

E1 COMPROBACIÓN DE LA LEY DE OHM. CURVA I-V CARACTERÍSTICA DE UN DIODO

OBJETIVOS

Comprobación de la ley de Ohm. Estudio experimental de circuitos eléctricos simples.

Análisis de las características corriente-voltaje de un diodo semiconductor.

Aprender el manejo de amperímetros, voltímetros y ohmímetros.

MATERIAL

Fuente de alimentación de corriente continua, multímetro, resistencias, diodo semiconductor, cables, reóstato.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Se dice que un material es conductor eléctrico cuando posee una gran cantidad de cargas libres, en los metales se trata de electrones. La corriente eléctrica es el flujo de electrones de un sitio a otro debido a una diferencia de potencial o voltaje. La mejor analogía de un sistema eléctrico es un sistema hidráulico. En el sistema hidráulico la bomba impulsa el fluido por las tuberías, mientras que en el sistema eléctrico la fuente de corriente o de tensión tiene la misma función solo que impulsa electrones en el circuito. Por tanto, para que los electrones circulen es necesario aplicar una diferencia de potencial eléctrico, es decir, comunicar energía eléctrica al sistema. La diferencia de voltaje es análogo a la diferencia de presión, y la corriente es análoga al flujo de fluido en la tubería. Cada material reacciona de forma distinta ante el paso de una corriente eléctrica o la aplicación de una diferencia de potencial, lo cual da lugar a una relación característica entre la diferencia de potencial aplicada y la corriente que pasa a través de él.

La ley de Ohm es una de las leyes lineales más importantes de la física. Se llaman leyes lineales a las que establecen una relación proporcional o lineal entre la fuerza (o causa del proceso) y el flujo (o efecto del mismo). En los circuitos eléctricos la ley de Ohm establece que “la relación entre la corriente eléctrica I que pasa por un material y la diferencia de potencial eléctrico V_{12} aplicado entre los puntos 1 y 2 del material, que provoca dicha corriente, es lineal”:

$$V_{12} = RI \quad (1)$$

siendo R una constante, denominada resistencia eléctrica del material, y que depende de la naturaleza del mismo. Se podría considerar que la relación (1) es una relación fenomenológica similar a la ley de Hooke. Es importante destacar que la ley de Ohm no es una ley universal y su validez depende fuertemente del material, así que clasificamos a los materiales como óhmicos o no óhmicos según verifiquen o no la ec. (1).

En todo circuito de corriente continua se definen magnitudes tales como la intensidad de corriente, diferencia de potencial, resistencia y fuerza electromotriz (fem). Salvo la resistencia y la fem, las demás magnitudes sólo se definen en un circuito en funcionamiento. La medida de la intensidad que circula por un circuito o la diferencia de tensión entre dos puntos del circuito producen una perturbación del sistema, por tanto, al realizar cualquier medida de I o V debe de asegurarse una perturbación mínima del sistema.

Una conexión de resistencias en serie se caracteriza porque la intensidad de corriente que pasa por todas ellas es la misma, mientras que la diferencia de potencial V entre sus extremos es la suma de la diferencia de potencial V_i en cada resistencia R_i ,

$$V = V_1 + V_2 + \dots \quad (2)$$

la resistencia equivalente R_{eq} de un circuito en serie será:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots \quad (3)$$

Una asociación de resistencias en paralelo verifica que todas ellas provocan la misma diferencia de potencial, mientras que la intensidad total I que pasa por el circuito es la suma de las intensidades I_i que pasan por cada resistencia

$$I = I_1 + I_2 + \dots \quad (4)$$

Calcula en este caso cual es el valor de la resistencia equivalente del circuito en paralelo.



Figura 1.- Circuito de dos resistencias asociadas (a) en serie, (b) en paralelo

No todos los dispositivos eléctricos tienen una resistencia constante al aplicarle diferentes voltajes, es decir, no todos presentan un comportamiento óhmico. Hay dispositivos en los que la resistencia depende del voltaje aplicado o del sentido de la corriente eléctrica.

Un diodo es un dispositivo electrónico que restringe el flujo direccional de cargas. La idea básica es que un diodo puede bloquear el flujo de corriente en un sentido y permitir el flujo en el sentido opuesto. Se puede visualizar un diodo como una válvula de retención en un sistema de agua. Los diodos más comunes son los diodos semiconductores que están formados por la unión de un semiconductor tipo n (cátodo, donde existe un exceso de cargas negativas, cable negro) y un semiconductor tipo p (ánodo, con un exceso de cargas positivas, cable rojo), tal y como se representa en la figura 2. La conducción eléctrica se produce cuando el terminal de tipo p está conectado a un potencial positivo con respecto al de tipo n , es lo que se conoce como polarización directa. Cambiando la polaridad del potencial aplicado, el diodo no conduce la corriente (polarización inversa).

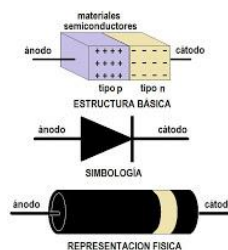


Figura 2.- Representación de un diodo semiconductor

La curva intensidad-voltaje característica de un diodo consta de dos regiones: por debajo de cierta diferencia de potencial, se comporta como un circuito abierto (no conduce), y por encima de ella como un cortocircuito con una resistencia eléctrica muy pequeña. Por otra parte, el comportamiento del diodo con el sentido de la intensidad de corriente determina su aplicación como rectificador de la corriente alterna.

La relación entre la intensidad de corriente I que pasa por un diodo con la diferencia de potencial V entre sus extremos se modela frecuentemente por el modelo de Shockley, de la forma:

$$I = I_S \left(e^{\frac{qV}{nk_B T}} - 1 \right) \quad (5)$$

donde I_S es la corriente de saturación ($\approx 10^{-12} \text{ A}$), n es el coeficiente de emisión, que depende del proceso de fabricación del diodo ($n = 1$ para Ge y $n = 2$ para Si), k_B es la constante de Boltzmann, T es la temperatura absoluta de la unión pn , y q es la carga elemental.

METODOLOGÍA

En primer lugar se debe de conocer el funcionamiento del multímetro, para ello en el Anexo 1 hay una descripción detallada del mismo. Se debe de entender cómo actúa como amperímetro, voltímetro, ohmímetro, sus escalas y unidades.

A continuación se realizará el diseño y el montaje de circuitos sencillos de corriente continua. Inicialmente se montará un circuito con dos resistencias conectadas en serie (ver la parte izquierda de la figura 1) y posteriormente se montará un circuito de dos resistencias en paralelo

(ver la parte derecha de la figura 1). Se realizarán medidas de la corriente eléctrica I y de la diferencia de potencial V a ambos lados de cada resistencia para todos los valores posibles de la fem \mathcal{E} de la fuente de alimentación. Para realizar estas medidas se utilizará el multímetro en sus facetas de voltímetro y amperímetro siguiendo el esquema presentado en la figura 3 para el caso de resistencias conectadas en serie. En cada caso es necesario elegir el modo correcto de la conexión, seleccionar la escala, y pensar y decidir cuál es la escala idónea (la que permite minimizar el error instrumental). El esquema correspondiente al circuito en paralelo lo debe de realizar el alumno.

Antes de encender la fuente de alimentación consulta con el profesor para comprobar si el circuito está correctamente montado.

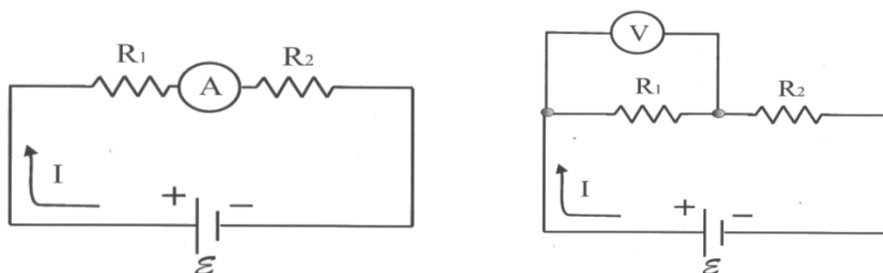


Figura 3.- Esquema de un circuito de corriente continua con dos resistencias en serie para medir (a) la intensidad y (b) la diferencia de potencial

La segunda parte de la práctica consiste en obtener la curva característica intensidad-voltaje de un diodo semiconductor. Para ello realizaremos el circuito esquematizado en la figura 4, que consta de un diodo en serie con una resistencia y conectado a una fuente de alimentación de corriente continua. Un diodo que esté funcionando correctamente debe permitir el paso de corriente de ánodo a cátodo (polarización directa) e impedir el paso de corriente de cátodo a ánodo (polarización inversa).

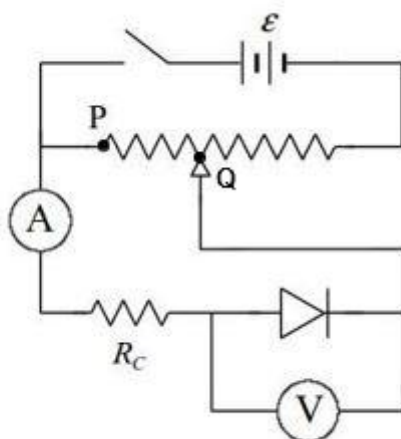


Figura 4.- Esquema del circuito para medir las características intensidad-voltaje de un diodo en polarización directa

El diodo se puede polarizar mediante la aplicación de una diferencia de potencial o fem externa. Para medir el comportamiento del diodo utilizaremos el circuito de la figura 4, donde la resistencia R_C , llamada resistencia de carga y conocida por el código de colores (también se puede medir con el ohmímetro), sirve para limitar la corriente que pasa por el circuito en caso de que la resistencia del diodo sea muy pequeña. La resistencia del diodo en polarización directa es muy elevada, hasta que el potencial aplicado supera al potencial umbral del diodo, y a partir de ese momento su valor disminuye rápidamente al aumentar el potencial aplicado. Hemos de tomar medidas de la intensidad I que pasa por el diodo y el voltaje V a ambos lados del mismo para diferentes valores de la fem de la fuente de alimentación.

El problema que se nos presenta es que tenemos una fuente de alimentación con una fem fija \mathcal{E} , y nos interesa disponer de una fem variable. Para conseguirlo realizamos el montaje de la figura 4, donde conectamos la fuente de alimentación en serie con un reóstato (resistencia variable), de tal forma que variando la resistencia del reóstato (puntos PQ del circuito) equivale a variar la fem del circuito, es lo que llamaremos fem efectiva.

En esta práctica se utilizará una fuente de alimentación con una fem de $\mathcal{E} = 5 \text{ V}$, e iremos variando el reóstato de forma suave (variando la fem efectiva), lo cual dará lugar a variaciones en los valores de la diferencia de potencial en el diodo, $V \approx 0.1 - 0.8 \text{ V}$, de forma equiespaciada. Seguidamente se estudiará la respuesta del diodo en polarización inversa.

Con el fin de comparar la característica $I - V$ del diodo con el de una resistencia, vamos a conectar el voltímetro en los extremos de la resistencia de carga R_C y se repetirán las medidas de la intensidad de corriente – voltaje para valores similares de la fem efectiva de la fuente de alimentación.

RESULTADOS

Para comprobar la Ley de Ohm, realiza una tabla con los valores de la diferencia de potencial y la intensidad de corriente que pasa por cada una de las resistencias que quieres calcular, tanto para el circuito en serie como en paralelo.

Representa en una gráfica los datos obtenidos del voltaje de cada resistencia en función de la intensidad que pasa por ella. A partir de dicha representación gráfica calcula el valor de la resistencia y su error. Realiza estas gráficas para las dos resistencias conectadas en serie y en paralelo.

Comprueba si se verifica la ley de Ohm. Compara el valor de las resistencias obtenidas experimentalmente con su valor nominal a través del código de colores y mediante su medida directa con el ohmímetro.

Compara el valor de las resistencias que has obtenido experimentalmente a través del circuito en serie y en paralelo.

Calcula el valor de la resistencia equivalente para los circuitos en serie y en paralelo.

Para evaluar la curva $I-V$ de un diodo, realiza una tabla con los valores intensidad-voltaje en el diodo para diferentes valores de la fem efectiva, tanto en polarización directa como polarización inversa.

Obtén la curva característica intensidad-voltaje de un diodo semiconductor. Para el diodo, en polarización directa, representa gráficamente los valores de la intensidad del circuito en función del voltaje. Realiza una gráfica en el tipo de papel que creas más apropiada. Discute qué tipo de relación existe entre ambas magnitudes. Compara esta gráfica con la obtenida para la resistencia de carga.

¿Cómo se puede saber, por el tipo de gráfica, si una determinada resistencia es óhmica o no?

CUESTIONES

- 1.- Define con tus propias palabras lo que entiendes por intensidad de corriente, resistencia eléctrica y diferencia de potencial.
- 2.- Comenta si la ley de Ohm se verifica siempre o no. Pon ejemplos de materiales ohmicos y no-ohmicos.
- 3.- Explica cómo debe de ser la resistencia interna del amperímetro y del voltímetro en relación con la resistencia del circuito que queremos medir para minimizar su impacto.
- 4.- ¿Qué sucede en la intensidad de corriente de un circuito óhmico al conectar resistencias en paralelo?
- 5.- Comenta las diferencias observadas en las características intensidad-voltaje entre los dos dispositivos eléctricos analizados: resistencia y diodo.
- 6.- Por qué el diodo se puede utilizar como rectificador de la corriente alterna.