

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL ROSARIO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO PRÁCTICO Nº 5

TEMA: **MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA EN
SISTEMAS TRIFILARES**

CÁTEDRA: Instrumentos y Mediciones Eléctricas
4to año - Ingeniería Eléctrica - UTN-FRR

TRABAJO PRACTICO Nº 5

TEMA: MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA

CONSIDERACIONES TEÓRICAS:

La potencia de un sistema trifásico resulta:

$$P = U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3$$

Siendo: 1 - 2 - 3 las tres fases del sistema trifásico.

1) Sistemas trifilares: La no existencia de neutro implica un sistema forzosamente equilibrado, independientemente de la simetría o no de las tensiones, cumpliéndose:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Esta condición permite la utilización del método Aron, o método de los dos wattímetros, para la medición de la potencia total, tal como se indica a continuación:

$$\begin{aligned} P &= U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3 = U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 (-I_1 - I_2) = \\ &= I_1 (U_1 - U_3) + (U_2 - U_3) I_2 \end{aligned}$$

que se puede expresar como:

$$P = I_1 U_{13} + I_2 U_{23} \quad (1)$$

correspondiente a la siguiente disposición circuital:

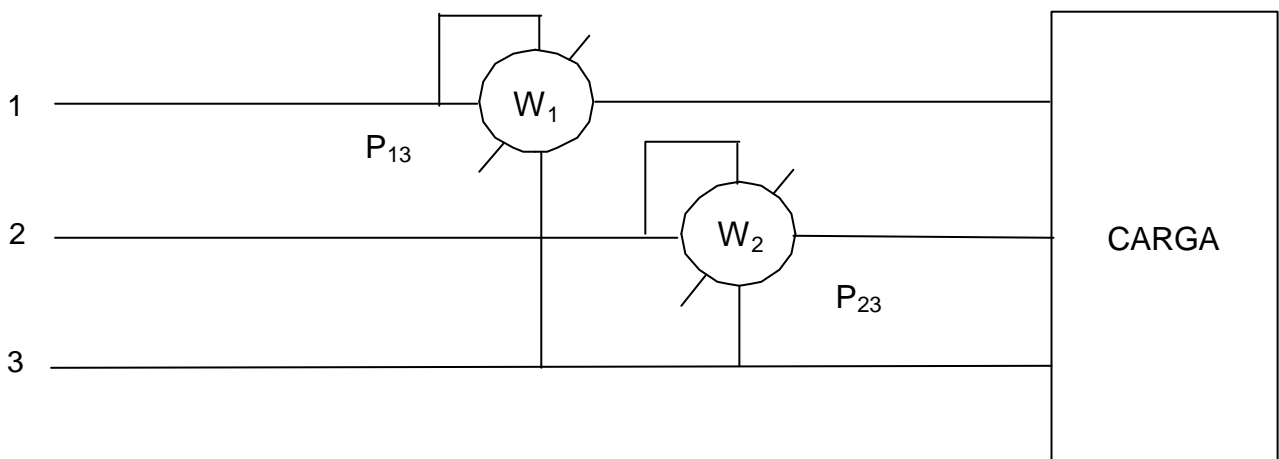


Figura 1

Con el mismo razonamiento para la determinación de (1) se puede expresar:

$$\begin{aligned} P &= I_1 U_{12} + I_3 U_{32} \\ P &= I_2 U_{21} + I_3 U_{31} \end{aligned} \quad (2)$$

2) Sistemas trifilares - Caso particular: Simetría de tensiones y corrientes:

Condición de equilibrio:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Condición de simetría (diagrama fasorial simétrico):

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 = I_3 = I_L \\ U_1 &= U_2 = U_3 = U_f \\ U_{13} &= U_{23} = U_L \end{aligned}$$

Tratándose de watímetros electrodinámicos, cada instrumento indicará:

$$\begin{aligned} W_1 &= P_{13} = U_{13} I_1 \cos(U_{13} \wedge I_1) \\ W_2 &= P_{23} = U_{23} I_2 \cos(U_{23} \wedge I_2) \\ P_{13} &= I_1 U_{13} \cos(\varphi - 30^\circ) \\ P_{23} &= I_2 U_{23} \cos(\varphi + 30^\circ) \end{aligned}$$

Según (1) la potencia activa total resulta:

$$P = P_{13} + P_{23} = U_{13} I_1 \cos(\varphi - 30^\circ) + U_{23} I_2 \cos(\varphi + 30^\circ)$$

Siendo

$$\begin{aligned} \cos(\varphi - 30^\circ) &= \cos\varphi \cos 30^\circ + \sin\varphi \sin 30^\circ \\ \cos(\varphi + 30^\circ) &= \cos\varphi \cos 30^\circ - \sin\varphi \sin 30^\circ \end{aligned}$$

Reemplazando y considerando simetría: ($I_1 = I_2 = I_L$; $U_{13} = U_{23} = U_L$)

$$P = I_L \cdot U_L \cdot 2 \cos \varphi \cos 30^\circ = I_L \cdot U_L \cdot \cos \varphi 2 \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot U_L \cos \varphi$$

$$P = \sqrt{3} I_L U_L \cos \varphi \quad (3)$$

En el diagrama vectorial correspondiente a la conexión efectuada se observa el desfase entre la tensión de línea y la corriente de línea.

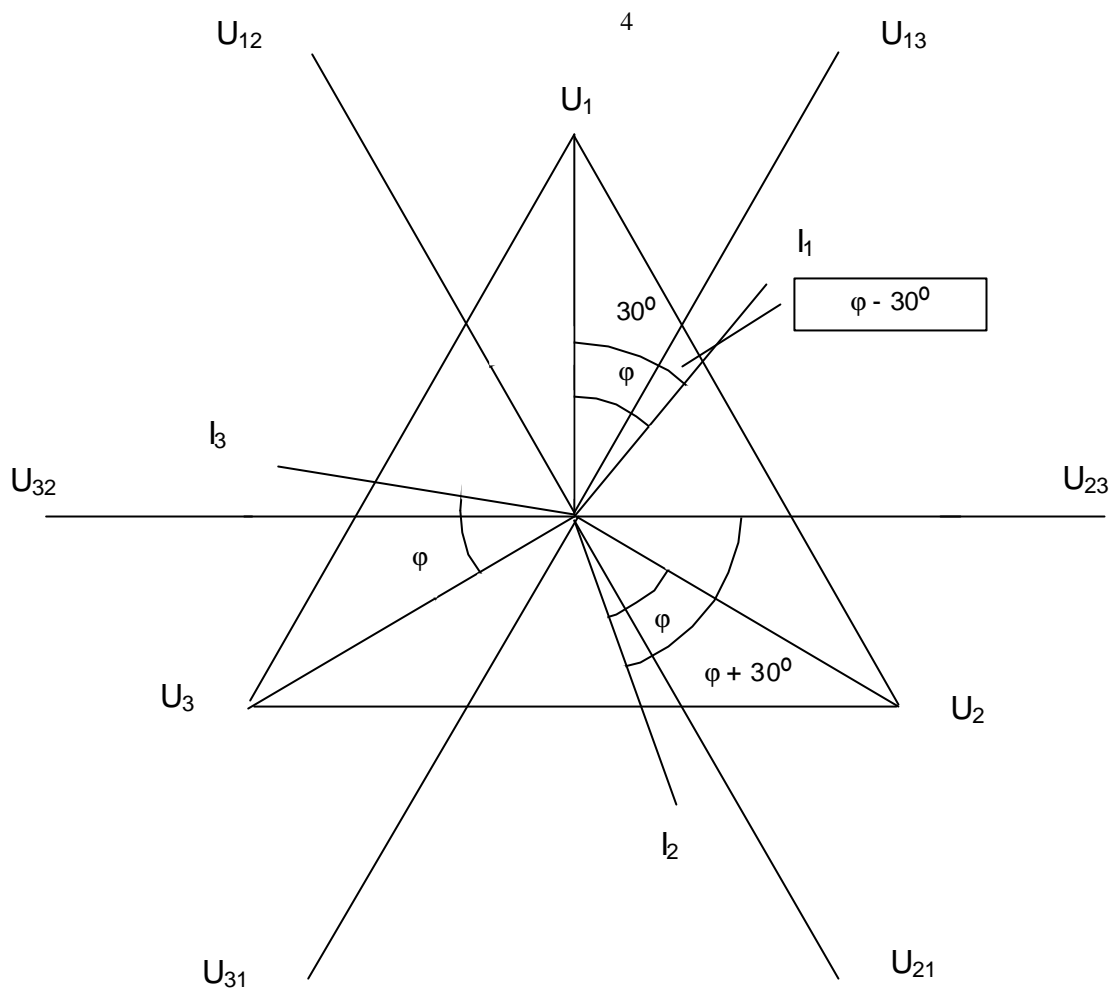


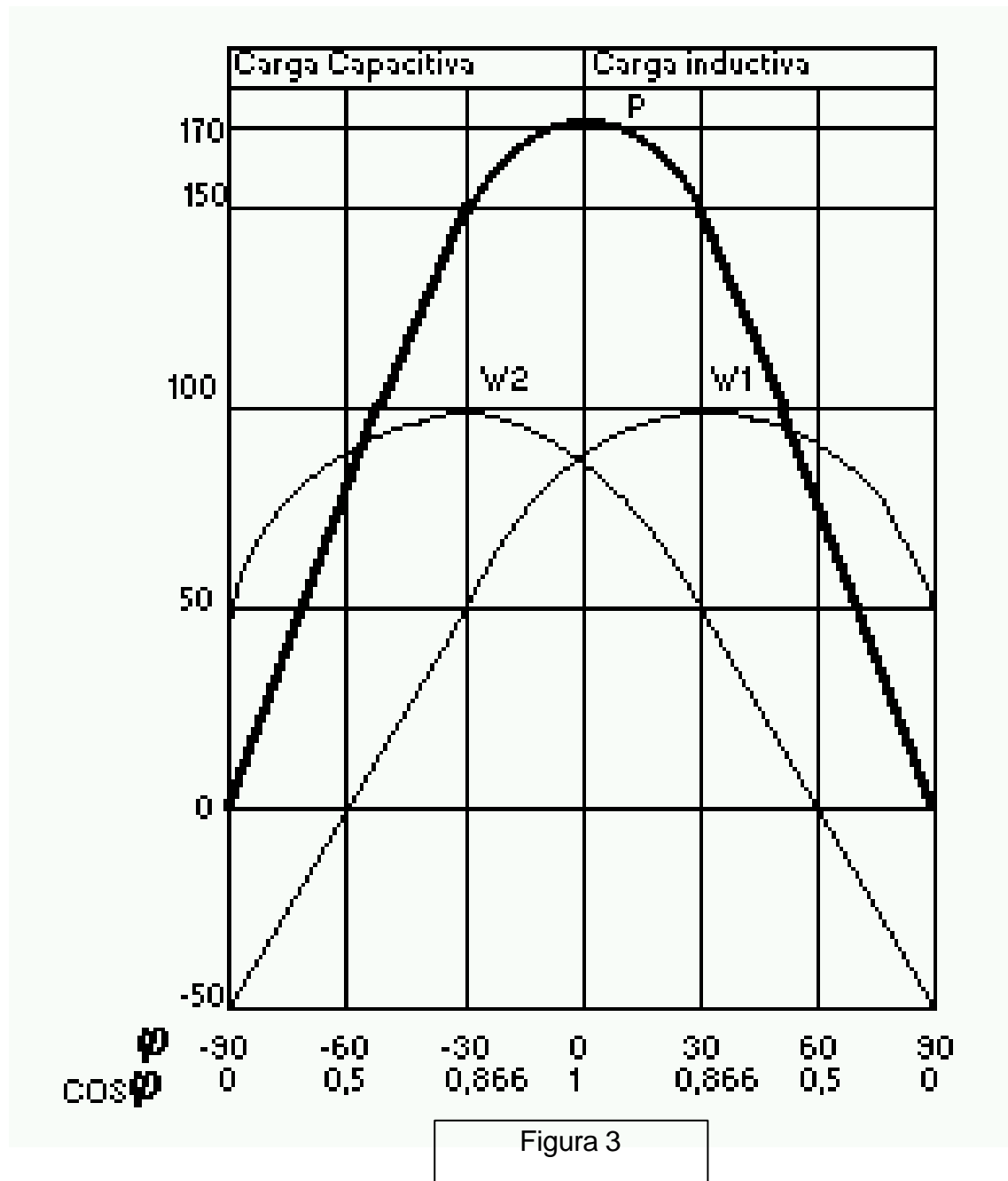
Figura 2

3) Indicación de cada vatímetro según varíe el ángulo φ . Sistemas trifilares simétricos en tensiones y corrientes:

De acuerdo a las ecuaciones (2) se puede determinar para valores constantes de tensión y de intensidad de corriente la indicación de cada vatímetro, dependiendo del valor que adquiera el ángulo φ desde 90° capacitivo, pasando por 0° (resistivo), hasta 90° inductivo.

De acuerdo a la indicación de cada vatímetro es posible determinar que:

- Cuando uno de los vatímetros indica 0 $\rightarrow \varphi = 60^\circ$
- Cuando uno de los vatímetros acusa un valor mitad del indicado por el otro $\rightarrow \varphi = 30^\circ$
- Cuando W_2 acusa menos que W_1 la carga es inductiva y cuando W_1 acusa menos que W_2 la carga es capacitiva.
- Cuando los dos instrumentos indican el mismo valor $\rightarrow \varphi = 0^\circ$



4) Determinación de la potencia reactiva en caso de un sistema simétrico y equilibrado (método de los dos vatímetros):

De acuerdo al análisis efectuado en 1, la suma de las potencias indicadas por los dos vatímetros es la potencia activa del sistema.

$$P = P_{13} + P_{23}$$

Si se restan las dos potencias:

$$\begin{aligned} P_{13} - P_{23} &= U_{13} I_1 \cos(\varphi - 30^\circ) - U_{23} I_2 \cos(\varphi + 30^\circ) = \\ &= I_L U_L \cdot 2 \sin \varphi \sin 30^\circ = I_L U_L \sin \varphi \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} \end{aligned}$$

multiplicando ambos miembros por $\sqrt{3}$, se tiene:

$$\sqrt{3}(P_{13} - P_{23}) = \sqrt{3} \cdot I_L \cdot U_L \sin \varphi = Q$$

$$Q = \sqrt{3} (P_{13} - P_{23})$$

5) Determinación del factor de potencia:

Realizando el cociente $Q/P = \tan \varphi$

$$\tan \varphi = \frac{\sqrt{3}(P_{13} - P_{23})}{(P_{13} + P_{23})} \rightarrow \varphi \rightarrow \cos \varphi$$

6) Determinación de la potencia aparente:

$$S = P / \cos \varphi$$

O también siendo $S^2 = P^2 + Q^2$ se tiene:

$$S^2 = (P_{13} + P_{23})^2 + [\sqrt{3}(P_{13} - P_{23})]^2 =$$

$$P_{13}^2 + 2P_{23}P_{13} + P_{23}^2 + 3(P_{13}^2 - 2P_{23}P_{13} + P_{23}^2) = S^2 = 4P_{13}^2 - 4P_{23}P_{13} + 4P_{23}^2$$

$$S = 2\sqrt{(P_{13}^2 - P_{23}P_{13} + P_{23}^2)}$$

De donde puede observarse otra forma de determinar el factor de potencia

$$\cos \varphi = \frac{P_{13} + P_{23}}{2\sqrt{(P_{13}^2 - P_{23}P_{13} + P_{23}^2)}}$$

REALIZACIÓN DEL TRABAJO EN LABORATORIO:

Se realizarán dos ensayos:

1. medición de la potencia de una carga trifásica R-L. Se agregarán al circuito básico indicado en fig.1 un voltímetro y un amperímetro de control, anotando los valores obtenidos en la siguiente tabla:

U			A			W ₁			W ₂			P	cos φ	Q	S
K	α	U _L	K	α	I _L	K	α	P ₁₃	K	α	P ₂₃				

2. mediante el uso de un desfasador trifásico, con el cual se alimentarán las bobinas voltimétricas de los vatímetros, se simulará la condición de $\cos \varphi$ variable en la carga para poder efectuar el trazado de las curvas de la fig. 3. Entonces, del ensayo se anotarán los valores necesarios, construyendo una tabla $\cos \varphi$ versus φ , y a partir de ella se trazará la curva indicada.

De ambos ensayos se dibujarán los circuitos reales utilizados.

Informe a cargo del alumno:

- 1- Detallar los instrumentos utilizados: marca, número posición, clase, número de divisiones, alcances, etc.
- 2- Completar las tablas indicadas, cuadros de valores y trazar las curvas correspondientes.
- 3- Anotar cualquier circunstancia no prevista en este informe

Versión 1999
Elaboraron:

Ing. Jorge A. Sáenz
Profesor A/C

Ing. Juan J. Salerno
JTP

Ing. Pablo J. Bertinat
Aux. 1ra

Colaboración: Alumno Alberto Martínez

Desarrollado en base al Trabajo Práctico "Medición de potencia trifásica" de la Materia Medidas I
Autores: Ing. José Juan Pesce - Ing. Mateo Rodríguez Voltá