

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

Diseño de un Sistema de Medición de Potencia en una carga trifásica

Carlos Bustos, Omar Rodríguez, Hugo Mazzeo, Guillermo Cocha, José Rapallini

Centro CODAPLI, UTN, FRLP Avda. 60 y 126, Ciudad de Berisso, Pcia. Buenos Aires, Argentina, Tel: +54-221-412-4393, (codapli@frlp.utn.edu.ar; electronica@frlp.utn.edu.ar).

Resumen – La medición de potencia eléctrica es una técnica para determinar el consumo de energía eléctrica de un circuito, servicio eléctrico, o simplemente en un determinado equipo. También forma parte de las múltiples tareas que se realizan en el proceso de distribución eléctrica, y es necesario para calcular los costos de la energía consumida con fines domésticos y comerciales.

La medición eléctrica comercial se realiza mediante el uso de un medidor de consumo o contador eléctrico. Los parámetros que se miden en una instalación son el consumo en kilowatt-hora, la demanda pico, la demanda resto, la demanda valle, la demanda punta, la demanda fuera de punta, el factor de potencia y en casos especiales, la aportación de ruido eléctrico o componentes armónicos a la red.

En el presente trabajo se desarrolla el estudio teórico de un sistema de medición de potencias activas, y reactivas, en cargas eléctricas trifásicas. Este será utilizado como parte integrante de otro proyecto, consistente en un método para medir y monitorear el estado de consumo de una determinada carga. Para esto último será de gran utilidad el uso de los dispositivos digitales de control modernos conectados a redes con acceso a Internet, que permitirán realizar mediciones en equipos que se encuentran distantes entre sí. De esta forma el presente trabajo será base de sustentación teórica que permitirá concluir en la solución práctica mencionada.

Palabras claves – Medidor; potencia; trifásico; inalámbrico; Internet.

Abstract – The measurement of electrical power is a technique to determine the consumption of electrical energy of a circuit, electrical service, or simply in certain equipment. It is also part of the multiple tasks that are carried out in the electrical distribution process, and it is necessary to calculate the costs of energy consumed for domestic and commercial purposes.

Commercial electrical measurement is performed by using a consumption meter or electric meter. The parameters measured in an installation are the consumption in kilowatt-hour, the peak demand, the rest demand, the valley demand, the peak demand, the off-peak demand, and the power factor and in special cases, the contribution of electrical noise or harmonic components to the network.

In the present work the theoretical study of a measurement system of active and reactive powers in three-phase electrical loads is developed. This will be used as an integral part of another project, consisting of a method to measure and monitor the consumption status of a given load. For the latter, the use of modern digital control devices connected to networks with Internet access will be very useful, allowing measurements to be made on equipment that is distant from each other. In this way the present work will be the basis of theoretical support that will allow concluding in the mentioned practical solution.

Keywords – Measurer; power; three-phase; wireless; Internet.

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

INTRODUCCIÓN

La medición de potencia eléctrica es una técnica para determinar el consumo de energía eléctrica en un circuito, servicio eléctrico o simplemente en un determinado equipo. La medición de la potencia eléctrica permite calcular el costo de la energía consumida con fines domésticos y comerciales.

La medición eléctrica comercial se lleva a cabo mediante el uso de un medidor de consumo eléctrico o contador eléctrico. Los parámetros que se miden en una instalación generalmente son el consumo en kilovatios-hora o kilowatt-hora, la demanda pico, la demanda resto, la demanda valle, la demanda punta, la demanda fuera de punta, el factor de potencia y en casos especiales la aportación de ruido eléctrico o componentes armónicos a la red.

La tecnología utilizada en el proceso de medición eléctrica debe permitir determinar el costo de la energía que el usuario consume de acuerdo a las políticas de precio de la empresa distribuidora de energía, considerando que la electricidad tiene costos de producción diferentes dependiendo de la región, época del año, horario del consumo, hábitos y necesidades del usuario.

Cuando conectamos un equipo que consume energía eléctrica a un circuito que le suministra dicha energía, como puede ser la red eléctrica, la electricidad fluirá por el circuito, permitiendo por ejemplo, que una lámpara de alumbrado transforme esa energía en luz, o un motor pueda mover una maquinaria. Así la energía eléctrica se podrá transformar logrando la obtención de luz, o movimiento.

DESARROLLO

La energía utilizada para realizar un trabajo cualquiera se mide en "joule" y se representa con la letra "J".

Potencia es la velocidad a la que se consume la energía. Si la energía fuese un líquido, la potencia sería los litros por segundo que vierte el depósito que lo contiene. La potencia se mide en joule por segundo (J/seg) y se representa con la letra "P".

Un J/seg equivale a 1 watt (W), por tanto, cuando se consume 1 joule de potencia en un segundo, estamos gastando o consumiendo 1 watt de energía eléctrica.

La unidad de medida de la potencia eléctrica "P" es el "watt" y se representa con la letra "W".

1.1. Potencia activa, reactiva y aparente

- Potencia activa (P), que es la que se aprovecha como potencia útil. También se llama potencia media, real o verdadera y es debida a los dispositivos resistivos. Su unidad de medida es el vatio (W). Se calcula como:

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$\text{Siendo } \varphi = \arctg \frac{X}{R}$$

Donde X es la reactancia y R es la resistencia de la carga conectada siendo la impedancia:

$$\bar{Z} = R + jX$$

También puede obtenerse como:

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

• Potencia reactiva (Q), es la potencia que necesitan las bobinas y los condensadores para generar campos magnéticos o eléctricos, pero que no se transforma en trabajo efectivo, sino que fluctúa por la red entre el generador y los receptores. Su unidad de medida es el voltamperio reactivo (VAr).

Se calcula como:

$$Q = U \cdot I \cdot \text{sen}\phi$$

También puede obtenerse como:

$$Q = X \cdot I^2 = \frac{U^2}{X}$$

La potencia reactiva es positiva si el receptor es inductivo y negativa si el receptor es capacitivo, coincidiendo en signo con la parte imaginaria de la impedancia.

• Potencia aparente (S), es la potencia total consumida por la carga y es el producto de los valores eficaces de tensión e intensidad. Se obtiene como la suma vectorial de las potencias activa y reactiva y representa la ocupación total de la instalación debida a la conexión del receptor. Su unidad de medida es el voltamperio (VA).

Se calcula como:

$$S = U \cdot I$$

Al ser la suma vectorial de P y Q, que son los catetos de un triángulo rectángulo en el que S es la hipotenusa, también puede calcularse como:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Estas potencias forman parte del denominado triángulo de potencias.

1.2. Medición en sistema trifásico

Los sistemas trifásicos pueden clasificarse en dos tipos básicos:

1. Sistemas trifásicos trifilares, de tres hilos o conductores (sin neutro conectado).
2. Sistemas trifásicos tetra filares, de cuatro hilos o conductores (con neutro conectado).

Definimos una serie de condiciones para los sistemas trifásicos:

- a. Sistema simétrico: es aquel en que el desfase entre los parámetros del sistema es igual y de 120° . Pueden ser simétricos en tensión, corriente o en ambos simultáneamente.
- b. Sistema asimétrico: es aquel en que el desfase es distinto a 120° .
- c. Sistema equilibrado o balanceado: es aquel en que los parámetros del sistema tienen igual magnitud. Puede ser equilibrado en tensión, corriente o en ambos simultáneamente.
- d. Sistema desequilibrado: es aquel en que los parámetros del sistema tienen diferente magnitud.
- e. Sistema perfecto: es aquel en que se cumplen simultáneamente las dos condiciones anteriores, es decir que es simétrico y equilibrado. Puede ser perfecto en tensión, corriente o en ambos simultáneamente.
- f. Sistema imperfecto: es aquel en que los parámetros del sistema son simultáneamente asimétricos y desequilibrados.

1.2.1. Sistema de tensiones

En un sistema trifásico trifilar cualquiera se cumple que la suma de tensiones de línea es cero (fig. 1).

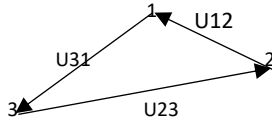


Fig. 1: Sistema Trifásico Trifilar

$$\bar{U}_{12} + \bar{U}_{23} + \bar{U}_{31} = 0$$

Si el sistema de tensiones de línea es perfecto se tendrá:

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}_{23} = \bar{U}_{31}$$

$$\bar{U}_{12} = U_{12}e^{j0^\circ}$$

$$\bar{U}_{23} = U_{23}e^{j120^\circ}$$

$$\bar{U}_{31} = U_{31}e^{j240^\circ}$$

Este sistema forma un triángulo equilátero de tres lados iguales y con tres ángulos iguales a 60° . Un sistema perfecto de tensiones de línea puede o no dar lugar a un sistema perfecto de tensiones de fase. Un sistema perfecto de tensiones de fase da siempre lugar a un sistema perfecto de línea. Un sistema imperfecto de tensiones de fase puede dar lugar a un sistema perfecto de tensiones de línea.

En un Sistema Perfecto de Tensiones de Fase (fig. 2) el centro del sistema, O, es el baricentro del triángulo de tensiones de línea, se le denomina centro teórico del sistema.

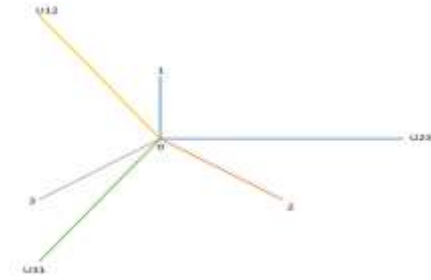


Fig. 2: Sistema perfecto de tensiones de fase

Puede considerarse a las tensiones de línea como formadas por la combinación de tensiones de fase:

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}_{10} - \bar{U}_{20} = \bar{U}_{10} + \bar{U}_{02}$$

$$\bar{U}_{23} = \bar{U}_{20} - \bar{U}_{30} = \bar{U}_{20} + \bar{U}_{03}$$

$$\bar{U}_{31} = \bar{U}_{30} - \bar{U}_{10} = \bar{U}_{30} + \bar{U}_{01}$$

Las tensiones inversas:

$$\bar{U}_{21} = \bar{U}_{20} - \bar{U}_{10} = \bar{U}_{20} + \bar{U}_{01}$$

$$\bar{U}_{32} = \bar{U}_{30} - \bar{U}_{20} = \bar{U}_{30} + \bar{U}_{02}$$

$$\bar{U}_{13} = \bar{U}_{10} - \bar{U}_{30} = \bar{U}_{10} + \bar{U}_{03}$$

La composición se observa en la fig. 3:

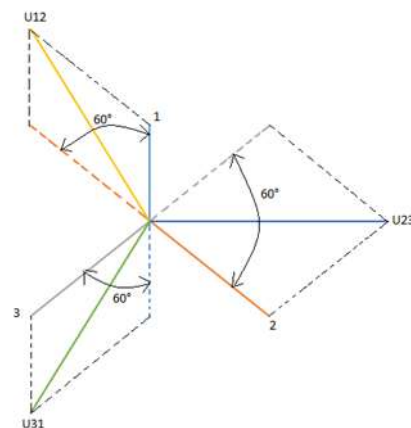


Fig. 3: composición de tensiones de fase

**TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA
TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.**

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

A partir de la composición de la fig. 3 podemos obtener el valor de una tensión de línea, en función de una tensión de fase, y a la inversa.

Por ejemplo, tenemos la tensión U12:

$$\bar{U}_{12} = \bar{U}_{10} + \bar{U}_{02} = U_{10} \cos \theta + U_{02} \operatorname{sen} \theta$$

con $\theta = 30^\circ$

Por ser un sistema de tensiones de fase perfecto será:

$$U_{10} = U_{02}$$

$$U_{12} = 2 U_{10} \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} U_{10}$$

Respecto del ángulo será:

$$\begin{aligned} \bar{U}_{12} &= U_{10} e^{j0} - U_{20} e^{j120} \\ &= U_{10} e^{j0} + U_{02} e^{-j60} \\ &= \sqrt{3} U_{10} e^{-j\theta} \end{aligned}$$

1.2.2. Sistema de corrientes

En un sistema trifásico trifilar cualquiera se cumple:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0 \quad (1)$$

La suma geométrica de las corrientes es igual a cero. Es una consecuencia de la ley de corrientes de Kirchhoff.

Si el sistema es trifásico tetra filar se cumplirá:

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = \bar{I}_0 \quad (2)$$

Siendo I_0 la corriente que circula por el cuarto hilo, es decir por el neutro. Si la corriente de neutro es cero, la suma de las corrientes será cero y esto solo se cumple si el sistema es perfecto.

La ecuación (1) expresa la condición para que un sistema cualquiera sea trifilar.

La ecuación (2) expresa la condición para que un sistema cualquiera sea tetra filar.

Una corriente de línea puede componerse con dos corrientes de fase de forma similar a las tensiones, si el sistema es perfecto. Fig.4

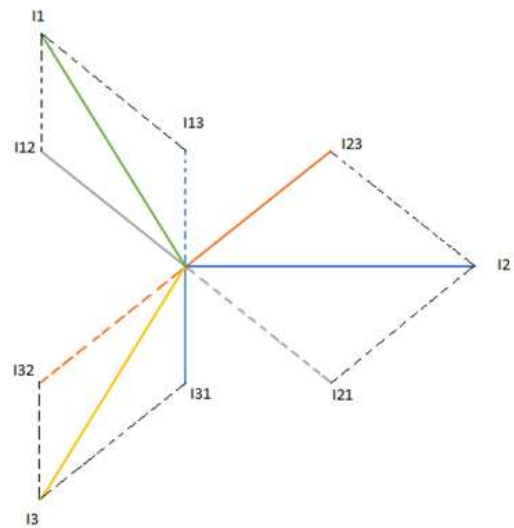


Fig. 4

1.2.3. Sistema de carga

En un sistema trifásico las cargas pueden conectarse según dos esquemas, denominadas estrella y triángulo.

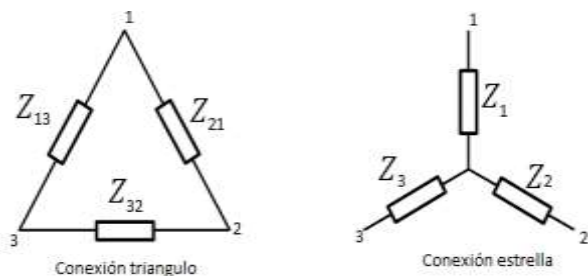


Fig. 5

Sistema en estrella:

- a) La corriente de fase es igual a la corriente de línea
- b) La tensión de línea es $\sqrt{3}$ veces la tensión de fase

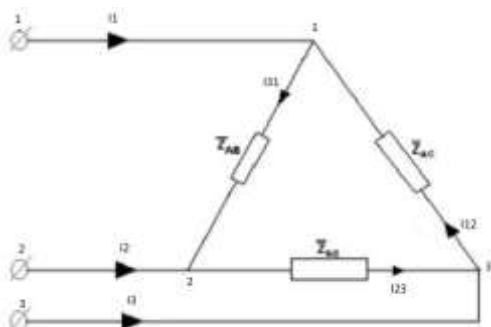
Sistema en triángulo:

- a) La corriente de línea es $\sqrt{3}$ veces la corriente de fase
- b) La tensión de línea es igual a la tensión de fase

Las condiciones mencionadas se cumplen para un sistema trifásico trifilar perfecto, y en un sistema tetra filar perfecto.

Veamos en un sistema triángulo como se expresan las corrientes de línea en función de las corrientes de fase, como se muestra en la fig. 6:

Fig. 6



De la fig. 6 se obtiene:

$$-\bar{I}_1 = \bar{I}_{31} - \bar{I}_{12}$$

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_{12} - \bar{I}_{31} = \bar{I}_{12} + \bar{I}_{13}$$

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_{23} + \bar{I}_{21}$$

$$\bar{I}_3 = \bar{I}_{31} + \bar{I}_{32}$$

3. Errores

El error de medición se define como la diferencia entre el valor medido y el supuesto "valor verdadero". Los errores de medición afectan a cualquier instrumento de medición y pueden deberse a distintas causas. Las que se pueden de alguna manera prever, calcular, eliminar mediante calibraciones y compensaciones se denominan deterministas o sistemáticos, y se relacionan con la exactitud de las mediciones. Las que no se pueden prever, dado que dependen de causas desconocidas o estocásticas, se denominan aleatorios y están relacionados con la precisión del instrumento.

3.1. Error Absoluto

Es la diferencia entre valor medido, y un valor verdadero o exacto. Con el valor medido X_m y con un adecuado análisis del método y de los instrumentos de medida utilizados y cualquier otra circunstancia que contribuya al error se puede determinar el error absoluto o límite de error.

$$\Delta X_v = X_m - X_v$$

Y quedaría como la franja donde se encontraría el valor verdadero de la incógnita.

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

$$Xv = Xm \pm \Delta Xv$$

3.2. Error Relativo

Es el cociente entre el error absoluto y el valor medido exacto. Si se multiplica por 100 se obtiene el valor porcentual de error. Al igual que el error absoluto, este puede ser positivo o negativo (según lo sea el error absoluto) porque puede ser por exceso o por defecto.

$$e\% = \left(\frac{\Delta Xv}{Xv} \right) \cdot 100\%$$

De hecho, el error que se consigna de manera más habitual es este último, ya que nos da una idea, del tanto por ciento del error que se está cometiendo, dado que relaciona la magnitud del error con su valor medido.

3.3. Clase

Se expresa como el error porcentual máximo que produce un instrumento respecto al valor máximo (fondo de escala) que puede indicar.

Límite del error o clase es el mayor error absoluto que comete el aparato en cualquier parte de su campo de medida (en el total o en parte de su escala), sea aquel positivo o negativo, referido al valor máximo (alcance).

Ejemplo:

Voltímetro clase 0,5 y

alcance 0 – 150 V.

$c\% = 0,5$ (respecto a 150 V)

De $c\% = (\Delta X / X_{\max}) \cdot 100$

Se tiene que el error absoluto es:

$$\Delta X = (c\% \cdot X_{\max}) / 100 = 0,75 \text{ V}$$

De modo que este instrumento indica con un error absoluto de 0,75 V. Esta indicación puede ser mayor o menor que el valor verdadero, por lo cual el error puede ser por exceso o defecto, es decir:

$$\Delta X = \pm 0,75 \text{ V}$$

Como el Error Absoluto es uniforme a todo lo largo de la escala, si se midiera 150 V y luego 90 V tendríamos siempre el mismo error absoluto. Pero el error relativo sería menor con respecto a la primera medición. Por esto siempre es recomendable medir cerca del fondo de escala.

En los instrumentos digitales el fabricante expresa el error en las lecturas de diversas maneras, una de las más comunes es:

$$\Delta X = c \% + \text{nro. de dígitos}$$

Esto significa que el error es generalmente la lectura más un porcentaje, más el error del último dígito. No todos los fabricantes lo expresan igual manera, por lo que debe conocerse el método que utiliza consignado en el manual del equipo.

Para contrastar un equipo con otro, es deseable que el considerado patrón sea de una clase 5 veces menor.

Es interesante destacar que la clase "c %" es la misma para un instrumento de varios alcances mientras que es evidente que el error absoluto por clase dependerá del alcance que utilicemos.

4.1. Métodos de medición

Para la medición de potencia en un sistema trifásico se utilizan distintos métodos en función del tipo de la carga y de la

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

conexión de la misma. Por tanto, los métodos serán los que se citan a continuación.

4.1.1. En un sistema trifásico a 4 hilos

Un sistema trifásico a 4 hilos es aquel en que además de las líneas correspondientes a las tres fases, se dispone de una cuarta línea correspondiente al neutro o punto central de la conexión en estrella de la carga. La potencia activa consumida será la suma de las potencias consumidas en cada brazo de la estrella según se muestra en el circuito y el diagrama vectorial de la fig. 7.

La lectura de los vatímetros será:

$$P_{w1} = \bar{I}_1 \cdot \bar{V}_1 = I_1 \cdot V_1 \cdot \cos\varphi_1$$

$$P_{w2} = \bar{I}_2 \cdot \bar{V}_2 = I_2 \cdot V_2 \cdot \cos\varphi_2$$

$$P_{w3} = \bar{I}_3 \cdot \bar{V}_3 = I_3 \cdot V_3 \cdot \cos\varphi_3$$

Si se trata de un sistema desequilibrado las lecturas en los vatímetros serán diferentes debiendo utilizar la ecuación:

$$P = P_{w1} + P_{w2} + P_{w3}$$

Si se trata de un sistema equilibrado, los tres vatímetros tendrán la misma lectura. En tal caso basta con utilizar un solo vatímetro

siendo la potencia activa del sistema completo:

$$P = 3 \cdot P_w$$

4.1.2. En un sistema trifásico a tres hilos

En un sistema trifásico a tres hilos no disponemos de la línea correspondiente al neutro. La carga puede estar conectada tanto en estrella como en triángulo. En este caso los vatímetros se conectan de modo que se crea un neutro artificial con una de las conexiones del circuito de tensión en cada vatímetro. Esta forma de medir la potencia requiere que los tres vatímetros sean exactamente iguales en sus características, sobre todo en la resistencia interna del circuito voltimétrico. Cada vatímetro dará la potencia generada en cada fase, siendo válido tanto en un sistema equilibrado como desequilibrado. La potencia total será la suma de la medida por cada vatímetro.

$$P = P_{w1} + P_{w2} + P_{w3}$$

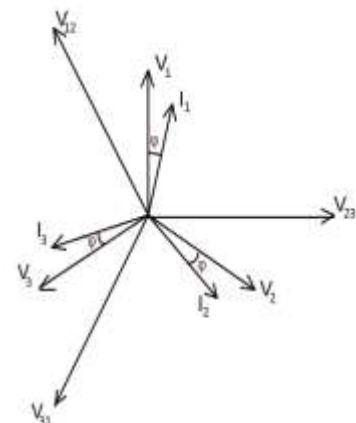
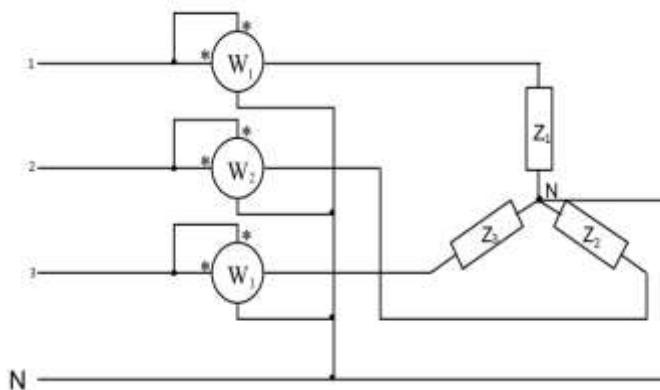


Fig. 7: medición de potencia activa en sistema trifásico de 4 hilos

4.1.3. Medida de la potencia reactiva

Para la medida de la potencia reactiva con el método de los tres vatímetros en un sistema trifásico a tres hilos es necesario que el sistema esté equilibrado. Si el sistema está desequilibrado la medida de la potencia será aproximada. El equipo de medida a montar se muestra en la fig. 8., con tensiones de fase.

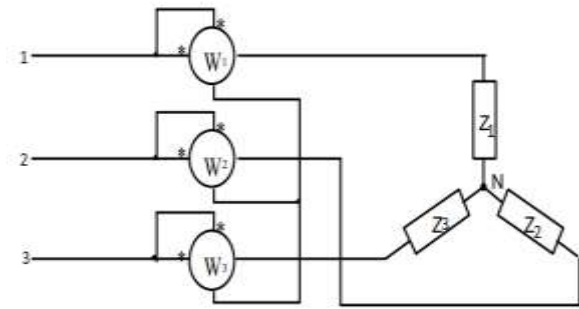


Fig. 8

Consideremos los vatímetros midiendo tensiones de línea, como muestra la fig. 9.

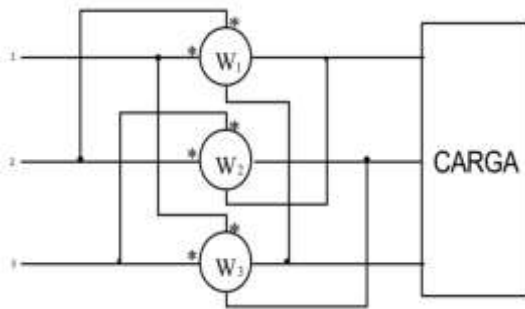


Fig. 9

$$P_{w1} = \bar{I}_1 \cdot \bar{V}_{23} = I_1 \cdot V_L \cdot \cos(90 - \varphi_1) \\ = I_1 \cdot \sqrt{3} V_f \cdot \sin \varphi_1 = \sqrt{3} Q_1$$

$$P_{w2} = \bar{I}_2 \cdot \bar{V}_{31} = I_2 \cdot V_L \cdot \cos(90 - \varphi_2) \\ = I_2 \cdot \sqrt{3} V_f \cdot \sin \varphi_2 = \sqrt{3} Q_2$$

$$P_{w3} = \bar{I}_3 \cdot \bar{V}_{12} = I_3 \cdot V_L \cdot \cos(90 - \varphi_3) \\ = I_3 \cdot \sqrt{3} V_f \cdot \sin \varphi_3 = \sqrt{3} Q_3$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{P_{w1}}{\sqrt{3}} + \frac{P_{w2}}{\sqrt{3}} + \frac{P_{w3}}{\sqrt{3}}$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}} (P_{w1} + P_{w2} + P_{w3})$$

4.1.4. Cálculo del factor de potencia

Una vez realizada la medida de las potencias activa y reactiva de un sistema trifásico, se puede calcular de forma indirecta el factor de potencia del sistema. Sabiendo que:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

$$\cos \varphi = \cos(\operatorname{arctg} \frac{Q}{P})$$

5.1. Analizador de redes

El analizador de redes permite medir y registrar la potencia de un circuito monofásico o trifásico. Con este equipo se pueden efectuar mediciones prolongadas en el tiempo. Los valores de medición se almacenan en una tarjeta SD en formato de salida a planilla de cálculos (.xls). Esto permite analizar los valores de medición de forma cómoda en un ordenador. La cantidad de mediciones se la puede ajustar libremente entre 2 y 7200 segundos. Este equipo también puede realizar mediciones de energía, así como determinar el factor de potencia.

Por ejemplo, el equipo de la Fig. 10. es un Analizador de la energía y de la calidad eléctrica, 435 Serie II Fluke¹⁰. Tiene una clase 0,1 y las siguientes características:

- Eficiencia de los inversores de potencia: mide simultáneamente la potencia de salida de CA y la entrada de CC en sistemas electrónicos de

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

- potencia con una sonda opcional de CC.
- Captura de datos Power Wave: captura rápidamente datos RMS y muestra medios ciclos y formas de onda para caracterizar la dinámica de los sistemas eléctricos (arranque de generadores, conmutaciones en SAI, etc.)
- Calculadora de pérdida de energía: las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el coste fiscal de las pérdidas de energía.
- Solución de problemas en tiempo real: analiza las tendencias mediante las herramientas de cursor y zoom.
- La categoría de seguridad: conforme a 600 V CAT IV/1000 V CAT III para su uso en la acometida de servicio.
- Medida de las tres fases y el neutro: con cuatro puntas de prueba de corrientes flexibles incluidas y un diseño delgado mejorado para adaptarse a los lugares más estrechos.
- Tendencia automática: todas las medidas se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.
- Monitor del sistema: diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.
- Función de registrador: configura cualquier condición de prueba con memoria para hasta 600 parámetros en intervalos definidos por el usuario.
- Gráfica y genera informes: con el software de análisis que se incluye.
- Duración de la batería: siete horas de tiempo de funcionamiento por carga en un pack de baterías de ión litio.

- Descarga inalámbrica de datos: descarga los datos en el ordenador de forma inalámbrica y captura pantallas con una app Fluke Connect®.



Fig. 10

5.2. Medidores para armarios y celdas

Para medir la potencia de las líneas entrantes o salientes se pueden utilizar equipos dentro de las celdas o armarios en donde lleguen cables desde los Ti y los Tv distribuidos en las playas, GIS o celdas dentro de la misma subestación.

Un ejemplo de esto es el equipo de Schneider Electric, el nuevo sistema PowerLogic ION9000i, un medidor de calidad de la energía tecnológicamente avanzado. Aporta una precisión de clase 0.1s certificada de forma independiente, lo que representa el doble de precisión que los estándares energéticos actuales.



Fig. 11

TERCER CONGRESO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN INGENIERÍA ELÉCTRICA CITTIE 2019.

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata

CONCLUSIONES

La idea principal de este trabajo fue presentar los conceptos básicos para la medición de potencia en sistemas trifásicos y las características básicas de algunos equipos adecuados para lograrlo. A partir de esto se pretende implementar un equipo de medición compacto, capaz de proveer información de manera inalámbrica, hacia un lugar remoto. Para ello se deberán implementar funciones necesarias para establecer la comunicación y tener una medición confiable y lograr la adaptabilidad a cualquier carga en la que se desea medir su consumo.

REFERENCIAS

- [1] Medición de Potencia en Corriente Alternada – Juan Carlos Gonzales
 - [2] Conceptos Generales sobre los Aparatos de Medida – Medidas Eléctricas, D. José Ramírez Vázquez, Capítulo 2.
 - [3][https://es.wikipedia.org/wiki/Internet de las coo sas](https://es.wikipedia.org/wiki/Internet_de_las_coo_sas)
 - [4] <https://www.hpe.com/lamerica/es/what-is/industrial-iot.html>
 - [5] <http://yeap.com.ar/>
 - [6] <https://www.qibixx.com/en/>
 - [7] <http://www.netvox.com.tw/>
 - [8] <https://ubidots.com/>
 - [9] <https://www.amazon.com/Fluke-Quality-Analyzer-Accuracy-Resolution/dp/>
 - [10]<https://www.se.com/mx/es/work/products/product-launch/powerlogic-ion9000/overview.jsp>
 - [11] <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADE7758.pdf>
-