

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL ROSARIO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO PRÁCTICO Nº 6

TEMAS:

- **MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA CON NEUTRO INACCESIBLE**
- **MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA REACTIVA**

TRABAJO PRÁCTICO N°6

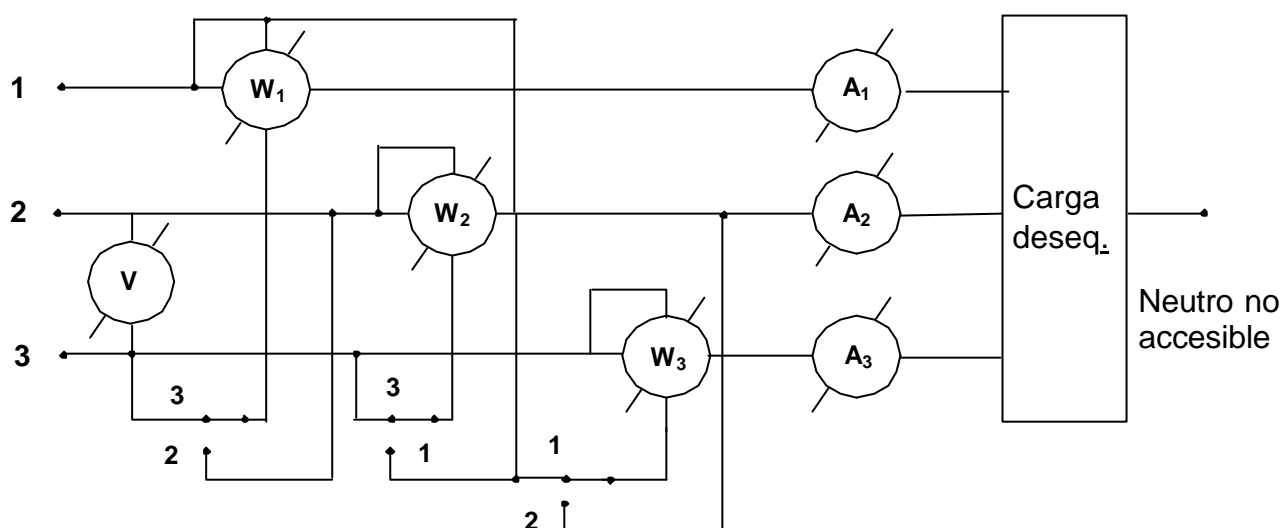
TEMA:

- I - MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA CON NEUTRO INACCESIBLE.
- II - MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA REACTIVA

I. MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA CON NEUTRO INACCESIBLE ANÁLISIS DE UN CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICO TETRAFILAR (SISTEMA SIMÉTRICO Y DESEQUILIBRADO EN CORRIENTES)

1 – CONSIDERACIONES TEÓRICAS:

Es el caso que con mayor frecuencia se encuentra en la práctica, se deben realizar seis mediciones de potencia, según se indica en el circuito siguiente;



Las tensiones son simétricas:

$$U_{12} = U_{23} = U_{31} = U_L$$

$$U_1 = U_2 = U_3 = U_f$$

$$U_f = \frac{U_L}{\sqrt{3}}$$

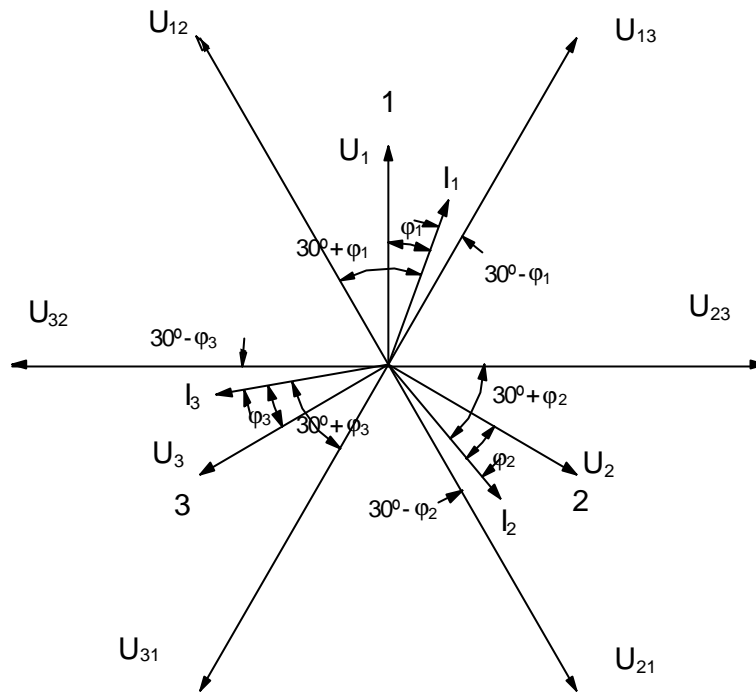
Se miden las potencias:

con $W_1 \rightarrow P_{13}; P_{12}$

con $W_2 \rightarrow P_{23}; P_{21}$

con $W_3 \rightarrow P_{31}; P_{32}$

Se tiene el siguiente diagrama fasorial:



$$P_{13} = U_L \cdot I_1 \times \cos(30^\circ - \varphi_1)$$

$$P_{12} = U_L \cdot I_1 \times \cos(30^\circ + \varphi_1)$$

$$P_{23} = U_L \cdot I_2 \times \cos(30^\circ + \varphi_2)$$

$$P_{21} = U_L \cdot I_2 \times \cos(30^\circ - \varphi_2)$$

$$P_{31} = U_L \cdot I_3 \times \cos(30^\circ + \varphi_3)$$

$$P_{32} = U_L \cdot I_3 \times \cos(30^\circ - \varphi_3)$$

Siendo:

$$P_1 = (P_{12} + P_{13})/3$$

$$P_2 = (P_{21} + P_{23})/3 \quad (1)$$

$$P_3 = (P_{31} + P_{32})/3$$

$$\boxed{P_t = P_1 + P_2 + P_3}$$

Demostración de (1):

$$P_{12} + P_{13} = \hat{I}_1 \cdot (\hat{U}_1 - \hat{U}_2) + \hat{I}_1 \cdot (\hat{U}_1 - \hat{U}_3) = \hat{I}_1 \cdot \hat{U}_1 - \hat{I}_1 \cdot \hat{U}_2 + \hat{I}_1 \cdot \hat{U}_1 - \hat{I}_1 \cdot \hat{U}_3 = 2\hat{I}_1 \cdot \hat{U}_1 - \hat{I}_1 \cdot (\hat{U}_2 + \hat{U}_3)$$

Pero $\hat{U}_2 + \hat{U}_3 = -\hat{U}_1$ (condición de la simetría de tensiones)

$$\therefore P_{12} + P_{13} = 2\hat{U}_1 \cdot \hat{I}_1 + \hat{I}_1 \cdot \hat{U}_1 = 3\hat{U}_1 \cdot \hat{I}_1 = 3P_1$$

Efectuando la relación:

$$\frac{P_{12}}{P_{13}} = \frac{I_1 U_L \cos(30^\circ + \varphi_1)}{I_1 U_L \cos(30^\circ - \varphi_1)} = \frac{\cos 30^\circ \cos \varphi_1 - \sin 30^\circ \sin \varphi_1}{\cos 30^\circ \cos \varphi_1 + \sin 30^\circ \sin \varphi_1} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi_1 - \frac{1}{2} \sin \varphi_1}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cos \varphi_1 + \frac{1}{2} \sin \varphi_1}$$

multiplicando numerador y denominador por $\frac{2}{\cos \varphi_1}$; resulta:

$$\frac{P_{12}}{P_{13}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\sqrt{3} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}$$

Luego:

$$\sqrt{3} \cdot P_{12} + \operatorname{tg} \varphi_1 P_{12} = \sqrt{3} \cdot P_{13} - \operatorname{tg} \varphi_1 P_{13} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi_1 (P_{12} + P_{13}) = \sqrt{3} \cdot (P_{13} - P_{12}) \Rightarrow$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot (P_{13} - P_{12})}{P_{12} + P_{13}} \rightarrow \varphi_1 \rightarrow \cos \varphi_1 \quad (2)$$

Operando de la misma forma resulta:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\sqrt{3} \cdot (P_{21} - P_{23})}{P_{21} + P_{23}} \rightarrow \varphi_2 \rightarrow \cos \varphi_2$$

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot (P_{32} - P_{31})}{P_{32} + P_{31}} \rightarrow \varphi_3 \rightarrow \cos \varphi_3$$

Para el cálculo de la potencia reactiva se tiene:

$$P_{13} - P_{12} = U_L \cdot I_1 \cdot \cos(30^\circ - \varphi_1) - U_L \cdot I_1 \cdot \cos(30^\circ + \varphi_1) = U_L \cdot I_1 \cdot 2 \cdot (\sin 30^\circ \cdot \sin \varphi_1) = Q_1 \sqrt{3}$$

$$\therefore Q_1 = \frac{P_{13} - P_{12}}{\sqrt{3}}$$

De la misma forma se obtiene:

$$Q_2 = \frac{P_{21} - P_{23}}{\sqrt{3}}; \quad Q_3 = \frac{P_{32} - P_{31}}{\sqrt{3}} \quad \boxed{\therefore Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3}$$

La (2) puede expresarse:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{Q_1}{P_1} \rightarrow \cos \varphi_1; \quad \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Q_2}{P_2} \rightarrow \cos \varphi_2; \quad \operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{Q_3}{P_3} \rightarrow \cos \varphi_3$$

El factor de potencia del sistema:

$$\cos \varphi_t = \cos \left[\arctg \frac{Q_t}{P_t} (\text{rad}) \right]$$

La potencia aparente total:

$$\boxed{S_t = \sqrt{P_t^2 + Q_t^2}}$$

2. REALIZACIÓN DEL TRABAJO PRÁCTICO EN EL LABORATORIO

- a) Se graficará el circuito real de medición
- b) Se detallarán los instrumentos y elementos utilizados
- c) Se completará la tabla de valores medidos:

I_1	I_2	I_3	U	P_{13}			P_{12}			P_{23}			P_{21}			P_{31}			P_{32}		
[A]	[A]	[A]	[V]	K	α	[W]	K	α	[W]	K	α	[W]	K	α	[W]	K	α	[W]	K	α	[W]

- d) Tabla de valores calculados:

P_1 [W]	P_2 [W]	P_3 [W]	Q_1 [VAr]	Q_2 [VAr]	Q_3 [VAr]	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2	Cos ϕ_3	Pt [W]	Qt [VAr]	Cos ϕ_t	S_t [VA]

- e) Cálculos y comentarios accesorios a cada medición.
- f) Construcción del diagrama vectorial completo de acuerdo a los datos obtenidos de las mediciones.
- g) Determinar la potencia total del sistema aplicando el método Aron y verificar la diferencia con el método descripto.
- h) Observaciones y conclusiones.

II. MEDICIÓN DE POTENCIA TRIFÁSICA ⁶ REACTIVA

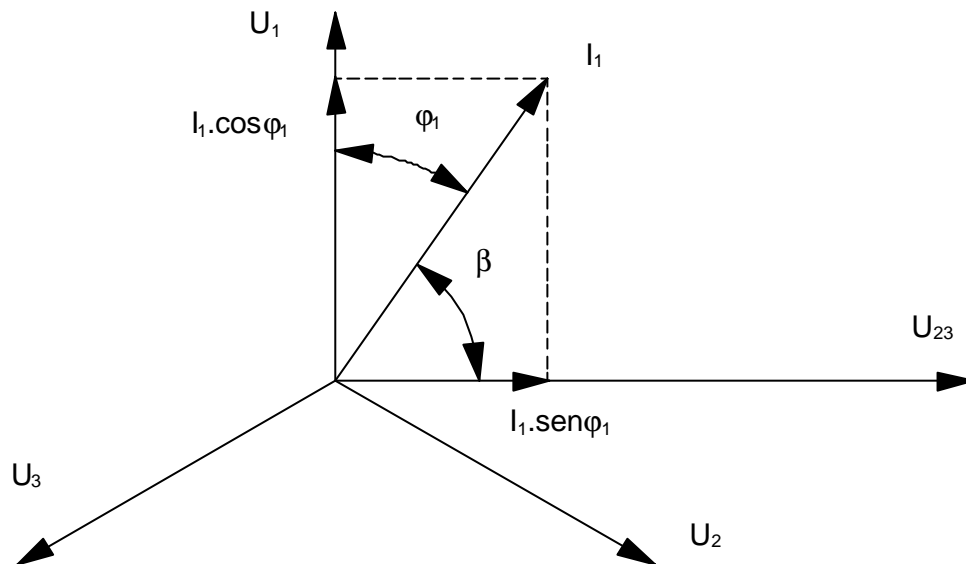
SISTEMAS TRIFILARES O TETRAFILARES (EQUILIBRADOS O DESEQUILIBRADOS) CON SIMETRÍA EN TENSIONES.

1. CONSIDERACIONES TEÓRICAS:

Para medir potencia reactiva con un vatímetro electrodinámico, debe cumplirse que su deflexión responda a la siguiente condición:

$$\lambda = I_w \cdot U \cdot \cos \beta, \text{ donde } \beta = (\pi / 2) - \varphi$$

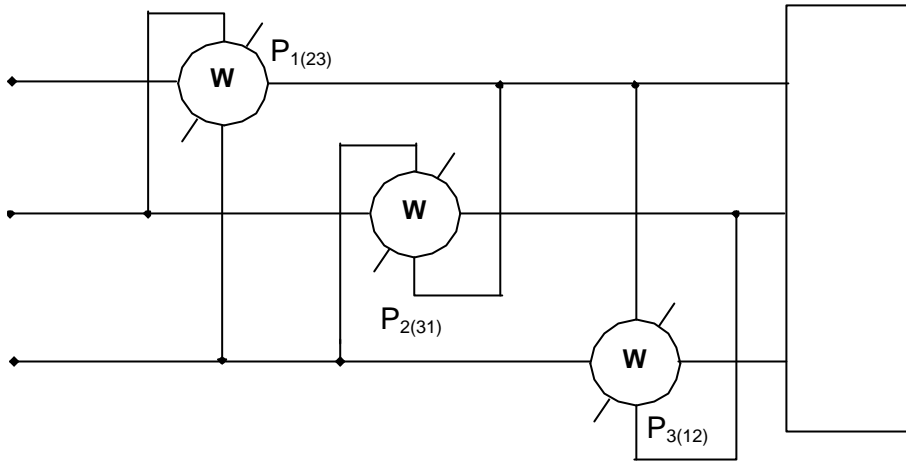
En un sistema trifásico simétrico en tensiones, ello se puede obtener conectando la bobina amperométrica del vatímetro en una fase y su bobina voltimétrica entre las otras dos.



$$P_{1(23)} = I_1 \cdot U_{23} \cdot \cos \beta = I_1 \cdot U_{23} \cdot \cos(90 - \varphi_1) = I_1 \cdot U_{23} \cdot \sin \varphi_1$$

$$U_{23} = U_1 \cdot \sqrt{3} \Rightarrow I_1 \cdot U_1 \cdot \sqrt{3} \sin \varphi_1 = Q_1 \sqrt{3} \therefore Q_1 = \frac{P_{1(23)}}{\sqrt{3}}$$

2. CIRCUITO DE MEDICIÓN:



$$P_{1(23)} = Q_1 \cdot \sqrt{3}$$

$$P_{2(31)} = Q_2 \cdot \sqrt{3}$$

$$P_{3(12)} = Q_3 \cdot \sqrt{3}$$

$$P_{1(23)} + P_{2(31)} + P_{3(12)} = \sqrt{3} \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) = \sqrt{3} \cdot Q \therefore Q = \frac{P_{1(23)} + P_{2(31)} + P_{3(12)}}{\sqrt{3}}$$

REALIZACIÓN DEL TRABAJO PRÁCTICO EN EL LABORATORIO.

a) Tabla de valores calculados:

	$P_1 (23)$			$P_2 (31)$			$P_3 (12)$			Q_1	Q_2	Q_3	Q
	K	∞	$[w_1]$	K	∞	$[w_2]$	K	∞	$[w_3]$	$\frac{P_{1(23)}}{\sqrt{3}}$	$\frac{P_{2(31)}}{\sqrt{3}}$	$\frac{P_{3(21)}}{\sqrt{3}}$	$\frac{\dot{a}P}{\sqrt{3}}$
1													
2													
3													

- b) Se graficará el circuito de medición efectuado en el laboratorio.
- c) Se detallarán instrumentos y elementos utilizados.
- d) Construcción del diagrama vectorial completo que corresponda a las mediciones efectuadas.
- e) Cálculos y comentarios accesorios a cada medición.
- f) Observaciones y conclusiones.

Versión 1999

Elaboraron:

Ing. Jorge A. Sáenz
Profesor A/C

Ing. Juan J. Salerno
JTP

Ing. Pablo J. Bertinat
Aux. 1ra

Colaboración: Alumno Esteban Bragagnolo

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

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