

## 60. La inductancia

Friedrich Herrmann. Universidad de Karlsruhe, Alemania  
Georg Job. Universidad de Hamburgo, Alemania  
Nelson Arias Ávila. Universidad Distrital, Bogotá, Colombia

### Tema:

Por lo general la inductancia se introduce por medio de la ley de inducción, siendo el factor de proporcionalidad entre la tensión inducida (o “fuerza electromotriz”) y la rapidez de variación temporal de la corriente:

$$V_{\text{ind}} = -L \frac{dI}{dt} \quad [1]$$

### Defectos:

En electrotécnica se conocen tres elementos pasivos y lineales (en general la linealidad es una aproximación): la resistencia, el condensador y la bobina. Existen elementos mecánicos análogos que son el amortiguador con rozamiento tipo Stokes, la masa puntual o puntiforme y el resorte de Hooke. Para cada uno de dichos elementos es válida una relación lineal:

$$\text{Resistor:} \quad V = R \cdot I \quad [2]$$

$$\text{Condensador:} \quad Q = C \cdot V \quad [3]$$

$$\text{Bobina:} \quad n \cdot \Phi = L \cdot I \quad [4]$$

$R$ ,  $C$  y  $L$  dependen de las dimensiones geométricas y de las propiedades de los materiales correspondientes. Mientras en el resistor se disipa energía, el condensador y la bobina ideales son elementos no-disipativos y representan “depósitos” de energía.

Para circuitos eléctricos que contienen dichos elementos, y además solo fuentes de energía, es posible emplear una simetría interna: se puede reemplazar el circuito original por otro que se obtiene por medio de ciertas “reglas de traducción”, el nuevo circuito se describe por ecuaciones que tienen la misma estructura matemática que las del circuito inicial. Un ejemplo sencillo es la correspondencia entre el circuito  $RC$  y el circuito  $RL$ . Las reglas de traducción más importantes son:

$$\begin{aligned} V \text{ (tensión eléctrica)} &\leftrightarrow I \text{ (intensidad de corriente eléctrica)} \\ Q \text{ (carga eléctrica)} &\leftrightarrow n \cdot \Phi \text{ (flujo magnético)} \\ C \text{ (capacidad eléctrica)} &\leftrightarrow L \text{ (inductancia)} \\ R \text{ (resistencia eléctrica)} &\leftrightarrow 1/R = G \text{ (conductancia eléctrica)} \\ \text{ley de los nodos} &\leftrightarrow \text{ley de las mallas} \\ \text{circuito paralelo} &\leftrightarrow \text{circuito en serie} \\ \text{estabilización de tensión} &\leftrightarrow \text{estabilización de corriente} \end{aligned}$$

La doble flecha significa que se puede reemplazar  $V$  por  $I$  e  $I$  por  $V$ ,  $Q$  por  $n \cdot \Phi$  y  $n \cdot \Phi$  por  $Q$ , etc. La presencia del número de espiras  $n$ , que altera un poco la

“estética”, se debe al hecho de que por flujo magnético  $\Phi$  de una bobina se entiende normalmente el producto de la densidad de flujo  $B$  y la sección de la bobina. Sería más consecuente y lógico llamar flujo a la magnitud  $\Phi' = n \cdot \Phi$ , en lugar de  $\Phi$ , ya que el área efectiva atravesada por las líneas de campo magnético es  $n$  veces el área de la bobina.

Al definir la inductancia por medio de la ecuación [1] queda oculta esta simetría. La analogía entre el solenoide y el condensador es menos evidente.

También se observa lo inconveniente de introducir  $L$  por medio de la ecuación [1], cuando se escribe la ecuación análoga para la capacidad (por medio de la tabla de traducción):

$$I = C \frac{dV}{dt}$$

Esta ecuación describe el proceso de cargar o descargar un condensador; al emplearla para introducir la capacidad, podría quedar la impresión de que la capacidad se manifiesta solamente en esta clase de procesos. La introducción por medio de la ecuación [3] es más directa,  $C$  aparece como medida del “esfuerzo” necesario para almacenar una cantidad dada de carga eléctrica en un condensador. ¿Es necesaria una gran tensión eléctrica o basta una pequeña?

Lo mismo es válido para la inductancia; si se la introduce a través de la ecuación [1], podría parecer que la inductancia se manifiesta solamente en procesos de inducción. La ecuación [4], al contrario, permite una interpretación de  $L$  sin hacer referencia a la inducción. Nos indica el “esfuerzo” necesario para obtener en una bobina un cierto flujo magnético. ¿Se necesita una gran corriente eléctrica o basta una débil?

#### *Origen:*

En principio se puede introducir la inductancia –así como la capacidad, la resistencia o muchas otras magnitudes– por medio de cualquier ecuación en la cual figure la magnitud. Para definir la inductancia además de las ecuaciones [1] y [4], es posible encontrar en libros universitarios la siguiente relación:

$$E = \frac{L}{2} I^2 \quad [5]$$

Esta ecuación muestra la energía contenida en el campo magnético de una bobina. Las tres posibilidades de introducción de  $L$  –representadas por las ecuaciones [1], [4] y [5]– coexisten en la literatura desde los comienzos de la electrodinámica. Se observa nuevamente que la Física escolar está bastante aislada de la Física universitaria.

#### *Eliminación:*

Se recomienda introducir el flujo magnético como  $B \cdot A$ , mostrando experimentalmente que la densidad del flujo en una bobina es proporcional a la intensidad de corriente eléctrica en la misma. De lo cual se obtiene que

también el flujo total  $n \cdot \Phi$  es proporcional a la corriente:  $n \cdot \Phi \sim I$ , llamando inductancia al factor de proporcionalidad:

$$L = n \cdot \Phi / I \quad [6]$$

Para obtener la ecuación [1] se emplea [6] en la ley de inducción:

$$V_{ind} = -n \frac{d\phi}{dt} .$$