

ANÁLISIS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS LINEALES

OSCAR PERPIÑÁN LAMIGUEIRO

NOVIEMBRE 2019

Índice general

Índice general	I
1 Introducción	1
I Conceptos Básicos	3
2 Variables	5
2.1. Tensión Eléctrica	5
2.2. Corriente Eléctrica	5
2.3. Potencia Eléctrica	5
3 Elementos de un circuito lineal	7
4 Leyes de Kirchhoff	9
5 Métodos de Análisis	11
II Corriente Alterna Sinusoidal	13
6 Cálculo Fasorial	15
7 Sistemas Monofásicos	17
8 Sistemas Trifásicos	19

Capítulo 1

Introducción

Este libro está dedicado al **análisis** de **circuitos eléctricos lineales** de **parámetros concentrados**. Todos los términos de esta declaración de intenciones merecen ser descritos con detalle:

- Un **circuito eléctrico** es un conjunto de componentes eléctricos interconectados mediante conductores que crean un camino cerrado por el que puede circular corriente eléctrica. Como se estudiará en el capítulo 3, dedicado a los componentes eléctricos, un circuito eléctrico puede incluir elementos activos (generadores), que entregan potencia al circuito, o elementos pasivos (receptores), que consumen o transforman la potencia que circula.
- El **análisis** de un circuito eléctrico existente persigue determinar sus condiciones de funcionamiento. Este objetivo se alcanza definiendo las ecuaciones correspondientes al circuito en cuestión, y obteniendo los valores de determinadas variables importantes a partir de dichas ecuaciones. Debe distinguirse esta labor de la del **diseño** de un circuito eléctrico, en la que el objetivo es definir el circuito eléctrico, es decir, determinar los componentes necesarios y su interconexión, para obtener unas condiciones de funcionamiento.
- Todos los circuitos eléctricos que se estudian en este libro se comportan como **sistemas lineales**. Satisfacen, por tanto, las dos propiedades de linealidad:
 - $f(x + y) = f(x) + f(y)$: La respuesta f a la suma de dos entradas x e y es igual a la suma de la respuesta individual a cada una de las entradas.
 - $f(k \cdot x) = k \cdot f(x)$: la respuesta a una entrada que está multiplicada por un factor de escala k es igual a multiplicar por este factor a la respuesta a la entrada.

Estas propiedades simplifican el tratamiento de los circuitos, y permiten aplicar técnicas de resolución de ecuaciones lineales. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la linealidad es una aproximación de la realidad que no puede aplicarse de manera indiscriminada a cualquier componente y en cualquier condición. En particular, los dispositivos electrónicos como diodos o transistores tienen un comportamiento marcadamente no lineal, de forma que los circuitos que los contienen no pueden analizarse directamente con las técnicas que aquí se exponen sin realizar previamente aproximaciones de su funcionamiento.

- Los circuitos eléctricos reales ocupan espacio, las máquinas generadoras y los receptores tienen grandes dimensiones, y los cables conductores se extienden a lo largo de longitudes variopintas. Sin embargo, el análisis de circuitos no toma en consideración las propiedades espaciales de los circuitos ni de sus componentes, sino que los confina a elementos puntuales con un modelo de **parámetros concentrados**. De esta forma, un conductor real de 100 m se representará habitualmente como un conductor ideal con una resistencia en punto medio. Este tratamiento es una simplificación de las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell, y son aplicables únicamente cuando las dimensiones del circuito real son inferiores a la longitud de onda de la señal que circula por el circuito. Por ejemplo, a la frecuencia de 50 Hz, habitual en sistemas eléctricos industriales, la longitud de onda de la señal es de 6000 km. Sin embargo, a la frecuencia de 2,6 GHz, característica de la telefonía 4G, la longitud de onda se reduce a 11,5 cm.

Parte I

Conceptos Básicos

Capítulo 2

Variables

El análisis de un circuito eléctrico lineal permite determinar tres variables principales: tensión, corriente, y potencia.

2.1. Tensión Eléctrica

El potencial eléctrico $v(t)$ en un punto es la energía potencial que tiene una carga unitaria en ese punto debida al campo eléctrico. La tensión o diferencia de potencial entre dos puntos A y B $u_{AB}(t)$ es, por tanto, el trabajo realizado por el campo eléctrico al desplazar una carga unitaria entre esos puntos.

$$u_{AB}(t) = v_A(t) - v_B(t) = \frac{dW_e}{dq} \quad (2.1)$$

Dado que el campo eléctrico es conservativo, la diferencia de potencial entre A y B no depende de la trayectoria seguida para realizar el desplazamiento, sino únicamente del potencial existente en cada uno de los puntos. Por tanto, aunque la trayectoria no sea relevante para el cálculo de la tensión, siempre hay que tener en cuenta el sentido del desplazamiento. Así, si el movimiento se produce desde B hasta A obtenemos el signo contrario al anterior resultado:

$$u_{BA} = v_B - v_A = -u_{AB} \quad (2.2)$$

La unidad de la tensión eléctrica es el voltio (V).

2.2. Corriente Eléctrica

Se define la intensidad de la corriente eléctrica como la variación de la carga $q(t)$ que atraviesa la sección transversal de un conductor por unidad de tiempo:

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (2.3)$$

La corriente eléctrica se produce por el movimiento de los electrones libres que fluyen por el conductor. Sin embargo, por razones históricas, el convenio que se se emplea considera como sentido de la corriente el debido al movimiento de las cargas positivas.

La unidad de la corriente es el amperio (A).

2.3. Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica es la variación del trabajo del campo eléctrico por unidad de tiempo:

$$p(t) = \frac{dW_e}{dt} \quad (2.4)$$

Esta definición genérica puede relacionarse con las anteriores variables gracias a las ecuaciones 2.1 y 2.3:

$$p(t) = \frac{dW_e}{dq} \cdot \frac{dq(t)}{dt} \quad (2.5)$$

$$= v(t) \cdot i(t) \quad (2.6)$$

La unidad de la potencia eléctrica es el vatio (W).

Para determinar el signo de la potencia eléctrica hay que tener en consideración los signos de las variables de las que depende, la tensión y la corriente. Cuando las flechas de ambas variables tienen el mismo sentido la potencia eléctrica es positiva, y cuando las flechas tienen sentidos opuestos la potencia eléctrica es negativa. Es habitual interpretar este resultado en términos de potencia absorbida o potencia entregada. Así, un circuito receptor absorbe potencia y la corriente *entra* por el terminal de mayor potencial, mientras que un circuito generador entrega potencia y la corriente *sale* por el terminal de mayor potencial.

Supongamos el circuito de la figura, en el que la corriente eléctrica entra por el terminal A y sale por B, siendo $v_A > v_B$. En estas condiciones, $u_{AB} > 0$, $i > 0$, y consecuentemente $p > 0$. El circuito conectado entre A y B está absorbiendo potencia eléctrica, dado que las cargas que entran en el circuito pierden potencial.

Capítulo 3

Elementos de un circuito lineal

Capítulo 4

Leyes de Kirchhoff

Capítulo 5

Métodos de Análisis

Parte II

Corriente Alterna Sinusoidal

Capítulo 6

Cálculo Fasorial

Capítulo 7

Sistemas Monofásicos

Capítulo 8

Sistemas Trifásicos
