

# Carga sobre los transformadores de medida y protección

Andrés Granero



Los transformadores a los que se conectan los relés de protección reproducen en el secundario la magnitud primaria con precisión suficiente pero dentro de ciertos límites. En el caso de los transformadores de tensión, la magnitud primaria solamente es previsible que exceda del valor nominal en un pequeño porcentaje de tal manera, que bastará conocer que la potencia en VA del relé esté por debajo de la potencia nominal del transformador.

En el caso de los transformadores de intensidad el asunto se complica un tanto. Sin entrar en detalles diremos que los transformadores de intensidad pueden tener secundarios de medida y de protección de manera, que los secundarios de medida tienen pequeño error en el rango de la corriente nominal, pero a niveles de corriente elevada, como en el caso de un cortocircuito, los errores de relación los hace generalmente inservibles para fines de protección. En cambio, los secundarios de protección están diseñados para que aún a niveles de corriente de falta, sigan reproduciendo con bastante fiabilidad la magnitud primaria.

Podemos generalizar afirmando, que los relés de protección han de conectarse siempre a secundarios de protección.

En todos los casos de aplicación se impone además cuestionar la respuesta del transformador de intensidad al nivel de corriente máxima de cortocircuito prevista para determinar la respuesta del relé. Veremos a continuación de forma breve lo esencial de este asunto.

Dos métodos son posibles:

- a) Aplicando fórmulas.
- b) Por las curvas de excitación secundaria.

En el primer método, la fórmula fundamental de los transformadores es la siguiente:

$$V_s = 4,44 \cdot f \cdot S_n \cdot N_e \cdot \beta_{m\acute{a}x}.$$

Que nos dice que la máxima tensión que puede dar el transformador en el secundario es función de la frecuencia, de la sección del núcleo, del número de espiras y de la inducción máxima que admite el núcleo de hierro sin saturación. Conocida esta tensión, bastará determinar la corriente secundaria máxima que puede dar el transformador.

$$I_s = \frac{V_s}{Z_s + Z_L + Z_R}$$

Que será una función inversa de la impedancia del arrollamiento secundario ( $Z_s$ ) más la de los cables de conexión ( $Z_L$ ) y la propia del relé ( $Z_R$ ). bastará ahora comparar la corriente de falta en secundario, (teórica por relación) con la calculada, para apreciar si hay o no error de consideración. Este método, rara vez puede aplicarlo el usuario, al no disponer de los datos constructivos del transformador de intensidad.

Más adecuado para los usuarios, es el segundo método, que consiste en determinar la corriente que circula por el secundario en función de la tensión aplicada en sus Bornas estando el primario a circuito abierto. La figura 1 ilustra el método.

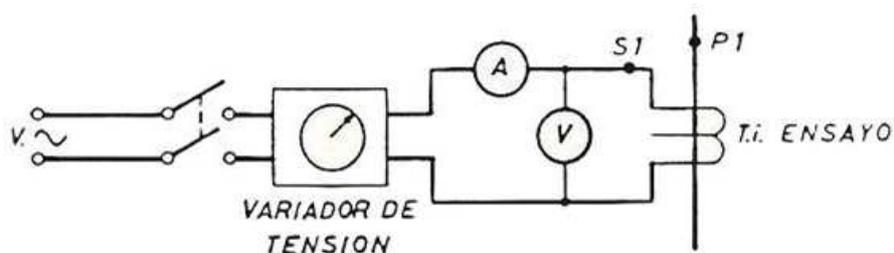


Figura 1: circuito para establecer la característica de excitación de un transformador de intensidad

Con los pares de valores tensión-corriente confeccionaremos un gráfico en papel doble logarítmico como el de la figura 2.

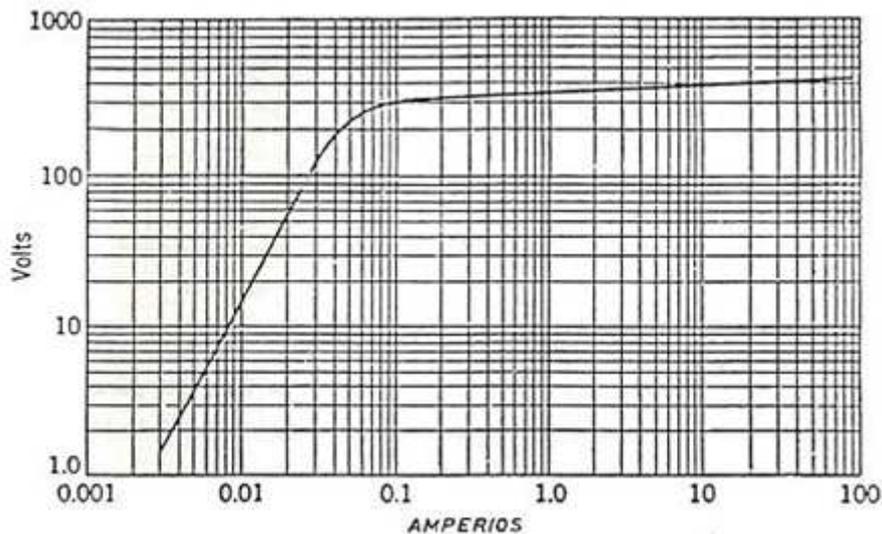


Figura 2: Característica de excitación secundaria de un transformador de intensidad

A partir de los datos de la curva es ahora factible calcular el error de relación del transformador para una determinada condición. La mecánica de cálculo sería la siguiente:

- Determinar la tensión necesaria para que por el relé circule la corriente teórica estimada

$$V_S = I \cdot (Z_S + Z_L + Z_R)$$

- Del gráfico obtenemos la corriente de excitación ( $I_{ex}$ ) correspondiente a esta tensión
- Calculamos el error de relación

$$\varepsilon\% = \frac{I_{ex}}{I_{sn}} \cdot 100$$

En la cual:  $\varepsilon$  = error de relación en %

$I_{ex}$  = intensidad de excitación para una tensión dada.

$I_{sn}$  = intensidad en el secundario del T.I. teórica.

Las curvas de magnetización nos sirven también para saber la tensión máxima en el secundario de los transformadores. Gracias a esto podemos identificar si la carga Z conectada al secundario de un T.I. es la correcta. Veamos el ejemplo siguiente:

- Relación de transformación nominal 100/5
- Características de clase y precisión 5P20
- Potencia nominal 30 VA
- Carga Z en el secundario 1.2  $\Omega$  (de los relés y los T.I.)

e) Curva de magnetización de la Figura 2.

De acuerdo con el factor límite de precisión  $Flp$  de valor 20 para una carga  $Z$  de  $1.2 \Omega$  precisamos una tensión en el secundario de 120 V. (comprobar en la curva de la figura 2).

$$V = Flp \cdot Isn \cdot Z_2 = 20 \cdot 5 \cdot 1.2 = 120V$$

Esto supone que con una intensidad en el primario de 2.000 A. Debe responder el transformador con una tensión de 120 V, en el secundario.

Si la carga en el secundario  $Z_2$  fuese de  $10 \Omega$  precisaremos una tensión máxima de 1.000 V:

$$V = Flp \cdot Isn \cdot Z_2 = 20 \cdot 5 \cdot 10 = 1000V$$

Como por diseño el transformador previsto no es capaz de dar más de 120 V sin saturarse (ver curva), sacamos la conclusión que la elección del T.I. para la nueva carga no es correcta.

Los límites de los errores para la potencia de precisión y la frecuencia nominal no deben exceder de los valores indicados en la siguiente tabla:

Clase de precisión	Error de intensidad a la corriente nominal %	Error de fase a la corriente nominal		Error compuesto a corriente límite de precisión
		Minutos	Centirradiantes	
5P	$\pm 1$	$\pm 60$	$\pm 1,8$	5
10P	$\pm 3$	-----	-----	10

Para la prueba utilizaremos un variador de tensión, un voltímetro y un amperímetro con escalas múltiples, los dos últimos aparatos pueden sustituirse por dos tester. El procedimiento de la prueba es el siguiente:

- ✓ El transformador objeto de la prueba debe estar aislado de las cargas conectadas en los secundarios, debe estar en vacío.
- ✓ Conectar los aparatos de prueba como se indica en la figura 3.

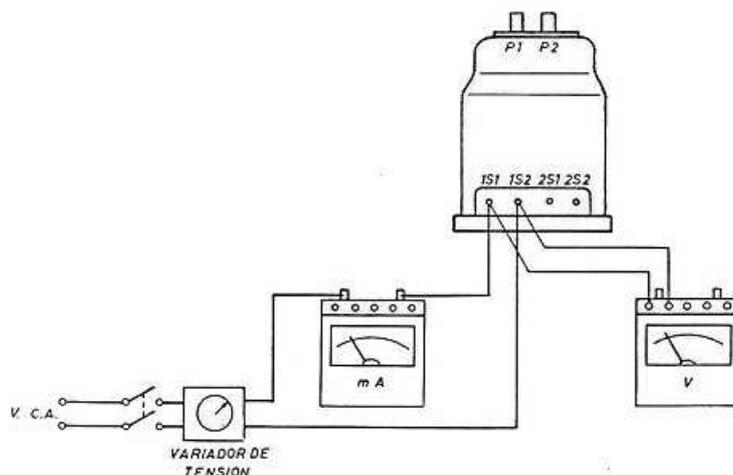


Figura 3: Esquema de conexiones para la prueba de saturación

- ✓ Comprobar que el variador de tensión se encuentra desconectado y en la posición cero (0).
- ✓ Comprobar partiendo con el variador de tensión en la posición cero, la intensidad mínima de excitación. Esta se obtiene para una tensión mínima de respuesta, medida en el voltímetro V.
- ✓ Conocida la intensidad mínima de excitación, registrar en la gama de procedimientos este valor y el de la tensión, proseguir con valores superiores y escalonados hasta que observemos que la tensión no varía de valor (el núcleo se ha saturado), aunque se incremente la intensidad de excitación.
- ✓ Para evitar perjudicar el T.I. ensayado, no prolongar esta prueba con el núcleo saturado.