



Universidad Carlos III de Madrid.

Escuela Politécnica Superior.

## MÁQUINAS ELÉCTRICAS II

2º DE INGENIERÍA TÉCNICA EN ELECTRICIDAD

### PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y ENSAYOS DE LA MÁQUINA ASÍNCRONAS



Preparado por :  
Sandra Castaño/Miguel Sepúlveda

## PRACTICA 1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO Y ENSAYOS DE LAS MÁQUINAS ASÍNCRONAS.

### 1. OBJETIVOS.

Los objetivos de la práctica son en un primer lugar la observación del campo magnético giratorio, lo que permitirá reforzar la comprensión del principio básico de funcionamiento de las máquinas eléctricas. La segunda parte de la práctica consiste en realizar los ensayos característicos a los que se somete a la máquina de inducción con el fin de obtener sus parámetros fundamentales.

### 2. OBJETIVOS PREVIOS Y PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA

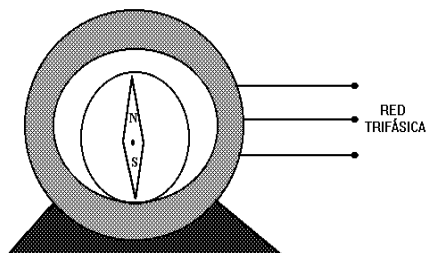
Para realizar ésta práctica en el laboratorio es **imprescindible** la lectura y desarrollo de este apartado. Para ello contaremos con el material audiovisual suministrado en el aula global. Adicionalmente se deberá consultar el libro de teoría recomendado en clase para responder apropiadamente las preguntas señaladas.

#### 2.1 CAMPOS MAGNÉTICOS EN LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS

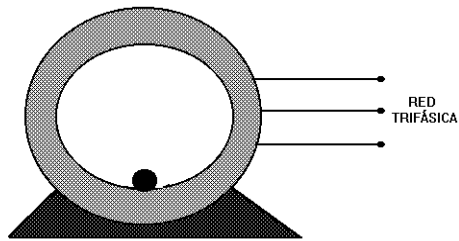
En este apartado se tratará de comprobar que un devanado trifásico alimentado con un sistema trifásico de intensidades crea un campo magnético giratorio.

En el video correspondiente a este apartado, podemos observar el estátor de un motor asíncrono trifásico, al que se le ha extraído previamente el rotor. La máquina es alimentada mediante el variac trifásico disponible en las facilidades del laboratorio.

En el video podemos observar con claridad, mediante la colocación de una brújula y una bola de acero en el interior del estator de la máquina, la actuación y sentido de giro del campo magnético giratorio generado. Las figuras a continuación muestran en el esquema utilizado para la realización de este experimento. Observe con detenimiento lo señalado en el material audiovisual.



Comprobación mediante una brújula



Comprobación mediante una bola.

Una vez visto el material audiovisual, consulte el libro de texto para explicar teóricamente lo acontecido. Una vez comprendido el fenómeno responda las siguientes preguntas. Recuerde que esta sección debe ser completamente rellena **antes** de asistir al laboratorio y requiere de la revisión del material audiovisual proporcionado en el aula global.

A. Indique los Datos de Placa de la maquina

@Frecuencia 1

Frecuencia Nominal	
Tensión $\Delta$ / Tensión Y	
Potencia Nominal	
Corriente Nominal	
Factor de Potencia $\cos\phi$	
R.P.M	

@Frecuencia 2

Frecuencia Nominal	
Tensión $\Delta$ / Tensión Y	
Potencia Nominal	
Corriente Nominal	
Factor de Potencia $\cos\phi$	
R.P.M	

B. ¿Por qué figuran dos tensiones en la placa de características? ¿Por qué figuran dos intensidades?

- C. En conexión en estrella, ¿Cuál de las dos tensiones es la nominal? ¿Cuál de las dos intensidades es la nominal?

$$U_N =$$

$$I_N =$$

- D. Observando el video, cuando la maquina (con el rotor extraído) está conectada en estrella al alimentador trifásico ¿Se le puede, bajo éstas condiciones, aplicar la tensión nominal a la maquina? Justifique su respuesta.

- E. Bajo las condiciones indicadas en el video ¿Se puede aplicar intensidad nominal a la máquina? Justifique su respuesta.

Cómo se aprecia en el material audiovisual dispuesto en el aula global, se puede hacer uso de una brújula y una esfera de acero para observar la fuerza y movimiento del campo magnético generado en el estator de la maquina eléctrica. Después de interpretar el video, responda:

- F. Al colocar la esfera de acero en el interior de la maquina ¿Se produce movimiento/giro de la misma? Explique y justifique.

## 2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.

En el material audiovisual correspondiente a este apartado se ha ilustrado de forma didáctica y simplificada el principio de funcionamiento del motor de inducción. Cómo puede observarse en el video, se sustituyó el rotor de la maquina por una lata de aluminio (similar a los botes de gaseosas comerciales). Bajo este esquema, responda:

- G. Usando la lata cilíndrica de aluminio como roto ¿Será posible aplicar tensión nominal al motor? Explique y justifique su respuesta.

## 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Este apartado contiene las prácticas, montajes y experimentos a realizar en el laboratorio de maquinas eléctricas. Cómo se indicó en el apartado anterior, para la realización y el acceso al laboratorio es indispensable haber culminado el apartado 2 y haber repasado el material audiovisual correspondiente a esta práctica.

### ENSAYOS DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN.

Con el fin de determinar los parámetros del circuito equivalente del motor se van a realizar a tres ensayos:

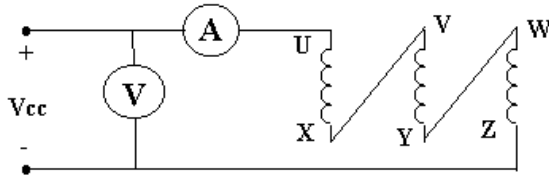
- Medida de la resistencia del devanado estatórico.
- Realizar un ensayo de vacío con tensión variable con objeto de separar las pérdidas mecánicas de la pérdidas en el hierro.
- Realizar un ensayo de cortocircuito para obtener los parámetros  $X_{cc}$  y  $R_{cc}$  del motor asíncrono, empleando un transformador de intensidad.

Además de los tres ensayos anteriores, se va realizar un último ensayo, que es el denominado ensayo en carga, que nos va a permitir determinar las pérdidas en el rotor de la máquina.

### 3.1. MEDIDA DE LA RESISTENCIA ESTATÓRICA.

Para medir la resistencia estática por fase se va aplicar una tensión continua y midiendo la tensión aplicada y la intensidad consumida se puede conocer en valor de la resistencia, dado que el valor a medir es muy pequeño es conveniente colocar los tres devanados en serie. La tensión continua se conseguirá rectificando la salida de un Variac trifásico.

El esquema del montaje se puede ver en la siguiente figura:



**PRECAUCIÓN: DEBIDO AL BAJO VALOR DE LA RESISTENCIA A MEDIR, HAY QUE APLICAR UNA TENSIÓN REDUCIDA PARA EVITAR LA CIRCULACIÓN DE ALTAS INTENSIDADES.**

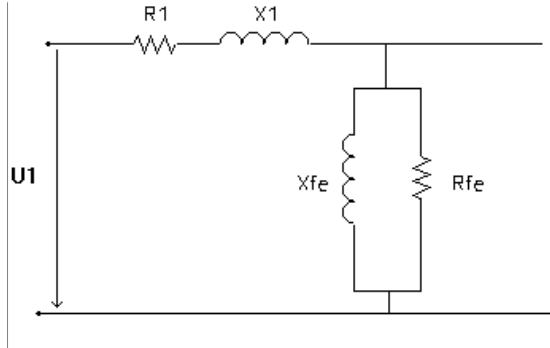
$R_s =$

meseplv 26/10/10 16:36

**Comment [1]:** PREPARACIÓN: Hay que comprobar que da lo mismo con las mediciones de corriente y tensión que con el óhmetro. De lo contrario explicar por qué. (ESTO CORRESPONDE A LOS PROFESORES)

### 3.2. ENSAYO DE VACÍO DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN.

Cuando un motor funciona a la velocidad de sincronismo, resulta que el deslizamiento,  $s$ , es igual a 0 y por lo tanto  $Rc'=0$  y  $Y2'=0$  por lo tanto la potencia que toma la máquina de la red es la necesaria para vencer las pérdidas en el cobre del estator y las pérdidas de la rama de excitación. Midiendo la potencia, la intensidad y la tensión se puede determinar  $R_{fe}$  y  $X_m$ . Para lograr  $s=0$ , sería necesario arrastrar la máquina con otra, pero en casos prácticos es suficiente con hacer funcionar el motor en vacío. El circuito equivalente en estas condiciones es el que se muestra en la figura:



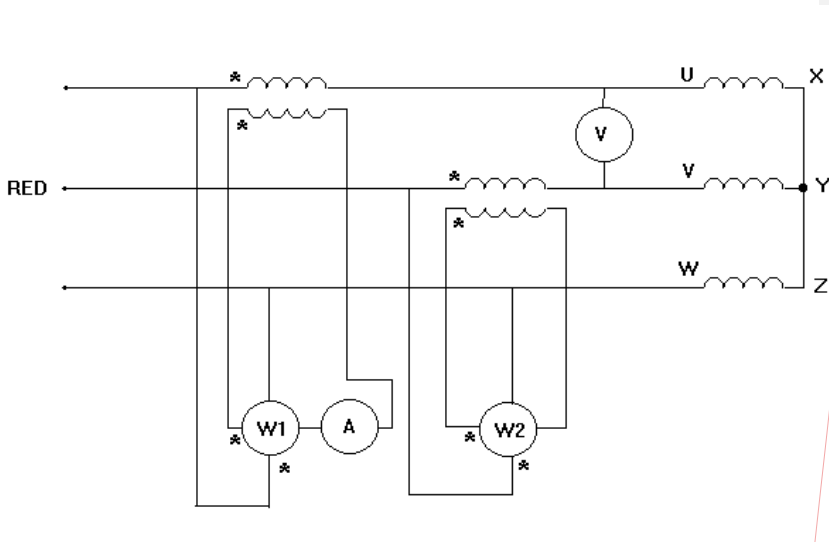
meseplv 26/10/10 16:37

**Comment [2]:** Para modernizar el guion, se colocará una foto digital del circuito real. De modo que el alumno pueda observar la correspondencia entre el diagrama eléctrico y la conexión física en el laboratorio.

El ensayo de vacío consiste pues en conectar ésta a la tensión nominal y medir la potencia activa (mediante el procedimiento de los dos vatímetros) y la corriente consumida, sin embargo conviene aplicar diferentes tensiones, empezando por la nominal de motor y reduciéndola progresivamente hasta que el motor reduzca sensiblemente su número de revoluciones.

El motor deberá conectarse en estrella según se indica en la figura. Como la potencia absorbida vale:  $P_0 = P_{Fe} + P_m + 3R_s I_o^2$ , se construirá una tabla de medida donde se indiquen las tensiones, intensidades y potencias.

Dado que se conoce la resistencia del estator se pueden calcular los valores:  $P_0 - 3R_s I_o^2 = P_{Fe} + P_m$ . El esquema del montaje se puede ver en la siguiente figura:



mesepulv 26/10/10 16:38

**Comment [3]:** Como refuerzo didáctico, se colocará la foto digital del circuito físico y se pedirá que se dibuje el esquema eléctrico correspondiente.

**RECUERDA QUE NO SE PUEDE DEJAR EL SECUNDARIO DE UN TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN CIRCUITO ABIERTO**

En la figura anterior aparecen dos transformadores de intensidad (de relación 1.5/5) si bien en este caso no son necesarios, en la mayoría de los ensayos que se realizan en la industria son necesarios.

- Resultados del ensayo de vacío:

U1	Io (A)	K1	W1	K2	W2	Po=P1+P2	Pm+Pfe
220V							
190V							
160V							
130V							
100V							
70V							

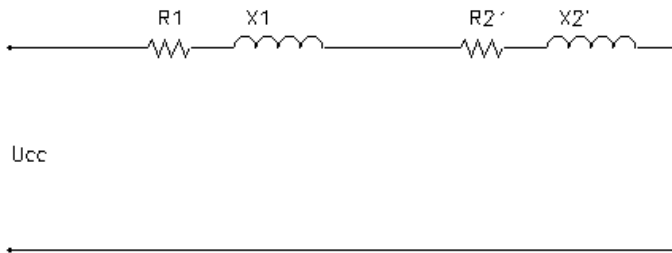
Con los datos de la tabla anterior obtener los parámetros de la rama derivación:

$R_{fe} =$
$X_u =$

**3.3. ENSAYO DE CORTOCIRCUITO DE LA MÁQUINA DE INDUCCIÓN.**



En el ensayo de cortocircuito se impide que el motor gire, y lentamente se le aplica tensión creciente hasta que la intensidad de alimentación es la nominal. En este ensayo el deslizamiento es unitario ( $s=1$ ) y como la tensión es reducida se puede despreciar la rama paralelo del circuito equivalente, que quedaría de la siguiente forma:



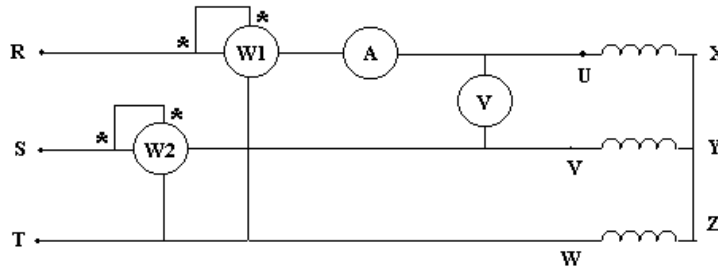
Por lo tanto midiendo la tensión aplicada y la potencia y corriente consumida se puede calcular fácilmente  $R_{cc}=R1+R2'$  y  $X_{cc}=X1+X2'$ .

No obstante, en la realidad el ensayo de cortocircuito es más complejo de lo que aquí se ha expuesto por las siguientes razones:

- Los trayectos de flujo de dispersión, si bien la mayor parte se establecen a través de materiales no magnéticos, tienen parte de su recorrido a través de materiales ferromagnéticos, y discurren precisamente por las partes más fuertemente saturadas de la máquina.
- En el caso de motores de jaula de ardilla los conductores del rotor son macizos y su resistencia aparente se ve fuertemente afectada por el efecto película, según que la frecuencia sea de unos pocos de Hz, como ocurre en el funcionamiento normal o de 50Hz como ocurre en el ensayo de rotor bloqueado. La exactitud de los parámetros obtenidos puede no ser la suficiente para el análisis en marcha normal. Por estas razones la norma IEEE 112A recomienda la realización del ensayo a rotor bloqueado a una frecuencia reducida. del orden del 25% de la nominal.

No obstante aún sabiendo las limitaciones que presenta realizar el ensayo a 50Hz, se va a realizar así en la práctica.

El montaje que hay que realizar se muestra en la siguiente figura:



**MONTAJE PARA EL ENSAYO DE CORTOCIRCUITO DE MÁQUINAS DE INDUCCIÓN**

Podemos ver que ahora ya no están presentes los transformadores de intensidad ¿Por qué?

Resultados:

U <sub>cc</sub>	P <sub>cc</sub>	I <sub>n</sub>	R <sub>cc</sub>	X <sub>cc</sub>

### 3.4. ENSAYO EN CARGA.

Este ensayo consiste en arrancar el motor asíncrono y ir introduciendo progresivamente un par de carga hasta que la intensidad consumida por la máquina sea la nominal, en estas condiciones hay que medir la potencia consumida por la máquina tenemos pues que si  $P_t$  es la potencia que toma la máquina, la potencia  $P$  que transmitimos al rotor es:  $P = P_t - 3R_s I^2 - P_{fe}$  donde  $R_s$  es la resistencia del estator. Midiendo con precisión la velocidad del rotor, podemos calcular el deslizamiento a plena carga:  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$  donde  $n_1$  es la velocidad de sincronismo.

Con todo esto las pérdidas en el rotor serán  $P_{rotor} = sP$

Para introducir el par de carga acoplamos al eje de la máquina asíncrona una máquina de corriente continua que se hace funcionar como generador alimentando una carga resistiva:

- Como recordatorio de lo visto en otras asignaturas dibuja el esquema de un máquina de corriente continua funcionando como generador:

**Resultados del ensayo:**

K1	W1	K2	W2	Pt	I	Pfe	n	s	Protor