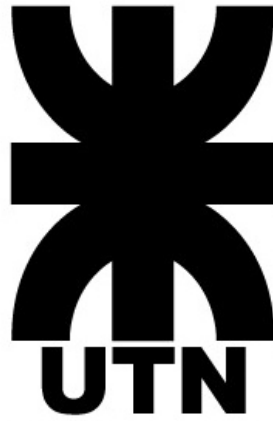


**Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Reconquista**



**Ingeniería Electromecánica**

**Año: 4°**

Diseño Curricular: 2004 - Ordenanza N°1029

**Máquinas eléctricas**

**Resumen de transformadores**

**Alumno:**

Melani Faulkner

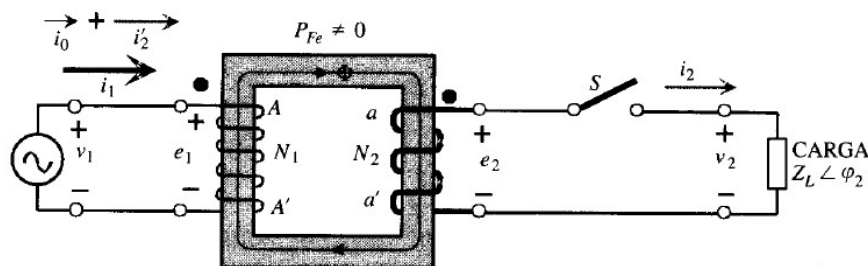
## 1. Principio de funcionamiento de un transformador ideal

Para el análisis se toma que el transformador está alimentado por el lado de alta (el de + espiras) y trabaja como un reductor. Es decir que:

- 1) El primario trabaja como un receptor respecto a la fuente. (recibe I)
- 2) El secundario se comporta como un generador respecto a la carga conectada a sus bordes. (Entrega I)

Para un transformador ideal no existen pérdidas por Histéresis y corrientes parásitas y no existen flujos de dispersión (todo el flujo magnético enlaza al primario y secundario).

### 1.1. Transformador ideal sin carga



Realmente  $e_1$  representa una f.c.e.m porque se opone a  $v_1$  y limita la corriente de primario. La polaridad  $e_2$  tiene en cuenta que, al cerrar el circuito,<sup>1</sup> la corriente  $i_2$  debe generar un flujo que se oponga al flujo primario que la originó. Es decir que, *la f.m.m del secundario actúa en contra de la f.m.m primaria produciendo un efecto desmagnetizante sobre ésta.*

Aplicando la 2° Ley de Kirchhoff al transformador ideal tenemos que:

$$v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad ; \quad e_2 = v_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

Si se parte de un flujo **senoidal** de la forma:

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t = \Phi_m \cos (\omega t - 90^\circ)$$

Haciendo la derivada del flujo y reemplazando en ?? tenemos:

$$v_1 = e_1 = N_1 \omega \Phi_m \cos \omega t \quad ; \quad e_2 = v_2 = N_2 \omega \Phi_m \cos \omega t$$

Comparando el flujo expresado en coseno y los voltajes podemos ver que los últimos van 90° adelantados respecto al flujo. Si calculamos sus **valores eficaces**:

$$V_1 = E_1 = \frac{N_1 \omega \Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 f N_1 \Phi_m$$

$$V_2 = E_2 = \frac{N_2 \omega \Phi_m}{\sqrt{2}} = 4,44 f N_2 \Phi_m$$

Dividiendo entre sí las ecuaciones y simplificando resulta:

<sup>1</sup>Porque si está abierto, sólo hay V, **no I**

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = m$$

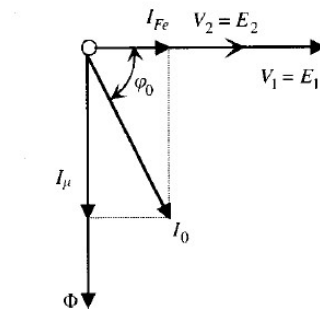
donde el factor  $m$  se denomina **relación de transformación**.

Si el transformador está en **vacío** o **sin carga**, las pérdidas en el hierro  $P_{Fe}$  en el núcleo del transformador será:

$$P_{Fe} = V_1 I_0 \cos \phi_0 \quad (1)$$

donde  $V_1$  y  $I_0$  representa los valores eficaces de la tensión y la corriente.

La corriente de vacío  $I_0$  tiene dos componentes: una activa  $I_{Fe}$  y una reactiva  $I_\mu$



**Figura 3.11.** Diagrama fasorial de tensiones y corrientes en vacío.

## 1.2. Transformador ideal con carga

Si cerramos el interruptor S, el transformador funciona **en carga** y aparece una corriente  $i_2$  que circula por el secundario.

$$\mathbf{I}_2 = \frac{\mathbf{E}_2}{\mathbf{Z}_L} = \frac{E_2 \angle 0^\circ}{Z_L \angle \phi_2} = \frac{E_2}{Z_L} \angle -\phi_2$$

La corriente  $\mathbf{I}_2$  se retrasa  $\phi_2$  de la f.e.m  $\mathbf{E}_2$

La corriente  $i_2$  en el secundario produce una f.m.m. desmagnetizante  $N_2 i_2$  que se opone a la f.m.m primaria  $N_1 i_0$ . Para que el flujo no se vea reducido por este efecto, en el primario se genera una corriente adicional primaria  $i'_2$  con una f.m.m equivalente:

$$N_1 i'_2 = N_2 i_2$$

de donde se deduce el valor de la corriente  $i'_2$  adicional primaria:

$$i'_2 = \frac{N_2}{N_1} i_2 = \frac{i_2}{m} \quad ; \quad m = \frac{N_1}{N_2}$$

La corriente total necesaria en el primario  $i_1$  será igual a:

$$i_1 = i_0 + i'_2 = i_0 + \frac{i_2}{m}$$

La ecuación nos indica que la corriente primaria  $i_1$  tiene dos componentes:

- **Una corriente de excitación o de vacío  $I_0$**  que produce el flujo en el núcleo magnético y vence las pérdidas en el hierro a través de sus componentes  $I_\mu$  y  $I_{Fe}$ .
- **Una componente de carga  $I'_2$**  que equilibra o contrarresta la acción desmagnetizante de la f.m.m secundaria para que el flujo en el núcleo permanezca constante e independiente de la carga. Esta se denomina **corriente secundaria reducida**.

A plena carga la corriente  $I'_2$  es 20 veces por lo menos mayor que  $I_0$  por lo que puede despreciarse y la ecuación queda:

$$I_1 \approx I'_2 = \frac{I_2}{m}$$

## 2. Funcionamiento de un transformador real

En el análisis de un trafo real se tiene en cuenta la resistencias  $R_1$  y  $R_2$  de los arrollamientos y los flujos de dispersión  $\Phi_{d1}$  y  $\Phi_{d2}$  que se cierran en el aire.

Si consideramos los flujos de dispersión desaparece la idea del flujo común único que existía en el transformador ideal. Si tomamos que  $\Phi_1$  y  $\Phi_2$  son los flujos totales que atraviesan los devanados primario y secundario y  $\Phi$  es el flujo común a ambos se cumplirá:

$$\Phi_1 = \Phi + \Phi_{d1} \quad ; \quad \Phi_2 = \Phi + \Phi_{d2}$$

Para representar estas pérdidas agregamos las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  y dos bobinas adicionales con núcleo de aire que representan los flujos de dispersión  $\Phi_{d1}$  y  $\Phi_{d2}$  donde se han indicado con  $L_{d1}$  y  $L_{d2}$  son los coeficientes de autoinducción, cuyos valores serán:

$$L_{d1} = N_1 \frac{d\Phi_{d1}}{di_1} \quad ; \quad L_{d2} = N_2 \frac{d\Phi_{d2}}{di_2}$$

y que dan lugar a las reactancias de dispersión  $X_1$  y  $X_2$  de ambos devanados:

$$X_1 = L_{d1} \omega \quad ; \quad X_2 = L_{d2} \omega$$

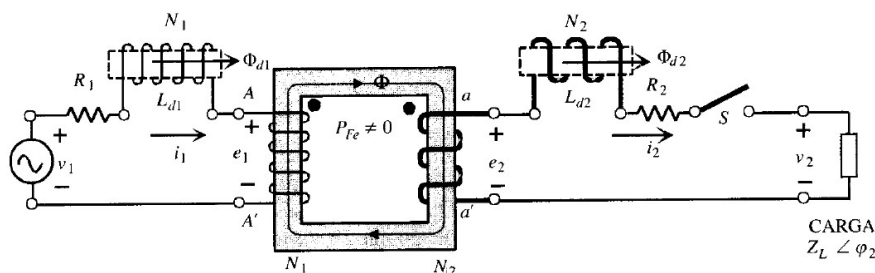


Figura 3.13. Transformador real con bobinas ideales en el núcleo.

La aplicación del 2° Ley de Kirchhoff a los circuitos primario y secundario nos da:

$$v_1 = e_1 + R_1 i_1 + L_{d1} \frac{di_1}{dt} \quad ; \quad e_2 = v_2 + R_2 i_2 + L_{d2} \frac{di_2}{dt}$$