

TRANSPOSICIÓN EN LINEAS DE TRANSMISIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

Desde los tiempos que se descubre la electricidad como una alternativa para mejorar la calidad de vida de los pueblos, se ha generado una gran demanda de energía, dándosele no sólo un uso doméstico, sino que además, gran parte de la generación es utilizada por la industria, lo cual se encuentran lejos de los centros de generación. El sistema de suministro de energía eléctrica está constituido por varias etapas: generación, transmisión, subtransmisión y distribución de energía eléctrica, lo cual a lo largo de cada proceso se está expuesto a diferentes pérdidas de energía. Principal la mayor concentración, es ocasionada por la transmisión de energía eléctrica por medio de conductores (efecto Joule). El transporte de energía eléctrica implica enfrentar diferentes problemas, además de estar sometidos a pérdidas por efecto Joule, están expuestos al desequilibrio electrostático y electromagnético entre las fases, debido disposición asimétrica de los conductores de fases en las estructuras de las líneas de transmisión, lo cual ocasiona enlaces de flujo diferentes por fase, y por lo tanto inductancia diferentes. La inductancia diferente por fase de la línea introduce problemas de desbalance de tensiones y corrientes en el sistema. Este problema puede ser resuelto mediante el intercambio de las posiciones de los conductores de fase en intervalos regulares a lo largo de la línea, de manera que cada conductor ocupe la posición original de los otros dos conductores en un intervalo igual de distancia, a esto llamamos transposición, como se muestra en la siguiente Figura 1.

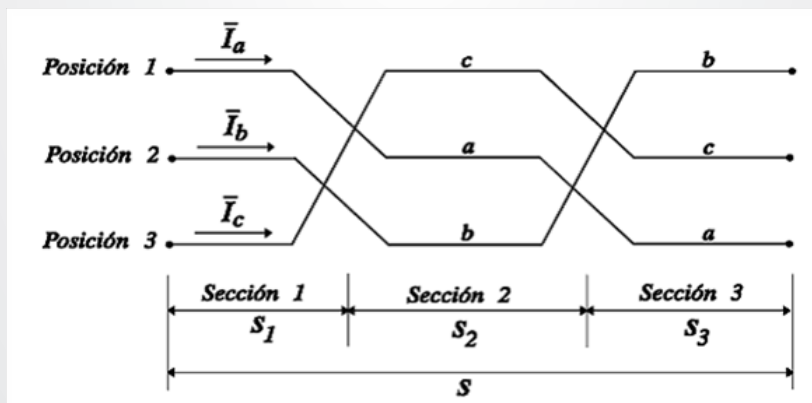


Fig. 1. Esquema de la transposición completa de una línea de transmisión.

2. ANTECEDENTES.

Las transposiciones o el cambio de posición de las fases en las líneas de energía, se ha hecho desde la década de 1920. Transposiciones para circuitos telefónicos se han utilizado desde la década de 1900. La mayoría de las transposiciones de la línea eléctrica se instalaron antes de la década de 1980. Puede haber varias razones por las transposiciones de la correcta instalación que se deben evaluar a fondo en la fase de ingeniería. Transposiciones se instalan cuando las líneas de transmisión se construyen inicialmente. Actualmente la transposición de las líneas aéreas generalmente se realiza a las denominadas torres de transposición.

En una torre de transposición, los conductores cambian sus lugares relativos en la línea. Una estructura de transposición puede ser una estructura estándar con los brazos cruzados especiales o tal vez una estructura sin salida. La transposición es necesario, ya que es la capacitancia entre los conductores, así como entre los conductores y tierra. Esto no es típicamente simétrica a través de fases. Mediante la transposición, la capacitancia global para toda la línea es aproximadamente equilibrada.

3. DESARROLLO.

3.1 Definición.

Una transposición es una rotación física de los conductores que se traduce en cada conductor o fase que se mueve para ocupar la siguiente posición física en una secuencia regular. Después de que ocurre una transposición, cada conductor o fase ocuparán una posición diferente en la estructura que antes de la posición de transporte. Hay una variedad de estructuras utilizadas para llevar a cabo las transposiciones. En la Figuras 2 y Figura 3 se muestran las estructuras típicas utilizadas en líneas de transmisión.

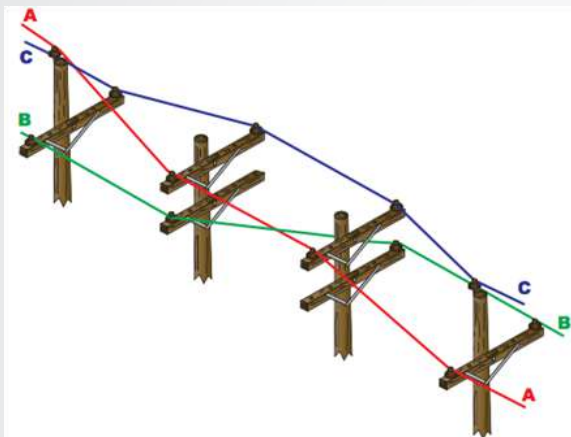


Fig. 2. Transposiciones usando marcos especiales en dos estructuras.



Fig. 3. Torre de transposición.

El resultado de la transposición de fases es balancear el acoplamiento inductivo y la capacitancia mutua entre fases de la línea de transmisión. La transposición reduce la interferencia electrostática y electromagnética en la línea y en los sistemas de comunicación, debido a que las tensiones electrostáticas inducidas se balancean a través de un ciclo completo de transposición, y a la vez se reducen las tensiones electromagnéticas inducidas en los conductores adyacentes. La Figura 1 muestra un ciclo completo de transposición de una línea trifásica, con tres transposiciones, donde la línea es dividida en tres secciones.

3.2 Efecto capacitivo en línea de Transmisión.

Este efecto origina factores que provocan pérdidas de potencia en líneas de alta tensión y por consecuencia el rendimiento de la transmisión de energía en una instalación eléctrica. Los conductores de una línea, aislados entre sí y aislados de tierra, son desde el punto de vista eléctrico, equivalentes a las armaduras de un condensador (capacitor). En una línea de corriente alterna los potenciales varían, y hace que se origine una corriente transversal ($i = dq / dt$). La corriente originada se suma a la corriente de la línea y es perjudicial, porque a medida que se le transfiera más carga al conductor, el potencial se vuelve más alto, y se vuelve más difícil transferirle más carga. La magnitud del efecto capacitivo es significativo en líneas aéreas de gran longitud, que abarquen más de 100 km.

3.3 Transposición de línea de Alta Tensión.

La línea de transmisión de alta tensión es construida a bases de estructuras de modo que debe de minimizar el desequilibrio en la energía transportada. Por diseño, la geometría de las estructuras de transmisión, de hecho, crean desequilibrio porque las distancias entre las fases, y la distancia entre las fases y tierra, no siempre son iguales. Estas diferencias geométricas pueden dar lugar a flujos de potencia desequilibradas en la línea de transmisión. Los conductores de la línea se comportan como capacitores, donde el aire sirve como la sustancia dieléctrica y los conductores de línea y la tierra, o la estructura de conexión a tierra, son los dos conductores, como se muestra en la Figura 4

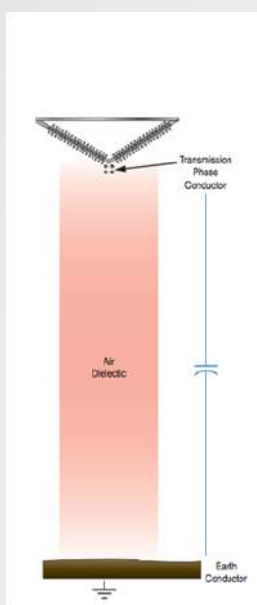


Fig. 4. Efecto capacitor entre conductor y tierra.

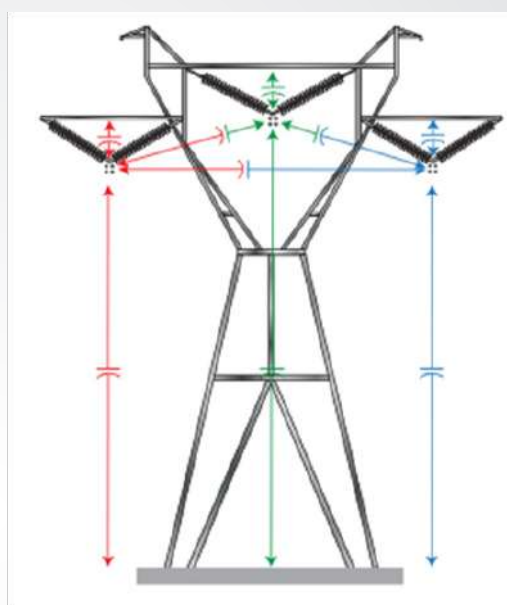


Fig. 5. Estructura geométrica en torre de transmisión.

En la torre de transmisión típica los conductores no siempre están a la misma distancia o a la misma distancia de la Tierra, además los conductores de fase no son siempre de la misma distancia de la estructura de tierra. Hay muchas diferentes configuraciones de la estructura de transmisión, y la geometría relativas a la distancia entre fases y la tierra, o la estructura puesta a tierra, puede variar. La falta de simetría o iguales dimensiones da lugar a la reactancia capacitiva desequilibrada entre fases. Ver Figura 5.

3.4 Línea de Transmisión completamente transpuesta.

Se denomina completamente transpuesta cuando la línea eléctrica pasa a través de una serie de tres transposiciones y las fases terminan en la misma posición que antes de la primera transposición.

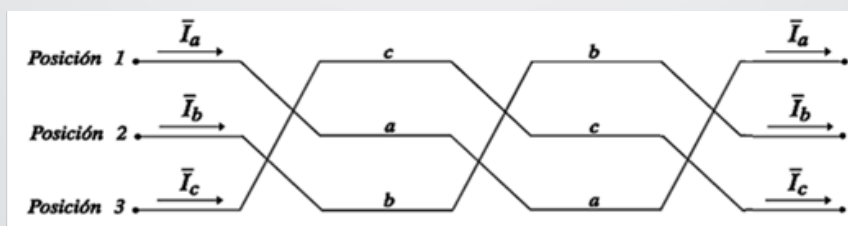


Fig. 6. Línea Transpuesta completamente.

3.5 Líneas de transmisión con transposiciones parciales.

Una transposición parcial es la que resulta de dividir a la línea en solo dos secciones de longitud y haciendo una rotación, tal como lo muestra la Figura 7.

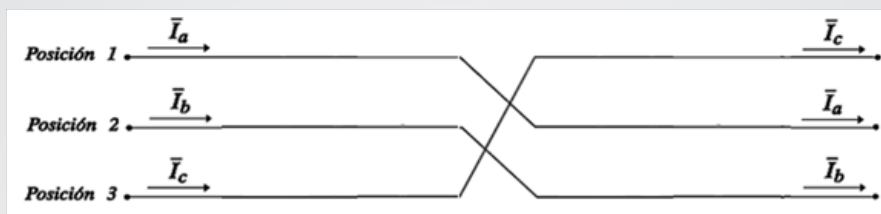


Fig. 7. Línea de transmisión con transposición parcial.

El grado de desbalance de las líneas con transposiciones parciales son menores que en el caso de tener una línea no transpuesta, debido a que una rotación ayuda considerablemente al balanceo de los efectos mutuos.

3.6 Torres de transposición.

Actualmente la transposición de las líneas aéreas se realiza en estructuras especiales denominadas torres de transposición. En una torre de transposición, los conductores cambian sus lugares relativos en la línea. La ubicación exacta de la transposición se determina mediante una evaluación técnica de la línea y las líneas adyacentes. La longitud de la línea, la geometría de la torre, línea de carga, impedancia, niveles de tensión, así como otros factores pueden ser incluidos en el estudio la ingeniería. Como regla general, las transposiciones se instalan en ubicaciones que dividen la longitud total de la línea en tres secciones iguales.

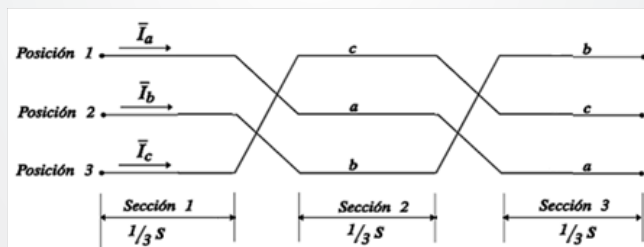


Fig. 8. Línea de transmisión con transposición parcial.

A continuación se muestra una torre de transposición en una Línea de transmisión de 500kV. Es una torre de retención autosoportada, donde se realiza la transposición, utilizando para ello dos cadenas acopladas con un accesorio en el acople que permite colgar una cadena de suspensión denominada de paso ó un accesorio para sujetar los cables de la fase.





Fig. 9. Torre de transposición en Línea de 500kV.

De acuerdo al sentido de la línea desde donde se inicia la transposición hacia donde sale con cadenas de retención comunes, se define que la fase de la izquierda se traspone al centro, la del centro a la derecha y la de la derecha a la izquierda.

4. CONCLUSIÓN.

- Se puede comprobar que el efecto de la transposición permite reducir el desbalance de la línea, la cual se encuentra más predominantes en las líneas de transmisión y mucho menos en las líneas de distribución esto debido a sus niveles de tensión y de larga duración.
- La transposición permite reducir el desequilibrio electrostático y electromagnético entre las fases que contribuyen al desequilibrio de tensión, además ayuda reducir las pérdidas del sistema y dependiendo de su localización, pueden reducir el acoplamiento inductivo de las corrientes de línea de potencia en las líneas de comunicaciones adyacentes.
- Sin duda, la transposición resulta beneficiosa para simetrizar los parámetros eléctricos de la línea (capacitancia e inductancia), a los efectos de las protecciones.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Bruno, L. G. (s.f.). <http://ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com/2010/04/transposicion-en-linea-de-500-kv.html>. Obtenido de Ingeniería eléctrica explicada.
- Hennesey, M. (s.f.). <http://www.sectorelectricidad.com/15058/explicando-la-transposicion-de-lineas-de-transmision/>. Obtenido de Explicación de transposición de líneas de transmisión.
- Ligarte, M. A. (s.f.). http://cybertesis.uni.pe/bitstream/uni/10711/1/malasquez_um.pdf.

Autor: Ing. Víctor Gonzales Zamora, Analista de Ingeniería

Edición: Lic. Francie Salazar Mandamiento, Responsable de Marketing e Imagen Corporativa