

Sistemas trifásicos

Alcocer David , Arevalo Katherine y Suntaxi Juan

Resumen. – El presente documento esta destinado al análisis de los sistemas trifásicos donde se consideran fuentes senoidales monofásicas, se examinara el generador de formas de onda sinusoidales trifásicas, las ventajas de los sistemas trifásicos en aplicaciones de potencia, y los diferentes tipos de conexiones trifásicas y de medición de potencia.

Índice de Términos – Carga balanceada, Corriente de carga, Corriente de fase, Corriente de línea, Estator, Potencia trifásica, Rotor, Voltaje de carga, Voltaje de fase, Voltaje de línea.

I. INTRODUCCIÓN

Este artículo esta implementado para tener conocimiento de que es un sistema trifásico. Un motor trifásico de inducción (MTI) es un conversor electromecánico reversible, capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica (energía cinética rotativa), o energía mecánica en energía eléctrica (aplicación como generador). Sin embargo, posee muchas desventajas como generador, por lo que pocas veces se utiliza como tal. Por esta razón, las máquinas de inducción se refieren a los motores de inducción. Este tipo de motor eléctrico es también denominado motor asincrónico trifásico, ya que una de sus características distintivas es que la velocidad de su campo estatórico, bajo condiciones de régimen permanente, nunca será igual a la velocidad mecánica de giro del eje del motor.

II. MARCO TEÓRICO

Inducción a maquinas trifásica

Los generadores trifásicos producen al mismo tiempo 3 ondas de voltaje sinusoidal ,separados por ciertos ángulos

- Generador: Es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos

Documento recibido el 30 de marzo de 2021. Este trabajo fue realizado de manera gratuita, mediante el uso del sitio web tinkercad.

A. D. El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: dsalcocer@espe.edu.ec).

A. K El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: ktarevalo@espe.edu.ec).

S. J El autor pertenece a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Pichincha, Ecuador (e-mail: jpsuntaxi1@espe.edu.ec).

- El motor: El tipo más común de motor de ca es el motor trifásico de inducción

Generadores en aplicaciones de potencia

ventaja de los sistemas trifásicos sobre el sistema monofásico es que los trifásicos producen una cantidad constante de potencia en la carga.

Tipos de generadores trifásicos

- El generador conectado en Y:Es un sistema de 3 hilos. Cargas balanceadas su corriente es cero .Los voltajes en los devanados del generador se conocen como voltaje fase y a la corriente (corriente fase) y a las corrientes en las líneas del devanado se conoce como (corriente de línea) la corriente de fase y de lineal son iguales
- El generador conectado en delta :Las magnitudes de los voltajes de línea y de fase son iguales, pero las corrientes de línea no son iguales a las corrientes de fase. La magnitud de la corriente lineal es $\sqrt{3}$ de la magnitud de la corriente de fase

Análisis de fuente y carga trifásicas

Se examinan cuatro tipos básicos de configuraciones de fuente y carga. De igual forma que para las conexiones de un generador, una carga puede ser o una configuración Y o una configuración Δ .

Las cuatro configuraciones de fuente y carga son:

1. Fuente conectada en Y que alimenta una carga conectada en Y (sistema Y-Y)
2. Fuente conectada en Y que alimenta una carga conectada en Δ (sistema Y- Δ)
3. Fuente conectada en Δ que alimenta una carga conectada en Y (Δ -Y)
4. Fuente conectada en Δ que alimenta una carga conectada en Δ (sistema Δ - Δ)

Sistema Y-Y

Una característica importante de una fuente conectada en Y es que están disponibles dos valores diferentes de voltaje trifásico: el voltaje de fase y el voltaje de línea.

La corriente de fase, la corriente de línea, y la corriente de carga son iguales en cada fase. Cada voltaje de carga es igual al voltaje de fase correspondiente. Estas relaciones se expresan como sigue y son válidas para carga balanceada o desbalanceada. Estas relaciones se expresan como sigue y son válidas para carga balanceada o desbalanceada.

$$I_{\theta} = I_L = I_Z$$

$$V_{\theta} = V_Z$$

donde V_Z e I_Z son el voltaje y la corriente de carga, respectivamente.

Para una carga balanceada, todas las corrientes de fase son iguales y la corriente neutra es de cero. Para una carga desbalanceada, cada corriente de fase es diferente y la corriente neutra es distinta de cero.

Sistema Y-Δ

Una importante característica de esta configuración es que cada fase de la carga tiene el voltaje de línea completo a través de ella.

$$V_z = V_L$$

Las corrientes de línea son iguales a las corrientes de fase correspondientes, y cada corriente de línea se divide en dos corrientes de carga.

Para una carga balanceada la expresión para la corriente en cada carga es:

$$I_L = \sqrt{3} I_Z$$

Sistema Δ-Y

Los voltajes de línea son iguales a los voltajes de fase correspondientes de la fuente. Además, cada voltaje de fase es igual a la diferencia de los voltajes de carga correspondientes.

Cada corriente de carga es igual a la corriente de línea correspondiente. La suma de las corrientes de carga es cero porque la carga está balanceada; así, no se requiere un retorno neutro.

$$V_{\theta} = \sqrt{3} V_Z$$

Las corrientes de línea y las corrientes de carga correspondientes son iguales, y para una carga balanceada, la suma de las corrientes de carga es cero.

$$I_L = I_Z$$

Cada corriente de línea es la diferencia de las dos corrientes de fase.

Sistema Δ-Δ

El voltaje de carga, el voltaje de línea, y el voltaje de fase de la fuente son iguales para una fase dada.

$$V_{\theta a} = V_{La} = V_{Za}$$

$$V_{\theta b} = V_{Lb} = V_{Zb}$$

$$V_{\theta c} = V_{Lc} = V_{Zc}$$

Cuando la carga está balanceada, todos los voltajes son iguales, y se puede escribir una expresión general.

$$V_{\theta} = V_L = V_Z$$

Potencia trifásica

En una carga trifásica balanceada cada fase tiene la misma cantidad de potencia, lo cual resulta en que la potencia real existente en la carga es tres veces la potencia de cada fase.

$$P_{L(tot)} = 3V_Z I_Z \cos \theta$$

Donde V_Z e I_Z son el voltaje y la corriente asociados a cada fase y $\cos \theta$ es el factor de potencia.

En un sistema en Y balanceado el voltaje y la corriente vienen dados por las siguientes expresiones:

$$V_L = \sqrt{3} V_Z$$

$$I_L = I_Z$$

Mientras que para un sistema en delta (Δ) balanceado, se usan las expresiones a continuación:

$$V_L = V_Z$$

$$I_L = \sqrt{3} I_Z$$

Por lo tanto, la potencia real total para sistemas en Y o sistemas en delta (Δ) es:

$$P_{L(tot)} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$$

Medición de potencia

La potencia se mide con el wattímetro, el cual está compuesto por dos bobinas y utiliza el movimiento del tipo electrodinamómetro básico. Una bobina se usa para medir la corriente y la otra mide el voltaje.

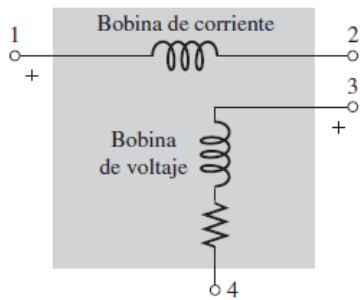


Figura. Bobinas para medir la potencia.

El resistor que se encuentra en serie con la bobina de medición del voltaje tiene la finalidad de limitar la corriente que pasa por la bobina a una cantidad pequeña proporcional al voltaje identificado entre los terminales de la bobina.

Método de 3 wattímetros

Para medir la potencia de una carga trifásica dispuesta en Y o en delta (Δ), sea que este balanceada o desbalanceada se lo puede hacer utilizando tres wattímetros organizados como se indica a continuación:

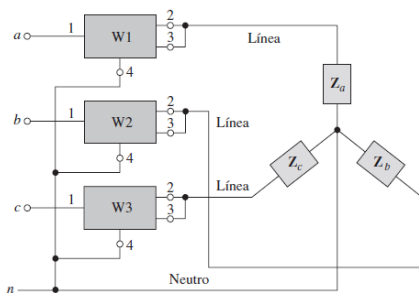


Figura. Método de 3 wattímetros, diagrama.

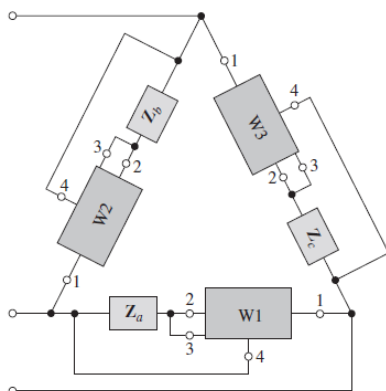


Figura. Método de 2 wattímetros, diagrama.

Entonces, la potencia total es la suma de los valores leídos por cada uno de los 3 wattímetros.

$$P_{tot} = P_1 + P_2 + P_3$$

Para una carga balanceada la potencia será 3 veces el valor leído por cualquier wattímetro.

Método dos wattímetros

En este caso la bobina de voltaje de cada wattímetro está conectada a través del voltaje de línea y la bobina de corriente tiene la corriente de línea a través de sí. De la misma manera la potencia total será la suma del valor leído

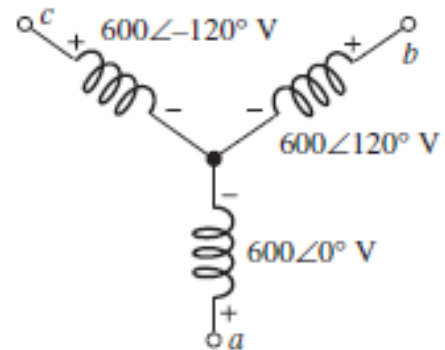
por ambos wattímetros, ya sea que esté conectada en Y o en delta (Δ).

$$P_{tot} = P_1 \pm P_2$$

III. DESARROLLO

SECCIÓN 21-3 Tipos de generadores trifásicos

Determine los voltajes de línea en la figura 21-35.



Magnitud de voltaje

$$V_L = \sqrt{3}(600) = 1 \text{ kV}$$

$$V_L = 1 \angle 120^\circ$$

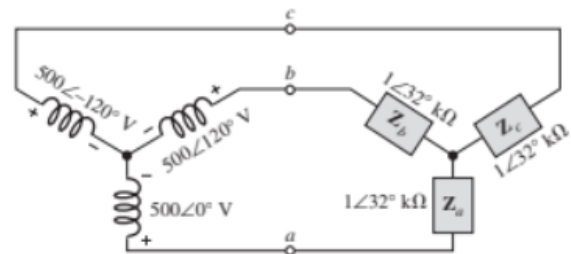
$$V_L = 1 \angle -120^\circ$$

$$V_L = 1 \angle 0^\circ$$

SECCIÓN 21-4 Análisis de fuente y carga trifásica

9. Determine las siguientes cantidades para el sistema Y-Y de la figura.

- Los voltajes de línea
- Las corrientes de carga
- Las corrientes de línea
- Las corrientes de fase
- Los voltajes de carga



Este sistema tiene una carga balanceada,

$$Z_a = Z_b = Z_c = 1 \angle 32^\circ$$

a) Los voltajes de línea son

$$V_{La} = \sqrt{3}V_{\theta a} \rightarrow V_{La} = \sqrt{3} \cdot 500 \angle (0 - 30^\circ) \rightarrow V_{La} = 866 \angle -30^\circ$$

$$V_{Lb} = \sqrt{3}V_{\theta b} \rightarrow V_{Lb} = \sqrt{3} \cdot 500 \angle (120 - 30^\circ) \rightarrow V_{Lb} = 866 \angle 90^\circ$$

$$V_{Lc} = \sqrt{3}V_{\theta c} \rightarrow V_{Lc} = \sqrt{3} \cdot 500 \angle (-120 - 30^\circ) \rightarrow V_{Lc} = 866 \angle -150^\circ$$

b) Las corrientes de carga son

$$I_{Za} = \frac{V_{\theta a}}{Z_a} \rightarrow I_{Za} = \frac{500 \angle 0^\circ}{1 \angle 32^\circ} \rightarrow I_{Za} = 0.5 \angle -32^\circ A$$

$$I_{Zb} = \frac{V_{\theta b}}{Z_b} \rightarrow I_{Zb} = \frac{500 \angle 120^\circ}{1 \angle 32^\circ} \rightarrow I_{Zb} = 0.5 \angle 88^\circ A$$

$$I_{Zc} = \frac{V_{\theta c}}{Z_c} \rightarrow I_{Zc} = \frac{500 \angle -120^\circ}{1 \angle 32^\circ} \rightarrow I_{Zc} = 0.5 \angle -152^\circ A$$

c) Las corrientes de línea son

$$I_{La} = 0.5 \angle -32^\circ A$$

$$I_{Lb} = 0.5 \angle 88^\circ A$$

$$I_{Lc} = 0.5 \angle -152^\circ A$$

d) La corrientes de fase son

$$I_{\theta a} = 0.5 \angle -32^\circ A$$

$$I_{\theta b} = 0.5 \angle 88^\circ A$$

$$I_{\theta c} = 0.5 \angle -152^\circ A$$

e) Los voltajes de carga son

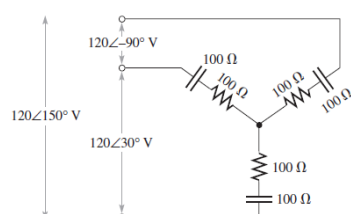
$$V_{Za} = 500 \angle 0^\circ V$$

$$V_{Zb} = 500 \angle 120^\circ V$$

$$V_{Zc} = 500 \angle -120^\circ V$$

Determine la potencia total suministrada a la carga en la figura 21-42.

► FIGURA 21-42



$$V_{L2} = 120 \angle 150^\circ V$$

$$V_{L3} = 120 \angle -90^\circ V$$

$$V_{L1} = 120 \angle 30^\circ V$$

$$Z = 100\sqrt{2} \angle -45^\circ \Omega$$

$$P_{TOTAL} = 120 * \frac{120}{100\sqrt{2}} * \cos -45 = 72 W$$

IV. CONCLUSIONES

Al hablar de sistemas trifásicos se tiene presente lo que es un generador ,descrito previamente se sabe que es una máquina que trasforma la energía mecánica en eléctrica, entre las ventajas que un sistema trifásico de un monofásico es que tiene menos sección transversal de cobre para conducir corriente , tiene potencia constante suministrada a la carga y el campo magnético rotatorio es constante. Estos generadores se clasifican en deltas y Y cada uno tiene su respectivo análisis respecto a su voltaje y corriente.

Los circuitos trifásicos desbalanceados se pueden conectar de varias formas como: Y-Y a con neutro ideal, Y-Y sin neutro, Y-Y con neutro con impedancia, Δ-Δ y la combinación de Δ-Y y las secuencias de las corrientes y los voltajes no necesariamente coinciden.

Las potencias de las fases individuales de un sistema balanceado van a tener el mismo valor, por lo cual la potencia total del sistema será la suma de las tres o la multiplicación de cualquiera de ellas por 3. Para medir la potencia el wattímetro posee dos tipos de bobinas, una la cual se valorara la corriente y en la otra el voltaje. O también se puede emplear los métodos de 3 y 2 wattímetros, los cuales pueden medir cargas balanceadas y desbalanceadas.

V. RECOMENDACIONES

Estudiar previamente que es un generador monofásico para el mayor entendimiento de un generador trifásico.

APÉNDICE

Proteus es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción.

Tinkercad es un software gratuito online creado por Autodesk es una sencilla aplicación en línea de diseño impresión 3D que todos pueden usar. El objetivo de tinkercad es ofrecer una herramienta online de diseño e impresión 3D de manera fácil. Una de sus ventajas es la interfaz de trabajo ya que es intuitiva y atractiva para el usuario. Una desventaja del software es que no se puede trabajar si el usuario no cuenta con una conexión a internet.

RECONOCIMIENTO

D.A. agradece al Sr. Ingeniero Edwin Alulema por impartir las clases de Fundamentos de Circuitos Electrónicos procurando la plena comprensión de los estudiantes.

K.A. agradecimientos del autor para el ingeniero por facilitar su conocimiento sobre el tema.

REFERENCIAS

[1] *Floyd, Thomas L., (2007). Principios de circuitos eléctricos. México. PEARSON EDUCACIÓN.*

Biografía Autor(es)

David Alcocer Ojeda, nació en Quito, Ecuador el 4 de julio de 1998. Actualmente está estudiando la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Katherine Arevalo Aguilar nació en Ibarra, Ecuador el 1 de abril de 1999. Cursando la carrera de ingeniería mecatrónica en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Juan Suntaxi Naula nació en Sangolquí, Ecuador el 16 de agosto de 1999. Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en las Univerdad de las Fuerzas Armadas ESPE.