

PRÁCTICA Nº 3: MÁQUINAS ROTATIVAS

TEMA IV: Máquinas rotativas

OBJETIVOS:

- Conocer y utilizar los equipos de laboratorio.
- Analizar el comportamiento de un motor asíncrono trifásico en vacío.
- Analizar el comportamiento de un motor asíncrono trifásico con rotor bloqueado.
- Realizar un ensayo de medida de resistencia estatórica.
- Realizar un ensayo de separación de pérdidas.
- Determinar experimentalmente los valores de los parámetros del circuito equivalente a partir de los ensayos de vacío y rotor bloqueado
- Observar el comportamiento del motor asíncrono durante el arranque analizando el arranque mediante inserción de resistencias rotóricas.
- Capturar la corriente de arranque del motor utilizando un equipo digital con conexión a ordenador personal.
- Analizar el funcionamiento del motor asíncrono en carga acoplado a un generador de corriente continua con excitación independiente.
- Observar el funcionamiento de la máquina de CC trabajando como generador de excitación independiente.

MATERIAL:

- Motor asíncrono trifásico de rotor bobinado de 220 V y 2,5 A, 0,6 kW con conexión en triángulo.
- Autotransformador para la alimentación del motor de relación de transformador variable (Variac) de 220 V, 10 A
- Variac con salida en corriente continua para la alimentación en CC del devanado de excitación del generador.
- Pupitre para la conexión del circuito de mando que conecta y desconecta el motor incluyendo protecciones y elementos de maniobra e instrumentos de medida.
- Transformador y sonda de corriente
- Amperímetros
- Voltímetros
- Carga trifásica resistiva
- Osciloscopio digital portátil y ordenador personal

DURACIÓN ESTIMADA: Entre 3 y 4 Horas

¡ADVERTENCIA! Durante esta práctica se manipularán tensiones de 220 V y 125 V, por este motivo, es imprescindible realizar cualquier tipo de manipulación sobre las conexiones y los equipos tras haber desconectado todos los elementos de la red eléctrica (MEDIANTE LA PULSACIÓN DEL PULSADOR DE PARADA Y LA OBSERVACIÓN DE LAS LÁMPARAS DEL PUPITRE QUE INDICAN LA EXISTENCIA DE TENSION)

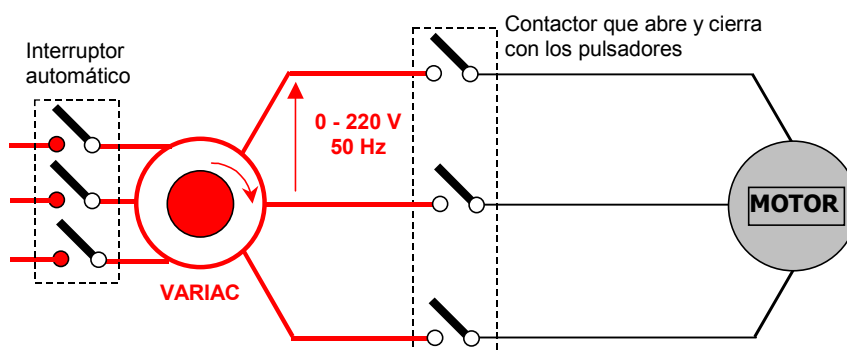
1º RED ELÉCTRICA DEL LABORATORIO

El laboratorio en el que se realizarán las prácticas dispone de una red trifásica de 220 V (tensión de línea) mediante la cual se alimentarán todos los equipos trifásicos utilizados en ella. Aunque normalmente los sistemas trifásicos de baja tensión son de 380 V, en este caso se utilizan 220 V por motivos de seguridad. Dicha tensión proviene de un pupitre conectado a una toma trifásica del edificio. El pupitre dispone de un interruptor automático que lo protege y que permite conectar y desconectar su alimentación. **El interruptor en cuestión está situado en la parte posterior del pupitre, cuando el pupitre está conectado y, por tanto, existe tensión se iluminan 3 lámparas debajo de las letras R, S y T que indican las fases.**

2º MANIOBRA, CONEXIÓN Y PROTECCIÓN DEL MOTOR

Para poder alimentar el motor y desconectarlo de la red a voluntad se utilizará un contactor trifásico dentro del pupitre de prácticas. Asimismo, se dispondrá de un circuito de mando que incluye un pulsador de arranque, otro de parada, así como un fusible y un interruptor automático que protegen al motor de cortocircuitos y sobrecargas. Puesto que el estudio de los elementos anteriores se realizará en otra parte del curso, el cableado necesario para disponer del pulsador de conexión y desconexión y de las protecciones se habrá realizado con anterioridad sobre cada pupitre. Es decir, **cada grupo de prácticas encontrará el motor conectado al Variac a través de un contactor que puede ser cerrado o abierto a voluntad mediante la pulsación de un pulsador**. Asimismo, se podrá utilizar el interruptor automático del pupitre para el corte total de la alimentación del circuito.

Tal y como se indicó anteriormente, **se extremarán las precauciones comprobando que ningún dispositivo está sometido a tensión antes de proceder a manipularlo**. El esquema de la conexión de los elementos de maniobra es el siguiente:



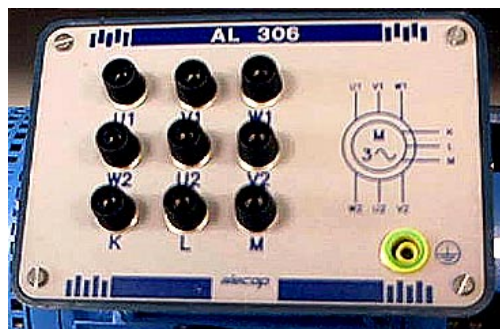
El Variac y el pupitre que se utilizarán en la práctica se pueden ver en las siguientes fotografías. En la fotografía del Variac situado a la derecha se observa el potenciómetro mediante el cual es posible modificar a voluntad

la tensión suministrada por el equipo.



2º MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA ESTATÓRICA

El primer paso de la práctica consistirá en medir el valor de la resistencia estática del motor asíncrono trifásico. Para ello se tendrá en cuenta que en la caja de conexiones del motor se tienen disponibles los 6 terminales correspondientes a cada uno de los tres bobinados estáticos, así como tres terminales correspondientes al rotor en los cuales se podrá realizar



la conexión en cortocircuito o insertar las resistencias rotóricas. La configuración de los devanados del motor en estrella o en triángulo se conseguirá mediante la conexión de U1-W2, V1-U2 y W1-V2 o W2-U2-V2 respectivamente. Cuando no se deseen insertar resistencias en el rotor se deberá realizar el cortocircuito entre los terminales K,L,M.

Una vez efectuadas las conexiones anteriores, la resistencia estática del motor se medirá



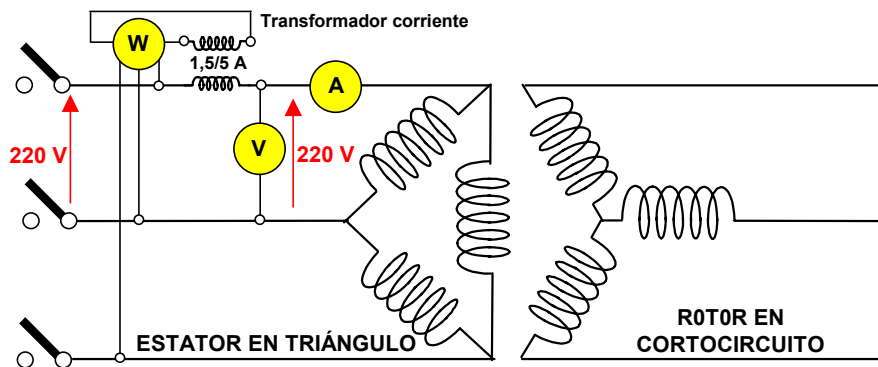
directamente mediante un polímetro conectado sobre los terminales de una cualquiera de las tres fases.

Esta forma de medición de la resistencia estática es válida para este motor, ya que esta presenta un valor considerable. Sin embargo, en el caso de máquinas industriales este método sería demasiado impreciso. En este caso se realizaría la medida mediante un multímetro digital en conexión a 4 hilos, o bien haciendo circular corriente continua a través del devanado y calculando la resistencia como el cociente entre el valor de la tensión aplicada y la corriente circulante.

El valor de resistencia estática obtenida mediante el ensayo se utilizará posteriormente en el cálculo del circuito equivalente del motor.

2º ENSAYO DE ROTOR LIBRE Y SEPARACIÓN DE PÉRDIDAS

El montaje del motor se realiza conforme a la siguiente figura. Con el motor en vacío la tensión de alimentación se regula mediante el Variac hasta que el voltímetro indique 220 V.

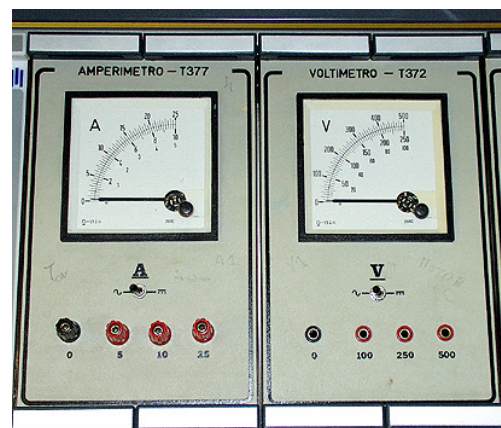


El transformador de corriente se utiliza para amplificar la corriente del motor, ya que en caso contrario la indicación del vatímetro es prácticamente inapreciable.

Los instrumentos de medida que se utilicen durante la práctica, voltímetros, amperímetros y vatímetros serán los que estén disponibles dentro del pupitre de prácticas (la fotografía de la derecha muestra un voltímetro y un amperímetro instalados en el interior del pupitre.).

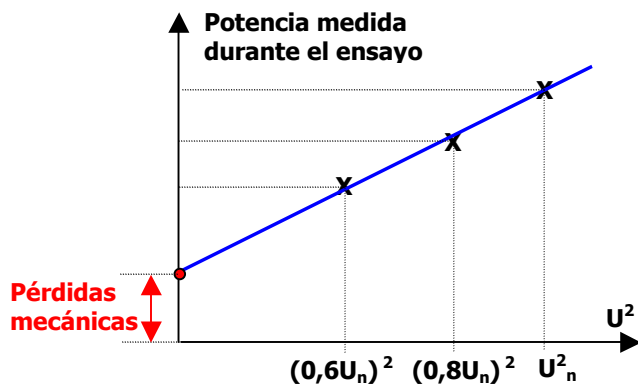
En aquellos casos en los que no hubiese suficientes equipos en el pupitre, o su rango de medida no se adaptase a los valores de la magnitud a medir durante los ensayos, se utilizarán los multímetros u otros instrumentos individuales disponibles en el laboratorio.

La conexión presentada en la figura es la correspondiente al ensayo de vacío convencional en el cual la máquina se alimenta a la tensión nominal. Sin embargo, en la práctica se realizará un ensayo de separación de pérdidas, para lo cual será necesario repetir el ensayo de vacío anotando los resultados obtenidos a tensiones inferiores a la nominal. En el formulario correspondiente a esta práctica se encuentra una tabla con las tensiones a las que se debe realizar el ensayo.



2.1 TEORÍA DEL ENSAYO DE SEPARACIÓN DE PÉRDIDAS

El fundamento en el que se basa el ensayo de separación de pérdidas es el siguiente: se pretende realizar un ensayo mediante el cual sea posible separar el valor de las pérdidas mecánicas de la máquina del correspondiente a las pérdidas en el hierro.



Para ello, se partirá de la base de que las pérdidas en el hierro varían linealmente con el cuadrado de la tensión, mientras que las pérdidas mecánicas se mantienen prácticamente constante, siempre y cuando la reducción en la tensión no sea lo bastante elevada para que la velocidad sufra un cambio apreciable. De este modo, si las pérdidas varían linealmente con la tensión al cuadrado, si se representan las pérdidas medidas sobre el motor trabajando en vacío a diferentes

tensiones sobre una gráfica tensión al cuadrado-potencia se obtendrá una serie de puntos que formarán aproximadamente una recta. El corte de la prolongación de dicha recta con el eje de ordenadas dará como resultado el valor de las pérdidas mecánicas. En la figura anterior se muestra el fundamento de este ensayo. El formulario adjunto para la resolución de una práctica contiene una tabla en la que se indican las medidas que se deben tomar para la resolución del ensayo. Durante este parte de la práctica se medirá también la velocidad de giro del motor mediante un tacómetro óptico con el fin de observar que no se producen importantes variaciones durante el ensayo y, por tanto, puede considerarse constante. El tacómetro funciona de forma prácticamente automática y basta con conectarlo y enfrentarlo al eje de la máquina de tal forma que el fotodiodo que incluye refleja el giro del motor en cada vuelta.



3º ENSAYO DE ROTOR BLOQUEADO

Para el ensayo de rotor bloqueado se utilizará exactamente el mismo esquema de conexiones que para el caso del ensayo de vacío. La única diferencia estribará en que en este caso se alimentará el motor con una tensión mucho más reducida que la nominal. De hecho, se situará el Variac en la posición de cero y se irá aumentando la tensión hasta que el motor alcance la corriente nominal, todo ello manteniendo el rotor bloqueado. **SE DEBERÁ PONER ESPECIAL ATENCIÓN EN NO SUPERAR LA CORRIENTE NOMINAL DEL MOTOR YA QUE EN ESE CASO LOS DEVANADOS PODRÍAN SUFRIR DAÑOS.** Como resultado del ensayo se registrarán la tensión, la corriente y la potencia.

4º ENSAYO DE FUNCIONAMIENTO EN CARGA

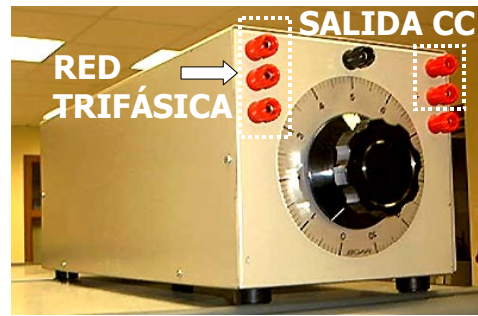


Para hacer trabajar el motor en carga se le acoplará un generador de corriente continua de excitación independiente el cual a su vez alimentará a un conjunto de resistencias. Variando la excitación del generador se varía la tensión de inducido y con ella la potencia que éste suministra. De este modo, es posible variar el par resistente que se demanda del motor asíncrono.

La unión entre ambas máquinas se hará introduciendo sus respectivos acoplamientos y fijando las bancadas de apoyo mediante el cierre de los elementos de fijación disponibles para ello, tal y como se observa en la fotografía anterior.

El generador de corriente continua funcionará como una máquina de excitación independiente para lo cual será necesario alimentar el devanado de excitación mediante un Variac adicional que estará conectado a la red trifásica.

En la siguiente fotografía se puede observar el aspecto del nuevo Variac y sus terminales de conexión. La salida de CC del Variac deberá conectarse a los terminales del devanado de excitación (inductor) de la máquina de corriente continua y los terminales del inducido se deberán conectar a su vez al banco de resistencias trifásico utilizando, obviamente, sólo un par de las tres bornas disponibles en la caja de resistencias.



En la siguiente fotografía se muestra un detalle de la placa de conexiones del motor de CC en la que se puede observar con total claridad la conexión del inducido y del inductor.

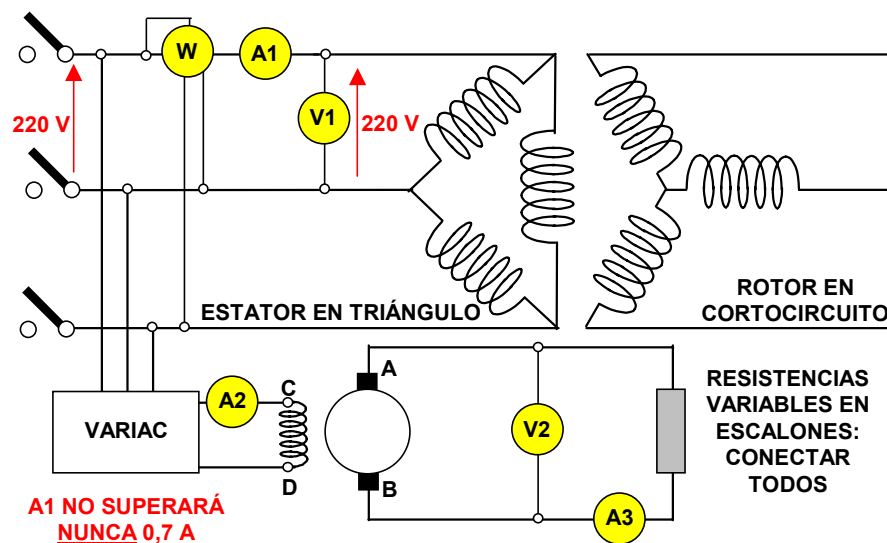


Los terminales correspondientes al inducido son los terminales A y B y los de excitación los terminales C y D. La finalidad de esta prueba es hacer trabajar al motor asíncrono en diferentes condiciones de carga que deben ir desde la carga nominal hasta el vacío. Para ello, se conectará el generador al banco de resistencias trifásico y se irá variando la excitación del generador de continua de forma progresiva. El montaje que se debe realizar será el que se muestra en el siguiente

diagrama. En él se puede observar como se ha suprimido el transformador elevador de corriente utilizado en los ensayos anteriores, ya que en este caso la potencia consumida por el motor va a ser lo bastante grande para poder realizar una medición directa. El voltímetro y el amperímetro situados en la zona de las resistencias se utilizarán para calcular la potencia eléctrica suministrada por el generador durante el ensayo.

El protocolo que se debe seguir para realizar las medidas en carga será el siguiente:

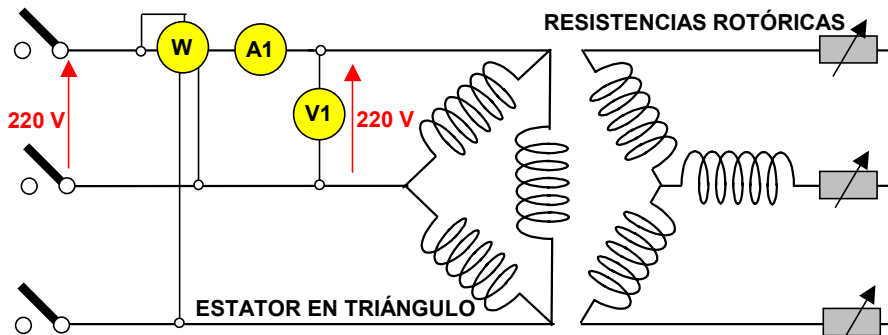
En primer lugar se hará cero la tensión del variac que alimenta la excitación del generador de continua. En el inducido del generador se conectará el banco de resistencias trifásico introduciendo los 4 escalones disponibles.



Se pondrá el motor trifásico en marcha y seguidamente se irá aumentando la excitación hasta que el vatímetro del motor indique 600 W. En esa situación se tomará la medida de la potencia y corriente consumidas por el motor asíncrono, así como de la tensión y corriente suministradas por el generador de corriente continua. Seguidamente se reducirá la tensión de excitación hasta que el vatímetro indique los siguientes valores: 460 W, 330 W, 200 W y 80 W y se repetirán las medidas anteriores. **EN LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO ES ESPECIALMENTE IMPORTANTE VIGILAR QUE LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN DE LA MÁQUINA DE CC NUNCA EXCEDA DE 0,7 A**

La resistencia que se utilizará durante este ensayo como carga del generador de corriente continua se puede observar en la fotografía anterior. En ella se aprecian los 4 interruptores correspondientes a los 4 escalones de carga que deben ser introducidos para realizar el ensayo mediante la variación de la excitación.

5º ARRANQUE CON INSERCIÓN DE RESISTENCIAS ROTÓRICAS

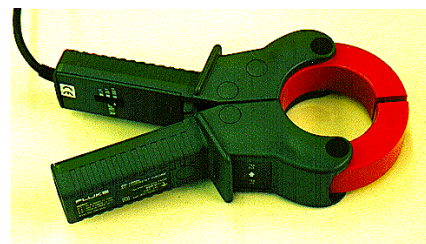


Este ensayo consistirá únicamente en observar que el valor máximo de la corriente de arranque se reduce cuando se insertan resistencias en el rotor. Para ello, se desacoplará el motor de la

máquina de CC y se hará el montaje de la figura anterior. El ensayo se desarrollará de la siguiente forma: se subirá la tensión del variac que alimenta el motor hasta 220 V. Una vez alcanzada dicha tensión se apagará el contactor de conexión del motor. Seguidamente se volverá a reconectar, observándose como la corriente alcanza un elevado valor durante los primeros instantes de funcionamiento. El proceso se repetirá comenzando sin insertar resistencias (valor mínimo), seguidamente con 4 escalones en paralelo y finalizando con un solo escalón (valor máximo). Durante el proceso se observará como la corriente de arranque se reduce de forma proporcional al valor de la resistencia introducida en el rotor.



Este ensayo se completará con el registro y posterior volcado a un PC de trabajo en campo de la corriente de arranque del motor. Para ello, se utilizará una sonda de corriente, un osciloscopio digital portátil y el PC de la siguiente fotografía.



PRÁCTICA N° 3: MÁQUINAS ROTATIVAS

Nombre y apellidos:

Número de matrícula:

Fecha:

Hora de inicio de la práctica:

Hora de finalización de la práctica:

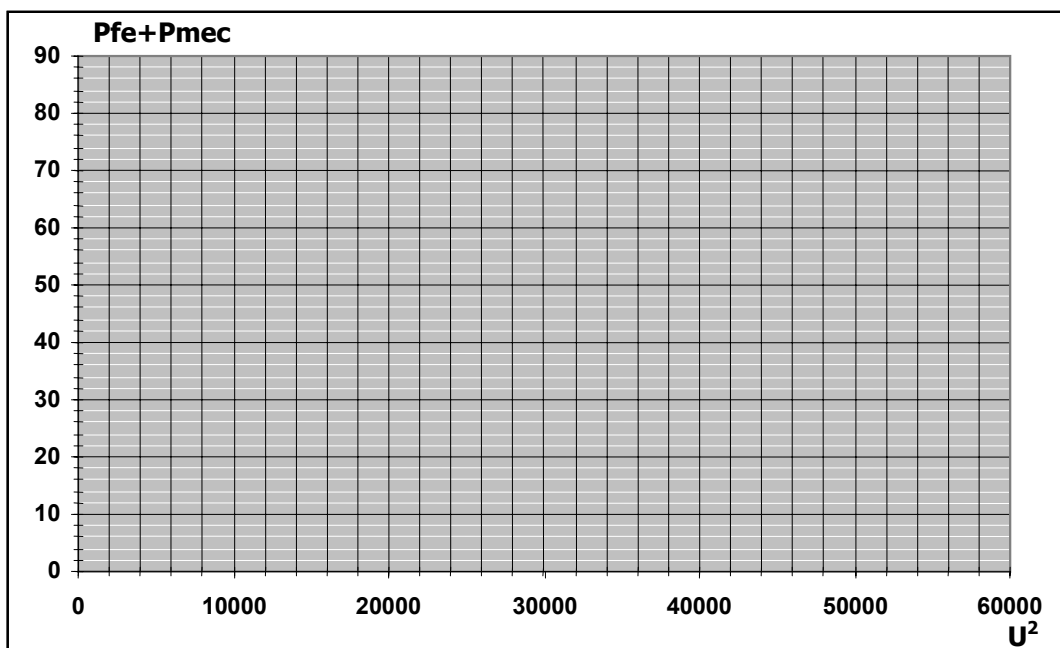
RESULTADOS Y CÁLCULOS

Responder a las preguntas siguientes a partir de los datos obtenidos mediante las mediciones realizadas o bien realizando los cálculos que fuesen necesarios a partir de ellas:

1º) Valor de la resistencia estática:

2º) Ensayo de vacío y separación de pérdidas:

U	U ²	I ₀	P _{fe} +P _{mec}
220 V	48.400 V		
200 V	40.000 V		
180 V	32.400 V		
160 V	25.600 V		
140 V	19.600 V		
120 V	14.400 V		
100 V	10.000 V		

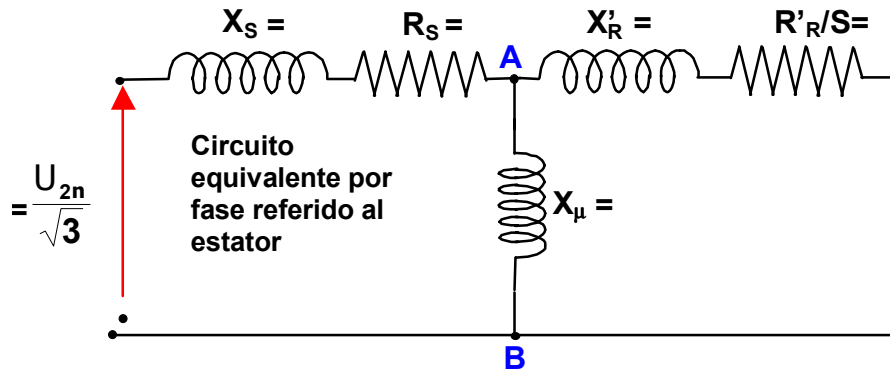


3º) Valor de las pérdidas mecánicas:

4º) Ensayo de rotor bloqueado:

U_{cc}	I_{cc}	P_{cc}

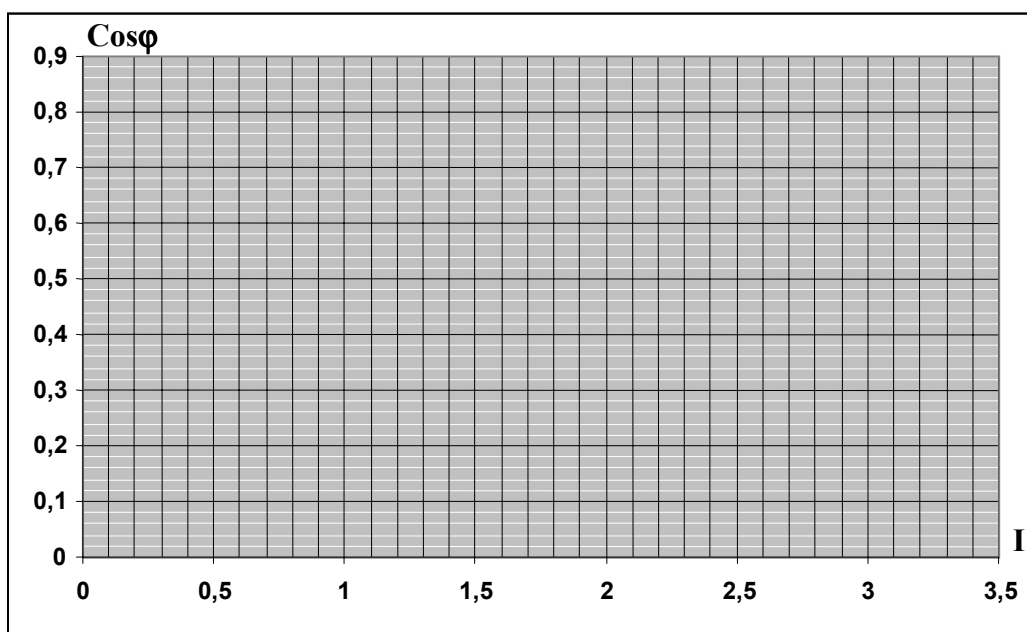
5º) Parámetros del circuito equivalente admitiendo que $X_S = X_R'$ (realizar los cálculos necesarios a continuación):



6º) Recopilar los siguientes datos del ensayo de carga

Pabsorbida motor	Indicación A1	Indicación A2	Indicación A3	Indicación V2
600 W				
460 W				
330 W				
200 W				
80 W				

6º) Dibujar la curva factor de potencia – corriente



7º) Dibujar la curva rendimiento corriente, suponiendo un rendimiento del 80% al generador de CC

