7. Comparación entre las conexiones Y y D

La potencia que puede dar un generador trifásico es la misma, independientemente de que se conecten sus arrollamientos en Y o en D. Lo que cambia es el valor de las *V* e *I* que entregará.

La V_F y la I_F son fijas porque son propias del alternador. Ahora bien, según como se conecten:

a) En estrella Y: $V_L = \sqrt{3} \cdot V_F$ $\quad I_L = I_F$

b) En triángulo D: $V_L = V_F$ $\quad I_L = \sqrt{3} \cdot I_F$

Si calculamos la potencia aparente que puede entregar el alternador, en ambos casos es la misma. La conexión en Y da mayor V_L y la conexión en D entrega mayor I_L.

Sin embargo, para una red trifásica dada no es lo mismo conectar los receptores en Y que en D.

Conectando a la misma línea trifásica, es decir a igual tensión de línea, la potencia absorbida por un receptor trifásico conectado en triángulo es tres veces mayor que si se conecta en estrella.

Ejemplo

Calcula las potencias totales consumidas por un receptor trifásico formado por tres impedancias R = 10 Ω y X_L = 3 Ω al conectarlo en triángulo a una línea de 400 V. Compara los resultados con los del ejemplo resuelto anterior.

Como están conectados en triángulo, la tensión de línea coincide con la de fase:

$$V_L = V_F = 400 \text{ V}$$

Para calcular la intensidad de línea, primero debemos la intensidad de fase:

$$I_F = \frac{V_F}{Z} = \frac{400}{10{,}44} = 38{,}31 \text{ A}$$

A partir de la intensidad de fase, calculamos la intensidad de línea:

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_F = \sqrt{3} \cdot 38{,}31 = 66{,}36 \text{ A}$$

Las potencias totales son:

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 66{,}36 \cdot 0{,}96 = 44\,136{,}5 \text{ W}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \operatorname{sen}\varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 66{,}36 \cdot 0{,}28 = 12\,873{,}16 \text{ VA}_R$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 66{,}36 = 45\,975{,}6 \text{ VA}$$

Como se aprecia en los resultados, las potencias con la conexión en triángulo son el triple de las que se obtienen con el mismo receptor conectado en estrella a la misma tensión de red.

8. Medida de potencias en los sistemas trifásicos

Como hemos visto, la potencia total de un sistema trifásico es la suma de las potencias consumidas en cada una de las fases.

Las medidas de potencia trifásica dependen de si se distribuye neutro o no, porque la conexión y el número de vatímetros es distinta. Distinguiremos la medida en redes a tres o a cuatro hilos.

Saber más

En las instalaciones con grandes consumos de energía se monta, además del contador de energía activa, uno de reactiva. Cuando los consumos de reactiva son elevados, las suministradoras penalizan al abonado para que aumente el factor de potencia de la instalación.

8.1. Medida de potencias en sistema a cuatro hilos, con neutro

Se conecta un vatímetro por fase, conectando las bobinas voltimétricas entre la fase correspondiente y neutro. La potencia activa total es la suma de las potencias medidas por cada vatímetro.

$$P_T = W_1 + W_2 + W_3 \quad [\text{W}]$$

Este método es válido tanto para sistemas equilibrados como desequilibrados.

Figura 5.18. Medida a cuatro hilos con tres vatímetros.

Cuando el sistema es equilibrado se podría prescindir de dos de los vatímetros y calcular la potencia total como producto de la potencia medida por el vatímetro multiplicada por 3.

$$P_T = 3 \cdot W_1 \quad [\text{W}]$$

Este método **solo sirve** cuando tenemos la certeza de que el **sistema es equilibrado**, o sea, cuando **todas las cargas conectadas son trifásicas** o las **monofásicas conectadas son idénticas** en cada fase.

Figura 5.19. Medida a cuatro hilos con un vatímetro.

Para la **medida de las potencias aparentes** en sistemas **equilibrados y desequilibrados**, se emplea un amperímetro por fase y un voltímetro entre cada fase y neutro, el producto de la lectura del voltímetro por la del amperímetro de cada fase nos dará la potencia aparente de fase, sumándolas todas obtendremos la total.

$$\cancel{S_T = V_1 \cdot A_1 + V_2 \cdot A_2 + V_3 \cdot A_3 \quad [\text{VA}]}$$

ERROR:
Sólo se pueden sumar si tienen la misma dirección

Valdría si las tres cargas tuvieran el mismo fdp aunque tuvieran distinto valor óhmico

La potencia reactiva total se obtiene del triángulo de potencias:

$$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} \quad [\text{VA}_R]$$

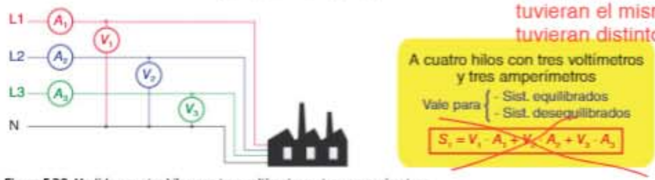

Figura 5.20. Medida a cuatro hilos con tres voltímetros y tres amperímetros.

Como en el caso anterior, si tenemos la seguridad de que el sistema es equilibrado podríamos usar un solo voltímetro y amperímetro conectados a una fase cualquiera y obtener la potencia aparente total como el producto de la tensión e intensidad medidas, multiplicadas por 3.

$$\boxed{S_T = 3 \cdot V_1 \cdot A_1 \quad [VA]}$$

Figura 5.21. Medida a tres hilos con un voltímetro y un amperímetro.

8.2. Medida de potencias en sistema a tres hilos, sin neutro. Método Aron

Tanto en sistemas equilibrados como desequilibrados tenemos dos opciones: con tres vatímetros o con dos vatímetros (método Aron).

El método con tres vatímetros es igual que el visto en la medida de sistema a cuatro hilos, solo que ahora las bobinas voltimétricas, en vez de al neutro, se conectan ente sí, formando un neutro artificial. Y como antes:

$$P_T = W_1 + W_2 + W_3 \quad [W]$$

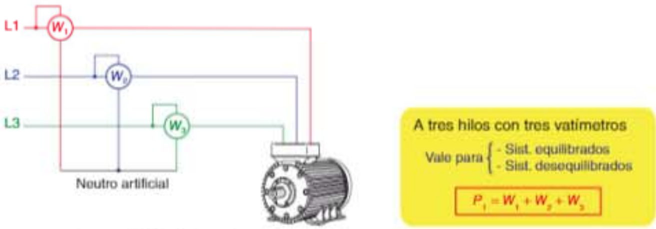

Figura 5.22. Medida a tres hilos con tres vatímetros.

El método de Aron o con dos vatímetros consiste en conectar las bobinas amperimétricas de los vatímetros a dos fases, y la voltimétrica entre su fase y la fase restante. La potencia activa total es la suma de la lectura de los dos vatímetros, tanto en sistemas equilibrados como desequilibrados.

$$\boxed{P_T = W_1 + W_2 \quad [W]}$$

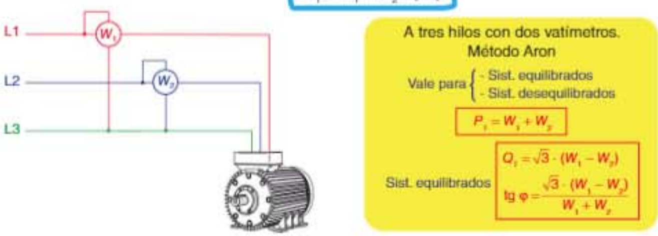

Figura 5.23. Medida a tres hilos con dos vatímetros. Método Aron.

En sistemas equilibrados, además, con este método podemos medir:

- La potencia reactiva, como la resta de las lecturas de ambos vatímetros multiplicada por $\sqrt{3}$: $\boxed{Q_T = \sqrt{3} \cdot (W_1 - W_2) \quad [W]}$
- El fdp, a partir de la tg φ, que se calcula: $\boxed{\text{tg}\ \varphi = \frac{Q_T}{P_T} = \frac{\sqrt{3} \cdot (W_1 - W_2)}{W_1 + W_2}}$

Ejemplo

En un sistema trifásico equilibrado de 400 V se lee en los vatímetros los siguientes valores $W_1 = 8\,432$ W y $W_2 = 3\,287$ W. Calcula:

a) ¿Qué método de medida se ha utilizado?

b) La potencia activa y la reactiva.

c) El factor de potencia.

d) La intensidad de línea consumida por la carga.

Se trata del método Aron con dos vatímetros.

La potencia activa vale:

$$P_T = W_1 + W_2 = 8\,432 + 3\,287 = 11\,719 \text{ W}$$

Como está equilibrado, podemos calcular la reactiva como:

$$Q_T = \sqrt{3} \cdot (W_1 - W_2) = \sqrt{3} \cdot (8\,432 - 3\,287 = 8\,911{,}4 \text{ VA}_R$$

Calculamos ahora la tg φ y obtenemos el cos φ:

$$\text{tg}\ \varphi = \frac{Q_T}{P_T} = \frac{8\,911{,}4}{11\,719} = 0{,}76$$

$$\text{artg } 0{,}76 = 37° \rightarrow \cos 37° = 0{,}8$$

Por último, la intensidad de línea la obtenemos a partir de la fórmula de la potencia activa:

$$I_L = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{11\,719}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0{,}8} = 21{,}14 \text{ A}$$

La intensidad de línea consumida por la carga es de 21,14 A.

Actividades

4. En la medida del consumo de un motor trifásico en Y con el método de un vatímetro este indica W = 720 W. ¿Qué potencia activa total consume el motor?
5. Se mide la potencia de un receptor conectado en Y a una red trifásica mediante un vatímetro, un amperímetro y un voltímetro y se obtienen los siguientes valores de fase: W = 800 W, I = 3 A, V = 230 V. Calcula:
   a) La potencia activa total que consume.
   b) La potencia aparente total.
   c) La potencia reactiva total.
   d) El cos φ total.
6. Una red de 400 V alimenta a un receptor trifásico. Halla:
   a) La tensión de fase si se conecta en Y.
   b) La tensión de fase si se conecta en D.
   c) Si la $I_L = 25$ A, la I_F en cada conexión.