

MEDIDAS ELÉCTRICAS

PRÁCTICA N° 1

MEDIDAS ELÉCTRICAS (I).- Medidas eléctricas básicas

PRÁCTICA N° 2

MEDIDAS ELÉCTRICAS (II).- Medidas en circuitos de corriente alterna

PRÁCTICA N° 4

MEDIDAS ELÉCTRICAS (III).- Sistemas trifásicos

PRÁCTICA N° 1**MEDIDAS ELÉCTRICAS (I).- Medidas eléctricas básicas****PRÁCTICA N° 2****MEDIDAS ELÉCTRICAS (II).- Medidas en circuitos de corriente alterna****PRÁCTICA N° 4****MEDIDAS ELÉCTRICAS (III).- Sistemas trifásicos****OBJETIVO**

Medida de las magnitudes eléctricas básicas de circuitos de corriente continua y corriente alterna monofásica y trifásica. Se utilizarán aparatos básicos de medida como amperímetros, voltímetros, vatímetros, tenazas voltiamperimétricas y polímetros.

Para la descripción y realización de la práctica de MEDIDAS ELÉCTRICAS la vamos a dividir en tres partes:

- **Medidas eléctricas básicas**
- **Medidas en circuitos de corriente alterna**
- **Sistemas trifásicos**

FUNDAMENTO TEÓRICO

La explotación de cualquier instalación eléctrica requiere la medida y control de determinados parámetros eléctricos. Para medir correctamente con cualquier aparato de medida es necesario conocer su forma de conexión y además interpretar los símbolos impresos en el mismo.

Clasificación de los aparatos de medida

Los aparatos utilizados en las medidas eléctricas podemos clasificarles según los siguientes criterios:

- Según la clase de corriente a medir
- Según la magnitud eléctrica a medir
- Según la forma de presentar la medida
- Según la aplicación
- Según el principio de funcionamiento

Según la clase de corriente a medir

Atendiendo a este criterio, los aparatos pueden ser:

- * Aparatos para corriente continua
- * Aparatos para corriente alterna
- * Aparatos para corriente continua y alterna

Aparatos para corriente continua

Estos aparatos se utilizan para medir en corriente continua, siendo necesario que lleven marcado el borne positivo, para evitar que el dispositivo indicador intente desviarse en sentido contrario al correcto, con lo que se podría dañar el aparato.

Aparatos para corriente alterna

Debido a su sistema de medida se utilizarán exclusivamente en corriente alterna, no siendo necesario marcar los bornes.

Aparatos para corriente continua y alterna

Son los destinados a efectuar medidas tanto en corriente continua como en alterna. No es necesario que lleven marcado el borne positivo, pues debido al sistema de medida que utilizan, la desviación del índice siempre es en sentido correcto.

Según la magnitud eléctrica a medir

En la tabla adjunta se especifica las principales magnitudes eléctricas, sus unidades y los aparatos que las miden.

MAGNITUD ELÉCTRICA	UNIDAD	APARATO DE MEDIDA
Tensión (U)	Voltio (V)	Voltímetro
Intensidad (I)	Amperio (A)	Amperímetro
Resistencia (R)	Ohmio (Ω)	Ohmímetro-Megómetro
Potencia activa (P)	Vatio (W)	Vatímetro
Potencia reactiva (Q)	Voltamperio reactivo (var)	Varímetro
Energía eléctrica (E)	Vatio hora (Wh)	Contador de energía
Frecuencia (f)	Hercio (Hz)	Frecuencímetro
Desfase (ϕ)	Cos ϕ	Fasímetro
Flujo magnético (ϕ)	Weber (Wb)	Fluxómetro
Inductancia (L)	Henrio (H)	Henrímetro

Según la forma de presentar la medida

Ateniendo a este criterio, los aparatos pueden ser:

- * Indicadores
- * Registradores
- * Contadores

Aparatos de medida indicadores

Señalan el valor instantáneo, eficaz, medio o máximo, que en cada momento tiene la magnitud medida.

Aparatos de medida registradores

Registran el valor que va tomando en el tiempo la magnitud medida. Normalmente, son a la vez indicadores.

Aparatos de medida integradores

Calculan la integral en el tiempo de los valores a medir. En el caso de la potencia, cuya integral en el tiempo es la energía, estos aparatos se llaman contadores.

Según la aplicación

En función de la aplicación que se vaya a dar a los aparatos, se clasifican en:

- * Aparatos de cuadro
- * Aparatos portátiles
- * Aparatos de laboratorio

Aparatos de cuadro

Los instrumentos de cuadro, están destinados para montaje fijo en una posición determinada. Se emplean fundamentalmente en cuadros de control y para cumplir con finalidad no necesitan ser muy precisos.

Aparatos portátiles

Son instrumentos que por el hecho de ser portátiles no pueden ser de gran precisión. Se destinan a realizar mediciones esporádicas en distintos puntos de circuitos eléctricos. Son fáciles de transportar y sus bornes están dispuestos para realizar una conexión rápida y cómoda. Se montan generalmente en cajas de material aislante.

Aparatos de laboratorio

Estos aparatos son de alto grado de precisión. Se utilizan para realizar medidas que requieren gran exactitud y para verificación de otros aparatos de medida. Suelen ir provistos de dispositivos que reducen los errores en el momento de realizar las lecturas, tales como espejo adosado a la escala o indicadores de haz luminoso.

Según el principio de funcionamiento

Todos los elementos de medida tienen unos elementos fijos y uno móvil rotatorio entre los cuales se manifiesta un par que hace girar el elemento móvil, cuyo ángulo de giro depende de la magnitud que se mide. Solidario con el elemento móvil se tiene una aguja cuyo índice se mueve delante de una escala sobre la que se efectúa la lectura.

En todos los aparatos, el par que solicita el órgano móvil, par motor, es equilibrado por otro par antagonista, par resistente, que se manifiesta con el giro del órgano móvil y crece con el ángulo de giro. Este par puede ser debido a la deformación de un muelle, al desplazamiento de un peso, a la torsión de un hilo de suspensión, etc.

El par motor depende del principio funcional del aparato de medida y así, tendremos:

- * Aparatos térmicos
- * Aparatos de hierro móvil
- * Aparatos de cuadro móvil
- * Aparatos de imán móvil
- * Aparatos de inducción
- * Aparatos electrostáticos
- * Aparatos electrónicos digitales

Aparatos térmicos

Pueden ser utilizados con corriente continua y con alterna. Dado que su sistema sensitivo tiene siempre un sobrecalentamiento, sólo admiten limitadas sobrecargas y de breve duración.

Pueden ser de dos tipos:

De par termoeléctrico. - La bobina móvil de un milivoltímetro de imán permanente es alimentada por la f.e.m. originada por la diferencia de temperatura en la soldadura de dos metales de distinta naturaleza al calentarse por el paso de una corriente eléctrica. Se utilizan para circuitos de alta y muy alta frecuencia.

Bimetálicos.- Una lámina arrollada en espiral constituida por dos metales de distinta naturaleza soldados íntimamente, calentada por el paso de la corriente a medir, da origen a un giro de la espiral debido al distinto coeficiente de dilatación de los dos metales que forman la bilámina.

Aparatos electromagnéticos o de hierro móvil

En estos aparatos, el campo magnético de una bobina fija excitada por una corriente, imanta dos láminas de hierro dulce, una fija y otra móvil, que al repelerse dan lugar al par motor. Sobre la lámina móvil va montada la aguja que da la lectura del aparato. El par motor es función del cuadrado de la corriente que circula por la bobina, por la que la inversión del sentido de la corriente no implica cambio de sentido del par, siendo apropiado para medidas en corriente continua y alterna, siendo preferible para alterna, puesto que para continua hay problemas de histéresis. El par antagonista está dado por un muelle espiral. Por su simplicidad y robustez constructiva y su bajo precio son los utilizados en aplicaciones industriales.

Aparatos magnetoeléctricos o de imán permanente

El par está determinado por la acción de un campo magnético creado por un imán permanente sobre una bobina recorrida por una corriente.

Se denomina *de bobina móvil*, si el imán es fijo y si no *de imán móvil*.

Admitiendo que la inducción en el entrehierro en el que se mueve la bobina es constante, el par motor es proporcional a la corriente, de donde resulta que el ángulo de giro del elemento móvil es proporcional a la corriente que pasa por la bobina. El valor relativamente elevado de la inducción en el entrehierro hace que sean bastante sensibles a los campos magnéticos exteriores.

Su campo de medida está limitado a unos 20-30 mA, impuesto por el hilo de suspensión de la bobina que actúa a la vez como portacorriente de la bobina y como resorte antagonista. Conectando en paralelo con la bobina una resistencia calibrada, a través de la cual se deriva la mayor parte de la corriente, se pueden medir corrientes más elevadas.

Aún cuando solo pueden funcionar con corriente unidireccional, utilizando rectificadores de tamaño reducido y fiables, pueden utilizarse con corriente alterna, previamente rectificada, obteniéndose el valor eficaz de la misma. Dada la proporcionalidad entre desviación y corriente, la escala de estos aparatos es uniforme desde el principio hasta el final.

Aparatos electrodinámicos

El par viene determinado por los esfuerzos electrodinámicos entre dos bobinas coaxiales una fija y otra móvil montada sobre un eje equilibrado que arrastra a la aguja indicadora. Es utilizado para medición de tensión, intensidad y potencia en instrumentos patrones y de alta precisión. Su mayor coste hace que no se utilicen en usos industriales.

Aparatos de inducción

Se utiliza el principio de inducción por lo que solo son apropiados para magnitudes alternas. Su principal aplicación es como contadores eléctricos. El par motor está determinado por un campo magnético giratorio excitado por una bobina fija que actúa sobre una corriente inducida por el propio campo magnético en un disco tambor de aluminio o cobre sobre cuyo eje de giro está montada la aguja.

Aparatos electrostáticos

Están basados en las fuerzas atractivas entre cargas eléctricas opuestas. Solo se utilizan en laboratorios y salas de ensayo de alta tensión. Constan de una placa fija y otra móvil retenida por un muelle antagonista, constituyendo un condensador.

Aparatos electrónicos digitales

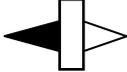
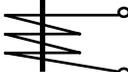
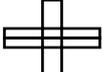
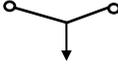
Son instrumentos estáticos formados por circuitos complejos que comprenden uno o varios convertidores analógicos-digitales. Tienen una gran precisión, del orden del $\pm 0,003\%$.

Simbología de los aparatos de medida

Los aparatos de medida llevan en la esfera o en una de las caras exteriores de la caja, las indicaciones necesarias para informar sobre sus características. Dichas indicaciones se reflejan mediante símbolos e inscripciones.

 Símbolos generales

En la tabla adjunta se indica la simbología UNE 21318-78 referida a los sistemas de medida:

DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
Aparatos magnetoeléctricos	
Aparato de imán móvil	
Aparato ferromagnético	
Aparato electrodinámico	
Aparato ferrodinámico	
Aparato de inducción	
Aparato térmico (de hilo o de dilatación)	
Aparato bimetálico	
Aparato electrostático	
Aparato de lengüetas vibrantes	

Naturaleza de la corriente

En la tabla adjunta se relaciona la naturaleza de la corriente medida por el aparato, según normativa UNE.

DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
Circuito de corriente continua	—
Circuito de corriente alterna monofásico	~
Circuito de corriente continua y corriente alterna	— ~
Circuito de corriente alterna trifásico	3~

Seguridad

En la tabla adjunta se pueden ver las tensiones de prueba de los aparatos de medida y que afectan a la seguridad en la manipulación de los mismos, según simbología UNE.

Los fallos de aislamiento pueden provocar una diferencia de potencial entre la caja del instrumento y sus partes metálicas con tierra. Los aparatos se someten a una tensión aplicada entre sus partes activas y la caja, que depende de la tensión nominal.

DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
Tensión de prueba 500 V	
Tensión de prueba superior a 500 V (por ejemplo 2kV)	
Aparato dispensado de la prueba dieléctrica	
Alta tensión en el accesorio y/o en el instrumento	

Posición de trabajo

Las posiciones de trabajo a tener en cuenta al utilizar los aparatos de medida, según norma UNE, se simbolizan como se indica en la tabla adjunta.

DESIGNACIÓN	SÍMBOLO
Aparato a utilizar con la esfera vertical	
Aparato a utilizar con la esfera horizontal	
Aparato a utilizar con la esfera inclinada en relación a la horizontal (ejemplo 60°)	

Clase de precisión

Se simboliza mediante un número que indica el error porcentual que comete el aparato. La precisión se caracteriza por el *error reducido*, que es el cociente, expresado en tanto por ciento, entre el error absoluto del instrumento y el valor máximo que puede medirse con el aparato (alcance). El error reducido se utiliza para agrupar los instrumentos de medida en *clases de precisión*. Existen siete clases de precisión:

0,1 - 0,2 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,5 - 5

Un instrumento con clase 1 tiene un error de un 1% sobre su fondo de escala.

Ejemplo: Un voltímetro con clase 1, conectado de forma que su alcance es 200 V, tiene un error máximo absoluto para toda la escala de: $\pm 0,01 \times 200 \text{ V} = \pm 2 \text{ V}$

Puesto que el error absoluto es el mismo para toda la escala, el error relativo crece a medida que la lectura se aproxima al punto inicial de la escala. Se recomienda, no utilizar medidas en el sector inicial de la escala.

Aparatos básicos de medidaMedida de corrientes eléctricas. Amperímetros

Es un aparato fundamental del que se derivan la mayor parte de instrumentos de medida industriales. Se conecta en serie con el circuito cuya corriente se quiere medir, de esta forma, la resistencia interna del aparato deberá ser muy pequeña, por dos razones:

- Para que la caída de tensión en la resistencia sea despreciable, frente a la que actúa sobre el circuito y no altere sensiblemente la corriente del mismo.
- Para minimizar la potencia disipada en él por efecto Joule.

Los más económicos y más usados son los electromagnéticos para c.a. y los magnetoeléctricos de bobina móvil para c.c.

Medida de tensión. Voltímetros

La medida de tensión se realiza conectando el aparato en paralelo. Esencialmente, un voltímetro no es más que un miliamperímetro de elevada resistencia interna, utilizándose los de bobina móvil y, sobre todo los de hierro móvil. Realmente, se mide la corriente que circula por el elemento móvil del aparato, con lo que si V es la tensión conectada al voltímetro, r la resistencia interna y R_v la resistencia adicional conectada en serie, la intensidad será:

$$i = \frac{V}{r + R_v}$$

Admitiendo que las resistencias son constantes, la intensidad resulta proporcional a la tensión y, graduando convenientemente la escala, se leen directamente voltios. La modificación de R_v permite variar el alcance de medida del aparato.

Medida de la potencia activa. Vatímetros

La medida de la potencia activa se realiza mediante vatímetros que pueden ser del tipo electrodinámico, aptos para c.a. y c.c. o de inducción, solo válidos para c.a. Normalmente se usa el electrodinámico mediante de la conexión de la bobina fija en serie con el circuito, es decir recorrida por la intensidad de este, y la bobina móvil en paralelo con el circuito y, por tanto, recorrida por la intensidad proporcional a la tensión. Se debe conectar el circuito voltimétrico delante del amperimétrico.

Un vatímetro de c.c. mide el producto de la tensión por la corriente, en ambas magnitudes hay que tener en cuenta la polaridad de las bobinas. En el caso de c.a. es necesario que la corriente esté en fase con la tensión, es decir, el circuito vatimétrico debe ser rigurosamente resistivo para que el par motor del instrumento sea proporcional a la potencia activa.

Medida de la potencia reactiva. Varímetros

La medida de la potencia reactiva se realiza mediante aparatos del tipo electrodinámico o de inducción, siendo la condición que la corriente que circula por la bobina voltimétrica esté desfasada exactamente $\pi/2$ respecto de la tensión aplicada al circuito.

Tenaza voltiamperimétrica

Se utiliza generalmente en circuitos de corriente alterna de baja tensión para medir esencialmente la intensidad de corriente que circula por un conductor, sin necesidad de interrumpir el circuito.

El aparato tiene la forma de una pinza que constituye el núcleo magnético de un transformador de intensidad. Sobre él está montado el secundario del transformador a la pinza formando un solo conjunto. El primario del transformador de intensidad lo constituye el propio conductor cuya intensidad se desea medir.

La uso de la pinza voltiamperimétrica como voltímetro se efectúa conectando a unas bornas, que al efecto lleva la pinza, unos conductores flexibles en derivación con el circuito a medir.

Polímetro

Son aparatos de medida con los que se pueden realizar la medición de varias magnitudes eléctricas, tanto en circuitos de c.c., como de c.a. Se utilizan de indicación analógica y digital.

Para realizar la medición de una determinada magnitud, hay que seleccionar previamente:

- 1º Clase de corriente (continua o alterna).
- 2º Magnitud (intensidad, tensión, resistencia).
- 3º Calibre.

Transformadores de medida

La conexión directa de un instrumento de medida para medir la intensidad o la tensión de un circuito, muchas veces no es factible. Unas veces porque los valores exceden el campo de medida del aparato, y otras, porque sería muy caro aislar los aparatos de medida en los circuitos de alta tensión, además de por razones de seguridad.

La utilización de los transformadores de medida se basa en la posibilidad de obtener una magnitud secundaria de módulo proporcional al de la del primario y de la misma fase.

Transformadores de tensión

Constan de dos devanados cuya relación de tensión viene dada por la AT a medir y, normalmente, el valor de 110 V que se aplica al instrumento de medida.

Están diseñados de forma que la resistencia y la reactancia de dispersión son muy pequeñas, siendo así la relación de tensiones prácticamente igual a la relación de espiras.

Su funcionamiento es prácticamente en vacío debido a que la impedancia del voltímetro colocado en el secundario es elevada. Normalmente el secundario se conecta a tierra para seguridad del personal y de la instalación.

Transformadores de intensidad

Tiene dos devanados, conectando el primario en serie con el circuito principal y el secundario a un amperímetro, cuya impedancia es muy pequeña y, por tanto, su funcionamiento es prácticamente en cortocircuito.

La tensión en el secundario con el amperímetro conectado, es muy pequeña, pero si se desconectase el amperímetro, la intensidad por el secundario pasaría a ser cero y la tensión aumentaría mucho, ya que la intensidad por el primario seguiría siendo la misma. Esta tensión elevada del secundario, sería peligrosa para el personal y para el propio transformador, por lo que siempre deberá evitarse dejar en circuito abierto un transformador de intensidad. Si hubiese que retirar el aparato de medida, sería necesario poner previamente en cortocircuito los extremos del secundario.

Los transformadores de intensidad tienen en su devanado primario muy pocas vueltas, e incluso pueden llegar a tener solo una.

Contadores de energía eléctrica

Existen diversos tipos de contadores, pero el más utilizado es el *contador de inducción*. Está basado en el efecto de inducción, formado por una bobina voltimétrica y una amperimétrica, que actúa sobre un disco de aluminio produciendo un campo giratorio que mueve el disco.

La bobina de tensión crea un campo magnético permanente al estar conectada en todo momento a la red, lo que induce en el disco una f.e.m. al ser el flujo variable. Esta f.e.m. inducida en el disco crea unas corrientes parasitarias al estar cerrado y, a su vez, dichas corrientes crean un campo magnético.

Cuando se conecta algún receptor, por la bobina de intensidad circula una intensidad que produce, a su vez, otro campo magnético que actúa sobre el disco, produciéndose un par de fuerzas que le hace girar. Es decir, el disco está sometido a dos campos magnéticos desfasados que producen un campo magnético resultante giratorio que corta el disco induciendo en él una f.e.m. Al estar cerrado dicho disco, se producen corrientes parasitarias denominadas de Foucault. Estas corrientes producen otro campo magnético con polaridad contraria al campo giratorio que lo produce, debido a la ley de Lenz.

Como el campo magnético resultante no es fijo, ya que está moviéndose constantemente en sentido giratorio, hace que el disco cambie también constantemente de polaridad, y al ser contraria a la del campo giratorio, el imán-disco se moverá intentando alcanzar el campo giratorio.

El movimiento de giro del disco será proporcional al campo giratorio y como este es proporcional a la intensidad y a la tensión, lo será a la potencia, por tanto, a mayor potencia, mayor velocidad. El tiempo que está girando multiplicado por la velocidad del disco, determinará la energía eléctrica consumida en el circuito que se trate.

Maxímetros

Es un aparato de medida encargado de contabilizar la máxima potencia demandada durante un periodo. Durante 15 minutos, la aguja está en tensión y vuelve a cero por la acción de un resorte que es mandado por el reloj del equipo de medida. En la escala graduada existe otra aguja testigo que es arrastrada por la aguja de arrastre, denominada *aguja lectora*. Cada 15 minutos, la aguja de arrastre marca la potencia media demandada en ese periodo.

En los siguientes 15 minutos, si la potencia es igual o menor, no se moverá la aguja de lectura; si es mayor, arrastrará la aguja testigo hasta el máximo.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

El ensayo pretende realizar la medida de las magnitudes eléctricas básicas de circuitos de corriente continua y corriente alterna monofásica y trifásica, mediante la utilización aparatos básicos de medida como amperímetros, voltímetros, vatímetros, tenazas voltiamperimétricas y polímetros.

En corriente continua hay que tener en cuenta la polaridad, sin embargo en corriente alterna no tiene sentido hablar de polaridad, puesto que la magnitud a medir varía constantemente con el tiempo. Por esta razón no hay que atender a esta circunstancia en las medidas de alterna realizadas con voltímetros y amperímetros. La magnitud indicada por el aparato de medida es el *valor eficaz* de la corriente o de la tensión.

Para los vatímetros hay que tener en cuenta que la magnitud que señala viene dada por la expresión: $W = U I \cos(\mathbf{U I})$, en donde $(\mathbf{U I})$ indica el desfase entre la corriente y la tensión. Al ser el coseno una magnitud con signo, la lectura del vatímetro podrá ser positiva o negativa.

Puesto que el vatímetro está diseñado para indicar magnitudes positivas, cuando la aguja del vatímetro tienda a desplazarse hacia la izquierda habrá que cambiar las conexiones de forma que la lectura sea positiva y a esta cambiarla el signo.

A continuación describimos cada una de las tres partes en que se dividido la práctica de MEDIDAS ELÉCTRICAS.

PRÁCTICA Nº 1
MEDIDAS ELÉCTRICAS (I)

MEDIDAS ELÉCTRICAS BÁSICAS

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

MEDIDAS ELÉCTRICAS I.- Medidas eléctricas básicas

Medida de tensiones con voltímetros

Como ya se ha dicho el voltímetro se conecta en paralelo a los puntos entre los que se encuentra la diferencia de potencial que se desea medir.

Un voltímetro ideal presenta una resistencia interna infinita, por lo que al efectuar la medida, no circulará intensidad por él. Sin embargo en la realidad, a pesar de tener un valor elevado, no es infinita y circulará una intensidad por el aparato, pudiendo llegar a influir de manera apreciable en la medida.

La alimentación eléctrica se realizará primeramente con corriente continua y se volverá a repetir la práctica alimentando al circuito con corriente alterna.

Medida de intensidades con amperímetros

El amperímetro se conecta en serie con el receptor cuya corriente se desea medir, de forma que toda ella circulará por el amperímetro.

Un amperímetro ideal tiene una resistencia interna nula, pero en el caso de un amperímetro real, a pesar de tener un valor pequeño, no es cero, por lo que al conectar el amperímetro aumenta la resistencia total y en consecuencia la medida puede verse afectada.

La alimentación eléctrica se hará primeramente con corriente continua y después con corriente alterna.

Medida de resistencias

Medida de resistencias con polímetros

El polímetro permite realizar mediciones de varias magnitudes eléctricas.

Actuando sobre el selector (conmutador de funciones) permite seleccionar el modo de funcionamiento, de medida de resistencia y, conectando los cables de prueba a los extremos de la resistencia, se obtendrá el valor de la misma, después de ajustar la escala.

Medida de resistencias con voltímetro y amperímetro

Consiste en medir la tensión e intensidad en la resistencia de valor óhmico desconocido, cuando es alimentada por una fuente de corriente continua. Con los valores de tensión e intensidad medidos se aplica la ley de Ohm para obtener el valor óhmico de la resistencia.

Hay dos posibles montajes en función del orden de conexión del voltímetro y del amperímetro. Si se conecta primero el voltímetro y después el amperímetro, según el esquema de la Fig. 3.1, se obtiene el *montaje largo*, y si se conecta primero el amperímetro y después el voltímetro, según el esquema de la Fig. 3.2, se obtiene el *montaje corto*.

Medida de potencias con vatímetros

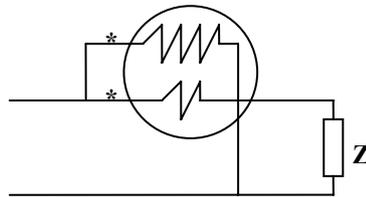
En un vatímetro la bobina amperimétrica se conecta en serie con el circuito a medir y la bobina voltimétrica en paralelo.

El vatímetro ideal sería aquel en el que su circuito amperimétrico fuese un cortocircuito y el voltimétrico, un circuito abierto.

La constante de lectura del aparato depende de dos magnitudes, de la tensión y de la intensidad, por lo que la constante de lectura del aparato es:

$$\text{Cte. Lectura} = \frac{\text{Tensión} \times \text{Intensidad (máxima elegida)}}{\text{N}^\circ \text{ total de divisiones}}$$

En los vatímetros, los extremos de las bobinas, amperimétrica y voltimétrica, con la misma polaridad, aparecen señalados con un asterisco (*), de forma que la lectura del vatímetro es positiva cuando los terminales están conectados como se indica en la siguiente Fig.



La práctica se realizará primero alimentando al circuito con corriente continua, y a continuación de repetirá con corriente alterna.

EQUIPO NECESARIOMedida de tensiones con voltímetros

Polímetros:	1 digital 1 analógico
Resistencia de carga:	a) $R = 1 \text{ k}\Omega$ b) $R = 10 \text{ M}\Omega$
Alimentación eléctrica:	Tensión continua regulable: 0 - 100 V Tensión monofásica regulable: 0 - 115 V

Medida de intensidades con amperímetros

Polímetros:	A_1 digital A_2 analógico
Resistencia de carga:	a) $R = 2,2 \Omega$ b) $R = 100 \Omega$
Alimentación eléctrica:	Tensión continua regulable: 0 - 100 V Tensión monofásica regulable: 0 - 115 V

Medida de resistenciasMedida de resistencias con polímetros

Polímetros:	1 digital 1 analógico
Resistencia de carga:	$R = 100 \Omega$

Medida de resistencias con voltímetro y amperímetro

Polímetros:	1 digital 1 analógico
Resistencia de carga:	a) $R = 300 \Omega$ b) $R = 10 \text{ M}\Omega$
Alimentación eléctrica:	Tensión continua regulable: 0 - 100 V

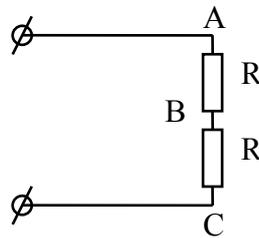
Medida de potencias con vatímetros

Polímetros:	1 digital 1 analógico
1 Vatímetro:	
Resistencia de carga:	$R = 300 \Omega$
Alimentación eléctrica:	Tensión continua regulable: 0 - 100 V Tensión monofásica regulable: 0 - 115 V

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Medida de tensiones con voltímetros

Esquema de montaje.- Fig. 1



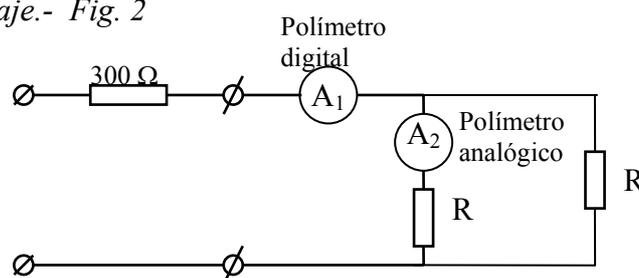
Desarrollo de la práctica

Para llevar a cabo el ensayo, después de realizar el montaje de la Fig. 1, se seguirán los siguientes pasos:

- Utilizando un polímetro analógico, cuya resistencia interna conozcamos, calcular teóricamente las lecturas de éste aparato, cuando se midan las tensiones U_{AB} , U_{BC} y U_{AC} , en el caso de que $R = 1 \text{ k}\Omega$ y en el caso de que $R = 10 \text{ M}\Omega$.
- Comprobar estos resultados teóricos efectuando las medidas con el polímetro analógico sobre el montaje práctico del circuito de la Fig. 1, alimentándole con corriente continua.
- Repetir el apartado anterior cuando el circuito se alimenta con corriente alterna.
- Utilizando un polímetro digital, cuya resistencia interna conozcamos, calcular teóricamente las lecturas de éste aparato, cuando se midan las tensiones U_{AB} , U_{BC} y U_{AC} , en el caso de que $R = 1 \text{ k}\Omega$ y en el caso de que $R = 10 \text{ M}\Omega$.
- Comprobar estos resultados teóricos efectuando las medidas con el polímetro digital sobre el montaje práctico del circuito de la Fig. 1, alimentándole con corriente continua.
- Repetir el apartado anterior cuando el circuito se alimenta con corriente alterna.
- Conclusiones:
¿Con que polímetro y para que valores de resistencias la medida de las tensiones tiene menor error? ¿Por qué?

Medida de intensidades con amperímetros

Esquema de montaje.- Fig. 2



Desarrollo de la práctica

Después de realizar el montaje de la Fig. 2, se seguirán los siguientes pasos:

- Determinar la escala a seleccionar en los amperímetros de la Fig. 2, siendo A_1 un polímetro digital, y A_2 un polímetro analógico, cuyas resistencias internas conozcamos para las escalas seleccionadas, suponiendo en primer lugar que $R = 2,2 \Omega$ y en el caso de que $R = 100 \Omega$.
- Calcular teóricamente, teniendo en cuenta las resistencias internas de los amperímetros, los valores que indicarán los amperímetros para los dos valores de las resistencias.
- Comprobar experimentalmente estos resultados mediante el montaje de la Fig. 2, para los dos valores de las resistencias, cuando el circuito se alimenta con corriente continua.
- Repetir el apartado anterior cuando el circuito se alimenta con corriente alterna.

e) Conclusiones:

¿Para que valores de resistencias la medida de las corrientes tiene menor error? ¿Por qué?

Medida de resistencias

Medida de resistencias con polímetros

Desarrollo de la práctica

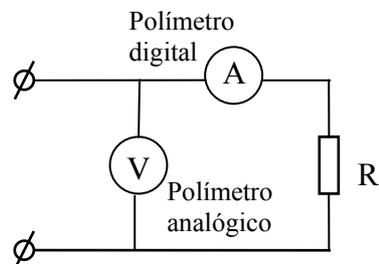
Utilizando el polímetro para medir resistencias se efectuarán las siguientes operaciones:

- Seleccionar en el polímetro la posición de medida de resistencia.
- Comprobar el cero del polímetro cortocircuitando las puntas de los conductores conectados a sus bornas, ajustándose con el mando correspondiente.
- Conectar con el polímetro una resistencia de 100Ω .

Medida de resistencias con voltímetro y amperímetro

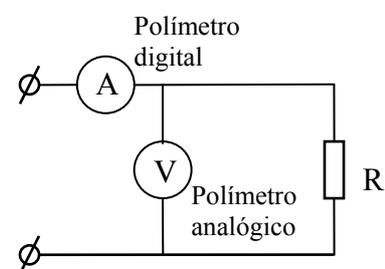
Esquema de montaje.- Fig. 3.1

MONTAJE LARGO



Esquema de montaje.- Fig. 3.2

MONTAJE CORTO



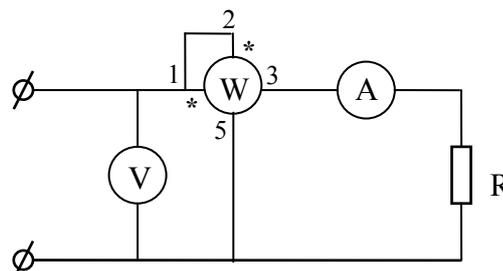
Desarrollo de la práctica

Se utilizará como voltímetro el polímetro analógico y como amperímetro el polímetro digital y se efectuarán las siguientes operaciones:

- Ajustando la tensión de la fuente a un valor de 100 V , y siendo $R=300 \Omega$, medir la intensidad y la tensión en los circuitos de las figuras 3.1 y 3.2 y determinar en función de éstas medidas el valor de la resistencia R . ¿Cuál de los dos montajes es más exacto para calcular el valor de la resistencia R ? ¿Por qué?
- Sustituyendo la resistencia $R=300 \Omega$ por una $R=10 \text{ M}\Omega$, y ajustando la tensión de la fuente a 100 V , determinar experimentalmente, a través de la medida de la tensión y la intensidad en los circuitos de las figuras 3.1 y 3.2, el valor de la resistencia R . ¿Cuál de los dos montajes es el más apropiado e introduce menos error, al calcular el valor de esta nueva resistencia R ? ¿Por qué?

Medida de potencias con vatímetros

Esquema de montaje.- Fig. 4



Desarrollo de la práctica

Se realizará el montaje de la Fig. 4, prestando especial atención a la polaridad de las conexiones del vatímetro. y a continuación se realizarán las siguientes operaciones:

- a) Cerrar el interruptor de la fuente de alimentación de corriente continua y girar el regulador hasta comprobar que el voltímetro indique 100 V.
- b) Anotar la lectura del amperímetro y del vatímetro, girar el regulador a cero y abrir el interruptor.
- c) Comprobar que se cumplen las relaciones: $P = RI^2 = GU^2$
- d) Repetir los apartados anteriores, pero en este caso alimentando con una tensión de corriente alterna de 115 V.

RESULTADOS

Medida de tensiones con voltímetros

a) Cálculo teórico (medida con polímetro analógico)

R_{interna} (Escala 150 V) = 26,5 kΩ

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

b) Medidas experimentales (medida con polímetro analógico)

Alimentación con corriente continua

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

c) Medidas experimentales (medida con polímetro analógico)

Alimentación con corriente alterna

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

d) Cálculo teórico (medida con polímetro digital)

R_{interna} (Todas escalas) = 10 MΩ

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

e) Medidas experimentales (medida con polímetro digital)

Alimentación con corriente continua

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

f) Medidas experimentales (medida con polímetro digital)

Alimentación con corriente alterna

R = 1 kΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

R = 10 MΩ	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
TENSIÓN (V)			

g) **Conclusiones:**

¿Con que polímetro y para que valores de resistencias la medida de las tensiones tiene menor error? ¿Por qué?

Medida de intensidades con amperímetros

a) Selección de escalas de los amperímetros

	DIGITAL	ANALÓGICO
ESCALA		500 mA
Resistencia interna	50 mΩ	1,13 Ω

b) Cálculos teóricos (medida A₁ amperímetro digital y A₂ amperímetro analógico)

R = 2,2 Ω	I₁	I₂
INTENSIDAD (A)		

R = 100 Ω	I₁	I₂
INTENSIDAD (A)		

c) Medidas experimentales (medida A₁ amperímetro digital y A₂ amperímetro analógico)

Alimentación con corriente continua

	DIGITAL	ANALÓGICO	ANALÓGICO	DIGITAL
R = 2,2 Ω	I₁	I₂	I₁	I₂
INTENSIDAD (A)				

	DIGITAL	ANALÓGICO	ANALÓGICO	DIGITAL
R = 100 Ω	I₁	I₂	I₁	I₂
INTENSIDAD (A)				

d) Medidas experimentales (medida A_1 amperímetro digital y A_2 amperímetro analógico)

Alimentación con corriente alterna

	DIGITAL	ANALÓGICO	ANALÓGICO	DIGITAL
$R = 2,2 \Omega$	I_1	I_2	I_1	I_2
INTENSIDAD (A)				

	DIGITAL	ANALÓGICO	ANALÓGICO	DIGITAL
$R = 100 \Omega$	I_1	I_2	I_1	I_2
INTENSIDAD (A)				

e) **Conclusiones:**

¿Para que valores de resistencias la medida de las corrientes tiene menor error? ¿Por qué?

Medida de resistencias

Medida de resistencias con polímetros

Valor de la resistencia $R = 100 \Omega$	Polímetro analógico	Error
RESISTENCIA (Ω)		

Valor de la resistencia $R = 100 \Omega$	Polímetro digital	Error
RESISTENCIA (Ω)		

Comentarios:

Medida de resistencias con voltímetro y amperímetro

Montaje largo

$R = 300 \Omega$	TENSIÓN (V)	INTENSIDAD (A)
VALORES DE AJUSTE		
VALORES MEDIDOS		
Valor de la resistencia (Ω)	$R = U/I$	=

$R = 10 M\Omega$	TENSIÓN (V)	INTENSIDAD (A)
VALORES DE AJUSTE		
VALORES MEDIDOS		
Valor de la resistencia (Ω)	$R = U/I$	=

Montaje corto

R = 300 Ω	TENSIÓN (V)	INTENSIDAD (A)
VALORES DE AJUSTE		
VALORES MEDIDOS		
Valor de la resistencia (Ω)	R = U/I	=

R = 10 MΩ	TENSIÓN (V)	INTENSIDAD (A)
VALORES DE AJUSTE		
VALORES MEDIDOS		
Valor de la resistencia (Ω)	R = U/I	=

Comentarios:

Medida de potencias con vatímetros

Alimentación con corriente continua

R = 300 Ω	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
INTENSIDAD (A)				
TENSIÓN (V)				
POTENCIA (W)				

COMPROBACIÓN	R I ²	G U ²
POTENCIA (W)		

Alimentación con corriente alterna

R = 300 Ω	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
INTENSIDAD (A)				
TENSIÓN (V)				
POTENCIA (W)				

COMPROBACIÓN	R I ²	G U ²
POTENCIA (W)		

Comentarios:

PRÁCTICA Nº 2

MEDIDAS ELÉCTRICAS (II)

MEDIDAS EN CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA**MEDIDAS ELÉCTRICAS II.- Medidas en circuitos de corriente alterna**Determinación de las componentes de una impedancia compleja

La impedancia compleja es una cierta expresión de $j\omega$:

$$\mathbf{Z} = R + j X = Z \angle \varphi = Z (\cos \varphi + j \operatorname{sen} \varphi)$$

Las componentes son:

$$Z = |\mathbf{Z}|$$

$$R = \operatorname{Re}(\mathbf{Z})$$

$$X = \operatorname{Im}(\mathbf{Z})$$

Las tres magnitudes tienen dimensión de una resistencia y se expresan en Ω .

Suponiendo ideales los aparatos de medida, las relaciones entre las distintas magnitudes son:

$$P = R I^2 \qquad U = Z I \qquad Z^2 = R^2 + X^2$$

y nos permitirán calcular las componentes R y X de la impedancia Z, haciendo:

$$R = \frac{P}{I^2} \qquad Z = \frac{U}{I} \qquad X = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

También se puede operar de la manera siguiente:

$$P = U I \cos \varphi \qquad Z = \frac{U}{I} = R + j X = Z \angle \varphi = Z (\cos \varphi + j \operatorname{sen} \varphi)$$

de donde se deduce:

$$\cos \varphi = \frac{P}{U I} \qquad R = Z \cos \varphi \qquad X = Z \operatorname{sen} \varphi$$

Con el ensayo se pretende determinar las componentes de la impedancia compleja.

Circuito serie R-L-C

La impedancia de un circuito serie R, L, C es:

$$\mathbf{Z} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + j(X_L + X_C)$$

La reactancia total es: $X = X_L + X_C$

Si la reactancia total X es positiva, la reactancia tiene carácter inductivo:

$$X_L > X_C \quad \omega L > \frac{1}{\omega C} \quad L > \frac{1}{C}$$

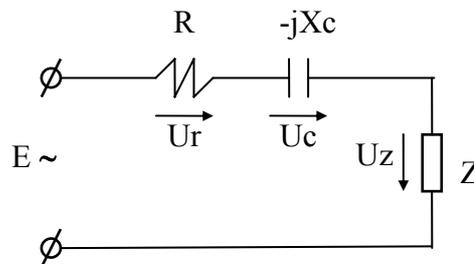
La intensidad va en retraso respecto a la tensión.

Si la reactancia total X es negativa, la reactancia tiene carácter capacitivo:

$$X_L < X_C \quad \omega L < \frac{1}{\omega C} \quad L < \frac{1}{C}$$

La intensidad va en adelanto respecto a la tensión.

Se trata de realizar el diagrama vectorial del siguiente circuito:



EQUIPO NECESARIO

Determinación de las componentes de una impedancia compleja

2 Polímetros:

Vatímetro:

Impedancia de carga: $Z = \text{Reactancia inductiva}$

Alimentación eléctrica: Tensión monofásica regulable: 0 - 115 V

Circuito serie R-L-C

2 Polímetros:

Resistencia: $R = 300 \Omega$

Condensador: $C = 20 \mu\text{F}$

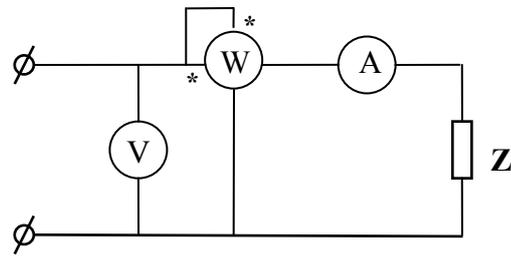
Impedancia de carga: $Z = \text{Reactancia inductiva}$

Alimentación eléctrica: Tensión monofásica regulable: 0 - 115 V

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Determinación de las componentes de una impedancia compleja

Esquema de montaje.- Fig. 5



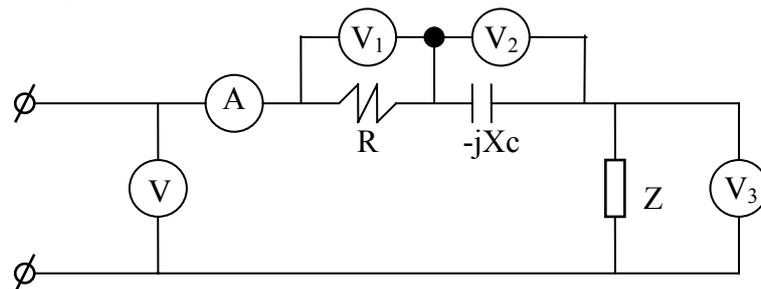
Desarrollo de la práctica

Realizado el montaje de la Fig. 5, se toman los valores de P , U e I correspondientes al vatímetro, voltímetro y amperímetro respectivamente.

Alimentando a una tensión de 115 V, calcular las componentes resistiva y reactiva de Z , empleando cualquiera de los métodos descritos.

Circuito serie R-L-C

Esquema de montaje.- Fig. 6



Desarrollo de la práctica

Realizamos el montaje de la Fig. 6 y se toman los valores de U e I correspondientes al voltímetro y amperímetro respectivamente. Empleése el mismo voltímetro para obtener las distintas medidas de tensión.

Alimentando a una tensión de 115 V, y con los valores de las medidas obtenidas, dibujar el diagrama vectorial de tensiones e intensidades.

RESULTADOS

Determinación de las componentes de una impedancia compleja

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
INTENSIDAD (A)				
TENSIÓN (V)				
POTENCIA (W)				

a) $Z = R + jX$ $Z = \frac{U}{I} = \dots = \dots =$ $R = \frac{P}{I^2} = \dots = \dots =$

$X = \sqrt{(Z^2 - R^2)} = \sqrt{(\dots^2 - \dots^2)} =$

$Z = \dots + j$

b) $Z = Z \angle \varphi$ $Z = \frac{U}{I} = \dots = \dots =$ $\cos \varphi = \frac{P}{UI} = \dots = \dots =$

$R = Z \cos \varphi = \dots =$ $X = Z \sin \varphi = \dots =$

$Z = \dots + j$

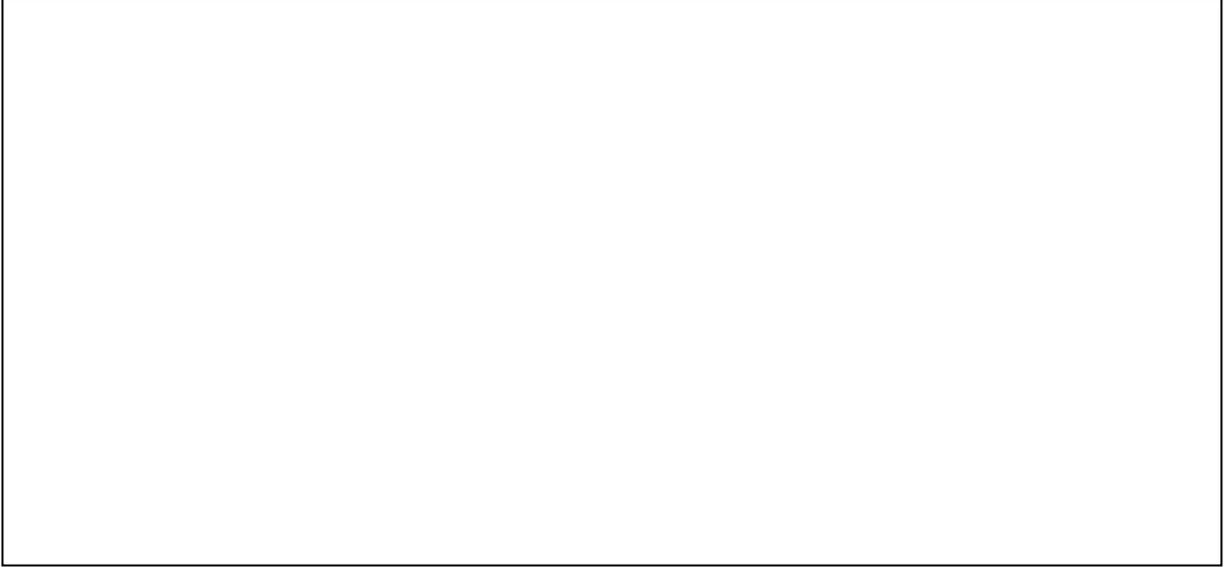
Comentarios:

Circuito serie R-L-C

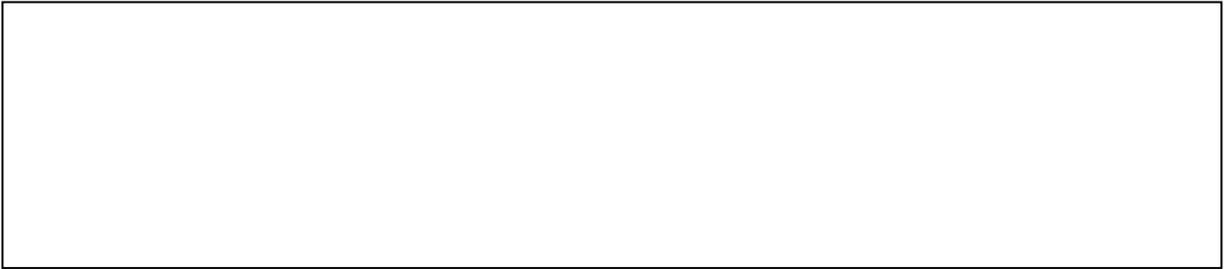
	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
INTENSIDAD (A)				
TENSIÓN (V)				
TENSIÓN (V ₁)				
TENSIÓN (V ₂)				
TENSIÓN (V ₃)				

	I	Ur	Uc	Uz
Módulo y argumento	∠	∠	∠	∠

Diagrama vectorial



Comentarios:



PRÁCTICA Nº 4

MEDIDAS ELÉCTRICAS (III)

SISTEMAS TRIFÁSICOS

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

MEDIDAS ELÉCTRICAS III.- Sistemas trifásicos

Determinación de la secuencia de fases

La secuencia de fases es el orden en que se suceden las tensiones del sistema.

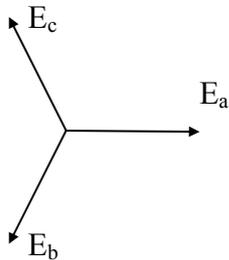
El ensayo consiste en determinar si un sistema de tensiones trifásicas equilibradas es de secuencia directa o de secuencia inversa, cuya expresión temporal y representación vectorial se exponen a continuación:

Secuencia directa

$$e_a(t) = \sqrt{2} E \cos \omega t$$

$$e_b(t) = \sqrt{2} E \cos (\omega t - 2\pi/3)$$

$$e_c(t) = \sqrt{2} E \cos (\omega t + 2\pi/3)$$

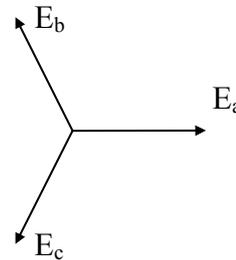


Secuencia inversa

$$e_a(t) = \sqrt{2} E \cos \omega t$$

$$e_b(t) = \sqrt{2} E \cos (\omega t + 2\pi/3)$$

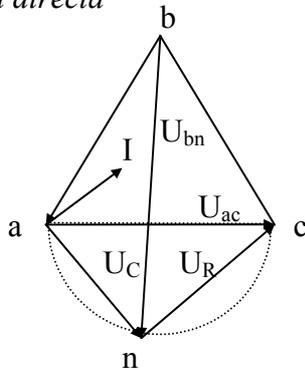
$$e_c(t) = \sqrt{2} E \cos (\omega t - 2\pi/3)$$



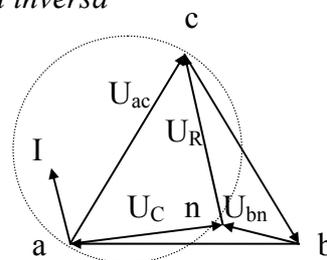
Para determinar si es de secuencia directa o inversa se realizará el montaje de la Fig. 7.

Según sea la secuencia, directa o inversa, el diagrama vectorial será:

Secuencia directa



Secuencia inversa



En el caso de secuencia directa, el voltímetro V_2 marcará una tensión mayor que la de línea, reflejada por el voltímetro V_1 . Si es secuencia inversa, el voltímetro V_2 señalará una tensión inferior a la de línea, marcada por el voltímetro V_1 .

Medida de potencia activa

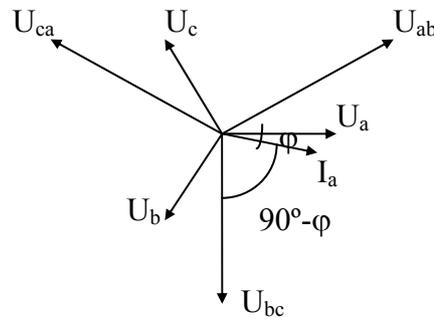
La potencia consumida por un receptor trifásico es igual a la suma de las consumidas en cada fase. En el caso de un sistema trifásico con hilo neutro o con neutro accesible, se puede medir la potencia de cada fase y si el sistema es equilibrado, basta con medir una fase.

La potencia es: $P = 3 W_F$.

Medida de potencia reactiva

Mediante el empleo de un solo vatímetro se puede obtener también la potencia reactiva consumida por una carga trifásica equilibrada, si el sistema de tensiones es equilibrado. Para ello, y si el sistema es de secuencia directa, basta conectar el aparato de medida como se muestra en la Fig. 9.

El diagrama vectorial de las magnitudes del sistema es:



La lectura del aparato de medida será:

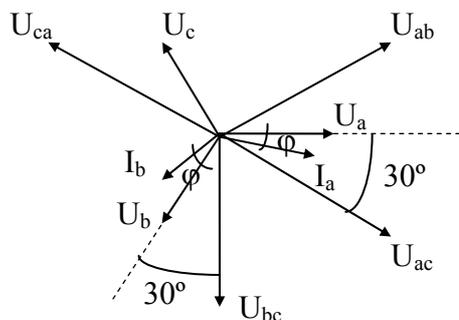
$$W = U I \cos (\mathbf{U}_{bc}, \mathbf{I}_a) = U I \cos (\pi/2 - \varphi) = U I \sin \varphi = Q/\sqrt{3}$$

Método de los dos vatímetros

Es un método para medir tanto la potencia activa como la reactiva. Este procedimiento se puede aplicar en sistemas en los que no exista neutro o bien este no esté accesible.

El montaje se realizará conectando los vatímetros, según se muestra en la Fig. 10.

La lectura de cada uno de los dos vatímetros, de acuerdo con el diagrama vectorial, será:



$$W_1 = U I \cos (\mathbf{U}_{ac}, \mathbf{I}_a) = U I \cos (\pi/6 - \varphi) = \sqrt{3}/2 U I \cos \varphi + 1/2 U I \sin \varphi$$

$$W_2 = U I \cos (\mathbf{U}_{bc}, \mathbf{I}_b) = U I \cos (\pi/6 + \varphi) = \sqrt{3}/2 U I \cos \varphi - 1/2 U I \sin \varphi$$

Al sumar o restar las dos expresiones anteriores, se obtienen las siguientes igualdades:

$$W_1 + W_2 = P \qquad W_1 - W_2 = Q/\sqrt{3}$$

El método solo calcula la potencia reactiva en sistemas equilibrados, y su expresión es la indicada en la ecuación anterior, cuando las tensiones de alimentación son de secuencia directa. Sin embargo, la expresión de la potencia activa es válida para sistemas equilibrados y desequilibrados.

Con tensiones de alimentación de secuencia inversa la expresión de la potencia reactiva es:

$$Q = \sqrt{3} (W_2 - W_1)$$

Las lecturas de los vatímetros pueden ser tanto positivas como negativas. Puesto que los vatímetros solo pueden señalar magnitudes positivas, en caso de que uno de ellos tienda a marcar una magnitud menor que cero, habrá que cambiar las conexiones, bien de la bobina voltimétrica, bien de la amperimétrica, y considerar la lectura de este vatímetro negativa.

Compensación del factor de potencia

Cuando una carga es fuertemente inductiva, su factor de potencia es muy bajo, es decir, $\cos \varphi$ es próximo a cero (φ próximo a 90°). Esto lleva consigo que para un mismo consumo de potencia activa, el consumo de potencia reactiva es elevado y por tanto la potencia aparente aumenta considerablemente y en consecuencia, el valor de la corriente es excesivo.

Para evitarlo, lo que se hace es compensar el factor de potencia mediante cargas capacitivas. Puesto que las cargas capacitivas ceden reactiva, lo que hacemos es conectar en paralelo con la carga una batería de condensadores, que cedan la suficiente potencia reactiva como para que compense toda o parte de dicha potencia reactiva.

La potencia reactiva que suministran los condensadores será:

$$Q_C = 3 \omega C U_F^2 \quad \text{donde } U_F \text{ es la tensión de fase}$$

Tanto el valor de esta tensión como la de los condensadores dependerá de si la batería se conecta en estrella o en triángulo, que a su vez depende de la tensión de trabajo.

Para bajas tensiones, por debajo de 500 V, la norma recomienda colocar la batería de condensadores en triángulo, pues la capacidad de cada condensador es menor y por lo tanto su precio también será menor.

$$C_\Delta = \frac{C_Y}{3}$$

En cambio, para tensiones superiores a 500 V, se recomienda colocar la batería de condensadores en estrella, pues así cada condensador soporta una tensión más baja que si se colocara en triángulo.

En nuestro caso, como manejamos bajas tensiones, colocaremos una batería de condensadores en triángulo. En este caso, la tensión de fase en el condensador es igual a la de línea U , y la potencia reactiva que cede la batería de condensadores en triángulo viene dada por la expresión: $Q_C = 3 \omega C_\Delta U^2$

EQUIPO NECESARIODeterminación de la secuencia de fases

2 Polímetros:

Resistencia: $R = 300 \Omega$ Condensador: $C = 20 \mu\text{F}$

Alimentación eléctrica: Tensión trifásica regulable: 3 x (0 - 115) V

Medida de potencia activa

2 Polímetros:

Vatímetro:

Impedancia de carga: $Z = (\text{Resistencia: } R = 300 \Omega, \text{ Condensador: } C = 20 \mu\text{F})$

Alimentación eléctrica: Tensión trifásica regulable: 3 x (0 - 115) V

Medida de potencia reactiva

2 Polímetros:

Vatímetro:

Impedancia de carga: $Z = (\text{Resistencia: } R = 300 \Omega, \text{ Condensador: } C = 20 \mu\text{F})$

Alimentación eléctrica: Tensión trifásica regulable: 3 x (0 - 115) V

Método de los dos vatímetros

2 Polímetros:

2 Vatímetros:

Impedancia de carga: $Z = (\text{Resistencia: } R = 300 \Omega, \text{ Condensador: } C = 20 \mu\text{F})$

Alimentación eléctrica: Tensión trifásica regulable: 3 x (0 - 115) V

Compensación del factor de potencia

2 Polímetros:

2 Vatímetros:

Carga: Tres reactancias inductivas en Y

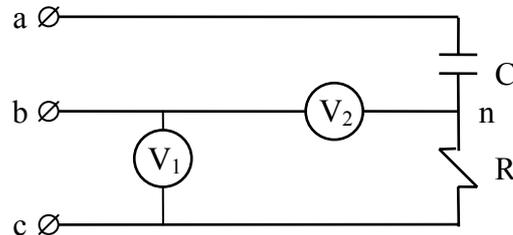
Batería de condensadores: $C = 2 \mu\text{F}$

Alimentación eléctrica: Tensión trifásica regulable: 3 x (0 - 115) V

REALIZACIÓN DE LA PRÁCTICA

Determinación de la secuencia de fases

Esquema de montaje.- Fig. 7



Desarrollo de la práctica

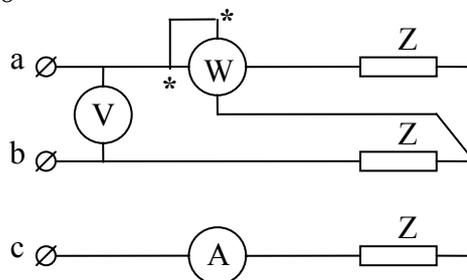
El ensayo consiste en determinar si un sistema de tensiones trifásicas equilibradas es de secuencia directa o de secuencia inversa, utilizando el montaje de la Fig. 7.

En el caso de secuencia directa, el voltímetro V_2 marcará una tensión mayor que la de línea, reflejada por el voltímetro V_1 . Si es secuencia inversa, el voltímetro V_2 señalará una tensión inferior a la de línea, marcada por el voltímetro V_1 .

Alimentando el circuito con una tensión de corriente alterna trifásica de 115 V, se anotarán las lecturas de los voltímetros V_1 y V_2 .

Medida de potencia activa

Esquema de montaje.- Fig. 8



Desarrollo de la práctica

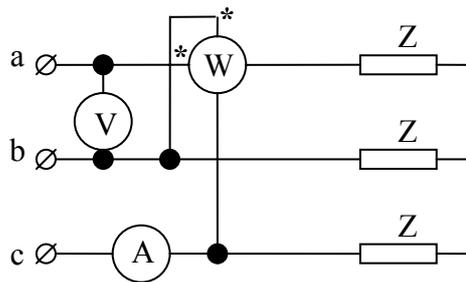
Se realizará el montaje de la Fig. 8, que representa un sistema trifásico equilibrado en Y con neutro accesible. Z es la impedancia formada por la asociación serie de una resistencia y un condensador.

La potencia activa que consume el circuito trifásico será el triple de la potencia señalada por el vatímetro: $P = 3 W$

Alimentado a una tensión de 115 V, obtener la potencia activa consumida por el circuito trifásico.

Medida de potencia reactiva

Esquema de montaje.- Fig. 9



Desarrollo de la práctica

Con el empleo de un solo vatímetro se puede obtener también la potencia reactiva consumida por una carga trifásica equilibrada, si el sistema de tensiones es equilibrado.

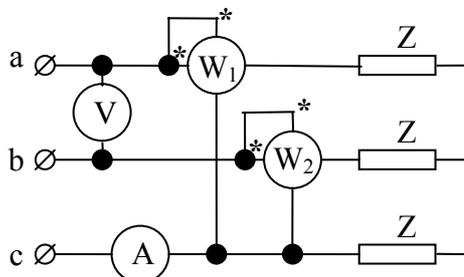
Si el sistema es de secuencia directa, basta conectar el aparato de medida como se muestra en la Fig. 9. La lectura del aparato de medida será: $W = Q/\sqrt{3}$.

Por tanto, la potencia reactiva consumida por una carga trifásica **Z**, será: $Q = \sqrt{3} W$.

Alimentado a una tensión de 115 V, obtener la potencia reactiva consumida por la carga **Z**, formada por la asociación serie de una resistencia y un condensador.

Método de los dos vatímetros

Esquema de montaje.- Fig. 10



Desarrollo de la práctica

Alimentándose a una tensión de 115 V, utilícese al método de los dos vatímetros para medir la potencia activa P y reactiva Q, consumida por la carga **Z**, formada por la asociación serie de una resistencia y un condensador.

Cuando las tensiones de alimentación son de secuencia directa, la potencia activa P y la reactiva Q, serán:

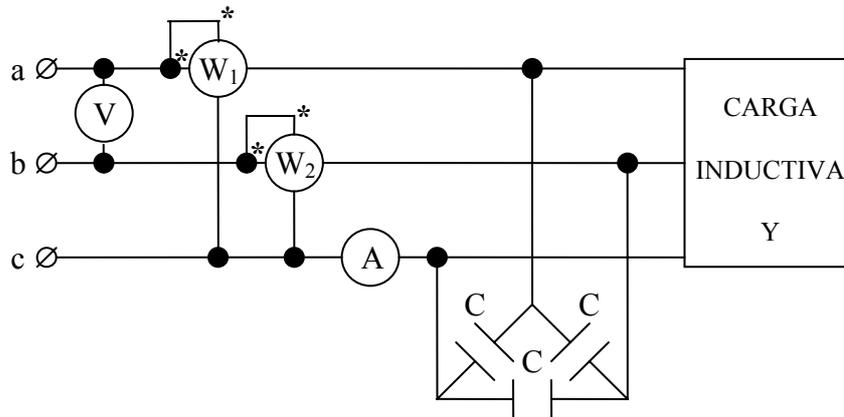
$$P = W_1 + W_2 \qquad Q = \sqrt{3} (W_1 - W_2)$$

Con tensiones de alimentación de secuencia inversa la expresión de la potencia reactiva es:

$$Q = \sqrt{3} (W_2 - W_1)$$

Compensación del factor de potencia

Esquema de montaje.- Fig. 11

*Desarrollo de la práctica*

El circuito se alimenta a una tensión trifásica de 115 V.

Se trata de hallar la capacidad de cada condensador, de forma que compense el 90% de la potencia reactiva, es decir, de forma que $Q_C = 0,9 Q$. Sustituyendo Q_C y Q nos queda:

$$3 \omega C_{\Delta} U^2 = 0,9 \sqrt{3} U I \text{ sen } \varphi$$

De donde:

$$C_{\Delta} = \frac{0,9 \sqrt{3} I \text{ sen } \varphi}{3 \omega U} \approx \frac{0,9 \sqrt{3} I}{3 \omega U} \quad (\text{suponiendo } \text{sen } \varphi \approx 1)$$

Una vez hallada la capacidad necesaria, se debe montar una carga capacitiva en triángulo, con tres condensadores de aproximadamente dicha capacidad. A continuación acoplar la batería de condensadores en paralelo con la carga inductiva, según el montaje de la Fig. 11.

La potencia reactiva después de compensar debe ser aproximadamente el 90% de la que habíamos medido inicialmente y la intensidad de corriente debe disminuir considerablemente. La potencia activa, en cambio, debe permanecer constante.

Analizar los resultados obtenidos y ver si se corresponden con lo esperado, en caso contrario, buscar una justificación.

RESULTADOSDeterminación de la secuencia de fases

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V ₁)				
TENSIÓN (V ₂)				

La secuencia del sistema es:

Comentarios:Medida de potencia activa

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V)				
INTENSIDAD (A)				
POTENCIA (W)				

Potencia activa absorbida por el sistema trifásico: **P** =

Factor de potencia de la carga trifásica: **Cos φ** =

Comentarios:Medida de potencia reactiva

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V)				
INTENSIDAD (A)				
POTENCIA (W)				

Potencia reactiva absorbida por el sistema trifásico: **Q** =

Comentarios:

Método de los dos vatímetros

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V)				
INTENSIDAD (A)				
POTENCIA (W ₁)				
POTENCIA (W ₂)				

Potencia activa absorbida por el sistema trifásico: **P** =

Potencia reactiva absorbida por el sistema trifásico : **Q** =

Factor de potencia de la carga trifásica: **Cos φ** =

Comentarios:

Compensación del factor de potencia

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V)				
INTENSIDAD (A)				
POTENCIA (W ₁)				
POTENCIA (W ₂)				

Potencia activa absorbida por el sistema trifásico: **P** =

Potencia reactiva absorbida por el sistema trifásico : **Q** =

Factor de potencia de la carga trifásica: **Cos φ** =

Cálculo del condensador necesario para la compensación:

$$C_{\Delta} = \frac{0,9 \sqrt{3} I \text{ sen } \varphi}{3 \omega U} \approx \frac{0,9 \sqrt{3} I}{3 \omega U} \quad (\text{suponiendo } \text{sen } \varphi \approx 1)$$

$$C_{\Delta} = \frac{0,9 \times \sqrt{3} \times}{3 \times 2 \times \pi \times 50 \times} = \text{ }$$

Volver a tomar medidas, con la batería de condensadores conectada y comparar la corriente actual, con la corriente antes de compensar

	Alcance	Lectura	Cte. Lectura	Medida
TENSIÓN (V)				
INTENSIDAD (A)				
POTENCIA (W_1)				
POTENCIA (W_2)				

Potencia activa absorbida por el sistema trifásico: $P =$

Potencia reactiva absorbida por el sistema trifásico : $Q =$

Factor de potencia de la carga trifásica: $\cos \phi =$

Comentarios: