

## AUTOTRANSFORMADORES

Pedro Alcibiades Jara Maldonado

e-mail: [pedrojaram1405@hotmail.com](mailto:pedrojaram1405@hotmail.com)

Pablo David Auquilla Tenezaca

e-mail: [pablo9966@hotmail.com](mailto:pablo9966@hotmail.com)

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

Ingeniería Electrónica

**Abstract:** *In this essay we will learn the working principle and characteristics of an autotransformer, discover their advantages, disadvantages and applications. In order to draw conclusions and compare with the normal transformer.*

**PALABRAS CLAVE:** Devanado, bobina, espiras, núcleo.

### I. INTRODUCCIÓN

En el siguiente ensayo esta encaminado a estudiar el autotransformador, conocer su funcionamiento, además de saber cuáles son sus ventajas y desventajas para proceder a realizar diseños a un buen número de aplicaciones. Apreciaremos algunos ejemplos de uso de estos autotransformadores tanto en la industria, en los sistemas ferroviarios, electrodomésticos, etc.

### II. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN

El autotransformador puede ser considerado simultáneamente como un caso particular del transformador o del bobinado con núcleo de hierro. Tiene un solo bobinado arrollado sobre el núcleo, pero dispone de cuatro bornes, dos para cada circuito, y por ello presenta puntos en común con el transformador. En realidad, lo que conviene es estudiarlo independientemente, pues así se simplifica notablemente el proceso teórico.

En la práctica se emplean los autotransformadores en algunos casos en los que presenta ventajas económicas, sea por su menor costo o su mayor eficiencia. Pero esos casos están limitados a ciertos valores de la relación de transformación, como se verá en seguida. No obstante. Es tan común que se presente el uso de relaciones de transformación próximas a la unidad, que corresponde dar a los

autotransformadores la importancia que tienen, por haberla adquirido en la práctica de su gran difusión.

Para estudiar su funcionamiento, primero consideraremos el principio en que se basan, desde el punto de vista electromagnético, para obtener las relaciones entre las tensiones y las corrientes de sus secciones, ya que no se puede hablar de varios bobinados. Luego veremos el diagrama vectorial, muy parecido al de transformadores, pero con diferencias que lo distinguen netamente.

La figura 1 siguiente nos muestra un esquema del autotransformador. Consta de un bobinado de extremos A y D, al cual se le ha hecho una derivación en el punto intermedio B. Por ahora llamaremos primario a la sección completa A D y secundario a la porción B D, pero en la práctica puede ser a la inversa, cuando se desea elevar la tensión primaria.

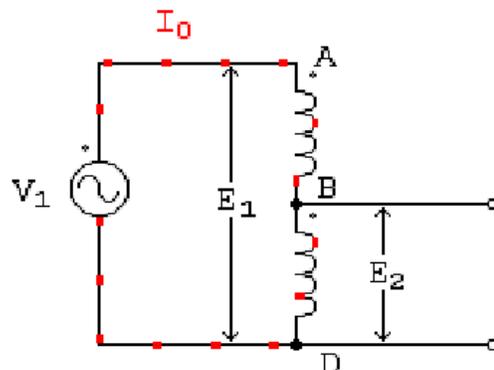


Figura 1: Esquema del autotransformador

La tensión de la red primaria, a la cual se conectará el autotransformador, es  $V_1$ , aplicada a los puntos A y D. Como toda bobina con núcleo de hierro, en cuanto se aplica esa tensión circula una corriente. Sabemos también, que esa corriente de vacío está formada por dos componentes; una parte es la corriente magnetizante, que está atrasada  $90^\circ$  respecto de la tensión, y otra parte que está en fase, y es la que cubre las pérdidas en el hierro, cuyo monto se encuentra multiplicando esa parte de la corriente de vacío, por la tensión aplicada.

## Circuitos de equivalencia

Como en los transformadores que hemos estudiado anteriormente, los autotransformadores poseen un circuito equivalente si se desprecia la no linealidad de las características de excitación, el autotransformador puede representarse por uno de los circuitos de la figura 2.

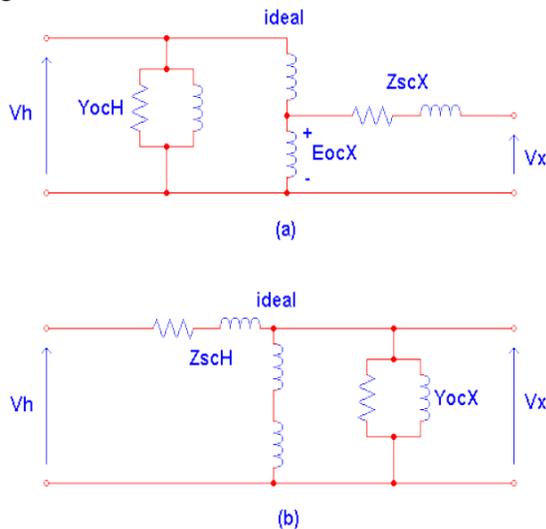


Figura 2: Circuitos equivalentes exactos de un autotransformador

Según el teorema de Thévenin, el autotransformador visto desde sus terminales de baja tensión equivale a una fuerza electromotriz igual a la tensión en circuito abierto  $E_{ocx}$  medida entre los terminales de baja tensión, en serie con la impedancia  $Z_{scx}$  medida entre los terminales de baja tensión con los terminales de alta en cortocircuito, como en la parte derecha del transformador ideal de la figura 2 (a).

Si la razón de transformación del transformador ideal es  $V_H / E_{ocH}$ , la tensión en sus terminales de alta es igual a la alta tensión  $V_H$  del autotransformador real. Esta razón de tensiones en circuito abierto es muy aproximadamente igual a  $(N_1 + N_2) / N_2$  donde  $N_1$  y  $N_2$  son los números de espiras de los devanados serie y común, respectivamente.

Puede demostrarse que si se conecta entre los terminales de alta del autotransformador ideal la admitancia en circuito abierto  $Y_{ocH}$  medida desde el lado de alta tensión del transformador real, el circuito de la figura 2 (a) es un circuito equivalente exacto del autotransformador tanto para el lado de alta tensión como para el de baja.

Evidentemente, si se realizan las medidas en circuito abierto en el lado de baja tensión y las medidas en cortocircuito desde el lado de alta tensión, también el circuito de la figura 2 (b) será un circuito equivalente exacto del autotransformador.

Cuando se desprecia la corriente de excitación, los circuitos equivalentes exactos de la figura 2 se reducen a los circuitos equivalentes aproximados de la figura 3.

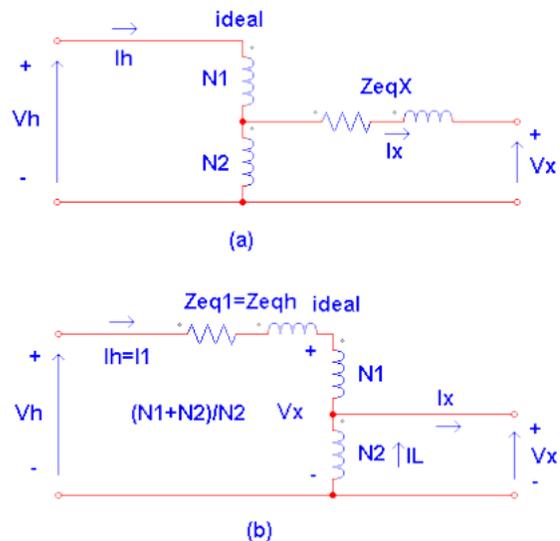


Figura 3: Circuitos equivalentes aproximados de un autotransformador

Lo anterior es una teoría parecida de los transformadores, pero que es muy útil para la

determinación del comportamiento externo de los autotransformadores como elementos de circuito.

## Pérdidas y rendimiento

El rendimiento de un autotransformador es más elevado en comparación con los transformadores convencionales.

Sin entrar en más detalles esta dispuesto este ejemplo para su entendimiento. Si el rendimiento del transformador de 100 KVA a plena carga con factor de potencia unidad es 0.9825 cuando se conecta como transformador de dos circuitos, sus pérdidas son:  $0.0175 \times 100 / 0.9825 = 1.78 \text{ KW}$ . Cuando se conecta como autotransformador, sus pérdidas a plena carga siguen siendo 1.78 KW., pero estas pérdidas son ahora solamente  $1.78 / 601.78 = 0.00296$  de la potencia de entrada. En consecuencia, su rendimiento a plena carga con factor de potencia unidad como autotransformador es 0.99704, que es un rendimiento muy parecido al ideal.

En general el cociente entre en tanto por ciento o por uno de pérdidas de un transformador dado conectado como autotransformador y sus pérdidas como transformador ordinario de dos circuitos es el recíproco del cociente entre las potencias nominales para estas conexiones. Así, pues, por la ecuación: Valor nominal como autotransformador / Valor nominal como transformador de dos circuitos =  $E H / (E H - E X)$   
Pérdidas a plena carga en % del valor nominal del autotransformador / Pérdidas a plena carga en % del valor nominal del transformador de dos circuitos =  $(E H - E X) / E H$ .

## Corriente de excitación

La corriente de excitación tiene menos importancia cuando el transformador funciona como autotransformador que cuando lo hace como transformador de dos circuitos. Si las tensiones de los devanados tienen sus valores nominales a carga nula, el flujo en el núcleo tiene su valor nominal y los ampere – espira totales en vacío son los mismos tanto si el transformador está conectado como autotransformador como si

lo está como transformador ordinario de dos circuitos. La corriente de excitación varía inversamente con el número de espiras por las que circula la corriente de excitación. Como las tensiones nominales son proporcionales a los números de espiras, los volt – ampere de excitación a la tensión normal son los mismos tanto si el transformador está conectado como autotransformador como si lo está como transformador ordinario de dos circuitos.

## Funcionamiento con carga

Si se conecta una impedancia Z entre los puntos B y D, tal como lo muestra la figura 4, sin entrar en consideraciones sobre el carácter de Z, por ahora, se producirá una variación en las condiciones de funcionamiento. Z puede tener carácter óhmico, inductivo o capacitivo. Al conectarla entre dos puntos que acusan una diferencia de potencial, circulará una corriente, que llamamos I<sub>2</sub>, con subíndice correspondiente a secundario, pues así lo hemos especificado al principio.

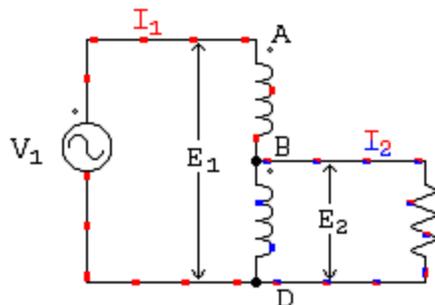


Figura 4: Autotransformador reductor

Para determinar el sentido instantáneo de esta corriente secundaria hagamos la siguiente observación: en un dado instante, la f.e.m. inducida es tal que el punto A tiene mayor potencial que el D. Luego los vectores de las f.e.m. E1 y E2 podemos imaginarlos dibujados con la flecha hacia arriba. La tensión primaria debe vencer a la f.e.m. primaria, luego en ese instante la corriente primaria circula con sentido contrario al que correspondería a la f.e.m. primaria, es decir, de A hacia D. En el secundario, en cambio, la tensión en los bornes y la f.e.m. tienen el mismo sentido, luego la corriente circula hacia arriba, es decir, de D hacia B.

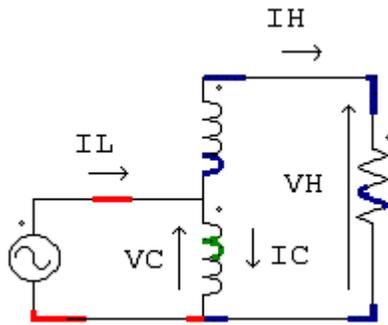


Figura 5: Autotransformador elevador

### III. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

En este punto se puede discutir algunas ventajas y desventajas, basándonos en el principio de operación y funcionamiento.

#### Ventajas

Se han diseñado estos autotransformadores para usos diversos por tener las siguientes ventajas:

- Bajo precio económico frente a un transformador normal con idénticas especificaciones técnicas, como no tiene devanado secundario entonces se usa menos material, por tanto baja su precio.
- Utiliza menos corriente para generar el flujo magnético, a comparación de los transformadores convencionales que requieren de mucha y hasta veces exagerada corriente en el secundario.
- Genera más potencia que un transformador de dos devanados de especificaciones similares.
- Es más eficiente o tiene mejor rendimiento que un transformador normal, con potencias parecidas.
- Posee un menor flujo del campo y menos tamaño del núcleo de hierro, ya que sólo un porcentaje de energía se transmite por inducción, por lo que se pueden obtener transformadores más livianos.
- Su construcción es más sencilla, por llevar un solo bobinado lo que conduce a tener menos cobre.

- Las pérdidas eléctricas son siempre menores que las pérdidas magnéticas, debido a que parte de la energía del autotransformador se transmite eléctricamente.
- Tiene una tensión de cortocircuito pequeña, lo que elimina el inconveniente de que se produzca una corriente de cortocircuito elevada.
- Si en una aplicación sencilla que no requiera de aislamiento eléctrico, entonces el autotransformador es muy práctico por unir dos voltajes muy parecidos.
- Posee menores intensidades de vacío.
- Puede ser reductor o elevador de voltaje como el transformador normal. Con sólo tener en cuenta la toma de espiras para ser inducidas.
- No necesita aislamiento entre los bobinados primario y secundario.
- Ideal para incrementar niveles de voltajes de cantidad muy pequeña, esto debido a las caídas de voltaje que ocurren en los sistemas de potencia alejados de los generadores.
- Se utilizan como transformadores variables donde la toma de baja tensión se mueve hacia arriba y hacia abajo en el devanado. Forma muy conveniente de obtener un voltaje AC variable.
- Puede llevar protecciones en la entrada del primario para así evitar inconvenientes o problemas en el devanado.

#### Desventajas

Entre las desventajas principales podemos mencionar las siguientes:

- Una falla en el aislamiento de los devanados puede producir que la carga quede expuesta a recibir completa tensión de la fuente. Una recomendación para este problema es que tengamos en cuenta el tipo de aplicación que le vamos a dar a este transformador.
- El no tener dos devanados como los transformadores convencionales, es una

limitación física, pues para una relación de tensiones mayores de 3:1 o bien el transformador normal es más compacto y económico o bien también resultaría imposible construir el autotransformador.

- En sistemas de transmisión de energía eléctrica, los autotransformadores tiene la desventaja de no filtrar el contenido armónico de las corrientes y de actuar como otra fuente de corrientes de falla a tierra. Para esta desventaja podemos darle un solución, como la de una conexión en “zig – zag” que se emplea en sistemas trifásicos para abrir un camino de retorno a la corriente de tierra que de otra manera no sería posible lograr un mantenimiento a este tipo de autotransformador.
- Bobinado primario no es independiente del secundario esto puede causar fallas.
- La impedancia efectiva por unidad de un autotransformador es menor en un factor igual al inverso de la ventaja en potencia de la conexión como autotransformador.
- La impedancia interna reducida de un transformador, comparada con la del transformador convencional de dos devanados, puede causar graves problemas en algunas aplicaciones que requieran limitar la corriente que fluye durante fallas del sistema de potencia (cortocircuitos).

#### IV. APLICACIONES

Los autotransformadores se utilizan a menudo en sistemas eléctricos de potencia para interconectar circuitos que funcionan a voltajes diferentes, pero en una relación cercana a 2:1 por ejemplo 500kV/330kV ó 148kV/76kV.

Pero también tienen varias aplicaciones que mencionaremos a continuación:

- En la industria, se utilizan para conectar maquinaria fabricada para tensiones nominales diferentes a la de la fuente de alimentación (por ejemplo, motores de

480 V conectados a una alimentación de 600 V).

- Se utilizan también para conectar aparatos, electrodomésticos y cargas menores en cualquiera de las dos alimentaciones más comunes a nivel mundial (100-130 V a 200-250 V).
- En sistemas de distribución rural, donde las distancias son largas, se pueden utilizar autotransformadores especiales con relaciones alrededor de 1:1, aprovechando la multiplicidad de tomas para variar el voltaje de alimentación y así compensar las apreciables caídas de tensión en los extremos de la línea.
- Se utilizan autotransformadores también como método de arranque suave para motores de inducción tipo jaula de ardilla, los cuales se caracterizan por demandar una alta corriente durante el arranque. Si se alimenta el motor conectándolo a la toma menor de un autotransformador, el voltaje reducido de la alimentación resultará en una menor corriente de arranque y por lo tanto en condiciones más seguras de operación, tanto para el motor como para la instalación eléctrica. Una vez que el motor ha alcanzado suficiente velocidad, se puede ir aumentando el voltaje de alimentación (en tantos pasos como tomas posea el autotransformador) gradualmente, hasta llegar al voltaje de la red (cuando la relación de tomas es 1:1).
- En sistemas ferroviarios de Alta velocidad existen métodos de alimentación duales tales como el conocido como 2x25 kV. En este, los transformadores de las subestaciones alimentan a +25 kV a la catenaria, a -25 kV (en realidad 25 kV desfasados 180°) al feeder o alimentador negativo y con la toma intermedia o neutra puesta al carril. Cada cierto tiempo, 10 km típicamente, se conectan autotransformadores con 50 kV en el primario (entre catenaria y feeder negativo) y 25 kV en el secundario (entre feeder negativo y carril). De esta manera, la carga (trenes) se encuentra alimentada

a 25 kV entre catenaria y carril pero la energía se transporta a 50 kV, reduciendo las pérdidas.

## V. CONCLUSIONES

Los autotransformadores tienen varios usos como hemos podido ver en las aplicaciones y lo que más podemos resaltar de este tipo de transformadores es su notoria diferencia a comparación de los transformaciones convencionales. Antes de adquirirlos o comprarlos debemos estar seguros según lo revisado sobre las ventajas y desventajas del autotransformador, si éstos son la solución a nuestros requerimientos técnicos.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

[1]<http://es.wikipedia.org/wiki/Autotransformador#Aplicaciones>

[2]<http://www.digofat.com/shop/detallenot.asp?notid=10>

[3]<http://electronica.tecnoface.com/component/content/article/31-articulos/30-los-autotransformadores-ventajas-desventajas-y-aplicaciones>