

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3φ DESBALANCEADOS

OBJETIVOS:

- 1.- Medir la potencia entregada a una carga trifásica desbalanceada, utilizando los métodos de los dos y tres wáttmetros.

EXPOSICION:

Puesto que la potencia entregada a una carga trifásica desbalanceada es la suma de las potencias que consumen en cada fase, la potencia total puede medirse colocando un wáttmetro en cada fase, como se indica en la figura 10.1 para cargas en delta y en estrella.

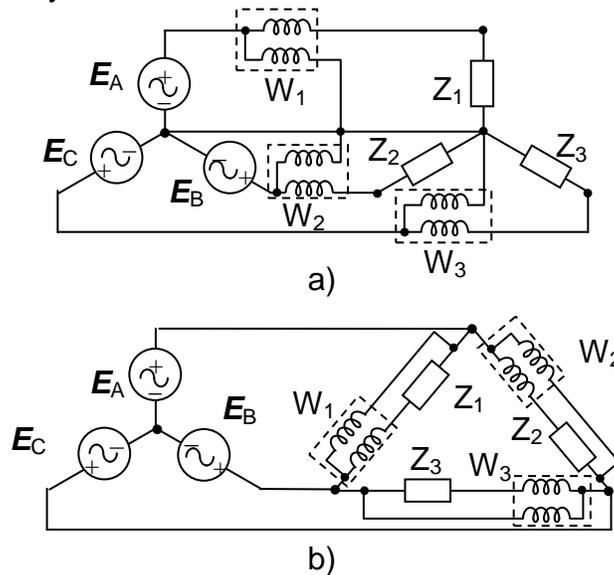


FIGURA 10.1

Cada wáttmetro mide la potencia entregada a cada fase. La bobina de potencial de cada wáttmetro se conecta en paralelo con la carga, mientras que la bobina de corriente se conecta en serie con la carga.

La potencia trifásica se obtiene sumando la lectura de los tres wáttmetros. Esto es:

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2 + P_3$$

El uso del método de los tres wáttmetros es poco usado en la práctica, debido a que generalmente no es posible llegar a las fases de una carga conectada en delta, ó al punto neutro de una carga en estrella. Por lo anterior, se emplea el método de los dos wáttmetros. Esta conexión se muestra en la figura 10.2. Uno de los extremos de cada bobina de potencial se conecta a la misma línea, las bobinas de corriente se conectan a las líneas restantes.

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3φ DESBALANCEADOS

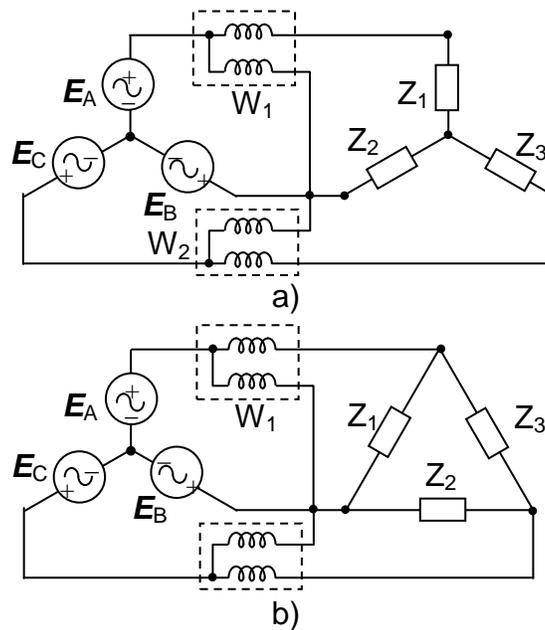


FIGURA 10.2

La potencia trifásica se obtiene sumando la lectura de los wáttmetros.

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2$$

El cálculo demostrativo para un circuito conectado en delta, es el siguiente:

Como $P = V \times I \cos (\theta_V - \theta_I)$, y considerando que V_{AB} esta a 0° , se tiene (considerando una secuencia positiva) que el voltaje entre las terminales de la bobina de potencial en el wáttmetro 2 es:

$$V_{CB} = -V_{BC} = V_{BC} \angle -120^\circ + 180^\circ = V_{BC} \angle 60^\circ .$$

Y por lo tanto, la potencia medida por cada uno de ellos será:

$$P_1 = V_{AB} \times I_A \cos (-\theta_A) = V_{AB} \times I_A \cos \theta_A \quad \dots (10.1)$$

$$P_2 = V_{BC} \times I_C \cos (60^\circ - \theta_C) = V_{BC} \times I_C [\cos 60^\circ \cos \theta_C + \sen 60^\circ \sen \theta_C] \dots (10.2)$$

La potencia en cada fase es:

$$P_{AB} = V_{AB} \times I_{AB} \cos (-\theta_{AB}) = V_{AB} \times I_{AB} \cos \theta_{AB} \quad \dots (10.3)$$

$$P_{BC} = V_{BC} \times I_{BC} \cos (-120^\circ - \theta_{BC}) = V_{BC} \times I_{BC} \cos (120^\circ + \theta_{BC}) \quad \dots (10.4)$$

$$P_{CA} = V_{CA} \times I_{CA} \cos (120^\circ - \theta_{CA}) \quad \dots (10.5)$$

Y las corrientes de línea A y C, en forma rectangular son:

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} = I_A \cos \theta_A + j I_A \sen \theta_A$$

$$= (I_{AB} \cos \theta_{AB} - I_{CA} \cos \theta_{CA}) + j (I_{AB} \sen \theta_{AB} - I_{CA} \sen \theta_{CA}) \quad \dots (10.6)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} = I_C \cos \theta_C + j I_C \sen \theta_C$$

$$= (I_{CA} \cos \theta_{CA} - I_{BC} \cos \theta_{BC}) + j (I_{CA} \sen \theta_{CA} - I_{BC} \sen \theta_{BC}) \quad \dots (10.7)$$

Ahora bien, como:

$$V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = V$$

y

$$P_{3\phi} = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}$$

Entonces, sustituyendo las ecuaciones 10.3, 10.4 y 10.5 en esta última expresión se tendrá que:

$$P_{3\phi} = V[I_{AB} \cos \theta_{AB} + I_{BC} \cos (120^\circ + \theta_{BC}) + I_{CA} \cos (120^\circ - \theta_{CA})]$$

$$= V[I_{AB} \cos \theta_{AB} + I_{BC} (\cos 120^\circ \cos \theta_{BC} - \sen 120^\circ \sen \theta_{BC})$$

$$+ I_{CA} (\cos 120^\circ \cos \theta_{CA} + \sen 120^\circ \sen \theta_{CA})]$$

como $\cos 120^\circ = -\cos 60^\circ$ y $\sen 120^\circ = \sen 60^\circ$, entonces:

$$P_{3\phi} = V[I_{AB} \cos \theta_{AB} + I_{BC} (-\cos 60^\circ \cos \theta_{BC} - \sen 60^\circ \sen \theta_{BC})$$

$$+ I_{CA} (-\cos 60^\circ \cos \theta_{CA} + \sen 60^\circ \sen \theta_{CA})]$$

además $\cos 60^\circ = \frac{1}{2}$, de aquí podemos decir que:

$$P_{3\phi} = V[I_{AB} \cos \theta_{AB} + I_{BC} (-\frac{1}{2} \cos \theta_{BC} - \sen 60^\circ \sen \theta_{BC})$$

$$+ I_{CA} (-\frac{1}{2} \cos \theta_{CA} + \sen 60^\circ \sen \theta_{CA})]$$

o bien:

$$P_{3\phi} = V[I_{AB} \cos \theta_{AB} + I_{BC} (-\frac{1}{2} \cos \theta_{BC} - \sen 60^\circ \sen \theta_{BC})$$

$$+ I_{CA} (-\frac{1}{2} \cos \theta_{CA} + \sen 60^\circ \sen \theta_{CA} + \frac{1}{2} \cos \theta_{CA} - \frac{1}{2} \cos \theta_{CA})]$$

ordenando términos:

$$P_{3\phi} = V[I_{AB} \cos \theta_{AB} - I_{CA} \cos \theta_{CA} + \frac{1}{2} (I_{CA} \cos \theta_{CA} - I_{BC} \cos \theta_{BC})$$

$$+ \sen 60^\circ (I_{CA} \sen \theta_{CA} - I_{BC} \sen \theta_{BC})]$$

De la parte real de la ecuación 10.6 y de ambos componentes rectangulares de la ecuación 10.7 podemos deducir que:

$$P_{3\phi} = V[I_A \cos \theta_A + \frac{1}{2} (I_C \cos \theta_C) + \sen 60^\circ (I_C \sen \theta_C)]$$

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

$$P_{3\phi} = V[I_A \cos \theta_A + \cos 60^\circ (I_C \cos \theta_C) + \text{sen} 60^\circ (I_C \text{sen} \theta_C)]$$

$$P_{3\phi} = V \times I_A \cos \theta_A + V \times I_C (\cos 60^\circ \cos \theta_C + \text{sen} 60^\circ \text{sen} \theta_C)$$

Finalmente, comparando esta última expresión con las ecuaciones 10.1 y 10.2 se deduce que:

$$P_{3\phi} = P_1 + P_2$$

Para conexiones en estrella a tres hilos se tiene un cálculo similar, pero la forma más fácil de demostrar que $P_{3\phi} = P_1 + P_2$ es transformado la estrella a delta, y así obtenemos el mismo sistema por analizar.

Este método no se usa en sistemas trifásicos a cuatro hilos desbalanceados, debido a que los wáttmetros no considerarían la corriente circulante a través del neutro. Una forma para demostrar esto es basándonos en que, en los sistemas trifásicos a tres hilos, siempre se cumple que:

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

Mientras que en sistemas trifásicos a cuatro hilos se debe cumplir que:

$$I_N = I_A + I_B + I_C \neq 0$$

$I_N = 0$ únicamente en sistemas equilibrados.

NOTA.- El multímetro EXTECH 382860 se empleará en esta práctica como wáttmetro monofásico por lo que deberá de colocar el selector en la posición de **POWER** y considerar las terminales del devanado de corriente entre los bornes **COM** y **20 A** (ver la figura 10.3), y la del devanado de voltaje entre los bornes **COM** y **V/ Ω** . **NO MUEVA EL SELECTOR** ya que puede ocasionar un daño severo en el instrumento.

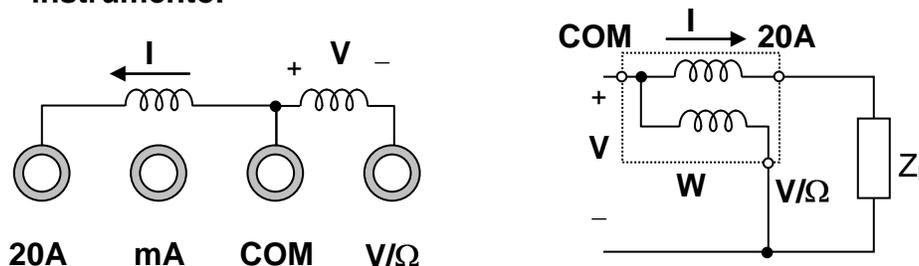


FIGURA 10.3

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

INSTRUMENTOS Y EQUIPO:

- 1 Módulo de fuente de alimentación
- 1 Módulo de medición de voltaje para C.A.
- 1 Módulo de medición de corriente para C.A.
- 1 Multímetro EXTECH 382860.
- 1 Módulo de Resistencias.
- 1 Módulo de Inductancias.
- 1 Módulo de Capacitancias.
- Cables de conexión

PROCEDIMIENTO:

ADVERTENCIA

En esta práctica se manejan *altos voltajes*, por lo que **NO** debe realizar ninguna conexión cuando la fuente esté encendida. La fuente se debe de desconectar después de cada medición.

- 1.- a) Mida la potencia y la corriente en cada una de las fases del circuito mostrado en la figura 10.4. Obviamente sólo podrá conectar un wáttmetro a la vez, por lo que deberá reducir el voltaje a cero y desenergizar la fuente cada que conecte y desconecte el instrumento de medición.

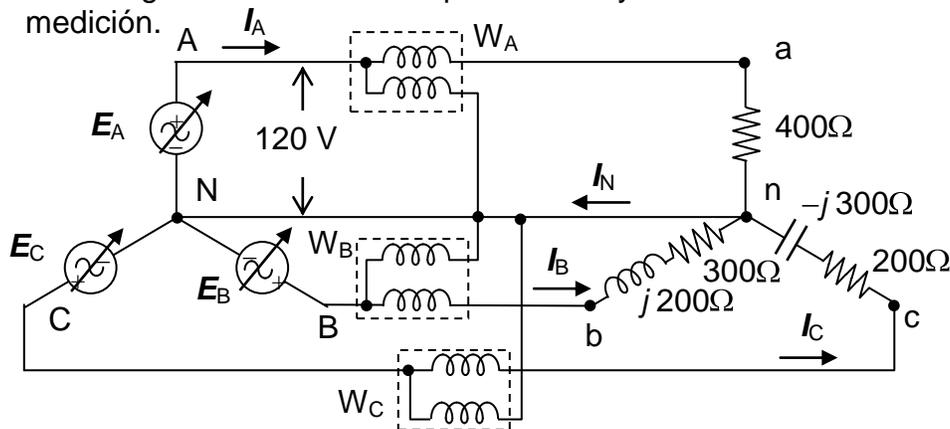


FIGURA 10.4

- b) Energice la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de fase a 120 V.
c) Mida y anote.

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$P_A =$ _____
 $P_B =$ _____
 $P_C =$ _____
 $I_A =$ _____
 $I_B =$ _____
 $I_C =$ _____

$P_A =$ _____
 $P_B =$ _____
 $P_C =$ _____
 $I_A =$ _____
 $I_B =$ _____
 $I_C =$ _____

- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
 e) En base a los valores medidos y calculados, calcule los siguientes parámetros:

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$S_A =$ _____
 $S_B =$ _____
 $S_C =$ _____
 f.p. $A =$ _____
 f.p. $B =$ _____
 f.p. $C =$ _____

$S_A =$ _____
 $S_B =$ _____
 $S_C =$ _____
 f.p. $A =$ _____
 f.p. $B =$ _____
 f.p. $C =$ _____

- f) ¿Por qué no se utilizaron dos wátmetros únicamente para medir la potencia trifásica?
- _____
- _____
- _____

- 2.- a) Conecte el circuito de la figura 10.5. Recuerde conectar un wátmetro a la vez, por lo que deberá reducir el voltaje a cero y desenergizar la fuente antes de desconectar y conectar el instrumento de medición.

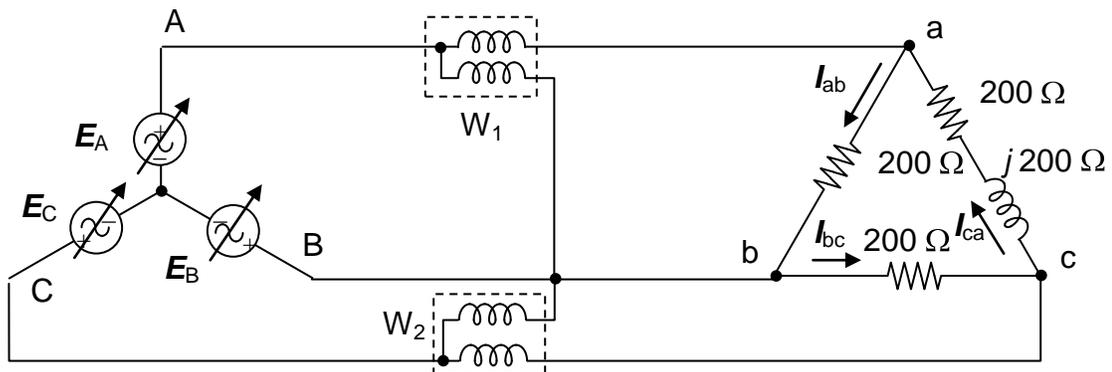


FIGURA 10.5

- b) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de línea a 120 V.
 c) Mida y anote.

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$P_1 =$ _____
 $P_2 =$ _____
 $P_{3\phi} =$ _____
 $I_{ab} =$ _____
 $I_{bc} =$ _____
 $I_{ca} =$ _____

$P_1 =$ _____
 $P_2 =$ _____
 $P_{3\phi} =$ _____
 $I_{ab} =$ _____
 $I_{bc} =$ _____
 $I_{ca} =$ _____

- d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.
 e) En base a los valores medidos y calculados, calcule los siguientes parámetros:

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$S_{ab} =$ _____
 $S_{bc} =$ _____
 $S_{ca} =$ _____
 f.p. $_{ab} =$ _____
 f.p. $_{bc} =$ _____
 f.p. $_{ca} =$ _____

$S_{ab} =$ _____
 $S_{bc} =$ _____
 $S_{ca} =$ _____
 f.p. $_{ab} =$ _____
 f.p. $_{bc} =$ _____
 f.p. $_{ca} =$ _____

- 2.- a) Conecte el circuito de la figura 10.6. Recuerde conectar un wáttmetro a la vez, por lo que deberá reducir el voltaje a cero y desenergizar la fuente antes de desconectar y conectar el instrumento de medición.

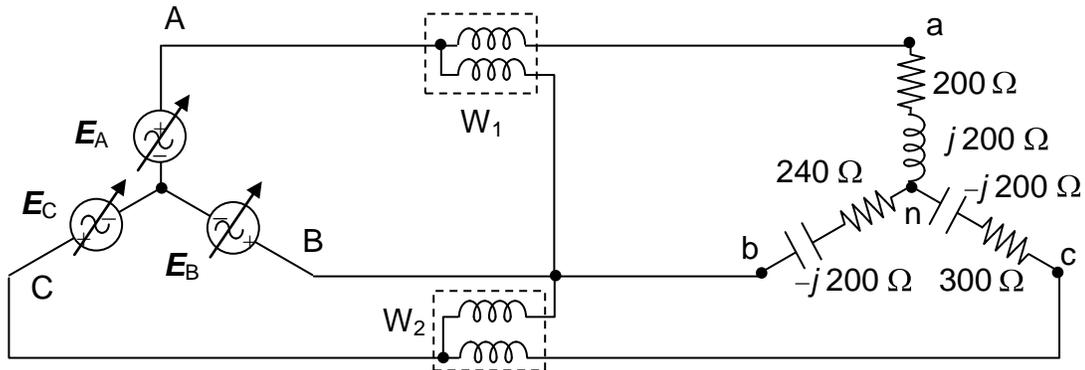


FIGURA 10.6

- b) Conecte la fuente de alimentación y ajuste el voltaje de línea a 120 V.
 c) Mida y anote.

PRACTICA #10
MEDICION DE POTENCIA EN CIRCUITO 3 ϕ DESBALANCEADOS

VALORES CALCULADOS

VALORES MEDIDOS

$P_1 =$ _____

$P_1 =$ _____

$P_2 =$ _____

$P_2 =$ _____

$P_{3\phi} =$ _____

$P_{3\phi} =$ _____

d) Reduzca el voltaje a cero y desconecte la fuente de alimentación.