

Despejando  $d\phi/dt$  e igualando:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad 5.21$$

Lo cual significa que las tensiones instantáneas entre terminales son proporcionales a los números de espiras de los devanados y sus formas de onda son exactamente iguales.

Obsérvese que el funcionamiento de un transformador depende del flujo variable con el tiempo y por tanto, en el estado permanente, el transformador funciona únicamente con tensión alterna.

De las hipótesis 2 y 4 se tiene que la fuerza magnetomotriz total necesaria para crear el flujo resultante es nula (despreciable). De la Fig. 7 se tiene entonces

$$i_1 N_1 + i_2 N_2 = 0$$

$$\frac{i_1}{i_2} = - \frac{N_2}{N_1} \quad 5.22$$

El signo negativo de la Ec. 5.22 indica que las corrientes  $i_1$  e  $i_2$  crean fuerzas magnetomotrices de sentidos opuestos, en la realidad. Puede inferirse de esto que la corriente  $i_2$  se desfasa en  $180^\circ$  con respecto a  $i_1$  para los sentidos marcados en la Fig. 7; en otras palabras, la corriente  $i_2$  tiene un sentido instantáneo (en relación a  $i_1$ ) contrario al supuesto en el dibujo. Para evitar el manejo de dos corrientes en contrafase, ya en los problemas prácticos se dibuja a la corriente que entra a la carga ( $i_L$ ) saliendo de la terminal con punto del secundario, con lo cual su valor instantáneo queda en fase con  $i_1$ , al ser opuesta a  $i_2$ . (Véase el Art. 5.3).

Multiplicando 5.21 por 5.22 se obtiene:

$$\frac{V_1}{V_2} \frac{i_1}{i_2} = -1 \quad 5.23$$

$$\frac{V_1}{V_2} = - \frac{i_2}{i_1} = \frac{i_L}{i_1} \quad 5.24$$

La Ec. 5.24 demuestra que en el transformador ideal, en la medida en que se aumenta el voltaje de primario a secundario, se hace disminuir la corriente. De la expresión 5.23 se deduce también que el factor de potencia del primario es igual al del secundario.

Por supuesto, al tratar con un transformador real, las igualdades 5.21, 5.22 y 5.23 son sólo aproximadas. El grado de aproximación reside en la calidad del diseño del transformador en cuestión, como se verá más adelante.

### 5.3 SENTIDOS POSITIVOS DE CORRIENTES, VOLTAJES Y FLUJOS

En los transformadores, frecuentemente los devanados están formados por varias secciones que pueden interconectarse en grupos serie-paralelo. De las terminales que se interconecten entre devanados depende que se obtenga el efecto deseado. Si no se sigue una norma para la identificación de los terminales de los devanados, se corre el riesgo de producir cortos circuitos que dañarían al transformador y dispositivos anexos.

Supóngase que se tiene un transformador en el cual puede observarse la forma en que están devanadas las bobinas; Fig. 8. Para determinar los sentidos positivos de corrientes, voltajes y flujos (que en la Fig. 8 serían 4 corrientes, 4 voltajes y un flujo) es conveniente, si no se tiene definido, suponer una de estas variables y a partir de ésta determinar las demás.

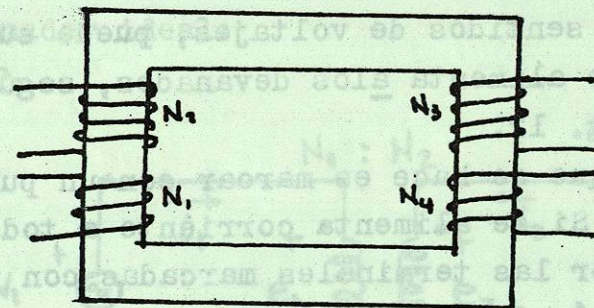


Fig. 8

Se supondrá una corriente en la bobina  $N_1$  entrando por la terminal de arriba:

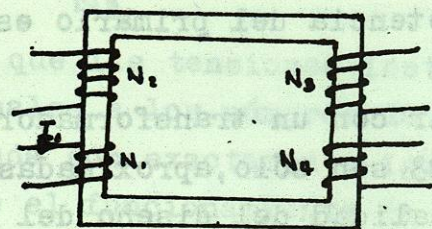


Fig. 9

La corriente  $I_1$  supuesta trataría de producir un flujo en su interior, dirigido hacia abajo; ése será entonces el sentido positivo del flujo, es decir, recorriendo el núcleo en el sentido de las manecillas del reloj. Una vez definido el sentido del flujo, los sentidos de las corrientes de las otras tres bobinas quedan definidos; en todas ellas la corriente debe entrar de tal forma que la Fmm producida tienda a reforzar al flujo, Figs. 10 y 11.

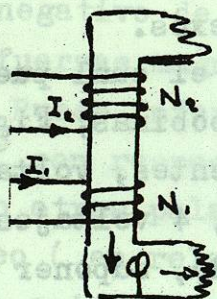


Fig. 10

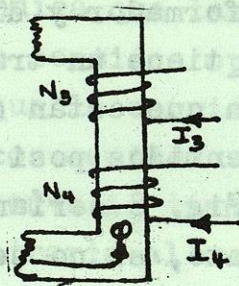


Fig. 11

Para determinar los sentidos de voltajes, puede suponerse que una fuente de voltaje alimenta a los devanados, según las corrientes supuestas; Fig. 12.

En la práctica, lo que se hace es marcar con un punto una terminal de cada bobina. Si se alimenta corriente a todas las bobinas, entrando ésta por las terminales marcadas con punto, todas las bobinas generarán flujos magnéticos en el mismo sentido.

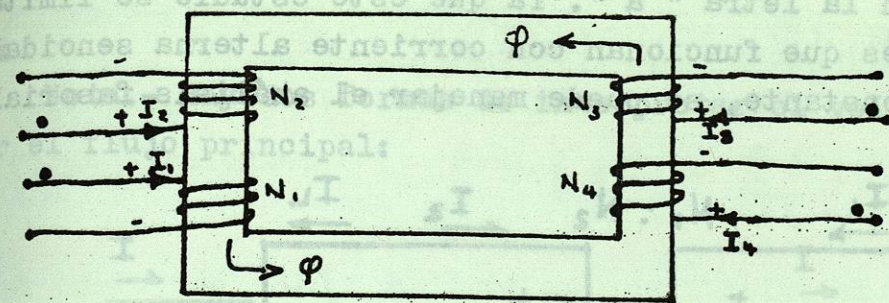


Fig. 12

Posteriormente se discutirá un método para identificar la polaridad de las terminales cuando no se tiene acceso a los devanados, o la inspección visual es difícil. En aquel método, sin embargo, la aplicación de corriente a un devanado será real y no virtual.

#### 5.4 EL TRANSFORMADOR REAL

En esta sección se retirarán una a una las hipótesis introducidas en el estudio precedente del transformador ideal con núcleo de hierro. Se llegará paulatinamente al desarrollo del circuito equivalente del transformador real.

##### 5.4.1 EL CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR IDEAL

Se iniciará el proceso a partir del circuito equivalente del transformador ideal:

