

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN PARA CORRIENTE ALTERNA (AC)

Objetivos

- Usar adecuadamente los diversos instrumentos de medición disponibles en el laboratorio para las mediciones en AC: voltímetros, amperímetros, multímetros y osciloscopios, a fin de realizar mediciones directas o indirectas de voltajes y corrientes pico y rms, mediciones de frecuencia, desfasaje y potencia en circuitos alimentados con fuentes alternas.
- Interpretar las características nominales de los instrumentos de medición AC.
- Aprender a leer en las diversas escalas de los instrumentos de medición AC.
- Comparar los resultados experimentales con los valores teóricos o con los obtenidos utilizando un simulador de circuitos.
- Obtener el diagrama fasorial de un circuito alimentado con corriente alterna.
- Comprobar el teorema de Máxima Transferencia de Potencia.
- Observar la diferencia entre las lecturas de un medidor de verdadero valor rms y voltímetros de uso común y determinar el error que se comete al registrar la lectura del V_{rms} con uno de estos últimos cuando la forma de onda periódica no es sinusoidal.

Preparación

- 1.- Explique el concepto de ancho de banda de cualquier circuito o instrumento de laboratorio.
- 2.- Explique el significado físico de valor medio cuadrático (rms por sus siglas en inglés), llamado también valor eficaz, de una señal de voltaje o de corriente alterna y averigüe la relación entre el valor rms y el valor pico de las señales periódicas $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$ y $f_4(t)$ mostradas en la figura 7.1. Averigüe también el valor rms de una señal triangular de amplitud A y período T.

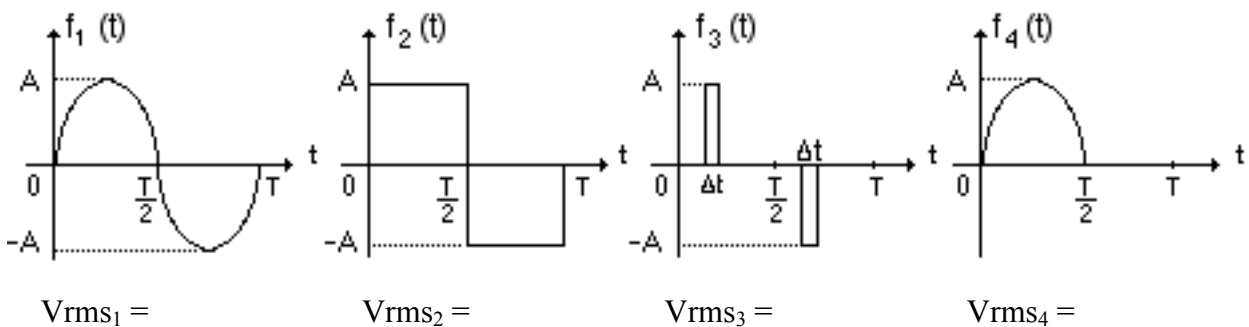


Figura 7.1.- Formas de onda periódicas

- 3.- Describa brevemente el principio de operación de los amperímetros y voltímetros AC basados en el Galvanómetro de D'Arsonval, e indique cuáles son las formas de onda que se pueden medir con precisión con estos instrumentos. Explique el error que se puede cometer al realizar la medición del voltaje rms de una señal periódica no sinusoidal utilizando un voltímetro de uso común, que por lo general no mide verdadero valor rms.
- 4.- Dado el circuito de la figura 7.2, desarrolle las ecuaciones para I_1 , I_2 , I_L , V_1 , V_L ; la potencia activa que entrega la fuente AC, (P_{AC}); la potencia reactiva que entrega la fuente AC, (Q_{AC}); la potencia total que entrega la fuente AC, (S_{AC}); la potencia activa, reactiva y total en R_1 , (P_{R1} , Q_{R1} y S_{R1}); la potencia activa, reactiva y total en R_2 , (P_{R2} , Q_{R2} y S_{R2}); la potencia activa, reactiva y total en la carga, (P_L , Q_L y S_L), utilizando los valores indicados por su profesor y considerando que la fuente de voltaje AC (variac) es ideal (no tiene resistencia).

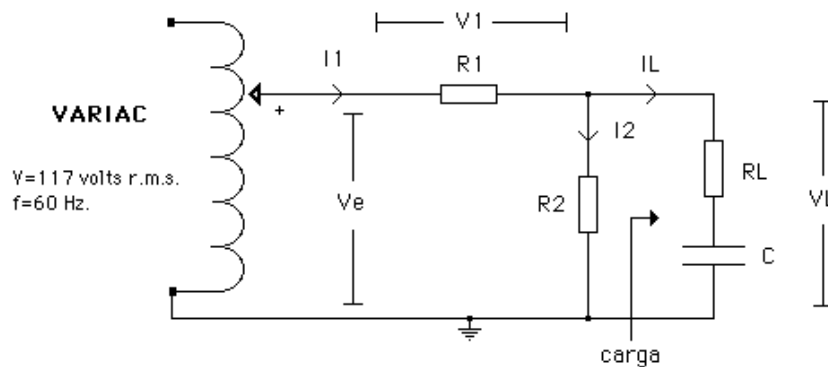


Figura 7.2 Circuito AC

- 5.- Realice el análisis TRANSIENT del circuito de la Figura 7.2 para obtener dos o tres ciclos de las siguientes variables, de forma que se pueda observar el desfase entre las formas de onda mencionadas. Utilice marcadores diferenciales cuando sea necesario.
- Voltaje V_L y corriente I_L (grafique el voltaje sobre la resistencia R_L , en fase con I_L)
 - Voltaje V_L y corriente I_2 (grafique el voltaje sobre la resistencia R_L , en fase con I_2)
 - Voltaje V_L y corriente I_1 (grafique el voltaje sobre la resistencia R_1 , en fase con I_1)
 - Voltaje V_e y corriente I_1 (grafique el voltaje sobre la resistencia R_1 , en fase con I_1)
 - Voltaje V_e y voltaje V_L
- 6.- Dados los valores de I_1 , I_2 , I_L , V_1 , V_L indique qué escala de los amperímetros o voltímetros AC considera adecuada a fin de realizar la medición de cada variable.
- 7.- Determine el voltaje de Thevenin, V_{TH} , y la resistencia de Thevenin, R_{TH} , con los valores indicados por su profesor.

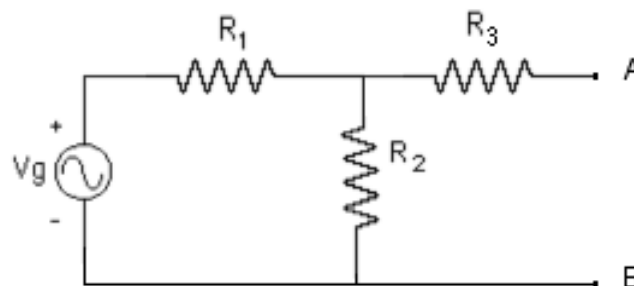


Figura 7.3 Circuito para determinar el equivalente Thevenin

NOTA 1: En el laboratorio debe disponer de los archivos de SPICE elaborados por Ud., bien sea impresos en papel o en archivos que puedan presentarse en la pantalla de su computador, ya que es necesario comparar los resultados obtenidos en SPICE con las señales que se observan en el osciloscopio.

NOTA 2: Recuerde traer al laboratorio algún dispositivo que le permita guardar la información observada en el osciloscopio para luego imprimirla y analizarla.

Grupo N° _____

Fecha _____

Nombre _____

Nombre _____

EC 2286
Trabajo de Laboratorio
Práctica N° 7

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Encienda su mesón de trabajo.
- 3.- Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde, notifíquelo inmediatamente al profesor.
- 4.- Para el amperímetro AC analógico que tiene a su disposición, determine y registre la gama, identifique las escalas, y determine la resolución y la sensibilidad para cada escala.

| AMPERIMETRO AC ANALÓGICO | | |
|---------------------------------|------------|--------------|
| MARCA | | |
| MODELO | | |
| SERIAL | | |
| GAMA | | |
| N° BIEN NACIONAL | | |
| Escala | Resolución | Sensibilidad |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

- 5.- Para el voltímetro AC analógico que tiene a su disposición, determine y registre la gama, identifique las escalas, y determine la resolución, la sensibilidad y la resistencia interna para cada escala, utilizando para esto último la característica Ω/V del instrumento.

| VOLTIMETRO AC ANALÓGICO | | | | |
|-------------------------|------------|--------------|--------------------|---------------------|
| MARCA | | | | |
| MODELO | | | | |
| SERIAL | | | | |
| GAMA | | | | |
| Nº BIEN NACIONAL | | | | |
| Escala | Resolución | Sensibilidad | Caract. Ω/V | Resistencia interna |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

6.- Determine el valor pico (medido con el osciloscopio) y los valores rms (medidos con el voltímetro AC analógico y el multímetro digital) de tres formas de onda de la misma magnitud pico, producidas con el generador de funciones a tres frecuencias diferentes (100 Hz, 1 kHz, 10 kHz). Registre las mediciones en la siguiente tabla y anote los comentarios pertinentes en el revés de esta página.

| Tipo de onda | Mediciones | 100 Hz | 1 kHz | 10 kHz |
|------------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|
| Onda sinusoidal | Vpico (osciloscopio) | | | |
| | Vrms ₁ (volt. digital) | | | |
| | Vrms ₂ (volt. analógico) | | | |
| Onda cuadrada | Vpico (osciloscopio) | | | |
| | Vrms ₁ (volt. digital) | | | |
| | Vrms ₂ (volt. analógico) | | | |
| Onda triangular | Vpico (osciloscopio) | | | |
| | Vrms ₁ (volt. digital) | | | |
| | Vrms ₂ (volt. analógico) | | | |

7.- Monte el circuito de la figura 7.2, ajustando el reóstato R al valor indicado por su profesor. Coloque los canales CH1 y CH2 del osciloscopio para medir V_e y V_L , el voltímetro AC para medir el voltaje V_1 y el amperímetro AC para medir la corriente I_L . Utilice el multímetro digital para registrar también el voltaje V_L . Para medir I_1 e I_2 utilice los amperímetros AC que estén disponibles, o hágalo en forma indirecta, una vez que haya medido con el óhmetro digital las resistencias R1 y R2.

8.- Ajuste muy gradualmente el voltaje a la salida del Variac hasta llegar al valor máximo indicado por su profesor, observando cuidadosamente todos los instrumentos de medición. Si Ud. detecta alguna anomalía en los mismos, baje el voltaje a la salida del Variac hasta el mínimo y revise el circuito. Vuelva a repetir el procedimiento.

9.- Anote los valores de las mediciones en la siguiente tabla.

| | V_e max | V_1 | V_L (osciloscopio) | V_L (multímetro) | I_1 | I_2 | I_L |
|-------------------------|-----------|-------|-------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| Valor teórico | | | | | | | |
| Valor experimen. | | | | | | | |
| Error porcentual | | | | | | | |

10.- Realice la medición de la frecuencia de operación del circuito y la de los ángulos de desfase indicados en la siguiente tabla, utilizando la calibración del eje horizontal del osciloscopio. Determine cuidadosamente las posiciones de las puntas de prueba del osciloscopio, la necesidad de que el instrumento esté flotando y la necesidad de invertir alguna de las señales para presentarlas en pantalla con la polaridad correcta. Haga un diagrama de las figuras observadas en el osciloscopio o regístrelas .

| | |
|-------------------|--|
| Frecuencia | |
| V_L e I_L | |
| V_L e I_2 | |
| V_L e I_1 | |
| V_e e I_1 | |
| V_e y V_L | |

11.- Determinación experimental del equivalente Thevenin de un circuito entre los terminales A y B: Monte el circuito mostrado en la Figura 7.3 con los valores indicados por su profesor. Registre dichos valores en la siguiente tabla:

| Voltaje generador | Frecuencia | R_1 | R_2 | R_3 |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|
| | | | | |

12.- Como éste es un circuito pasivo con componentes resistivos, la resistencia equivalente $R_{TH AB}$ puede determinarse sustituyendo el generador por un cortocircuito y realizando la medición de resistencia con un óhmetro. Realice esta medición entre los terminales A y B y luego vuelva a conectar la fuente para medir el voltaje de Thevenin entre los terminales A y B con el osciloscopio. Registre estos datos en la siguiente tabla:

| $V_{TH AB}$ pico | $V_{TH AB}$ rms | $R_{TH AB}$ |
|------------------|-----------------|-------------|
| | | |

13.-Teorema de Máxima Transferencia de Potencia (R_L variable): El circuito anterior se va a utilizar para comprobar el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia cuando se conecta una carga resistiva, utilizando el osciloscopio y midiendo la corriente I_L en forma indirecta, a través del voltaje sobre R_3 . Mida con el óhmetro el valor de la resistencia R_3 y conecte las dos puntas del osciloscopio como se indica en la Figura 7.4, asegurándose de que el osciloscopio esté flotando. El voltaje sobre la resistencia de carga R_L está invertido, por lo que debe invertir el canal correspondiente para obtener las señales en el osciloscopio con la polaridad correcta. Use como resistencia variable una década de resistencias.

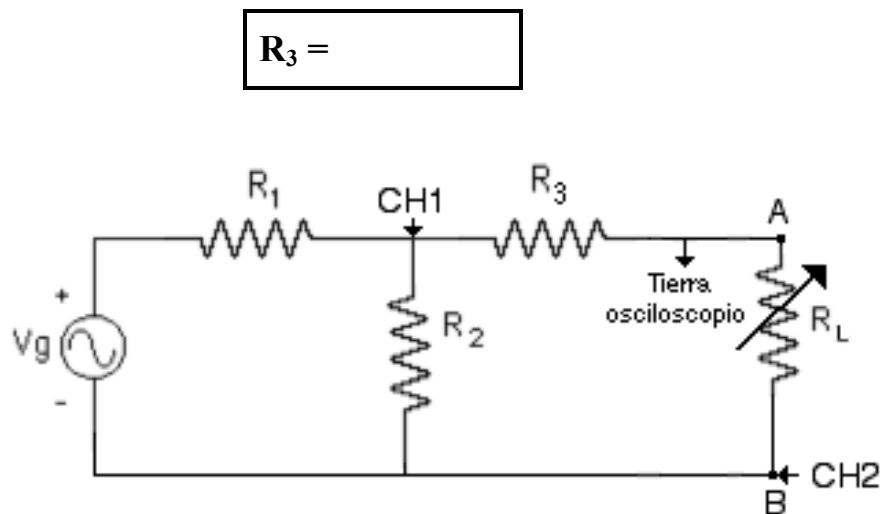


Figura 7.4.- Circuito para comprobar el teorema de Máxima Transferencia de Potencia con R_L variable utilizando el osciloscopio

14.- Realice varias mediciones de voltaje y corriente para un rango amplio de resistencias, tomando varios puntos alrededor del valor de la resistencia de Thevenin y anote los resultados en la siguiente tabla, a fin de poder graficar P_{RL} en función de R_L . Recuerde que con el osciloscopio está midiendo valores pico.

| TEOREMA DE MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA. R_L VARIABLE | | | |
|---|----------|-------------------------|-------------------------------------|
| R_L | V_{Lp} | $I_{Lp} = V_{R3} / R_3$ | $P_{RL} = V_{Lp} \times I_{Lp} / 2$ |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

15.- Para comprobar el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia cuando la resistencia de carga R_L es fija y es posible variar la resistencia equivalente del circuito (R_{TH}), monte el circuito indicado en la Figura 7.5, utilizando en este caso el amperímetro y el voltímetro analógicos, colocando una resistencia R_L del valor indicado por su profesor y conectando la década en la posición de R_{TH} . Mida los valores de voltaje y corriente en la carga para un rango amplio de valores de R_L y registre estos datos en la siguiente tabla, a fin de poder graficar P_{RL} en función de R_{TH} . Recuerde que ahora los instrumentos están midiendo valores rms.

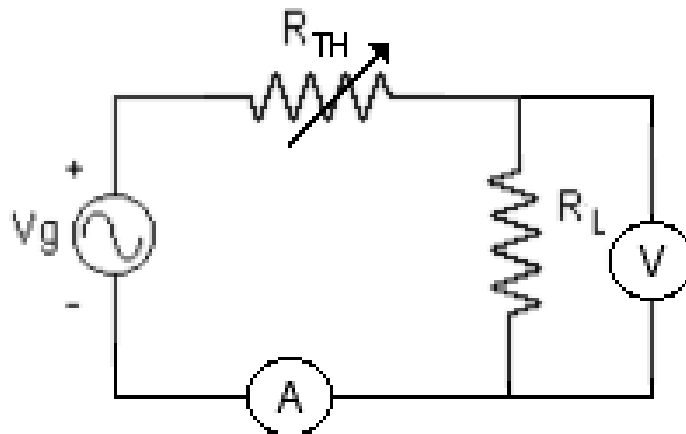


Figura 7.5.- Circuito para comprobar el teorema de Máxima Transferencia de Potencia con R_{TH} variable utilizando amperímetro y voltímetro

| TEOREMA DE MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA. R_{TH} VARIABLE | | | |
|--|-------|-------|----------|
| R_{TH} | V_L | I_L | P_{RL} |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

16.- Identifique las características y las diferentes mediciones que puede realizar con el medidor de verdadero valor rms.

| MEDIDOR DE VERDADERO VALOR RMS | |
|---------------------------------------|--|
| MARCA | |
| MODELO | |
| SERIAL | |
| Nº BIEN NACIONAL | |
| Mediciones | |
| Pantalla | |

19.- Para demostrar el tipo de medición que puede realizar un medidor de verdadero valor rms (True rms), se va a trabajar con los circuitos presentados en las figuras 7.6 y 7.7, en los que se va a conectar en primer lugar un vatímetro digital, un bombillo y luego, en paralelo con éste, un voltímetro analógico, un voltímetro digital, un medidor de verdadero valor rms y un osciloscopio, como muestra la Figura 7.6. En la segunda parte de la demostración se va a incluir un dimmer, como se observa en la Figura 7.7.

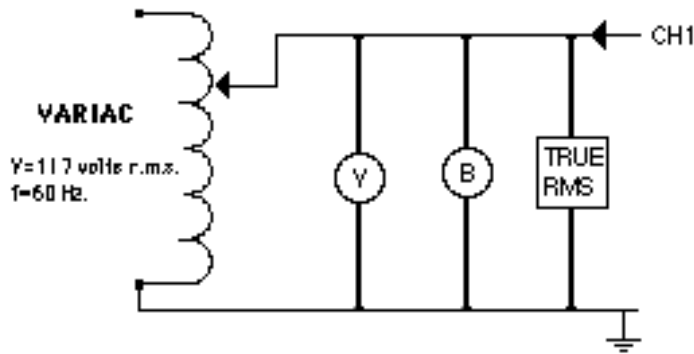


Figura 7.6.- Circuito demostrativo conectado directamente al variac para realizar mediciones con formas de onda sinusoidales

20.- Una vez conectado el circuito de la Figura 7.6, se va a aplicar el voltaje con el variac de forma que la amplitud sea la máxima permitida y por lo tanto la potencia en el bombillo sea la máxima. En estas condiciones se van a registrar las lecturas del vatímetro, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el voltaje pico en el osciloscopio en la siguiente tabla. A continuación se va a reducir la amplitud de la señal entregada por el variac hasta que alcance la mitad del valor máximo aplicado anteriormente y se van a registrar para este caso las lecturas del vatímetro, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el voltaje pico en el osciloscopio.

| CONTROL DE LA POTENCIA CON EL VARIAC | | | | |
|---|----------------------|--------------------|----------|---------------------------|
| | Voltímetro analógico | Voltímetro digital | True RMS | Voltaje pico osciloscopio |
| Para el punto de potencia máxima | | | | |
| Cuando se observa la mitad del voltaje pico | | | | |

21.- A continuación se monta el circuito de la Figura 7.7, incluyendo un Dimmer, como se muestra en dicha figura. Un Dimmer es un circuito electrónico que elimina una parte de la señal sinusoidal producida por la alimentación a fin de reducir la potencia entregada a la carga del circuito (en este caso el bombillo). El variac se va a llevar al voltaje máximo y se va a colocar el Dimmer en la posición que permite que llegue la máxima potencia al bombillo. En estas condiciones se van a registrar las lecturas del vatímetro, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el voltaje pico en el osciloscopio en la tabla correspondiente. A continuación se va a controlar el Dimmer hasta que en la pantalla del osciloscopio se observe solo la mitad de cada semiciclo de la señal de entrada y se van a registrar nuevamente las lecturas del vatímetro, el voltímetro analógico, el voltímetro digital, el medidor de verdadero valor rms y el voltaje pico en el osciloscopio. El análisis que Ud. va a realizar en el informe con los resultados obtenidos va a demostrar la importancia y conveniencia de contar con un medidor de valor rms verdadero.

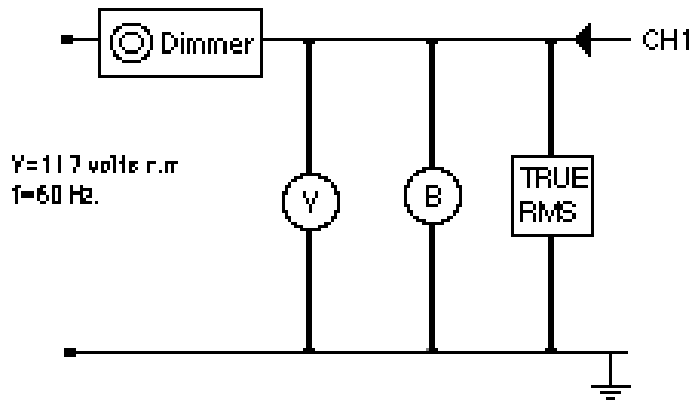


Figura 7.7.- Circuito demostrativo con el Dimmer para realizar mediciones con formas de onda no sinusoidales

| CONTROL DE LA POTENCIA CON EL DIMMER | | | | |
|---|----------------------|--------------------|----------|---------------------------|
| | Voltímetro analógico | Voltímetro digital | True RMS | Voltaje pico osciloscopio |
| Para el punto de potencia máxima | | | | |
| Cuando se observa la mitad del voltaje pico | | | | |

- 22.- Al finalizar la práctica, muéstrole a su profesor todas las anotaciones de las medidas realizadas.
- 23.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas.
- 24.- Recuerde anotar la hora de salida en la hoja de asistencia.

Informe

Todo Informe debe atenerse a las normas generales establecidas, y por lo tanto debe estar compuesto por las siguientes secciones: Página de Presentación, Resumen, Índice, Marco Teórico, Metodología, Resultados, Análisis de Resultados, Conclusiones, Bibliografía y Anexos..

I.-En el Marco Teórico, describa el principio de operación de los amperímetros y voltímetros AC basados en el Galvanómetro de D'Arsonval, e indique cuáles son las formas de onda que se pueden medir con precisión con estos instrumentos. Explique qué ocurre si se intenta medir con uno de ellos una señal que no es sinusoidal. En una segunda página enuncie los teoremas de Thevenin y Máxima Transferencia de Potencia.

II.-En la Metodología:

- a) Describa muy brevemente el procedimiento utilizado para analizar las características de los instrumentos de medición de señales AC.
- b) Dibuje el circuito utilizado en el laboratorio para realizar mediciones de voltajes, corrientes y potencias AC, indicando los valores de los componentes y explique los procedimientos seguidos para realizar dichas mediciones.
- c) Describa el procedimiento para comprobar el Teorema de Thevenin.
- d) Describa el procedimiento para comprobar el Teorema de Máxima Transferencia de Potencia.
- e) Describa los experimentos realizados para comprobar la operación de un medidor de verdadero valor rms.

III.-En los Resultados, además de colocar los datos obtenidos en el laboratorio, haga lo siguiente:

- a) Para el circuito de la figura 7.2, trace los diagramas fasoriales de los voltajes y corrientes rms, tanto para los valores teóricos como para los experimentales, tomando como referencia el voltaje V_e .
- b) Calcule las potencias activas, reactivas y totales a la salida del Variac y en la carga para el circuito de la figura 7.2, con los valores de los voltajes y corrientes tanto teóricos como experimentales, y determine los errores porcentuales.
- c) Elabore la gráfica de P_{RL} en función de R_L (en escala logarítmica) para los datos obtenidos con el osciloscopio e identifique el valor de la resistencia correspondiente al punto de Máxima Transferencia de Potencia.
- d) Elabore la gráfica de P_{RL} en función de R_{TH} (en escala logarítmica) e identifique el valor de la resistencia correspondiente al punto de Máxima Transferencia de Potencia.

IV.-En el Análisis de Resultados:

- a) Discuta los resultados obtenidos al realizar las mediciones del valor pico y el valor rms para las tres señales sinusoidales a diferentes frecuencias. Indique las posibilidades y limitaciones de cada uno de los instrumentos utilizados.
- b) Justifique los errores porcentuales entre los valores teóricos y los experimentales para las mediciones de voltajes y corrientes sobre el circuito de la figura 7.2.

Analice si las resistencias internas de los instrumentos utilizados pueden estar introduciendo un error sistemático en los resultados experimentales obtenidos.

- c) Justifique los errores porcentuales entre los valores teóricos y los experimentales para los valores de potencia calculados a partir de las mediciones de voltajes y corrientes sobre el circuito de la figura 7.2.
- d) Escriba sus comentarios sobre las gráficas obtenidas para comprobar el teorema de Máxima Transferencia de Potencia para cada uno de los casos.
- e) Compare los valores obtenidos con cada uno de los instrumentos utilizados en el caso del experimento demostrativo de control de la potencia con el variac y explique las diferencias.
- f) Compare los valores obtenidos con cada uno de los instrumentos utilizados en el caso del experimento demostrativo de control de la potencia con el dimmer y explique las diferencias.

V.-En las Conclusiones:

- a) Escriba sus conclusiones con respecto a la precisión y exactitud de las medidas de voltaje AC obtenidas con los instrumentos AC utilizados en el laboratorio.
- b) Escriba sus conclusiones sobre la conveniencia de poder realizar mediciones con el osciloscopio o con el voltímetro AC, e indique la relación entre dichas mediciones.
- c) Escriba sus conclusiones sobre la relación obtenida experimentalmente entre la potencia entregada a la salida del variac y la potencia consumida por la carga.
- d) Escriba sus conclusiones sobre la importancia y conveniencia de contar con un medidor de valor rms verdadero, según el tipo de mediciones que se quiera realizar.
- e) Incluya sus conclusiones generales sobre el trabajo realizado.

VI.-Recuerde anexar los Pre-Informes de los miembros del grupo.

Bibliografía

1.- Guía Teórica versión electrónica, ubicada en la página web del laboratorio C, <http://www.labc.usb.ve>, enlace a "Página web de Asignaturas", EC2286 Laboratorio de mediciones Eléctricas 2014.