

► Corriente continua: introducción

Introducción

Los tipos de tensión continua y alterna, a través de la historia de la energía eléctrica, han pasado por diversas épocas de relativas supremacías y de convivencia; desde que Thomas Alba Edison comenzara con su distribución en tensión continua para alimentar los circuitos de iluminación en un sector de Nueva York, la aplicación siguió creciendo aún a pesar del hecho de que George Westinghouse impulsara la idea de Nicola Tesla referente a la conveniencia de la corriente alterna, de modo que inició un período de aplicación compartido. Aunque por sus características funcionales las máquinas de corriente continua tienen su fuerte en lo que hace a la regulación de velocidad y par, el desarrollo tecnológico en el campo de la electrónica ha hecho que se pudieran hacer aplicaciones de potencia con los motores de corriente alterna, con lo cual se produjo un cambio irreversible en favor de estos últimos en lo que hace a su aplicación.

Aun así, en la actualidad es notorio, aun desde el ámbito de la enseñanza, cómo no se le presta la debida atención a los temas relacionados con las aplicaciones de la tensión continua, a pesar de que los estudios de la electrotécnica comienzan justamente con ella, con la ley de Ohm, para luego continuar con los de la tensión alterna.

Indudablemente, la conveniencia de utilizar uno u otro tipo de tensión para cada una de las aplicaciones es el resultado de estudios específicos, de acuerdo a las exigencias funcionales de las cargas.

A continuación, veremos algunos aspectos del empleo de la tensión continua, así como de algunos de los fenómenos que se producen en lo que hace a las instalaciones eléctricas para este tipo de tensión destinadas a ciertos tipos de circuitos como pueden ser los de control o de otras aplicaciones comunes.

Aunque por sus características funcionales las máquinas de corriente continua tienen su fuerte en lo que hace a la regulación de velocidad y par, el desarrollo tecnológico en el campo de la electrónica ha hecho que se pudieran hacer aplicaciones de potencia con los motores de corriente alterna, con lo cual se produjo un cambio irreversible en favor de estos últimos en lo que hace a su aplicación.

Circuitos de la corriente continua

La distribución y el consiguiente uso de la tensión continua tienen plena vigencia en el ámbito de las instalaciones eléctricas de los sistemas de generación y distribución de la energía eléctrica, así como también en algunas aplicaciones de las plantas industriales, como puede ser el control.

Estos usos se hacen en distintos tipos de circuitos, los cuales a su vez presentan de alguna manera distintas

jerarquías funcionales, aunque todos ellos deben ser eficientes, confiables y seguros, por eso es necesario calcular, proyectar y seleccionar cada uno de los componentes a fin de poder cumplir con estos objetivos.

Tipos

Se puede considerar la aplicación de tensiones continuas en los siguientes tipos de circuitos:

- » Tracción: ferrocarriles, vagones cargadores, etc.
- » Elevación: ascensores, puentes grúas, etc.
- » Laminación: *stands* de laminación, transportadores, bobinadoras tanto para acero redondo como para chapas.
- » Procesos electrolíticos: galvanizado, latonado, etc.
- » Vehículos fuera de ruta: autoelevadores, zorras, etc.
- » Auxiliares en los circuitos de control que emplean PLC.
- » Control de máquinas y equipos, en general.
- » Circuitos de servicios generales de estaciones transformadoras y de maniobra; y comando y control de subestaciones transformadoras y plantas generadoras.
- » Instalaciones fotovoltaicas.
- » Iluminación de emergencia.
- » Sistemas de seguridad: vigilancia, protección, alarmas, etc.
- » Sistemas de comunicaciones en sus distintas tecnologías.

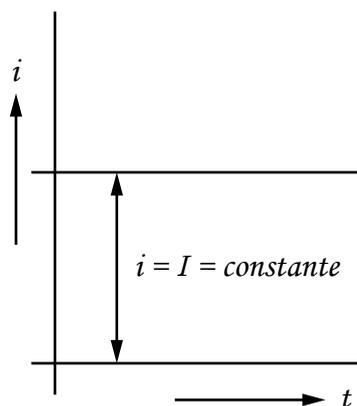


Figura 1. Corriente continua.

Fuentes de corriente continua

La fuente de tensión continua por excelencia es la batería de acumuladores, aunque también hay convertidores estáticos de distintos tipos y máquinas eléctricas como las dínamos (menos frecuentes). En algunos casos se utilizan combinaciones adecuadas de los dos primeros.

Tensiones

Las tensiones empleadas varían según las aplicaciones, salvando aquellas especiales o de producción (procesos electrolíticos o industriales varios), se puede decir que en general pueden ser:

- » Tracción: 700 a 3.000 V.
- » Vehículos fuera de ruta: 24 V.
- » Iluminación de emergencia: 12 V.
- » Para servicios generales de estaciones transformadoras y de maniobra: 220, 110 y 48 V.
- » Sistemas de alarmas por incendio o intrusión: 12 V.

Formas de la tensión continua

Se define a la corriente eléctrica continua como el desplazamiento de los electrones en un mismo sentido a lo largo de un determinado circuito en forma invariable con el tiempo (ver figura 1).

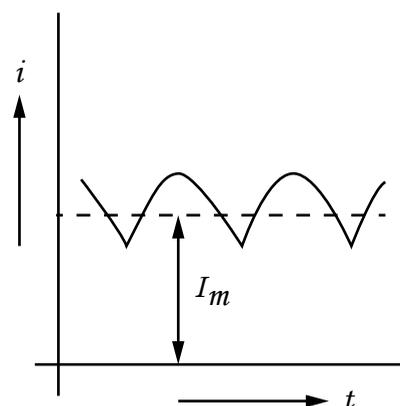


Figura 2. Corriente pulsante.

La necesidad de convertir la tensión alterna en continua hizo que se utilizaran los denominados “rectificadores”, los cuales, dependiendo del tipo, entregan una corriente que no es exactamente invariable con el tiempo y que se denomina “pulsante” (ver figura 2). En este caso, la corriente eléctrica en lugar de tener un valor constante tendrá un valor medio (I_m) que deberá ser tenido en cuenta de acuerdo a la aplicación que se haga.

Instalaciones eléctricas para la distribución y uso

Las instalaciones eléctricas que utilizan tensión continua están construidas con el mismo tipo funcional de materiales que las de alterna. Se debe resaltar que las diferencias se encuentran en los elementos destinados a realizar la interrupción y protección, fundamentalmente en estos últimos, los cuales presentan características constructivas acordes con este tipo de tensión y de corriente eléctrica.

Parámetros de los circuitos eléctricos

En los circuitos eléctricos, los parámetros tales como resistencia, inductancia y capacidad nunca existen en estado puro, es decir, son combinaciones de estos, aunque en ciertos casos alguno de ellos puede ser más preponderante que otros. En los más simples o que nos pueden interesar en forma especial, es la combinación de resistencia e inductancia, como el caso de los relés, o determinadas canalizaciones eléctricas.

Circuitos eléctricos con resistencia e inductancia

Los circuitos eléctricos destinados a los sistemas de tensión continua tienen dos valores que interesan especialmente para tener en cuenta:

- » La corriente eléctrica que circula en forma permanente.
- » El pico o máximo valor que esa corriente eléctrica pueda llegar a alcanzar en el régimen transitorio debido al cierre del circuito o en caso de cortocircuito.

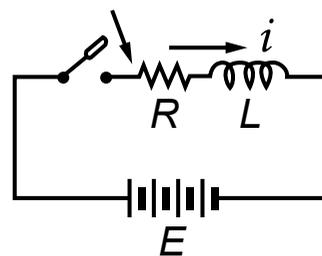


Figura 3. Circuito R-L serie

Las instalaciones eléctricas que utilizan tensión continua están construidas con el mismo tipo funcional de materiales que las de alterna.

Para llegar a comprender el origen y el mecanismo de la evolución de estos valores con el tiempo de la corriente eléctrica continua, se hace necesario analizar un circuito eléctrico formado por una resistencia y una inductancia conectadas en serie, comúnmente denominado “circuito tipo R-L”, alimentado con una tensión continua, como nos muestra la figura 3. En ella podemos ver en forma esquemática la fuente de tensión (E), una resistencia que representa a toda la del circuito (R), de la misma manera, una autoinducción (con su correspondiente coeficiente de autoinducción L) y un interruptor, todos unidos por los cables. Así, se ha formado un circuito eléctrico R-L serie.

Mientras el interruptor se encuentre abierto, no hay tensión aplicada al circuito eléctrico o sobre los elementos (R y L) que lo componen, con lo cual la corriente eléctrica a través de ellos es nula ($i = 0$).

Cuando se cierre el interruptor, circulará una corriente eléctrica y, durante los primeros instantes, tendrá lugar lo que se denomina como “proceso transitorio” y, luego de haber transcurrido un determinado tiempo, la corriente eléctrica habrá alcanzado un valor constante en el tiempo, mientras el interruptor se encuentre cerrado.

Al cerrar el interruptor (consideraremos que $t = 0$), la corriente eléctrica comienza a variar en cantidades infinitesimales (o sea, diferencialmente), tendiendo a alcanzar el valor final o estable que será:

$$I = E/R \quad (1)$$

Si llamamos a la variación diferencial de corriente eléctrica como "di" y a la variación diferencial del tiempo como "dt", el periodo de variación de la corriente eléctrica será:

$$dt = di/dt \quad (2)$$

Ahora bien, toda variación de la corriente eléctrica

en un circuito inductivo es acompañada por una fuerza electromotriz que se opone a la tensión aplicada, cuya expresión es:

$$E = L (I/t) [V] \quad (3)$$

en donde:

- » L: inductancia o autoinducción en henry
- » I: corriente eléctrica en amperes
- » t: tiempo en segundos

Con lo cual, nos quedará la siguiente ecuación diferencial:

$$E = i R + L (di/dt) \quad (4)$$

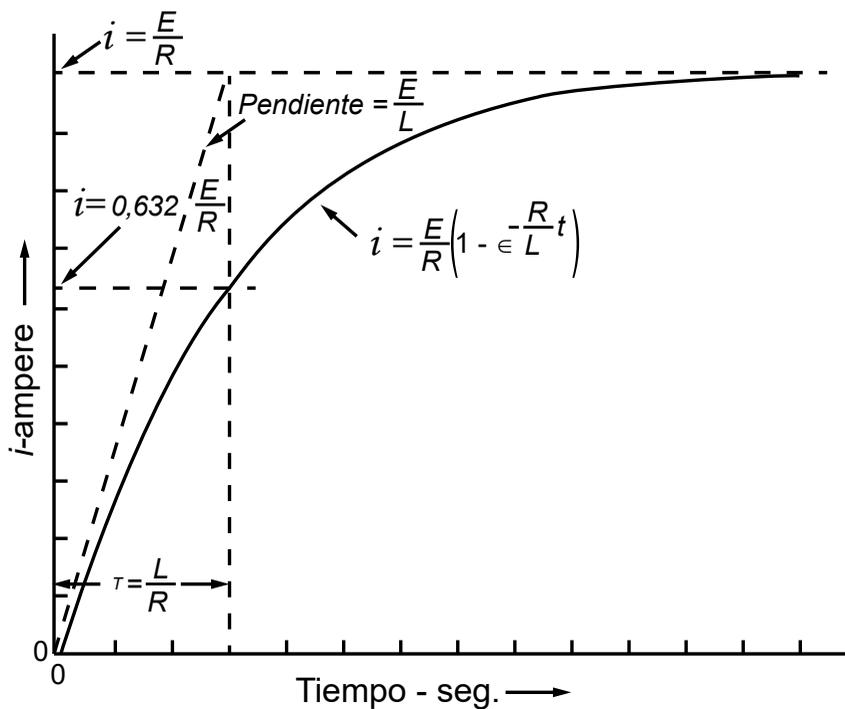


Figura 4.
Variación de la corriente en el circuito R-L.

Es necesario destacar que para $t = 0$, o sea, cuando $i = 0$, la caída de tensión será:

$$i R = 0 \quad (5)$$

Entonces, la fem inducida es:

$$L (di/dt) = E \quad (6)$$

Y también, que cuando la corriente eléctrica i alcanza el valor E/R :

$$L (di/dt) = 0 \quad (7)$$

Resolviendo esta ecuación, se obtiene como expresión de la corriente:

$$i = E/R (1 - e^{-(R/L)t}) \quad (8)$$

siendo $e = 2,718$ la base de los logaritmos neperianos.

La figura 4 es la representación de esta última ecuación.

La relación L/R , que se representa con la letra griega tau (τ), y es la que caracteriza al circuito eléctrico, se denomina "constante de tiempo del circuito". Si se reemplaza esta relación en la ecuación anterior y se resuelve, se obtendrá que:

$$i\tau = E/R (1 - e^{-(R/L)(L/R)}) = E/R [1 - (1/e+1)] = 0,632 E/R \quad (9)$$

Esta fórmula expresa que la corriente eléctrica aumentará hasta el 63,2% de su valor final E/R en un tiempo igual a L/R segundos, a partir del instante en que se cierra el interruptor.

La rapidez inicial de la variación de la corriente eléctrica constituye también una medida importante de las propiedades inductivas de un circuito. Si se supone que

la corriente eléctrica continúa variando con la rapidez inicial, y alcanza el valor final L/R en segundos, se deduce que:

$$(di/dt)_{att=0} = (E/R)/(L/R) = E/L \quad (10)$$

Resumiendo:

- » La constante de tiempo τ del aumento de la corriente eléctrica es igual a L/R segundos.
- » En este último tiempo, la corriente eléctrica alcanza el 63,2% de su valor final.
- » Es el tiempo que sería necesario para que la corriente eléctrica alcance su valor final E/R , si se mantuviera la rapidez de variación inicial E/L inicial.

También es posible ver, a través de estas fórmulas y de su representación gráfica, que el aumento del valor de la resistencia R no afecta el régimen inicial, aunque acelera la llegada al valor de E/R , mientras que un aumento de L tiende a disminuir el régimen inicial del crecimiento de la corriente eléctrica sin afectar el valor final E/R . ■

Bibliografía:

- » ABB, notas técnicas.
- » Siskind, Charles (1965). *Circuitos eléctricos*, Buenos Aires, Hispano-Americana
- » Sobrevila, Marcelo A. (2008). *Electrotecnia*, Santa Fe, Editorial Alsina.

Por Ing. Alberto Luis Farina

alberto@ingenierofarina.com.ar

Esta nota continuará en las próximas ediciones