



LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

RESPONSABLE DR. OSCAR MANUEL LÓPEZ YZA

NOMBRE: _____ MATRÍCULA: _____

E.E: _____

EQUIPO O BRIGADA No. _____ DÍA: _____ HORA: _____

PRÁCTICA No. 6 FECHA: _____

NOMBRE DE LA PRÁCTICA

TRANSFERENCIA MAXIMA DE POTENCIA

OBJETIVOS

- Medir la potencia de una carga c-d.
- Verificar con experimentos que la máxima potencia que transfiere una fuente de c-d a una carga ocurre cuando la resistencia de la carga es igual a la resistencia de la fuente.

EXPOSICIÓN

MEDICION DE LA POTENCIA EN UNA CARGA DE CD.

La potencia se define como el ritmo al que se realiza trabajo. La unidad de potencia es el watt (W). Las relaciones entre la potencia, P, que disipa una carga resistiva, R; el voltaje, V en R, I en R están dadas por las formulas siguientes:

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

Donde P esta dado en watts, V en volts, I en amperes y R en Ohms.

Puesto que la potencia que consume una resistencia es igual al producto del voltaje en la resistencia y la corriente que pasa por ella ($P = VI$), se puede hallar midiendo V con un voltímetro e I con un amperímetro. De esta manera las dos medidas pueden multiplicarse para encontrar la potencia.

Por ejemplo si en una resistencia 12.5 V producen una corriente de 0.25 A, la potencia que esta consume es:

$$P = VI \quad (1)$$

$$P = 12.5 \times 0.25 = 3.125 \text{ W}$$

Si en este ejemplo se conociera el valor de la resistencia, así como el voltaje a la corriente, se podrían usar las otras fórmulas de potencia.

Si en una resistencia de 50 Ω se mide en 12.5 V, la potencia que consume es:

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

$$P = \frac{12.5^2}{50} = 3.125 \text{ W}$$

Si en la resistencia de 50 Ω se mide una corriente de 0.25 A, la potencia que consume es:

$$P = I^2R$$

$$P = 0.25^2(50) = 3.125 \text{ W}$$

NOTA: en los ejemplos de los valores de I , V , y R satisfacen la ley de Ohm. Por lo tanto no deben sorprender que la potencia calculada en cada caso sea exactamente la misma. Cada una de las fórmulas de potencia se deriva al despejar resistencias V , I o R en la ley de OHM.

Puesto que:

$$V = IR$$

$$P = VI = (IR) = I^2 R$$

Y dado que:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$P = VI = V \left(\frac{V}{R} \right) = \frac{V^2}{R}$$

La potencia también se puede medir en forma directa con un watímetro, el cual es un instrumento de cuatro terminales. Dos de estas se conectan en paralelo con una carga (como se conectaría un voltímetro) y las otras dos, en serie con la carga (como se conectaría un amperímetro). En la parte interna el watímetro analógico consta de dos inductores que interactúan para producir una sola lectura directa en la potencia mediante la aguja del medidor. A menudo los técnicos en ingeniería industrial emplean el watímetro y se utiliza con amplitud como medidor de tableros de control y como instrumento portátil en el campo de la potencia eléctrica.

TRANSFERENCIA MÁXIMA DE POTENCIA

La figura 1 ilustra un circuito que suministra potencia a una resistencia de carga R_L , a partir de una fuente de alimentación V_s . El propio circuito contiene una resistencia R_C que incluye la resistencia interna de la fuente de alimentación. Este circuito simple conduce a una pregunta de considerable importancia de diseño de circuitos: ¿existe algún valor de la resistencia del circuito que permita la máxima transferencia de potencia entre la fuente y la carga?

La potencia que consume R_L es:

$$P_L = I^2 R_L \quad (2)$$

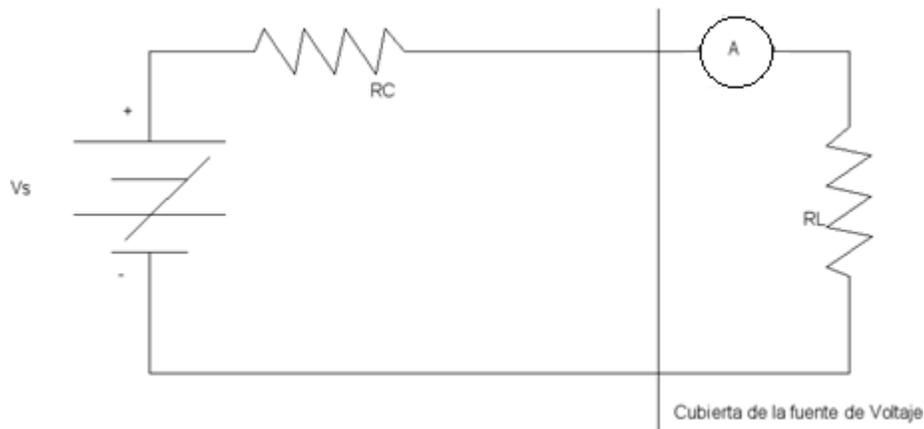


Figura 1. Una fuente de voltaje suministra potencia a una carga R_L . La resistencia interna de la carga más los conductores está representada por la resistencia R_C .

El valor de I lo determina el voltaje V (que se considera un valor constante) y la resistencia total del circuito.

$$R_T = R_C + R_L$$

Donde R_C es la resistencia interna de la fuente y todas las demás resistencias del circuito que suministra potencia a la carga.

Entonces, la corriente en la fórmula (2) es:

$$I = \frac{V_S}{R_C + R_L}$$

Y la fórmula (2) se convierte en:

$$P_L = \left(\frac{V_S}{R_C + R_L} \right)^2 R_L$$

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

La solución matemática directa de esta fórmula que daría el valor de R_C para la máxima transferencia de potencia está más allá del ámbito de esta práctica. Sin embargo, métodos gráficos y experimentales pueden conducir a la misma solución.

En forma gráfica se pueden asignar valores constantes V_S y R_C y evaluar la fórmula de la potencia (2) para un intervalo de valores de R_L . Así puede trazarse una gráfica de P_L contra R_L . Si existe una P máxima, la gráfica mostrará el valor de R_L en ese punto.

Suponga un voltaje constante de 10 V y una resistencia del circuito de 100 Ω . La resistencia de carga se hace variar de 0 a 100 Ω y el valor de P_L se calcula en cada incremento. Los resultados aparecen en la tabla 1 los valores de esta tabla se grafican en la figura 2.

Tabla 1. Cálculo de la máxima transferencia de potencia.

R_L	R_C	P_L	R_L	R_C	P_L
0	100	0	120	100	0.248
10	100	0.0826	130	100	0.246
20	100	0.139	140	100	0.243
30	100	0.178	150	100	0.240
40	100	0.204	200	100	0.222
50	100	0.222	400	100	0.160
60	100	0.234	600	100	0.122
70	100	0.242	800	100	0.00988
80	100	0.247	1 000	100	0.0826
90	100	0.249	10 000	100	0.00980
100	100	0.250	100 000	100	0.000998
110	100	0.249			

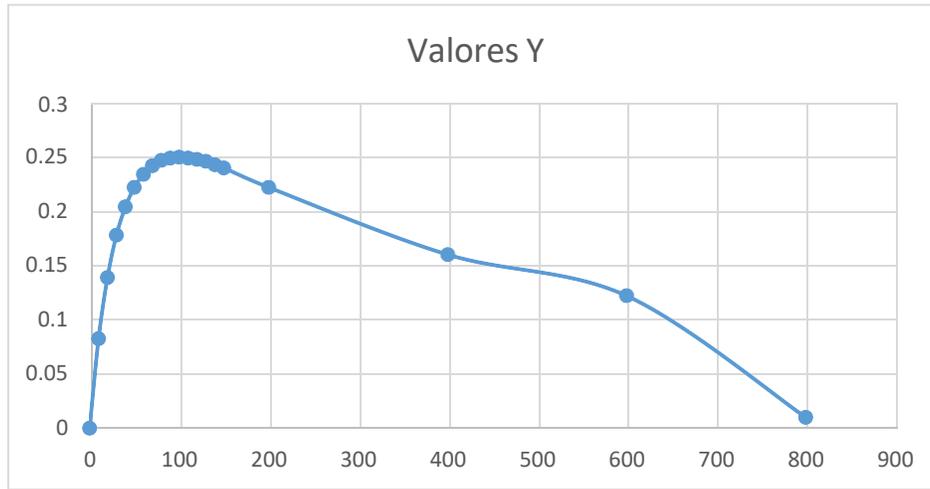


Figura 2. Gráfica de la tabla 1. La máxima transferencia de potencia ocurre cuando la resistencia de la fuente de voltaje es igual a la resistencia de la carga.

Como muestran la tabla y la gráfica, la máxima potencia de P_L que se suministra a la carga R_L es de 0.25 W, lo que ocurre cuando $R_L = R_C$. Cálculos adicionales con otros valores de R_C puede interpretarse de dos maneras. Si la resistencia de los conductores que conectan la fuente de voltaje constante con la carga fuera despreciable, R_C representaría sólo la resistencia interna de la fuente y la regla para la máxima transferencia de potencia podría enunciarse como sigue:

La máxima transferencia de potencia a una carga por una fuente de voltaje constante ocurre cuando la resistencia interna de la fuente es igual a la resistencia de la carga.

Por otro lado, si el círculo que suministra potencia a la carga fuera más complejo, R_C se determinaría por la resistencia del circuito vista desde sus terminales de salida. No obstante, recuerde que R_C no se puede medir simplemente colocando un óhmetro entre las terminales de salida de la red conectada a la carga debido a que ésta tiene una fuente de voltaje activa. En este punto se supondrá que R_C es posible establecer una regla más general para la máxima transferencia de potencia:

La máxima transferencia de potencia a una carga desde una fuente de voltaje constante ocurre cuando la resistencia del circuito que suministra la potencia, vista desde las terminales del circuito, es igual a la resistencia de la carga.

RESUMEN

1. La potencia, P , en watts disipa un resistor R (Ohms), por el que hay una corriente directa I (amperes) está dada por la fórmula: $P = \frac{V^2}{R}$
2. La potencia, P , en watts, que disipa un resistor, R (Ohms), por el que hay una corriente directa I (amperes) está dada por la fórmula $P = I^2 R_L$
3. Si el voltaje de c-d en un resistor es V (volts) y la corriente en el resistor es I (amperes), la potencia que disipa el resistor está dada por la fórmula $P = V \times I$.
4. En un circuito c-d, la potencia se puede medir en forma directa con un watímetro, o de manera indirecta midiendo V y R , V e I o I y R , sustituyendo los valores medidos en la fórmula adecuada de la potencia.
5. Cuando una fuente de alimentación V_S , cuya resistencia interna es R_C , suministra potencia a una carga R_L , la transferencia máxima de potencia ocurre cuando la resistencia de la carga es igual a la resistencia interna de la fuente, es decir, cuando $R_C = R_L$.
6. Si R_C representa la resistencia de una red que contienen una fuente de voltaje constante, la transferencia máxima de potencia a una carga R_L ocurre cuando $R_C = R_L$, siendo R_C la resistencia de la red vista desde sus terminales de salida.

INSTRUMENTOS Y EQUIPO

- Módulo de fuente de alimentación 0-120 Vc-d
- Multímetros
- Módulo de resistencias
- Módulo de resistencia variable (potenciómetro)
- Módulo de interruptores

PROCEDIMIENTO

A. MEDICIÓN DE LA POTENCIA EN UN CIRCUITO DE C-D

- A1. Con la alimentación apagada y el interruptor S1 abierto, arme el circuito de la figura 3.

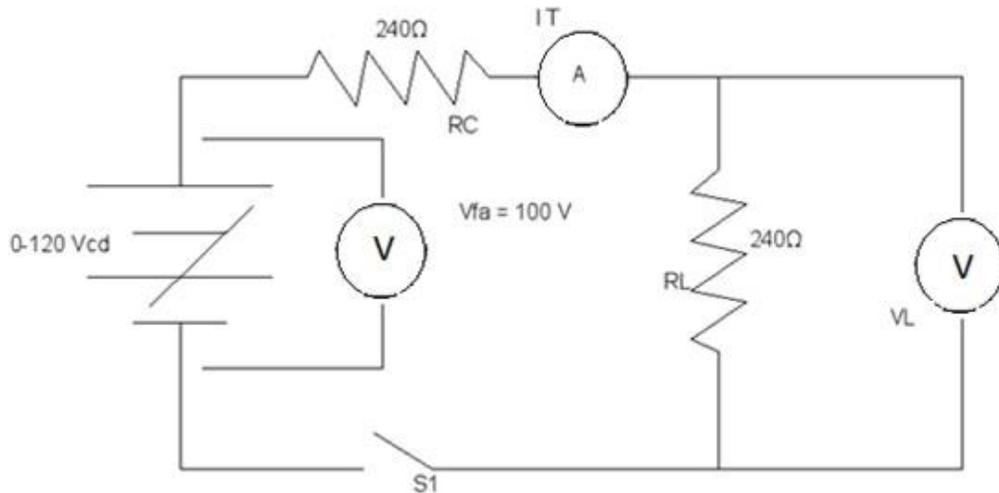


Figura 3. Circuitos para el procedimiento A1.

- A2. Encienda la fuente. Ajuste la fuente de alimentación de modo que $V_{FA} = 100$ V. Cierre S1. Mida V_{FA} , I_L y el voltaje V_L en el resistor de la carga R_L . Registre los valores en la tabla 2. Abra S1; apague la fuente.
- A3. Desconecte R_C del circuito y mida su resistencia con un óhmetro. Anote su valor en la tabla 2. Asimismo desconecte R_L del circuito y mida su resistencia con el óhmetro. Registre su valor en la tabla 2.
- A4. Calcule la potencia P_L que consume el resistor de carga R_L , con los valores medidos de V_{FA} , V_L , I_L , R_C y R_L de la tabla 2. Muestre todos los cálculos para los incisos a), b), c) como sigue:
- Calcule P_L con V_L e I_L .
 - Calcule P_L con V_L e R_L
 - Calcule P_L con I_L e R_L

Registre sus respuestas en la tabla 2.

- A5. Calcule la P_L que suministra la fuente de alimentación. Muestre todos los cálculos y anote su respuesta en la tabla 2.

Tabla 2. Medición de potencia en un circuito de c-d: Parte A

PASOS	V_{FA} (V)	V_L (V)	I_L (A)	R_C (Ω)	R_L (Ω)
2,3					
	FÓRMULA DE LA POTENCIA			POTENCA (W)	
	a) $P_L =$				

4	b) $P_L =$	
	c) $P_L =$	
5	$P_T =$	

OPERACIONES:

B. TRANSFERENCIA MÁXIMA DE POTENCIA

B1 Mida la resistencia del resistor de 100Ω (nominal) y registre su valor en todos los espacios de la primera columna de la tabla 3. Este es el valor de R_C . Utilice este resistor para el paso B2.

B2. Con la fuente apagada y el interruptor S2 abierto, arme el circuito de la figura 4.

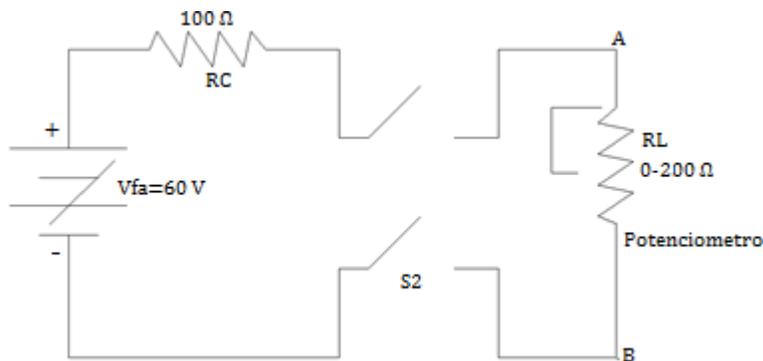


Figura 4. Circuitos para el procedimiento B2.

B3. **Encienda** la fuente y con el interruptor S2 **abierto** ajuste la fuente de alimentación hasta que $V_{FA} = 60 \text{ V}$. Este voltaje debe mantenerse durante los demás pasos de este experimento.

B4. Con S2 **abierto** conecte un óhmetro entre los puntos A y B del potenciómetro. Ajuste éste hasta que $R_L = 0$. Desconecte el óhmetro. Cierre S2. Mida el voltaje en la fuente de alimentación y si es necesario ajústela a 60 V . Mida el voltaje V_L en la carga. Registre el valor en la tabla 3.

B5. Repita el paso B3 para cada uno de los valores de carga de la tabla 3; siga con cuidado la secuencia de operaciones del paso 3.

- a) Con S2 **abierto** ajuste el potenciómetro para la resistencia de carga de la tabla 3. Mida este valor con un óhmetro y regístrelo en la tabla 3.
- b) Sin cambiar el ajuste del potenciómetro cierre S2.
- c) Si es necesario ajuste V_{FA} en 60 V.
- d) Mida V_L y registre el valor en la tabla 3.

B6. Con los correspondientes valores medidos de R_C , R_L y V_L , calcule P_L para cada renglón de la tabla 3, utilice la fórmula $P_L = (V_L)^2/R_L$ Convierta sus respuestas en miliwatts y registre los valores en la tabla 3.

B7. Con los valores medios correspondientes a R_C , R_L y V_{FA} (que en cada caso debe ser de 60 V), calcule P_{FA} , la potencia que suministra la fuente de alimentación para cada renglón de la tabla 3, utilice la formula $P_{FA} = (V_{FA})^2/(R_C + R_L)$. Convierta sus respuestas a miliwatts y registre los valores en la tabla 3

Tabla 3. Datos experimentales para determinar la máxima transferencia de potencia en R_L : Parte B.

$R_C(\Omega)$	$R_L(\Omega)$	$R_C + R_L(\Omega)$	$V_L(V)$	$P_L = \frac{V_L^2}{R_L}(W)$	$P_{FA} = \frac{V_{FA}^2}{R_C + R_L}(W)$
	0				
	20				
	40				
	60				
	80				
	100				
	120				
	140				
	160				
	180				
	200				

DETERMINACIÓN DE R_L PARA LA TRANSFERENCIA MÁXIMA DE POTENCIA

- C1. Con S2 abierto conecte los resistores, el interruptor y el potenciómetro como en la figura 5. El resistor de carga R_L es un potenciómetro de 0-200 Ω . Conecte un óhmetro a R_L y ajuste el potenciómetro de modo que $R_L = 0$. No cambie este ajuste.

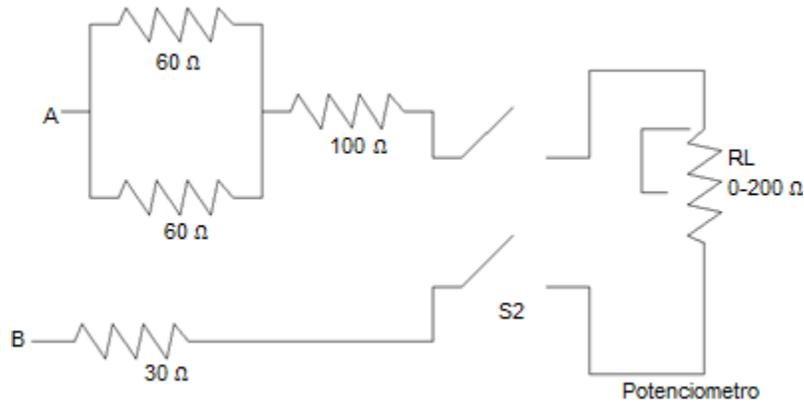


Figura 5. Conexión de resistores, interruptor y potenciómetro para el paso C1 del procedimiento.

- C2. Con S2 **cerrado** mida la resistencia R_T entre A y B con un óhmetro. Puesto que ésta es la resistencia total del circuito que alimenta a R_L , la transferencia máxima de potencia de ocurrirá cuando $R_L = R_T$. Registre los valores de R_T y R_L en el primer renglón de la tabla 4. Abra S2.
- C3. Ajuste la resistencia del potenciómetro con un óhmetro hasta que $R_L = R_T$. **NO** cambie este ajuste.
- C4. Con la fuente apagada y S2 abierto conecte la fuente de alimentación, el amperímetro y S1 al circuito de la figura 5 como aparece en la figura 6.

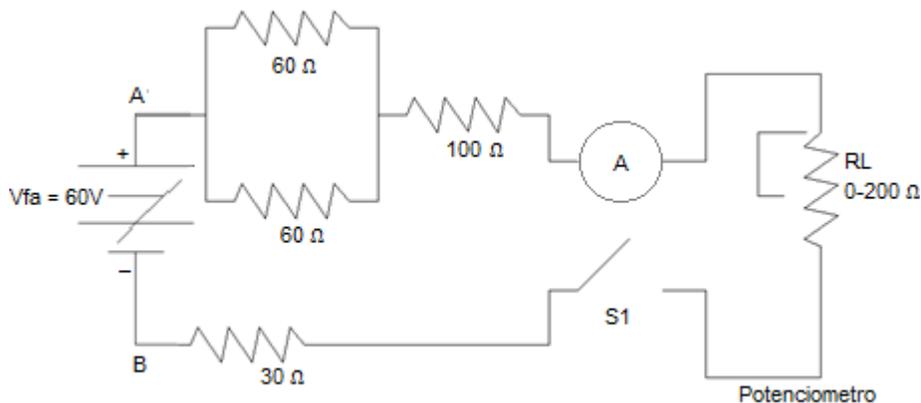


Figura 6. Circuito para el paso C4 del procedimiento.

- C5. Con la fuente encendida y S1 abierto ajuste V_{FA} para obtener un voltaje de 60 V.

C6. Cierre S1. Mida I_T , V_{FA} , y V_L . Registre los valores en la tabla 4.

C7. Calcule los valores P_{FA} y P_L con las fórmulas de la tabla 4. Registre sus respuestas en la tabla.

Tabla 4. Determinación de R_L para la transferencia máxima de potencia: Parte C.

$R_T (\Omega)$		$R_L (\Omega)$	$V_L (V)$	$I_T (mA)$	$P_L = \frac{V_L^2}{R_L}$	$P_{FA} = V_{FA} \times I_T$
Medida	Calculada					

PRUEBA DE CONOCIMIENTOS

1. La corriente en un resistor de 330Ω es de 0.1 A . La potencia que disipa el resistor es de _____W.

Operaciones: _____

2. El voltaje de un resistor es de 12 V y la corriente en el mismo es de 50 mA . La potencia que disipa el resistor es de _____W.

Operaciones: _____

3. El voltaje en un resistor de 220Ω es de 5.5 V . La potencia que disipa el resistor es de _____W.

Operaciones: _____

4. Una fuente de alimentación con resistencia interna de 25Ω suministra potencia a una carga de 50Ω conectada a sus terminales. Si el voltaje que suministra la fuente sin carga es de 15 V , la potencia máxima se suministraría a una carga cuya resistencia sea de _____ Ω .

Operaciones: _____

5. Una fuente de alimentación con resistencia interna de 120Ω suministra potencia a una carga resistiva. Si el voltaje sin carga en la salida de la fuente es de 12 V . La potencia máxima se suministraría a una carga cuya resistencia sea de _____ Ω .

Ω .

Operaciones: _____

6. La potencia que la fuente suministra a la carga de la pregunta 5 es de _____ W.

Operaciones: _____

7. Explique la relación entre resistencia de carga y transferencia de potencia entre una fuente de c-d y una carga.

8. Respecto a los datos de la tabla 3, ¿Para qué valor de R_L hubo una transferencia máxima de potencia? ¿Este valor confirma la relación que se analiza en la pregunta 1? Explique cualquier discrepancia.

9. Con base en los datos de la tabla 3 explique la relación entre el voltaje V_L , en la carga y la resistencia de la carga R_L .

10. A partir de los datos de la tabla 3, ¿Cuál es la relación entre la potencia que suministra la fuente de alimentación P_{FA} , y la resistencia de la carga R_L ?

11. ¿Cómo varía la potencia que se suministra a la carga P_L , con la resistencia de la carga R_L ?
