Señales eléctricas y funcionamiento de los aparatos de medida de dichas señales

Existen dos clases fundamentales de señales eléctricas: corriente continua o DC y corriente alterna o AC. Dentro de cada uno de estos grupos hay otras varias clases de señales.

Señales continuas o DC: son las que circulan siempre en un sentido. Estas señales pueden clasificarse a su vez en

1.- Corriente continua constante: es la que circula siempre en el mismo sentido y su valor es constante en el tiempo.

2.- Corriente continua variable: es la que circula siempre en el mismo sentido y su valor es variable en el tiempo. Dentro de estas corrientes se pueden definir dos grupos fundamentales

2.1.- Corriente continua variable general: cuando su valor varía según una función general o aleatoria

2.2.- Corriente continua variable periódica: cuando su valor varía de forma periódica o cíclica

Señales alternas o AC: son las que circulan en ambos sentidos. Estas señales pueden clasificarse a su vez en

3.- Corriente alterna general: es la que circula en ambos sentidos y su valor varia según una función general o aleatoriamente en ambos sentidos.

4.- Corriente alterna periódica: es la que circula en ambos sentidos y su valor varia periódicamente. Dentro de estas señales se pueden definir dos grupos fundamentales

4.1.- Corriente alterna periodica pura: es la que tiene un valor medio temporal nulo

4.2.- Corriente alterna periodica mixta: es la que tiene un valor medio temporal no nulo.

La corriente alterna mixta se puede formar sumando una señal alterna periódica pura con una señal continua constante. De dicha señal se dice que posee componente de continua.

Ejemplos de estas señales eléctricas y su valores medios y eficaz

Se presentarán a continuación las señales periódicas mas utilizadas en los circuitos eléctricos y se obtendrán los valores medio temporal y eficaz de esas señales.

Para las señales eléctricas periódicas se definen las siguientes magnitudes:

Valor medio temporal: es el resultado de realizar la siguiente integral:

$$\overline{S} = \frac{1}{T}\int_0^T S(t)\,dt$$

Valor eficaz: es el resultado de realizar la siguiente integral

$$S_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T S^2(t)\,dt}$$

La importancia de estas definiciones radica en el hecho de que los aparatos de medida están diseñados para que midan estos valores.

En modo DC, los aparatos de medida miden el valor medio temporal de la señal eléctrica, potencial o intensidad de corriente

En modo AC, los aparatos de medida miden el valor eficaz de la señal eléctrica, después de eliminar la componente de continua que tenga dicha señal, es decir, miden el valor eficaz de la señal resultante de restar a la señal inicial su valor medio temporal

Corriente continua constante

Esta señal no se considera periódica, pero es muy frecuente e importante en los circuitos eléctricos

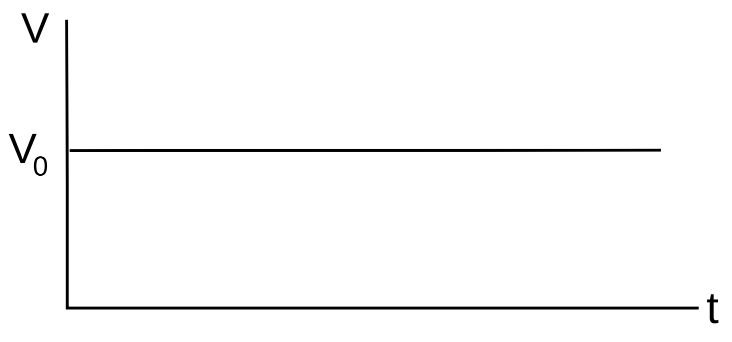


Figura 1

La expresión matemática de esta señal es $V(t) = V_0$. Para este tipo de señal, en la definición de valores medio y eficaz, la integral se debería realizar para todo el tiempo de duración de la señal. En cuyo caso, ambos valores coinciden y su valor es V_0

Un voltímetro que midiera el voltaje de esta señal mediría:

En modo DC $\quad V_{DC} = V_0$

En modo AC $\quad V_{AC} = 0$

Corriente continua variable periódica

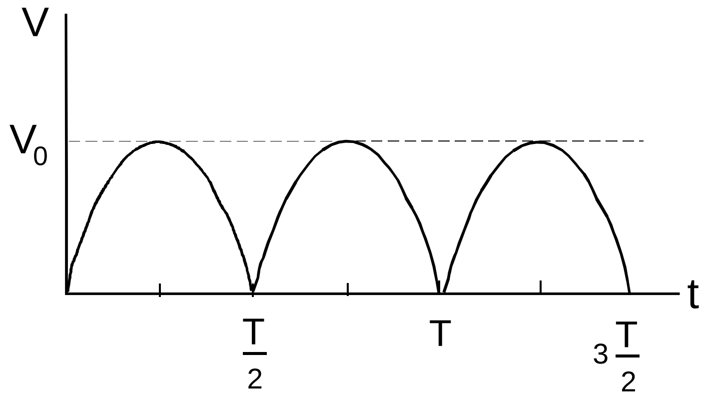


Figura 2

La expresión matemática de esta señal es $V(t) = V_0 \operatorname{sen} \omega t$ para $0 < t < T/2$

Para este tipo de señal, el valor medio temporal es $\overline{V} = \frac{2V_0}{\pi}$,

y el valor eficaz es $V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

Un voltímetro que midiera el voltaje de esta señal mediría:

En modo DC $\quad \mathbf{V_{DC}} = \overline{V} = \frac{2V_0}{\pi} = \mathbf{0.636\ V_0}$

En modo AC, el voltímetro mediría el valor eficaz de la señal $(V(t) - \overline{V})$, puesto que esta señal no posee componente de continua por tener valor medio temporal nulo.

El valor eficaz de la señal (V(t) - $\overline{V}$), se realiza aplicando la definición de valor eficaz y el resultado es bastante complejo. Se puede demostrar que se cumple una relación entre los valores medidos por un aparato de medida de una cierta señal eléctrica y el valor eficaz obtenido matemática, entre de dicha señal eléctrica. Esta relación es.

$$V_{ef}^2 = V_{DC}^2 + V_{AC}^2$$

De esta relación se obtiene el valor que mide un voltímetro en modo AC de la señal de la figura 2

$$\mathbf{V_{AC}} = \sqrt{V_{ef}^2 - V_{DC}^2} = \sqrt{\frac{V_0^2}{2} - \frac{4V_0^2}{\pi^2}} = \mathbf{0.308\ V_0}$$

Corriente alterna periodica pura

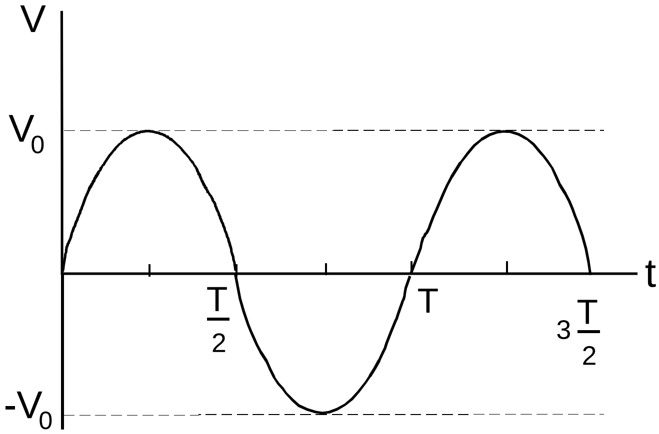


Figura 3

La expresión matemática de esta señal es $V(t) = V_0 \text{ sen } \omega t$ para $0 < t < T$

Para este tipo de señal, el valor medio temporal es $\overline{V} = 0$,

Y el valor eficaz es $V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

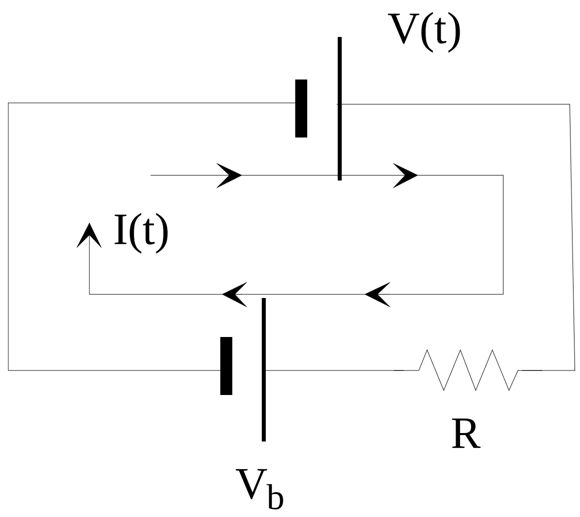
Un voltímetro que midiera esta señal mediría lo siguiente

En modo DC: $\mathbf{V_{DC} = 0}$

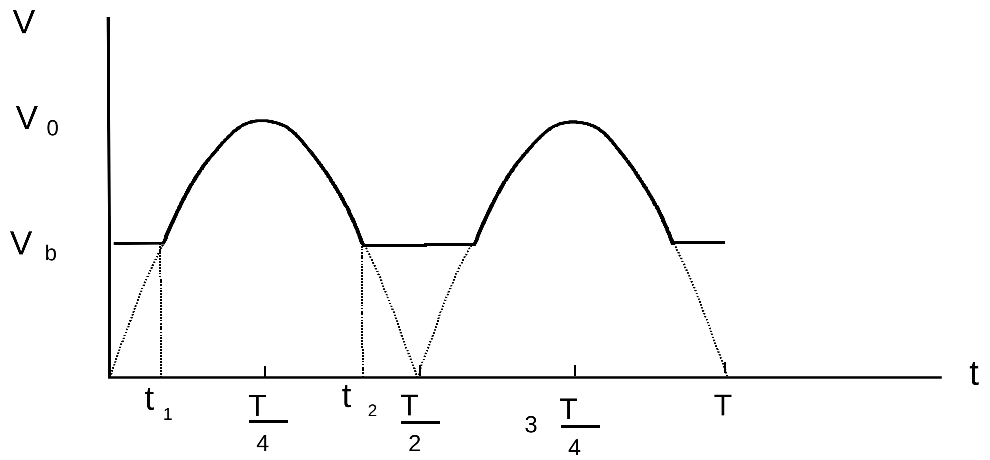
En modo AC $\mathbf{V_{AC}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = \mathbf{0.707\ V_0}$

Otros ejemplos de corriente continua variable periódica

Otros ejemplos de señales muy utilizadas son las que se utilizan en la carga de una batería por medio de un generador de alterna rectificado por un puente de diodos. El circuito eléctrico estaría formado por el generador conectado a la batería a través de una resistencia R.



El potencial del generador es el siguiente.



La expresión matemática de este potencial es una función periódica de periodo T/2 y cuyo valor es:

$$
\begin{array}{ll}
V(t) = V_b & \text{para } 0 < t < t_1 \\
V(t) = V_0 \operatorname{sen} \omega t & \text{para } t_1 < t < t_2 \\
V(t) = V_b & \text{para } t_2 < t < T/2
\end{array}
$$

El valor medio temporal de este potencial es

$$\bar{V} = \frac{2V_0}{\pi}\cos\left(\operatorname{arcsen}\frac{V_b}{V_0}\right) + \frac{2V_b}{\pi}\operatorname{arcsen}\frac{V_b}{V_0}$$

El valor eficaz de este potencial es

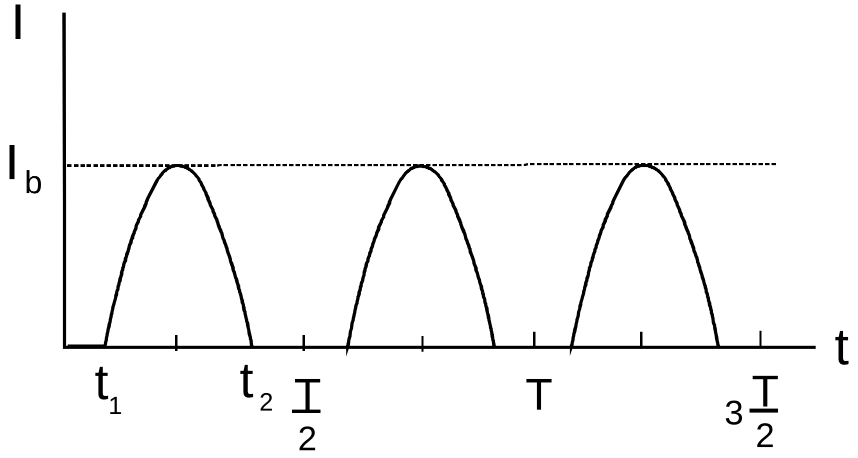
$$V_{ef} = \sqrt{\frac{V_0^2}{2} + \frac{2V_b^2 - V_0^2}{\pi}\operatorname{arcsen}\frac{V_b}{V_0} + \frac{V_b V_0}{\pi}\cos\left(\operatorname{arcsen}\frac{V_b}{V_0}\right)}$$

Un aparato de medida que midiera el potencial daría los siguientes resultados

En modo DC $\quad \mathbf{V_{DC}} = \overline{V}$

En modo AC $\quad \mathbf{V_{AC}} = \sqrt{V_{ef}^2 - \overline{V}}$

La intensidad de corriente que circula por el circuito de carga es la siguiente:



La expresión matemática de esta intensidad de corriente es

$$I(t) = 0 \qquad \text{para } 0 < t < t_1$$

$$I(t) = \frac{V_0 \operatorname{sen} \omega t - V_b}{R} \qquad \text{para } t_1 < t < t_2$$

$$I(t) = 0 \qquad \text{para } t_2 < t < T/2$$

El valor medio temporal de esta señal de corriente se obtiene aplicando la integral correspondiente a la función I(t) y da como resultado final

$$\bar{I} = \frac{\bar{V}}{R} - \frac{V_b}{R}$$

El valor eficaz de esta señal es

$$I_{ef}^2 = \frac{V_{ef}^2}{R^2} - \frac{2\bar{V}V_b}{R^2} + \frac{V_b^2}{R^2}$$

Un aparato de medida que midiera la intensidad de corriente daría los siguientes resultados

En modo DC $\qquad$ $\mathbf{I_{DC}} = \bar{I} = \frac{\bar{V}}{R} - \frac{V_b}{R}$

En modo AC $\qquad$ $\mathbf{I_{AC}} = \sqrt{I_{ef}^2 - \bar{I}^2}$

Para ilustrar este caso de señales eléctricas, y comprobar la validez de las expresiones matemáticas propuestas, realizaremos un circuito real formado por un transformador conectado a la red de 220 voltios en cuyo secundario se ha conectado un puente de diodos.

El potencial alterno en el secundario del transformador antes del puente de diodos, se debe medir en AC, puesto que es una onda sinusoidal pura, y en este caso la medida en AC coincide con el valor eficaz del potencial de dicha onda. El valor medido es $\mathbf{V_{ef}}$ **= 28.5 voltios**. A partir de este valor se puede averiguar el valor de pico de la onda sinusoidal pura $V_0 = 28.5 \times \sqrt{2} = 40.3$ voltios. Teniendo en cuenta que el puente de diodos interpone dos diodos en serie entre el secundario del transformador y el potencial rectificado para cada semionda, el valor de pico de la señal rectificada de onda completa se puede suponer que es 1,.2 voltios inferior (0.6 voltios por cada diodo). Así pues, tomaremos como valor de pico para el potencial que alimenta a la batería a través de la resistencia $\mathbf{V_0}$ = 40.3 – 1.2 = **39.1** voltios. Hemos utilizado una resistencia de valor **R = 2.2 ohmios**

Las medidas obtenidas en el circuito han sido

<u>En modo DC</u> $\mathbf{V_g = 25.52}$ **v** $\mathbf{V_R = 12.06}$ **v** $\mathbf{V_b = 13.08}$ **v** **I = 5.4 A**

Utilizando la expresión matemática del valor medio temporal del potencial, el valor teórico obtenido es $\overline{V} = 26$ voltios. Este valor es bastante coherente con el medido para $\mathbf{V_g}$ **= 25.52 v**

Utilizando la expresión matemática del valor de la intensidad media del circuito, se obtiene $\bar{I} = \frac{\bar{V}}{R} - \frac{V_b}{R} = \frac{26}{2,2} - \frac{13.08}{2.2} = 5.8\ \text{A}$ Este valor también es coherente con el medido en modo DC por un amperímetro de efecto Hall de 5.4 A.

La expresión del valor medio temporal de la intensidad de corriente es precisamente la ley de Ohm aplicada a la resistencia R, puesto que $V_R = \overline{V} - V_b$. Se puede ver que experimentalmente se cumple que **12.06 v ≈ 5.4 A x 2.2 Ω**

<u>En modo AC</u> $\mathbf{V_g = 9.54}$ **v** $\mathbf{V_R = 9.42}$ **v** $\mathbf{V_b = 0.15}$ **v** **I = 3.9 A**

Utilizando la expresión del valor eficaz del potencial, se obtiene un valor teórico de $\mathbf{V_{ef} = 27.5}$ voltios. Dicho valor no es medido por el voltímetro en modo AC. Hay que aplicar la expresión

$$\mathbf{V_{AC}} = \sqrt{V_{ef}^2 - \overline{V}} = \sqrt{27.5^2 - 26^2} = \mathbf{8.96\ v}$$

Este valor es bastante coherente con el valor medido de 9.54 v

En los bornes de la batería se mide un potencial en modo AC muy pequeño. Ello es debido a que en el interior de la batería existe una pequeña resistencia formada por el electrolito de la propia batería (ácido sulfúrico diluido en el caso de baterías de plomo).

De las expresiones teóricas anteriores se puede demostrar que también se cumple la ley de Ohm en modo AC. En efecto, de las medidas experimentales se ve que

$$I = \frac{V_g - V_b}{R} = \frac{9.54 - 0.15}{2.2} = 4.2\ \text{A} \approx 3.9\ \text{A} \qquad \textbf{y} \qquad \mathbf{9.42\ v \approx 3.9\ A \times 2.2\ \Omega}$$