

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Eléctrica
Conversión Electromecánica de la energía

Pre laboratorio 8
MAQUINAS ASINCRÓNICAS O DE INDUCCIÓN

Omaña Enderson CI: 24.757.361
Raven Guillermo CI: 25.476.227
Profesor: Crespo Jorge

Caracas, 1 de noviembre de 2019

Índice

1. Objetivos	3
2. Marco Teórico	3
2.1. Método A	3
3. Lista de instrumentos	5
4. Condiciones de ensayo	5
5. Procedimiento	6
5.1. Medición de resistencia estatórica	6
5.2. Prueba en vacío con rotor cortocircuitado	7
5.3. Prueba de rotor trabado	7
5.4. Efecto de carga	7
6. Diagramas	7

1. Objetivos

- Presentar los métodos de medición y las condiciones de ensayos mínimas necesarias para la realización de las pruebas de laboratorio que son base para la determinación del circuito equivalente convencional.
- Deducir las ecuaciones matemáticas para la determinación de los parámetros del circuito equivalente.
- Determinar las curvas características más importantes de las máquinas de corriente continua.
- Presentar los algoritmos de los métodos iterativos para la determinación y ajuste del circuito equivalente, respectivamente.
- Comprobar a través de determinaciones, la validez de los métodos presentados para la obtención del circuito equivalente de una maquina de inducción.

2. Marco Teórico

2.1. Método A

Se usa para maquinas cuyo ensayo de rotor trabado fue realizado con tensiones de frecuencia menor al valor nominal, tal que:

$$f_{cc} \approx 25 \% f_{nom} \quad (1)$$

Estos son los pasos a seguir del método:

1. Se deben conocer la tensión y corriente por fase, en el estátor consumida durante la prueba de vacío $V_{1,0}$ y $I_{1,0}$. La potencia por fase consumida por la maquina en vacío $P_{1,0}$. Tensión y corriente por fase, en el estátor consumida durante la prueba de rotor trabado, $V_{1,cc}$ y $I_{1,cc}$ y la potencia por fase consumida por la maquina durante el ensayo de rotor trabado, $P_{1,cc}$.
2. Asumir un valor de X_1/X_2 . En los casos que no se disponga de esta información tomar en cuenta los valores sugeridos en el estándar IEEE 112, segun el código ó “Letra diseño” NEMA de la maquina:
 - Diseño NEMA A,D y rotor bobinado: $X_1/X_2 = 1$.
 - Diseño NEMA B: $X_1/X_2 = 0,67$.
 - Diseño NEMA C: $X_1/X_2 = 0,43$.
3. Asumir un valor inicial de la reactancia de magnetización $X_{m,0}$ y estatórica de dispersión $X_{1,0}$. Se toman como valores iniciales los valores obtenidos en las pruebas de vacío y rotor trabado de modo que quedarían las siguientes expresiones:

$$X_{1(0)} = \frac{\sqrt{\left(\frac{V_{1,cc}}{I_{1,cc}}\right)^2 - \left(\frac{P_{1,cc}}{I_{1,cc}^2}\right)^2}}{1 + \frac{X_2}{X_1}} \quad (2)$$

$$X_{m(0)} = \left\| \frac{V_{1,0}}{I_{1,0}} - (R_1 + jX_{1,(i)}) \right\| \quad (3)$$

4. Calcular $Q_{1,0}$ y $Q_{1,cc}$ respectivamente mediante:

$$Q_{1,0} = \sqrt{(V_{1,0} \cdot I_{1,0})^2 - P_{1,0}^2} \quad (4)$$

$$Q_{1,cc} = \sqrt{(V_{1,cc} \cdot I_{1,cc})^2 - P_{1,cc}^2} \quad (5)$$

5. Calcular $X_{m,(i+1)}$:

$$X_{m,(i+1)} = \frac{V_{1,0}^2}{Q_{1,0} - I_{1,0}^2 \cdot X_{1,(i)}} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{X_{1,(i)}}{X_{m,(i)}}\right)^2} \quad (6)$$

6. Calcular $X_{1,cc,(i)}$:

$$X_{1,cc,(i)} = \frac{Q_{1,cc}}{I_{1,cc}^2 \cdot \left(1 + \frac{X_1}{X_2} + \frac{X_{1,(i)}}{X_{m,(i)}}\right)} \cdot \left(\frac{X_1}{X_2} + \frac{X_{1,(i)}}{X_{m,(i)}}\right) \quad (7)$$

7. Calcular $X_{1,(i+1)}$:

$$X_{1,(i+1)} = \frac{f_{nom}}{f_{cc}} X_{1,cc,(i)} \quad (8)$$

8. Para $i = i+1$ repetir paso 5 hasta el paso 7 hasta que los valores de las reactancias de dispersión y mutua se estabilicen alrededor de un 0,1 % de diferencia; es decir:

$$|X_{1,(i+1)} - X_{1,(i)}| \leq 0,001 \quad (9)$$

$$|X_{m,(i+1)} - X_{m,(i)}| \leq 0,001 \quad (10)$$

9. Calcular X_2 :

$$X_2 = \frac{X_{1,(i+1)}}{\frac{X_1}{X_2}} \quad (11)$$

10. Determinar gráficamente y a partir de las mediciones realizadas el valor de las pérdidas mecánicas P_{mec} .

11. Calcular P_{fe} :

$$P_{fe} = P_{1,0} - \frac{P_{mec}}{3} - I_{1,0}^2 \cdot R_1 \quad (12)$$

12. Calcular g_{fe} :

$$g_{fe} = \frac{P_{fe}}{V_{1,0}^2} \left(1 + \frac{X_{1,(i+1)}}{X_{m,(i+1)}}\right)^2 \quad (13)$$

13. Calcular R_{fe} :

$$R_{fe} = \frac{1}{g_{fe}} \quad (14)$$

14. Calcular R_2 :

$$R_2 = \left(\frac{P_{cc}}{I_{1,cc}^2} - R_1\right) \left(1 + \frac{X_2}{X_{m,(i+1)}}\right)^2 - \frac{X_2^2}{X_{1,(i+1)}^2} \cdot X_{1,cc,(i)}^2 \cdot g_{fe} \quad (15)$$

3. Lista de instrumentos

Cuadro 1: Lista de instrumentos de medición y componentes

Instrumento	Alcance ó especificaciones
Vatímetro	(Se determinara en el laboratorio)
Reostato	(0-33) Ω ; 4.2 A
Termometro ó Termocupla	-
Transformador de corriente	-
Reostato	(0-100) Ω ; 2.4 A
Voltímetros de bobina móvil y hierro móvil	(0-150) V/ (0-15) V/(0-30) V/(0-300) V
Multímetro CEN-TECH	-
Resistencia de shunt	(En laboratorio se determinaran)
Tacometro	-
Carga lineal	200 w, 400w, 800w, 1kw
Amperímetro de bobina móvil y hierro móvil	(0-1.2) A/ (0-6) A/(0-30) A
Protecciones AC	25 A; 380 V
Protecciones DC	-
Motor AC	- V
	- A
	- rpm
	- hp
	carga - %
Generador DC	3 KV
	125 V
	26,5 A
	1000 rpm

4. Condiciones de ensayo

Estas son las precauciones y normativas necesarias para realizar el laboratorio de forma segura y efectiva:

- **Respecto a la prueba de vacío con rotor cortocircuitado:** La máquina a la que se le hará la prueba deberá estar conectada como motor. Es necesario tener especial cuidado de no seguir reduciendo la tensión cuando la maquina comience elevar la corriente, debido a que esto puede causar el colapso de la maquina.

Es recomendable que los vatímetros posean un factor de potencia bajo.

- **Respecto a la medición de resistencia estática:** Se trabajara asegurándose que la corriente máxima alcanzada sea menor o igual al 10 % de la corriente nominal. La resistencia obtenida deberá ajustarse de acuerdo a la temperatura.
- **Respecto a la prueba de rotor trabado:** Se debe tener especial cuidado en las cercanías de la carga completa, debido a las corrientes que se pueden alcanzar, por este motivo se trabajara a tensión reducida con un vatímetro preferiblemente de alto factor de potencia, se recomienda registrar la temperatura del devanado del estátor o la resistencia del devanado del estátor.

Se debe tener cuidado de no sobre calentar los devanados. Tomando las lecturas más altas primero y las lecturas más bajas en sucesión (Según IEEE Std 112-2004). Ayudará a igualar la temperatura.

- **Respecto a la medición de la curva de carga:** Se debe medir a velocidad constante.
- **Respecto a la vestimenta:** No usar franelas o camisas manga larga, llevar zapatos de goma y pantalones. No usar collares ni pulseras de metal.
- **Previo a las pruebas:** Hacer primero el montaje antes de energizar, al culminarlo preguntar al profesor si las conexiones son correctas para proceder con las pruebas.
- **Respecto a la comunicación:** Mantener informado sobre cualquier cambio en el montaje al compañero de laboratorio y por sobre todo informar si el circuito se encuentra energizado o no.
- **Respecto a las curvas observadas:** No aceptar como adecuada una curva que este llena de ruido, ya que se puede deber a que algún elemento puede estar actuando como antena, esto originara incertidumbre en los resultados.
- **Respecto al numero de mediciones:** Realizar al menos 5 mediciones para condiciones distintas.
- **Respecto a la elección de componentes y las conexiones:** Evitar los componentes que puedan funcionar como antenas (como resistencias de shunt de tipo mariposa u algún otro que se encuentre muy expuesto) y cuidar los contactos de cada conexión.
- **Respecto a la manipulación:** En caso de maniobrar el circuito energizado manipular con la mano derecha, buscando mayores probabilidades de sobrevivir en caso de un accidente eléctrico.

5. Procedimiento

5.1. Medición de resistencia estatórica

1. Lo primero sera, hallar las resistencias internas por fase, por lo que se realizaran las conexiones como en la Figura ??.
2. Se alimentara las fases del estátor a una fracción de la tensión nominal.
3. Manteniendo la tensión $V_{3\phi}$ fija, se irán cambiando las cuchillas, se tomara nota de los valores de tensión y corriente (en caso de ser muy elevada la corriente, se colocara una resistencia de shunt para realizar la medición) en cada fase. Se tomaran al menos 4 mediciones por cada fase.
4. Se verificara si la conexión del estátor se encuentra en delta o en estrella, ya que de ser delta la resistencia por fase sera:

$$R_{fase} = \frac{3}{2} R_{medida} \quad (16)$$

Y en caso de ser estrella esta sera:

$$R_{fase} = \frac{R_{medida}}{2} \quad (17)$$

5. Se alimentara el estátor a una tensión DC, que corresponda con una fracción de la tensión nominal y se realizaran las mismas mediciones de resistencia empleando un puente de kelvin ó mediante el método del voltímetro-amperímetro por fase. Los valores de resistencia dependerán del tipo de conexión, si se encuentra en estrella:

$$R_{fase} = \frac{V_{DC\phi}}{2 \cdot I_{DC\phi}} \quad (18)$$

En delta sera:

$$R_{fase} = \frac{3 \cdot V_{DC\phi}}{2 \cdot I_{DC\phi}} \quad (19)$$

6. Se des-energizara el circuito.

5.2. Prueba en vacío con rotor cortocircuitado

1. Se armara el circuito presente en la Figura ??, es importante denotar que para cada medición se tomara nota de la tensión de línea, corriente de línea y potencia.
2. Se inician las medidas a partir de 125 % de la tensión nominal y se ira bajando en pasos de 25 % hasta que la corriente en vez de bajar comience a subir.

5.3. Prueba de rotor trabado

1. Se armara el circuito presente en la Figura ??, es importante denotar que para cada medición se tomara nota de la tensión de línea, corriente de línea y potencia.
2. Se realizara al menos una medición mientras el rotor se encuentra trabado, se espera que la corriente sea la nominal y la potencia activa.

5.4. Efecto de carga

1. Se armara el circuito presente en la Figura ??, es importante denotar que para cada medición se tomara nota de la tensión de línea, corriente de línea y potencia.
2. Se medirán los parámetros para distintas cargas conectadas al generador DC alimentado por el motor AC (al menos 4).

6. Diagramas

(Lo haremos a mano y cuando le entreguemos el laboratorio los pasaremos a computadora)