se arranca a tensión plena y sin carga mecánica con el reostato en 1, cuando alcanza el 45 % de la velocidad de sincronismo se pasa a 2 y cuando llega al 85 % de la velocidad se pasa a 3 considerándose culminado el proceso de arranque.

Se pide:

- Determinar el circuito equivalente estrella monofásico visto desde el estator en función de R_a y R_b .

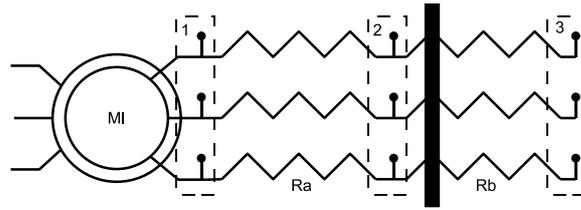


Figura 3: Esquema de conexión para el Problema 10

- Bosquejar, justificando sintéticamente, el andamio de la corriente de estator en función del tiempo, durante el arranque sin indicar valor numérico alguno.
- Determinar los valores reales de R_a y R_b que minimizan el tiempo que demora cada tramo de arranque.
- Si el motor arranca en carga, Ud. esperaría que las resistencias fueran de mayor o menor valor al calculado antes si se intenta mantener el tiempo de arranque? Justifique cualitativamente no se pide resultados numéricos.

Datos:

- Motor trifásico de inducción, chapa: 700HP, 3kV, rotor bobinado, 50Hz, 1450rpm.
- Resistencia medida del estator entre fase y neutro $0,3\Omega$.
- Resistencia medida del rotor entre fase y neutro $0,8\Omega$.
- Ensayo de rotor bloqueado 500V, 100A, 21kW.
- Momento de inercia $J = 200kg \cdot m^2$.
- No se tendrá en cuenta pérdidas mecánicas y en el hierro, ni la corriente de vacío en todo el problema.

Problema 11

Un motor trifásico de inducción rotor bobinado arrastra una carga de $C_r = k \cdot n$ con un $g = 4\%$. Con el fin de detener rápidamente el grupo, se invierte el campo del estator al mismo tiempo que se agregan resistencias en el rotor de tal modo que el par inicial de frenado sea igual al de trabajo. Hallar resistencias adicionales, corriente inicial al frenar y tiempo de frenado.

Datos:

Y/D , $E1/E2 = 0,5$, 50Hz, $P = 3$, $I_o = 46A$, 500V, $R1 = 65m\Omega$, $R2 = 0,865\Omega$, $X2 = 0,336\Omega$ por fase, $J = 6,2UG$.

Problema 12

Una generatriz asincrona arrastrada por una máquina motriz sin regulador de velocidad se conecta en paralelo a una red trifásica de 50Hz.

- Hallar P , Q e I_L que suministra la generatriz.
- La influencia sobre las condiciones de funcionamiento de la generatriz para un cambio de 5% de la frecuencia de la red.

Datos:

Generatriz: 220HP, 50Hz, 5000V, $p = 6$, YY. Corriente magnetizante en vacío 5,8A, $X1 = X2e = 15\Omega$. Pérdidas mecánicas constantes iguales a 2000W. Pérdidas en el hierro supuestas constantes 3000W, $R2 = 0,0193\Omega$ por fase, $R1 = 1,2\Omega$ por fase, $a = 50/4$.

Máquina motriz:

C(Nm)	3450	3140	2350	1960	1570	0
N(rpm)	0	150	400	500	585	900

Problema 13

Un motor de inducción MI de rotor bobinado se utiliza como fuente de frecuencia-tensión variable. A esos efectos se conecta su estator a la red, se acopla su rotor a un motor-generador auxiliar que controla la velocidad del motor y las cargas se conectan al sistema trifásico de anillos del rotor.

Se pide:

- Determinar en función de los parámetros del motor y de la velocidad del rotor el modelo eléctrico de la fuente de frecuencia variable visto desde el rotor.
- En los bornes del rotor de MI se conecta el estator de otro motor idéntico MI' con su rotor en C.C. Cúal debe ser la velocidad de giro del motor-generador auxiliar para que en vacío el MI' gire a velocidad máxima admisible. Análogamente para que gire a velocidad mínima.

Nota: se desprecian las pérdidas en el hierro y mecánicas. Se conocen todos los datos del motor MI.

Problema 14

Se considera un motor de inducción trifásico, de rotor de jaula y con seis bornes accesibles, que se alimenta desde una barra trifásica de 220V, 50Hz (supuesta de potencia infinita) mediante un cable trifásico de 250m de longitud. La instalación del motor dispone de un limitador de corriente que no permite que la misma supere en ninguna condición los 10A en la corriente de alimentación.

Datos:

Motor: 220V, 50Hz, 4 polos, estator en Δ , 1480rpm.

Ensayo de vacío: 220V, 50Hz, $I = 3A$, $P = 0$.

Ensayo de C.C: 66V, 50Hz, $I = 14,76A$, $P = 588W$.

Para el ensayo de C.C. se desprecia la corriente magnetizante.

Resistencia estatorica: aplicando 10VDC entre bornes de estator, $I = 10A$.

Cable: Reactancia inductiva pura de 0,04 Ω /m lineal por fase a 50Hz.

Se pide:

- Determinar el circuito equivalente en versión estrella equivalente por fase de la instalación cable motor.
- Mostrar que no es posible realizar el arranque con un arrancador estrella triángulo.
- Dimensionar la mínima reactancia a conectar en serie con cada fase de alimentación al motor que permita el arranque, si se sabe que la frecuencia de la red puede caer hasta 45Hz y que no se utiliza el arrancador estrella triángulo.

- (d) Luego de culminado el proceso de arranque la reactancia es cortocircuitada por un automatismo. Determinar la tensión en bornes del motor cuando éste arrastra una carga que lo hace girar a su velocidad nominal.

Nota: Se supondrá, solamente para las partes (c) y (d), y solo a efecto de simplificar los cálculos, que la reactancia magnetizante del motor se encuentra perfectamente compensada.

Problema 15

Se dispone de tres transformadores monofásicos idénticos a partir de los cuales se quiere formar un banco trifásico. A partir de una fuente ideal trifásica de $6kV$, $50Hz$ se alimenta el banco el cual se utilizará a su vez para alimentar una carga trifásica compuesta por un motor de inducción trifásico y una carga fija que se comporta como una impedancia y cuyos datos se dan mas abajo. El motor de inducción se utiliza para arrastrar un ventilador por lo que se supondrá que este presenta un par resistente lineal con la velocidad de la forma $C = k \cdot n$.

Se pide:

- Determinar el grupo de conexión del banco de transformadores.
- Determinar el circuito monofásico equivalente versión estrella de la instalación.
- Determinar la constante k del ventilador para que la instalación gire a 1450 rpm.
- Determinar la tensión sobre la impedancia de carga cuando se procede a arrancar en forma directa el motor.

Datos:

Transformadores: monofásicos, 30 kVA, 6.3/0.14 kV, $U_z = 11\%$, impedancia de vacío despreciable.

Motor de Inducción: trifásico, 230V, 50Hz, 50A, Y/Y, 4 polos.

Ensayo de vacío: 220V, 8,5A, 600W, 50Hz.

Ensayo C.C: 65V, 53A, 2000W.

Resistencia estator: $0,123\Omega$ por fase.

Impedancia de carga: Trifásica, bajo 220V, 50Hz, consume 100A con $\cos\varphi = 0,8$ en atraso. Tensión nominal 240V.

Notas: Para la parte (c), exclusivamente, podrá utilizarse el modelo del motor de inducción de pequeños deslizamientos. Para la resolución de (c) y (d) tener en cuenta el teorema de Thevenin y despreciar la impedancia magnetizante del motor fundamentándolo convenientemente.

Problema 16

Para cargar una batería de 200Vdc se dispone de una máquina de corriente continua, funcionando como generador shunt, la cual es movida por un motor de inducción trifásico, el que a su vez está conectado a una red 400V, 50Hz.

Se pide:

- Determinar la máxima corriente que puede entregar el generador de corriente continua (corriente de armadura), de forma tal que el motor de inducción no quede con una corriente superior a la nominal.

- (b) Estando el grupo en las condiciones de la parte (a), determinar el valor de la resistencia de ajuste del inductor.
- (c) La tensión de alimentación del motor de inducción baja en un 20 % (320V). Determinar en estas condiciones la nueva velocidad de giro del conjunto.
- (d) Determinar el nuevo valor al que se debe llevar la resistencia de ajuste de inductor, de forma que ahora la corriente de armadura sea nula.

Datos:

Motor de Inducción: trifásico, 400V, 50Hz, 12,5kW, Y, 4 polos.

Parámetros por fase: $R_1 = 0,32\Omega$, $R_2e = 0,38\Omega$, $X_1 + X_2e = 0,78\Omega$.

No considerar corrientes de vacío.

Para (c) se puede utilizar el modelo de bajos deslizamientos.

Máquina de continua: $R_{inducido} = 0,59\Omega$, $R_{inductor} = 68\Omega$

Característica $E(i)$, para 1500rpm, es $E = 132 \cdot i$, con E en Volt e i en Ampere.

No considerar más pérdidas que las Joule en los bobinados

No considerar reacción de inducido.