

Práctica 5

Potencia y Máxima Transferencia de Potencia



Objetivos

- ✓ Utilizar el vatímetro para medición de potencias.
- ✓ Medir la potencia disipada en un circuito DC con vatímetro.
- ✓ Verificar la conservación de la energía en circuitos DC.
- ✓ Verificar el teorema de máxima transferencia de potencia.



Introducción

- 📖 HAYT William H. & KEMMERLY Jack E., "Análisis de Circuitos en Ingeniería". Pág. 79-80.
- 📖 DORF Richard C. & SVOBODA James A., "Circuitos Eléctricos". Pág. 176-181.
- 📖 EDMINISTER Joseph A. & MAHMOOD Nahvi, "Circuitos Eléctricos". Pag. 4-5 y 53-54.
- 📖 ZBAR, ROCKMAKER & BATES, "Prácticas de Electricidad". Pag. 167-174.

Potencia en DC

La potencia eléctrica es la rapidez con la cual se transforma energía eléctrica en calorífica. En circuitos la potencia P es determinada por la relación:

$$P [W] = V [V] \times I [A]$$

donde P es la potencia eléctrica de cierto elemento en un circuito medida en watts o vatios $[W]$, V es el voltaje del elemento y es medido en voltios $[V]$, y la corriente I que circula a través del elemento medido en amperes $[A]$.

Como ya se vio en la Práctica #2, se puede aplicar la ley de Ohm a la ecuación de potencia, y se obtienen las siguientes expresiones:

$$P = \frac{V^2}{R} = I^2 \times R$$

Además por el teorema de la conservación de la energía se conoce que toda la energía entregada por una fuente debe ser consumida por los demás elementos del circuito del cual la fuente es parte. De ahí se puede deducir que la potencia generada por la fuente debe ser consumida por la carga presente en el resto del circuito, o lo que es lo mismo: la sumatoria de potencias en un circuito es igual a cero.

A pesar de que las ecuaciones de potencia expresadas anteriormente permiten calcular la razón de conversión de energía eléctrica en calorífica, otra expresión comúnmente empleada es de energía, que está dada por el producto de potencia por tiempo, watt-segundos.

$$dw [J] = P [W] \times dt [s]$$

Pero la expresión más común es escuchar watt-hora. Por lo que en un resistor se puede determinar la energía consumida como:

$$W_R = \frac{V_R \times I_R \times t}{3600} = \frac{I_R^2 \times R \times t}{3600} = \frac{V_R^2 \times t}{3600 \times R}$$

El Vatímetro

Es un instrumento útil para la medición de potencia eléctrica (existen algunos vatímetros específicos para cada tipo de potencia). Los vatímetros requieren medir simultáneamente la corriente y el voltaje de un elemento para poder determinar la potencia consumida en el mismo.

El laboratorio dispone de vatímetros con indicación analógica o de aguja (para mediciones en DC y/o AC) que deben manejarse siguiendo cuidadosamente las recomendaciones indicadas mas adelante; además tiene la capacidad de realizar mediciones de potencia trifásica (este tema no se desarrolla en la presente materia). Los circuitos que se emplean en el Laboratorio de Circuitos Eléctricos I corresponden a circuitos monofásicos, es por eso que se empleará el selector del instrumento en las opciones MONOPHASE (ver figura 5.1). Se pueden observar hasta seis terminales disponibles en el instrumento. Tres correspondientes a medición de corriente [I_0], [I_1A] y [I_5A], y los tres restantes a voltajes [V_N/V_1], [V/V_2] y [V_3].

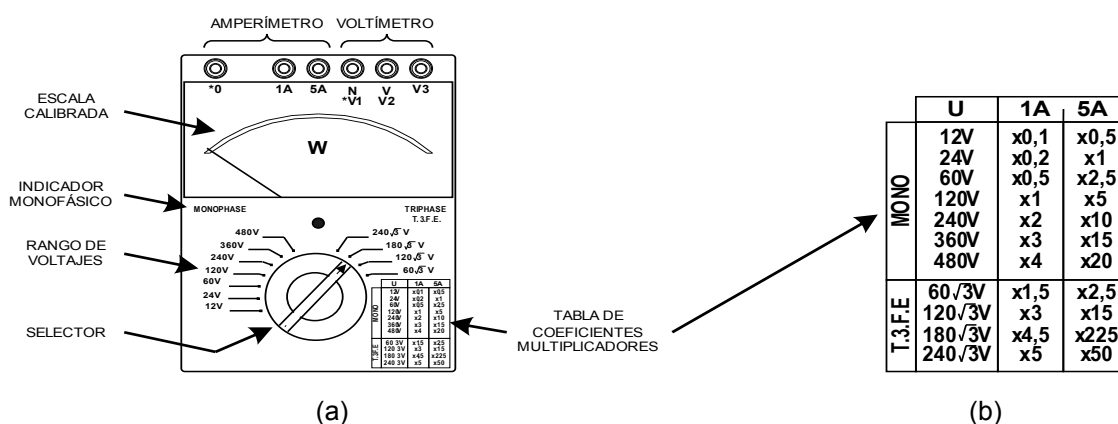


Figura 5.1.

Las terminales para el amperímetro en el instrumento son las indicadas por [*0] y [1A] (para corrientes mayores a 1A se emplea la terminal [5A]). Las terminales del voltímetro son las indicadas por [*N] y [V].



Una mala conexión del Vatímetro puede dañar no solo el instrumento sino también los equipos.

Normalmente los vatímetros tienen una terminal común tanto para el amperímetro como para el voltímetro, esto se consigue realizando una conexión mediante un cable entre las terminales señaladas por el símbolo asterisco, es decir [*0] y [*N]. Entonces el vatímetro tiene tres terminales útiles: [*0/*N], [1A] y [V]. La forma de conexión se presenta en la figura 5.2.

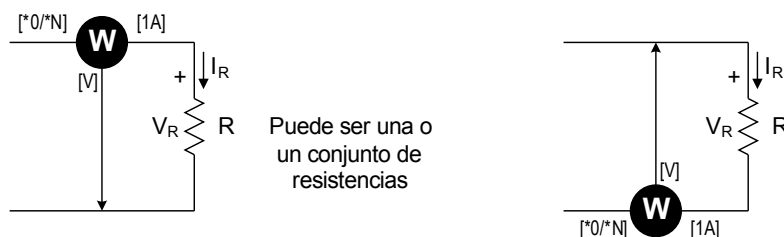


Figura 5.2.

Para ajustar el selector se considera el voltaje máximo que se establece en el elemento sujeto a medición, y así se selecciona el rango de voltaje correspondiente. Por ejemplo, si se desea medir la potencia en un resistor en el cual cae una tensión de 150V, el selector central se posiciona en el rango de 240V.

Empleando la posición del selector y la terminal de corriente empleada ([1A] o [5A]) se puede determinar el coeficiente multiplicador de lectura obtenida en la escala calibrada que indica la aguja del instrumento, esto mediante la tabla de coeficientes multiplicadores ampliada en la figura 5.1(b). Si por ejemplo, se esta empleando la terminal [1A] y el selector indica 240V; en la tabla de multiplicadores, bajamos por la columna de voltajes "U" hasta 240V y recorremos hacia la derecha hasta interceptar la columna correspondiente a 1A, el coeficiente encontrado es x2; es decir que debemos multiplicar el valor indicado por la aguja en la escala calibrada por 2, y el resultado es la potencia medida.



Figura 5.3. Esquemas de conexión del Vatímetro disponible en el laboratorio.

Existe otro vatímetro/varímetro en el laboratorio, a diferencia del ya estudiado tiene una conexión interna de las terminales del amperímetro y voltímetro de manera que no es necesario realizar ningún puente externo. Por lo tanto este vatímetro solo dispone de tres terminales: 2 (COMUN), 3 (AMPERIMETRO) Y 5 (VOLTIMETRO). También dispone de dos perillas, una para el ajuste del voltaje y la otra para el amperímetro, estos valores se seleccionan siempre el valor inmediato superior al valor que se medirá. Un selector indica el tipo de potencia que medirá, en circuitos AC se emplea la potencia reactiva Q (por eso recibe el nombre de varímetro), en este curso no se aplicara este tipo de potencias pues los circuitos son excitados con fuentes en DC. El diagrama de conexión del vatímetro se muestra en la figura 5.3.

Teorema de Máxima Transferencia de Potencia

El teorema de máxima transferencia de potencia sostiene que si consideramos un circuito como el mostrado en la figura 5.4(a), que bien puede ser el equivalente de Thévenin de cualquier red eléctrica, se puede transferir la máxima potencia posible de la fuente a la carga R_L solo cuando R_L es igual a R_S .

Este fenómeno puede ser explicado mediante la figura 5.4, donde R_L es una carga ajustable, la corriente en la carga esta dada por la expresión:

$$I_L = \frac{V_S}{R_S + R_L}$$

La potencia entregada a la carga es:

$$P_L = I_L^2 \times R_L$$

de manera que la potencia en funciona la fuente V_S y resistencia R_S , es:

$$P_L = \frac{V_S^2 \times R_L}{(R_S + R_L)^2}$$

Una grafica de la última ecuación, ver figura 5.4(b), nos presenta el comportamiento de la potencia entregada a la carga. La grafica muestra que la máxima transferencia de potencia ocurre cuando el valor de la resistencia R_L es igual al de R_S . Esto también se puede demostrar matemáticamente obteniendo los valores máximos para la última ecuación planteada.

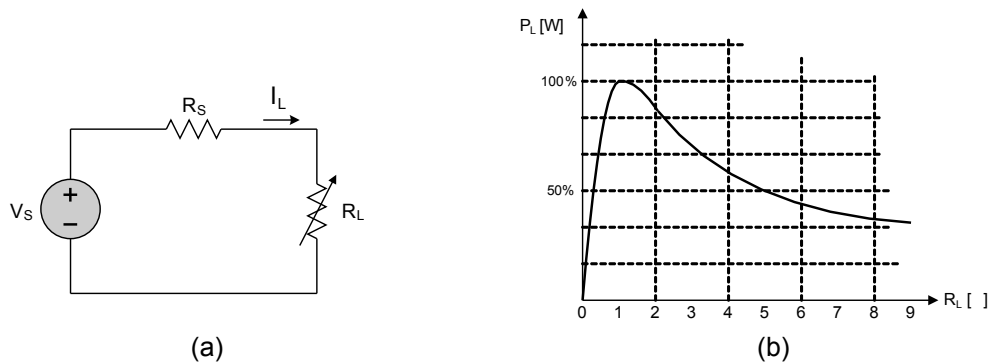


Figura 5.4.

Fuente de Voltaje con Ajuste de Corriente Máxima

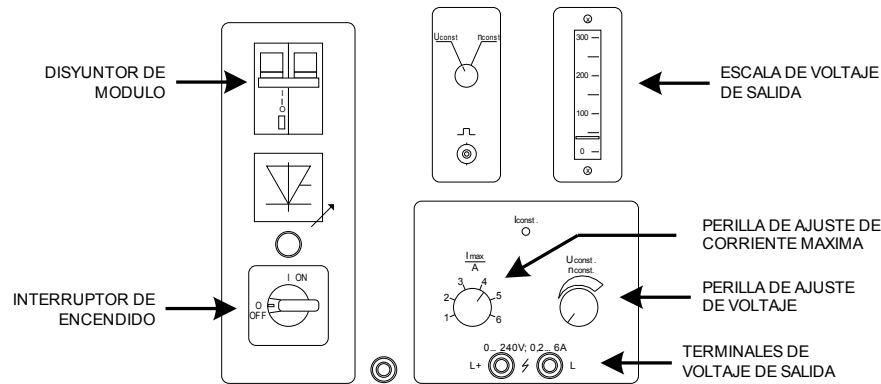


Figura 5.5.

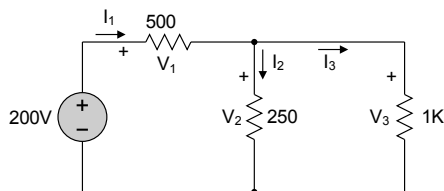
La fuente de voltaje variable con ajuste de corriente máxima, ver figura 5.5, tiene sus terminales de salida identificadas por L+ como la positiva, y L- como la negativa, además estas terminales están identificadas de color rojo y azul respectivamente. El encendido de la fuente se lo realiza cuando el disyuntor del modulo esta hacia arriba y se gira el interruptor de encendido a la posición 1 (ON); la fuente estará apagada siempre que el interruptor de encendido se encuentre en la posición 0 (OFF). Hay que considerar que las perillas de ajuste de corriente máxima y voltaje de salida estén en su mínimo valor.

Para obtener un voltaje de salida se requiere que la perilla de función se encuentre en la posición U_{const} y que la perilla de corriente máxima este ajustada de tal manera que permita entregar la suficiente corriente al circuito. Así, cuando se conecta un circuito que requiera un voltaje de 100Vcc, pero que consume hasta 2A, se colocará la perilla de corriente máxima en una posición mayor a 2A. En caso de colocar un menor valor de corriente, el voltaje llegara hasta el máximo para la corriente seleccionada y luego se mantendrá bloqueado en este valor, aunque se aumente el voltaje con la perilla. Adicionalmente esta fuente posee una escala graduada para apreciar el voltaje de salida de la fuente. Hay que tener el cuidado de girar las perillas de esta fuente en forma suave, puesto que son muy sensibles.

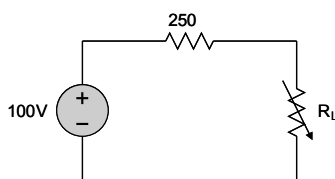


Pre-Informe

1. Resuelva el circuito de la figura 5.5 y encuentre los valores de potencias, P_s , P_1 , P_2 , y P_3 . Registre los resultados obtenidos en la tabla 5.1 (TEÓRICO).



2. Realice la simulación del circuito de la figura 5.5 y encuentre los valores de V_1 , V_2 , V_3 , I_1 , I_2 e I_3 . Calcule las potencias y registre los resultados obtenidos en la tabla 5.1 (SIMULACIÓN). Adjunte las hojas de simulación (impresas) al Pre-informe.
3. En el circuito de la figura 5.6, considere que la resistencia variable R_L puede variar desde 0Ω hasta $1 \text{ k}\Omega$. Grafique P_L vs. R_L .



Material necesario

- (1) fuente de voltaje variable de DC.
- (5) multímetros digitales.
- (1) vatímetro analógico.
- (3) resistencias: 250Ω , 500Ω y $1 \text{ k}\Omega$.
- (8) conectores.



Procedimiento

MEDICIONES DE POTENCIA

1. Mida y registre en la tabla 5.2 los valores de 250Ω , 500Ω y $1 \text{ k}\Omega$.
2. Conecte el circuito mostrado en la figura 5.5.

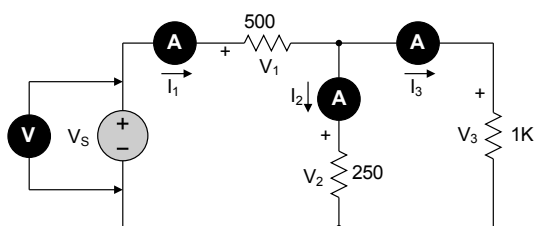


Figura 5.5.

3. Solicite la autorización del docente antes de encender la fuente V_s y proseguir con los siguientes pasos.
ATENCIÓN: No encienda la fuente hasta recibir la autorización del docente.

4. Ajuste el valor de la fuente V_s a 200 V, y registre en la tabla 5.2 las lecturas de las corrientes I_1 , I_2 , I_3 , y de los voltajes V_1 , V_2 y V_3 .
5. Apague la fuente V_s .
6. Retire los instrumentos del circuito y deje el circuito armado sin instrumentos. Puede dejar el voltímetro de la fuente V_s .
7. Conecte el vatímetro y ajuste el selector para realizar la medición de la potencia en la resistencia de 500 Ω .
8. Solicite la autorización del docente antes de encender la fuente V_s y proseguir con los siguientes pasos.
ATENCIÓN: No encienda la fuente hasta recibir la autorización del docente.
9. Verifique que el valor de la fuente es de 200 V y proceda a registrar en la tabla 5.2 la potencia leída por el vatímetro. No olvide multiplicar por el coeficiente multiplicador.
10. Repita los incisos 7, 8 y 9 para las restantes dos resistencias 250 Ω y 1 k Ω .
11. Conecte el vatímetro para realizar la medición de potencia total del conjunto de las tres resistencias del circuito.
12. Solicite la autorización del docente antes de encender la fuente V_s y proseguir con los siguientes pasos.
ATENCIÓN: No encienda la fuente hasta recibir la autorización del docente.
13. Verifique que el valor de la fuente es de 200 V y proceda a registrar en la tabla 5.2 la potencia total.
14. Reduzca el voltaje de la fuente V_s a cero y proceda a apagarla.

MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA

15. Mida y registre en la tabla 5.3 los valores de la resistencia variable para las distintas posiciones de los selectores y de la resistencia de 250 Ω .
16. Conecte el circuito mostrado en la figura 5.6.

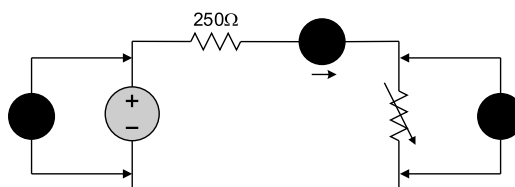


Figura 5.6.

17. Solicite la autorización del docente antes de encender la fuente V_s y proseguir con los siguientes pasos.
ATENCIÓN: No encienda la fuente hasta recibir la autorización del docente.
18. Ajuste el valor de la resistencia variable a la primera posición indicada en la tabla 5.3.
19. Encienda y ajuste la fuente V_s a 100 V. Registre en la tabla 5.3 las lecturas del voltaje V_L y de la corriente I_L para cada posición de variación de la resistencia variable indicada en la tabla 5.3.
20. Reduzca el voltaje de la fuente V_1 a cero y proceda a apagarla.

PRÁCTICA 5		:		/ /	/	
	Día	Hora	Grupo	Fecha	Gestión	
Apellido(s)		Nombre(s)				VoBo Docente Laboratorio



Resultados

	V_s	$R_1 = 500 \Omega$		$R_2 = 250 \Omega$		$R_3 = 1 k\Omega$	
		V_1	I_1	V_2	I_2	V_3	I_3
TEÓRICO	200 V						
SIMULACIÓN	200 V						
$P_s = V_s \times I_1 =$		$P_1 = V_1 \times I_1 =$		$P_2 = V_2 \times I_2 =$		$P_3 = V_3 \times I_3 =$	

Tabla 5.1.

V_s	$(500\Omega) R_1 =$		$(250\Omega) R_2 =$		$(1K\Omega) R_3 =$	
	V_1	I_1	V_2	I_2	V_2	I_2
$P_s = V_s \times I_1 =$	$P_1 = V_1 \times I_1 =$		$P_2 = V_2 \times I_2 =$		$P_3 = V_3 \times I_3 =$	
P_s (Vatímetro)	P_1 (Vatímetro)		P_2 (Vatímetro)		P_3 (Vatímetro)	

Tabla 5.2.

$(250 \Omega) R_1 =$											
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V_s											
V_L											
I_L											
$R_L = V_L / I_L$	G1-F0	G1-F10	G1-F20	G1-F30	G1-F40	G1-F50	G1-F60	G1-F70	G1-F80	G1-F90	G1-F100
$P_1 = I_L^2 \times R_1$											
$P_L = V_L \times I_L$											
$P_1 + P_L$											

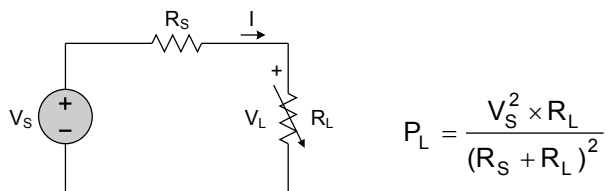
Tabla 5.3.



Cuestionario

5.1. Con los datos presentados en la tabla 5.2, verifique que la conservación de la energía.

5.2. Si consideramos un circuito como el mostrado en la figura a continuación se puede encontrar que la potencia consumida en la resistencia de carga R_L esta dada por la ecuación presentada en la misma figura. Demostrar matemáticamente el teorema de la máxima transferencia de potencia ($R_L = R_S$).



5.3. Grafique P_L vs. R_L empleando los resultados obtenidos en la tabla 5.3. Verifique en que valor de R_L se da la máxima transferencia de potencia.

