



LABORATORIO DE MOTORES ASINCRONOS TRIFASICOS TIPO JAULA DE ARDILLA

I.- INTRODUCCION

Las máquinas asíncronas se utilizan en aplicaciones de hasta el rango de los MW, su construcción sencilla con rotor tipo jaula de ardilla las convierte en motores de uso mas frecuente. Estos motores asíncronos trifásicos industriales pueden ser:

- Motores trifásicos con rotor jaula de ardilla (una jaula, doble jaula, jaula tratada y ranura profunda).
- Motores trifásicos con polos conmutables con bobinado Dahlander.
- Motores trifásicos con polos conmutables con dos bobinado separados.

II.- OBJETIVOS DEL LABORATORIO

Los objetivos del presente laboratorio son:

- Hacer conocer la constitución electromecánica de los motores asíncronos.
- Familiarizarse con la simbología y conexionado de las máquinas eléctricas de nuestro laboratorio en los ensayos según las normas IEC y NEMA.
- Conexión y puesta en servicio del motor.
- Inversión del sentido de giro (utilizando un conmutador manual)
- A partir de los ensayos realizados obtener el circuito monofásico equivalente.
- Registro de los valores característicos y curvas características (FP, EF, Torque) de funcionamiento específicas de las máquinas asíncronas.
- Evaluación de las mediciones realizadas y registradas.
- Presentación del protocolo de pruebas según normas establecidas.

III.- PRECAUCIONES

Dado las circunstancias del laboratorio y teniendo en cuenta que los equipos son muy valiosos es que debemos tener muy en cuenta lo siguiente:

1. El alumno verificará el dimensionamiento de la instrumentación a utilizarse, así mismo constatará que sus esquemas estén bien planteados.
2. Para evitar el deterioro y/o avería de los instrumentos y equipos, **el alumno no debe accionarlos por ningún motivo, sin la aprobación del profesor.**
3. Para evitar el deterioro de los amperímetros, en el momento del arranque se debe poner el amperímetro de línea en corto circuito (utilizando un puente) y siempre el arranque debe hacerse en estrella-triángulo a plena tensión.
4. Luego de unos 5 segundos hacer el cambio a triángulo y seguidamente retirar el puente del amperímetro. Si es posible hacer el arranque a tensión reducida estando el motor en la posición triángulo.
5. La escala de todos los instrumentos debe ser la máxima.
6. Al operar el freno, comenzar con una carga mínima y aumentarlo en forma gradual hasta llegar al máximo permisible.

LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS

IV.- EQUIPOS Y MAQUINAS ELECTRICAS A UTILIZAR

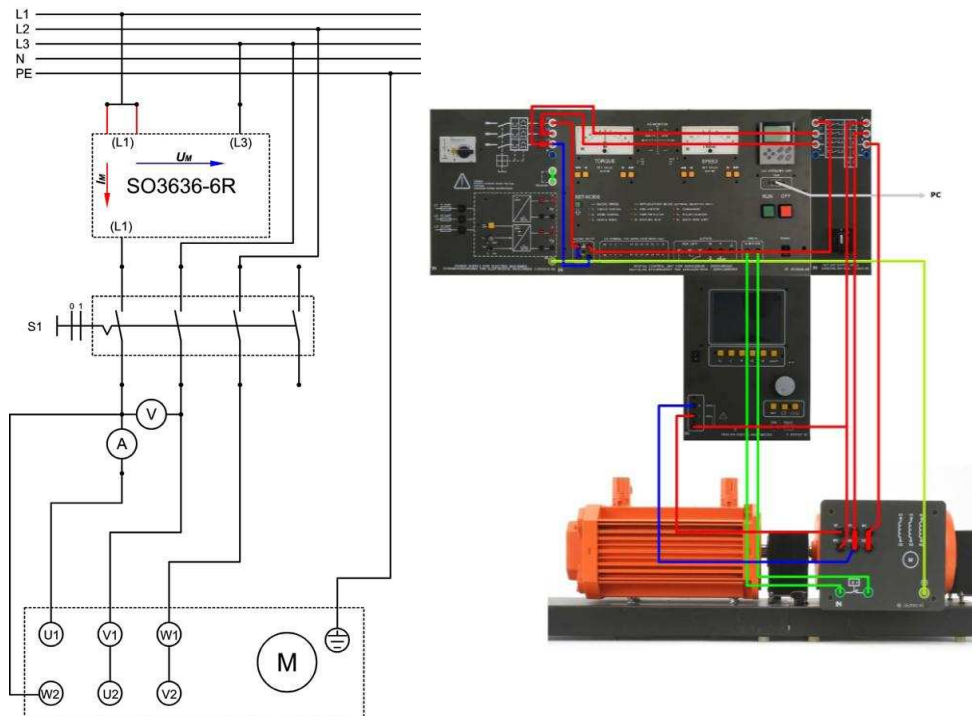
BANCO ACTIVO DE PRUEBAS	
N° de pedido	SO3636 - 6U
Tensión Nominal	230 Voltios
Corriente Nominal	3 Amperios.
Corriente Arranque	9 Amperios
Torque Máximo	10 N - m
Potencia Aparente	800 VA
Régimen de servicio	S1
RPM max.	4000
Grado de protección	IP20
AMPLIFICADOR INTERGRADO	
Tensión de pico	600 Voltios
Tensión RMS	400 Voltios
Corriente pico	10 Amperios
Corriente RMS	7 Amperios

MOTOR AISNCRONO TRIFASICO	
N°	
Tensión	400 / 690 Voltios
Corriente	1 / 0.6 Amp.
Conexión	D / Y
Frecuencia	60 Hz.
Potencia	0.37 KW
Régimen de servicio	S1
RPM	2800
Grado de protección	IP54
IKL	B
Norma	VDE 0530
Termostato	120° C
Factor de potencia	0.87
MOTOR TIPO JAULA DE ARDILLA	

ITEM	DESCRIPCION GENERAL DE LAS MAQUINAS Y EQUIPOS	CANT.
1	Manguito de acoplamiento	01
2	Cubierta de acoplamiento	01
3	Interruptor de 04 polos	01
4	Conmutador D - Y	01
5	Fuente de corriente alterna regulable ADECUADA	01
6	Multímetro analógico/digital, FP, KW, KVARs.	02
7	Multímetro digital FLUKE	01
8	Unidad condensadora	01
9	Conectores de seguridad	04
10	Juego de cables de 4 mm ²	25

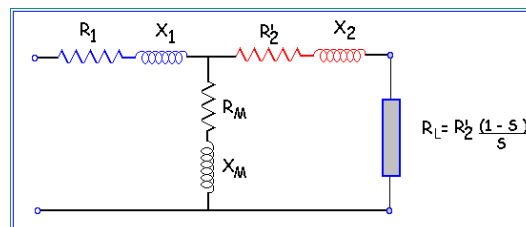
V.- ENSAYOS NORMALIZADOS

- 1.- CONEXIÓN DEL MOTOR ASINCRONO TRIFASICO - JAULA DE ARDILLA
NORMALIZADO (IEC 34 - 8) -
VER APENDICE ADJUNTO A LAS GUIAS
- 2.- MEDICION DE LA RESISTENCIA DEL ESTATOR
NORMALIZADO (IEEE 112/1978 - ítem 4.1)
VER APENDICE ADJUNTO A LAS GUIAS
- 3.- MEDICION DE LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
NORMALIZADO (IEEE 112/1978 - ítem 4.1)
VER APENDICE ADJUNTO A LAS GUIAS



CIRCUITO EQUIVALENTE DE UN MOTOR ASINCRONO

Este es el modelo monofásico práctico que presenta en un motor asíncrono trifásico conformado por las impedancias siguientes: Estatórica, retórica, núcleo y carga.



4.- PRUEBA EN VACIO (IEEE 112 /1978 ITEM 4.6)

El montaje del motor se realiza conforme a la siguiente figura. Con el motor trifásico en vacío la tensión de alimentación se regula hasta que el voltímetro indique la tensión nominal del motor ha ser probado (ver placa). Los instrumentos de medida que se utilicen durante la práctica, ya están incluidos dentro del pupitre de prácticas.

Las condiciones son las siguientes:

- La velocidad debe ser constante.
- El eje del motor debe estar completamente libre.
- La frecuencia debe ser la nominal del motor.

Con la finalidad de verificar las curvas de vacío sobreponerlos con las B vs H.

$$B_{max} = (V_{LL} \times 10^{-8}) / 4.44 \times f \times A \times N \quad (\text{Gauss})$$

$$H = (N \times \sqrt{3} I_f) / L_m \quad (\text{Amper-Vuelta/metro})$$

Donde:

L_m = Longitud media al paquete magnético en m.

LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS

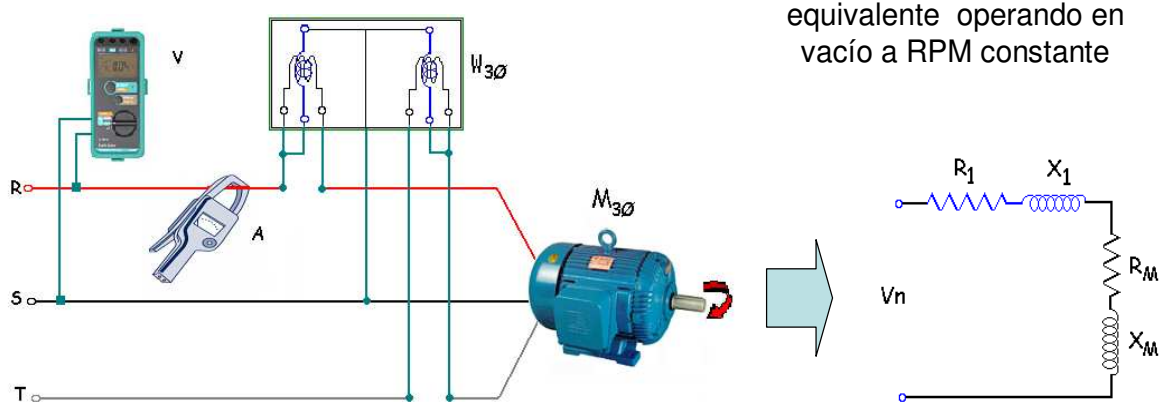
N = Número de vueltas del bobinado estatórico por fase.
 A = Area transversal del paquete magnético estatórico = $L \times C$
 L = Longitud del paquete magnético en m.
 C = Altura de la corona en m.
 f = Frecuencia del sistema Hz.
 V_{LL} = Tensión de línea en Voltios.

$$Z_0 = V_0 / I_0$$

$$R_0 = P_0 / I_0^2 = R_1 + R_M$$

$$X_0 = \{ Z_0^2 - R_0^2 \}^{1/2} = X_1 + X_M$$

Montaje de la instrumentación

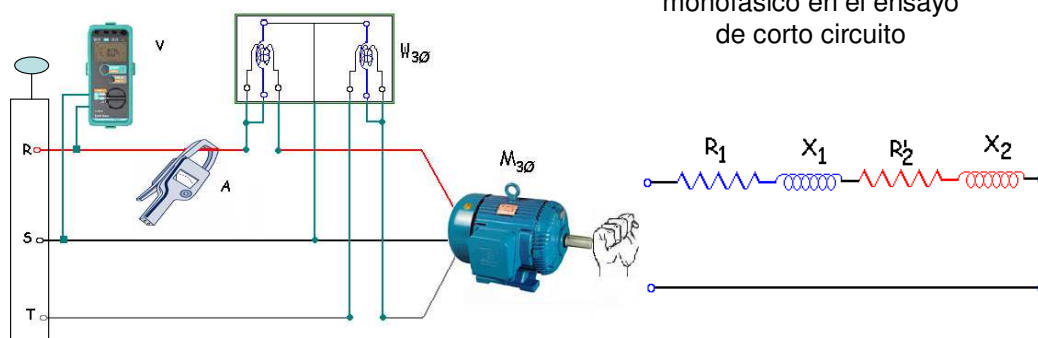


Circuito monofásico
equivalente operando en
vacío a RPM constante

Circuito utilizado en los ensayos de maquinas eléctricas industriales

5.- PRUEBA DE ROTOR BLOQUEADO (IEEE 112 /1978 ITEM 4.8)

Montaje de la maquina e instrumentación



Circuito equivalente
monofásico en el ensayo
de corto circuito

Circuito utilizado en los ensayos de maquinas eléctricas industriales

Las condiciones son las siguientes:

- La corriente de línea debe ser la nominal del motor.
- El eje del motor debe estar trabado.
- La frecuencia debe ser la nominal del motor.

Para el ensayo de rotor bloqueado se utilizará exactamente el mismo esquema de conexiones que para el caso del ensayo de vacío.

LABORATORIO DE MAQUINAS ELECTRICAS

La única diferencia estribará en que en este caso se alimentará el motor con una tensión mucho más reducida que la nominal. A partir de 0 voltios 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 PARA EVITAR QUE LOS DEVANADOS SUFRAN DAÑOS.** Como resultado del ensayo se registrarán la tensión, la corriente y la potencia en este ensayo.

$$Z_{cc} = V_{cc} / I_{cc}$$

$$R_{cc} = P_{cc} / I_{cc}^2 = R_1 + R_2'$$

$$X_{cc} = \{ Z_{cc}^2 - R_{cc}^2 \}^{1/2} = X_1 + X_2'$$

Reactancias estáticas y retóricas - IEEE 112 1978 ITEM 4.8					
Tipo de motor	Clase NEMA A	Clase NEMA B	Clase NEMA C	Clase NEMA D	Rotor Bobinado
X_1	0.5 X_{cc}	0.4 X_{cc}	0.3 X_{cc}	0.5 X_{cc}	0.5 X_{cc}
X_2'	0.5 X_{cc}	0.6 X_{cc}	0.7 X_{cc}	0.5 X_{cc}	0.5 X_{cc}

6.- PRUEBA CON CARGA (IEEE 112 /1978 ITEM 4.2)

Para la prueba con carga se tendrá que conectar el freno LN.

Seguir las indicaciones del profesor.

En forma muy atenta y delicada manipular el regulador de velocidad del freno dinámico hasta que la corriente circulante consumida por el motor es la corriente nominal.

Después del registro de las cargas aplicadas en el motor tomar el registro de la velocidad y torque. Aplicando la siguiente expresión se logrará calcular la potencia útil.

$$P_{\text{útil}} = T \text{ (N-m)} \times \text{RPM} (\pi/30)$$

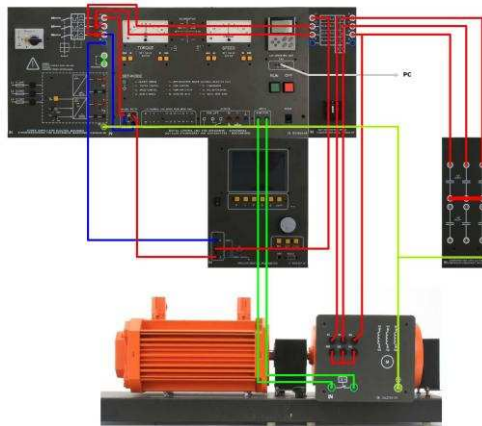
$$EF = P_{\text{útil}} / P_{\text{ingreso}}$$

PRUEBA CON CARGA (PRUEBA AL FRENO)									
FRENO		MOTOR TIPO JAULA DE ARDILLA							
RPM	N - m	VRS VOLT	IR AMP	PTOTAL VATIOS	Q TOTAL VATIOS	S V - A	EFICIEN %	VELOC RPM	F.P COSØ

7.- ENSAYO DE TEMPERATURA (IEEE 112 /1978 ITEM 5.3 MET. 3)

Consiste el registrar la temperatura y el tiempo y tener la curva Temp. Vs Tiempo. El tiempo mínimo es 04 horas cuando la temperatura comienza a disminuir en 02 grados centígrados durante las dos horas siguientes.

8.- COMPENSACION REACTIVA IEC 831 ITEM 1 - 2 Y VDE 560 ITEM 4.



9.- APLICACIONES INDUSTRIALES

Su construcción robusta e IPW adecuado hace que estos motores sean utilizados en ambientes agresivos tales como: las embarcaciones navieras, la industria textil, industrias químicas, etc. Teniendo en cuenta la categorización, será muy importante y necesario hacer una buena selección del motor para lo cual el torque de la carga es la información base.

Las cargas mas importantes son nominados a continuación:

- Compresores de aire.
- Electroventiladores centrífugos y axiales pequeños, medianos y grandes.
- Máquinas que requieren de un arranque moderado.
- Procesos que utilicen velocidad constante.
- Electrobombas centrífugas.
- Fajas transportadoras.
- Cargas que cuenten con un torque bajo, medio y elevado.

10.- CUESTIONARIO

1. Enumere y defina las características nominales de las máquinas rotativas de inducción jaula de ardilla. Además tome las características de placa del motor utilizados en su experiencia.
2. Cómo se invierte el sentido de giro de éste motor asíncrono y cuantas posibilidades tengo de hacerlo. Haga los respectivos esquemas.
3. Realice todos los cálculos necesarios que le conduzca a construir el diagrama equivalente monofásico valorado, referido al estator con sus valores registrados y calculados en los ensayos realizados en el laboratorio.
4. Graficar V_{LINEA} vs I_1 , P_{NUCLEO} vs I_1 .
5. Determinar las pérdidas por fricción y rotacionales en los motores probados.
6. Graficar las curvas P_{util} , T_{util} , EF y FP vs velocidad.
7. Elabore un formato del protocolo de pruebas que Ud. realizaría en las máquinas eléctricas tipo jaula de ardilla industriales.
8. Con el modelo encontrado realice los cálculos para encontrar las características de placa a partir del modelo tipo T valorado.
9. Conclusiones y recomendaciones (muy importante).

11.- BIBLIOGRAFIA

1. Veinott Cyril Theory and Desinn of small induction motors.Mac Graw-Hill. Bok Company INC 1959
2. George J.Thaler - Milton L. Wilcox. Máquinas eléctricas - Estado dinámico y permanente. John Wiley & Sons Inc. 1966.
3. A.E.Fitzgerald - Charles Kingsley. Teoría y análisis de las máquinas eléctricas.Mac Graw-Hill .Bok Company Inc 1992.
4. Che Mun Ong Dinamic Simulation Machinery Prentice Hall Inc 1998.
5. George Patrick Shult Transformer and motors - A Division of Prentice Hall Computer 11711 North - College,Carmel,Indiana USA. 1995
6. Irving. L. Kosow. Máquinas eléctricas y transfor-madores Prentice Hall Inc 1991.
7. Donald V. Richardson. Arthur J. Caisse. Rotating Electric Machinery and Transformer Technology. Prentice Halll Inc 1998.
8. Normas internacionales IEC 34 - 2, NEMA MG1 - 1993 Part.1 Pag 12, IEEE - 112 (test standart).Volumen 1,2,3 y 4.

VI.- PROTOCOLO DE PRUEBAS PARA MOTORES ASINCRONOS

TABLA N° 1.- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO			
DEVANADO	TERMINALES	Raisl. ($M\Omega$)	OBSERVACIONES
ESTATOR	U1 - MASA		
	V1 - MASA		
	W1 - MASA		

TABLA N° 2.- RESISTENCIA OHMICA POR FASE						
DEVANADO	TERMINALES	Rfase (Ω) *	Voltios	Amper.	Rfase (Ω) *	Tamb. (C°)
ESTATOR	U1 - U2					
	V1 - V2					
	W1 - W2					
* Utilizando un puente Wheatstone. * Utilizando una batería, voltímetro y amperímetro.						

TABLA N° 3.- PRUEBA DE VACIO						
V FASE (VOLTIOS)	I FASE (AMPERIOS)	P (VATIOS)	Q (VARS)	S (VOLT-AMP)	VELOCID. RPM	COS θ

TABLA N° 4.- PRUEBA DE CORTO CIRCUITO (ROTOR BLOQUEADO)									
V FASE (VOLTIOS)			I FASE (AMPERIOS)			P	Q	S	COS θ
RS	RT	ST	R	S	T	VATIOS	VARS	VOLT-AMP.	

TABLA N° 5.- PRUEBA CON CARGA (ACTIVAR EL FRENO)

VRS VOL.	VST VOLT.	VRT VOLT.	IR AMP.	PINGR. VATIOS	PUTIL VATIOS	TORQUE N-m	EFICIEN %	VELOC RPM	COS θ