

trica, y particularmente a conectar entre sí líneas de transmisión, conviene muchas veces poder ajustar la posición de fase de la tensión entre los sistemas unidos, sin variar la relación de transformación en los transformadores. En sistemas de cambio de derivación para variar la tensión, suele producirse un ligero desplazamiento de fase al cambiar la derivación, pero en general este desplazamiento es tan pequeño que no llega a advertirse. Sin embargo, si un transformador se provee de un sistema de cambio de derivación para regular la fase, esto es, el ángulo de fase entre las tensiones de dos sistemas conectados entre sí, es difícil desviar la fase de un sistema con relación a la del otro sin variar ~~la fase de un sistema con relación a la del otro sin variar~~ substancialmente la relación entre las tensiones de ambos sistemas.



El objeto primordial del invento es vencer esta dificultad de un modo fácil y sencillo.

El invento consiste en dotar cada uno de los arrollamientos del transformador de dos, aparatos de cambio de derivación, disponiendo arrollamientos polifásicos en delta entre puntos intermedios de los arrollamientos variables del transformador; aquéllos se asocian inductivamente a los arrollamientos variables respectivos, de modo que un grupo de aparatos de cambio de derivación varíe los puntos de interconexión de los arrollamientos en delta con los arrollamientos variables, y el otro grupo varíe el número efectivo de vueltas en dichos arrollamientos variables.

Para que el invento pueda comprenderse claramente, se describe a continuación, con ayuda de los dibujos adjuntos, una forma de ejecución preferida del mismo, indicando:

La figura 1, un esquema de una hilera de transformadores conectados a líneas de fuerza conforme al invento.

La figura 2, un esquema que expone la relación de los diversos arrollamientos del sistema de transformadores conforme a la dirección de la tensión en los arrollamientos, en posición normal.

La figura 3, un diagrama de vectores con la dirección y magnitud de las tensiones en los arrollamientos del sistema de transformadores conectados conforme muestra la figura 2.

La figura 4, un diagrama de la relación de los arrollamientos de transformadores en el sistema de la figura 2, cuando el ajuste se hace según el invento.

La figura 5, un diagrama de vectores con la dirección en magnitud de tensiones en el sistema de la figura 4.

La figura 6, un diagrama con la relación de arrollamientos en el sistema de transformadores de las figuras 1, 2 y 4, cuando se ha hecho un segundo ajuste conforme al invento; y

La figura 7, un diagrama de vectores con la dirección y magnitud de tensiones en el sistema de transformadores de la figura 6.

En la figura 1, se expone una hilera de transformadores 10 que conecta entre sí dos líneas



de fuerza, y se desea poder ajustar la diferencia de tensión entre las líneas 11 y 12, así como el desplazamiento de fase entre estas tensiones.

La hilera de transformadores 10 comprende tres autotransformadores 13, 14, 15, cada uno de los cuales conecta fases correspondientes de las líneas de fuerza 11 y 12. Cada autotransformador 13, 14, 15 lleva dos aparatos de cambio de derivación, uno de los cuales varía la posición de conexión de los conductores 16, 17, 18 a los arrollamientos 13, 14, 15, respectivamente, mientras el otro varía el punto de conexión de los conductores 22, 23, 24 de la línea de fuerza 12 a los autotransformadores 13, 14, 15, respectivamente. Varios arrollamientos de autotransformadores 19, 20, 21, se conectan en delta y tienen sus bornes unidos por los conductores 16, 17, 18 a un punto intermedio de los arrollamientos 13, 14, 15, que puede variarse como queda expuesto. Las conexiones de los arrollamientos pueden comprenderse bien examinando las figuras 2, 4 y 6, y puede verse que las tensiones en los arrollamientos 19, 20, 21 son proporcionales a las que cruzan las fases de las líneas de fuerza, y que los arrollamientos 19, 20, 21 constituyen una conexión en delta entre puntos intermedios de los arrollamientos 13, 14, 15.



Al maniobrar un mecanismo de cambio de derivación para variar el punto de conexión de los conductores 22, 23, 24 a los arrollamientos de autotransformador 13, 14, 15, respectivamente, resulta claro que puede variarse el número de vueltas efectivas entre los conductores 22 y 25 en el arrollamiento 13,

entre los conductores 23 y 26 en el arrollamiento 14, y entre los conductores 24 y 27 en el arrollamiento 15, pudiendo variarse así las posiciones de fase de las tensiones de las líneas de fuerza 11 y 12 a voluntad. Los conductores 22, 23, 24 pueden conectarse a los arrollamientos 13, 14, 15, respectivamente, en cualquier número de puntos, para disponer de un amplio campo de desplazamiento de fase. Las tensiones reinantes en los diversos arrollamientos, con la conexión expuesta en la figura 2, se representan en la figura 3, y se aprecia bien que al funcionar un cambio de derivación para variar el punto de conexión entre los conductores 22, 23, 24 con los arrollamientos 13, 14, 15, los vectores 22-25, 23-26 y 24-27 cambiarán de longitud, pero no de dirección; y suponiendo que las conexiones expuestas en el diagrama representen el máximo de fuerzas efectivas, las tensiones 22-25, 23-26 y 24-27 se exponen con su valor máximo en la figura 3, y alterando el punto de conexión de los conductores 22, 23 y 24 disminuirá la longitud de los vectores 22-25, 23-26 y 24-27.



La tensión entre las fases de la línea de fuerza 11 se representa por los vectores 25-26, 26-27 y 27-25, y la tensión entre fases de la línea de fuerza 12 se representan por los vectores 22-23, 23-24 y 24-23. Es evidente que si la longitud de los vectores 22-25, 23-26 y 24-27 se reduce, disminuirá también el ángulo entre los vectores 25-27 y 24-22, así como los correspondientes a las otras fases, y la variación de este ángulo representa un desplazamiento de fase incidente a un

cambio en la magnitud de los componentes de tensión que representan los vectores 22-25, 23-26 y 24-27. Aunque tal cambio de conexiones influye también sobre la magnitud de las tensiones representadas por los vectores 24-22, 25-27 y las tensiones correspondientes en otras fases, las magnitudes de todas estas tensiones se varían en la misma proporción, de modo que la relación de transformación permanece prácticamente normal.

Las posiciones de los arrollamientos 19, 20, 21 conectados en delta puede variarse con relación a los arrollamientos 13, 14, 15 para cambiar la relación de transformación. Resulta claro que cuando se altera la posición de los arrollamientos conectados en delta, con respecto a los arrollamientos 13, 14, 15, como muestra la figura 4, existe igual número de vueltas entre fases, pero no reciben corriente de una fase mas vueltas que las que la reciben de la otra fase, y de este modo, la tensión resultante en cada uno de los arrollamientos 19, 20, 21 del delta altera su posición y magnitud de acuerdo respectivamente con el punto de conexión a los arrollamientos 13, 14, 15. Sin embargo no hay desplazamiento relativo de fase entre las tensiones de las líneas de fuerza 11, 12 en este caso, puesto que la posición de fase de la tensión en cada línea se desvía en igual proporción por tal cambio en las conexiones.

Puede señalarse que el aparato de cambio de derivación empleado con un sistema de esta clase debe servir para variar el punto de conexión de los conductores 16, 17, 18 a la vez, y en cantidad correspondiente en la misma dirección; lo mismo



sucede con el cambio de derivación empleado para variar el punto de conexión entre los conductores 22, 23, 24 con los arrollamientos 13, 14, 15.

La conexión de arrollamientos expuesta en la figura 4 es la misma indicada en la figura 2, salvo que la posición del delta ha variado con relación a los arrollamientos 13, 14, 15. En otras palabras, la figura 4 muestra un sistema de transformadores después de un ajuste que influye sobre la relación de transformación de tensión en el sistema, y no influye apreciablemente sobre el desplazamiento de fase entre las tensiones terminales de las líneas de fuerza 11 y 12. En consecuencia, por las figuras 3 y 5 se apreciará que el vector $27-25$ es más largo que el vector $27'-25'$, pero el vector $24-22$ es más corto que el vector $24'-22'$, de manera que la relación entre las tensiones de las líneas 11-12 ha variado al cambiar las conexiones. Es evidente que el ángulo formado por la intersección del vector $24-22$ con el vector $27-25$ es prácticamente igual al ángulo formado por la intersección de los vectores $24'-22'$ y $27'-25'$, de modo que no resulta desplazamiento alguno de fase entre las tensiones. Por consiguiente, es posible variar la relación de transformación de fase en el sistema desviando la relación de los arrollamientos conectados en delta 19, 20, 21 respecto a los arrollamientos 13, 14, 15, sin perturbación substancial del desplazamiento de fase entre las tensiones de los sistemas 11 y 12.

En la figura 6 se ven los arrollamientos después de maniobrar un cambio de deriva-



ción para variar el punto de conexión entre los conductores 22, 23, y 24 y los arrollamientos 13, 14, 15, respectivamente, reduciendo el número de vueltas efectivas en los arrollamientos de autotransformador entre la línea 11 y la 12, para variar el desplazamiento de fase entre las tensiones de fase de dichas líneas de fuerza. Con la conexión expuesta en la figura 6, debe haberse maniobrado el otro conmutador de derivación para poner los conductores 16, 17, 18 en el punto medio de los arrollamientos efectivos de los autotransformadores 13, 14, 15. Pero esta conexión se ha expuesto para explicar con mayor claridad que el desplazamiento de fase entre las líneas 11 y 12 puede variarse sin alterar substancialmente la relación de transformación de fase en el sistema.



Por la figura 7 se ve que los vectores de tensión $24''-27''$, $23''-26''$ y $22''-25''$ son más cortos que los vectores $24-27$, $23-26$ y $22-25$, respectivamente, pero que todos los vectores de la figura 7 son proporcionalmente más cortos que los vectores de la figura 3, de suerte que la relación de transformación queda igual, puesto que los conductores 16, 17, 18 están conectados a los puntos medios de los arrollamientos 19, 20, 21. También se observará que el ángulo formado por la intersección de los vectores $24''-22''$ y $27''-25''$ es mucho menor que el ángulo formado por los vectores $24-22$ y $27-25$, respectivamente, de modo que variando las conexiones de los conductores 22, 23, 24 con los arrollamientos 13, 14, 15, el desplazamiento de fase entre las tensiones de las líneas 11 y 12 puede variarse sin per-

turbar la relación de transformación de tensión en el sistema de transformadores.

Para comprender mejor el funcionamiento del sistema de cambio de derivación, puede considerarse los conductores 16, 22, 25 conectados juntos, y de modo análogo los conductores 17, 23, 26, como los 18, 24, 27. En este caso, los arrollamientos 13, 14, 15 quedarán salvados, conectándose los arrollamientos 19, 20, 21 a través de la línea como impedancias puras. En consecuencia, no habrá desplazamiento de fase, y la relación entre la tensión de la línea 11 y la de la línea 12 será de unidad a unidad. Si los conductores 22, 23, 24 se mueven a la derecha, conectando partes de los arrollamientos 13, 14, 15 en el circuito, sobrevendrá un desplazamiento de fase, y si los conductores 16, 17, 18 se mueven también de modo que queden conectados continuamente a un punto de los arrollamientos 13, 14, 15, respectivamente, a mitad de camino entre los conductores 22, 23, 24 y los conductores 25, 26, 27, respectivamente, la relación de tensiones de las líneas 11 y 12 seguirá siendo 1:1. Pero si los conductores 16, 17, 18 no se conectan al punto medio de la parte efectiva de los arrollamientos 13, 14, 15, respectivamente, ocurrirá un cambio en la relación de tensiones, cuya magnitud y dirección dependerá de la dirección y cantidad de apartamiento de la conexión de los conductores 16, 17, 18.

Manipulando debidamente los dos conmutadores de derivación para establecer las conexiones descritas y expuestas en las figuras 4 y 6, puede conseguirse cualquiera variación de tensión o des-



plazamiento de fase dentro de los límites de funcionamiento del aparato, mientras las otras permanecen constantes. Aun cuando es evidente que se produce una ligera variación de tensión entre las conexiones de la figura 2 y las de la figura 4, también es claro que hay un ligero cambio de desplazamiento de fase entre las conexiones de la figura 2 y las expuestas en la figura 6; pero estas diferencias están desde luego dentro de los límites de funcionamiento normal de tales sistemas. No obstante, efectuando dos operaciones a la vez, las discrepancias de una de las conexiones se compensarán con las de la otra, y maniobrando adecuadamente las dos conexiones variables, puede muy bien obtenerse cualquiera relación conveniente de transformación o desplazamiento de fase sin afectar las otras.



Esta solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el 11 de agosto de 1928, se acoge a los beneficios del artículo 16 de la Ley de Propiedad Industrial.

- o - N O T A - o -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de VEINTE años, son los siguientes:

1º. - Un sistema de transformadores polifásicos con líneas de fuerza y arrollamientos primarios y secundarios, provisto de equipo conmutador

1 de derivación, que funciona entre conductores correspondientes de ambas líneas, caracterizado por tener cada arrollamiento (13, 14, 15) dos aparatos de cambio de derivación, y por asociarse con ellos inductivamente los arrollamientos polifásicos (19, 20, 21), en delta y en puntos intermedios de los arrollamientos variables de transformador, disponiéndose un juego de conmutadores de derivación de modo que varíe los puntos (16, 17, 18) de interconexión de los arrollamientos en delta con los arrollamientos variables, mientras el otro juego de conmutadores de derivación varía el número efectivo de vueltas de dichos arrollamientos variables.



2º. - Mejoras en los sistemas de cambio de derivación eléctricos.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompaña, y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de once hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 7 de agosto de 1929.

P. A.
Alberto de Elzaburu
Por Poder

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Alberto de Elzaburu'. The signature is written in a cursive style and is underlined with a single horizontal stroke.

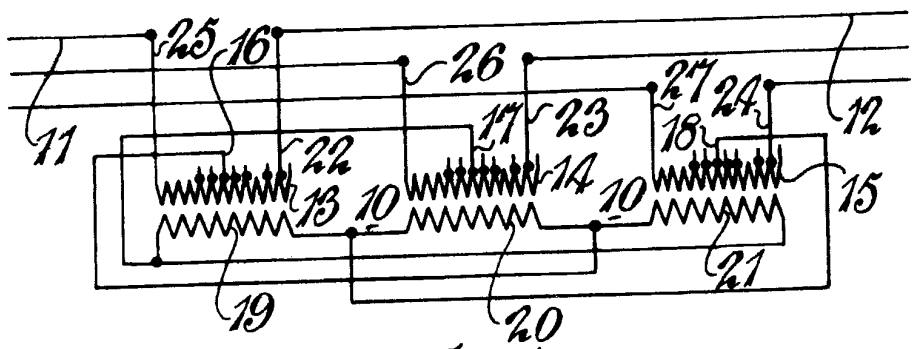


Fig. 1.

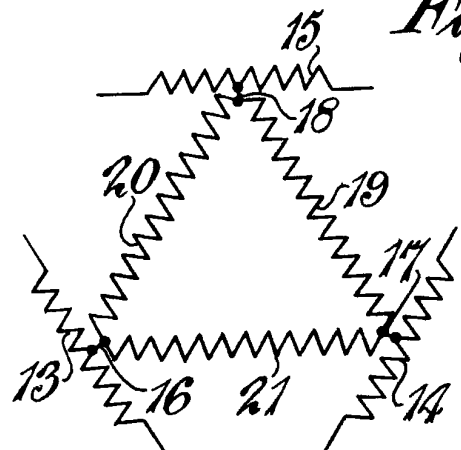


Fig. 2.

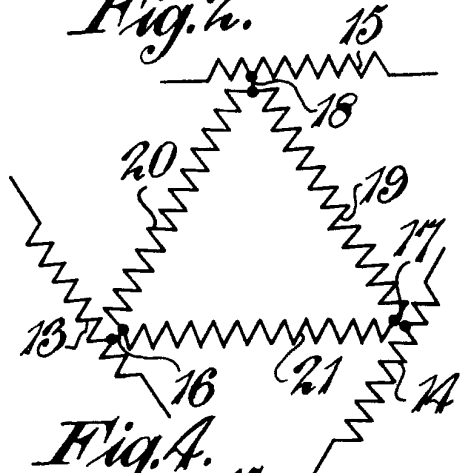


Fig. 4.

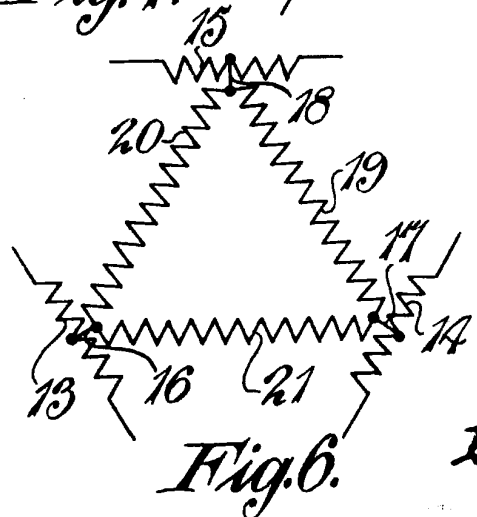


Fig. 6.

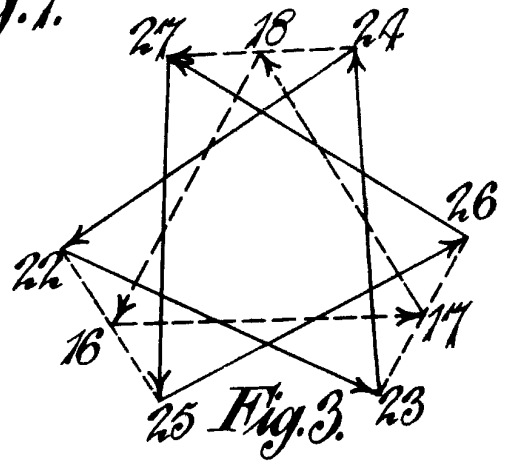


Fig. 3.

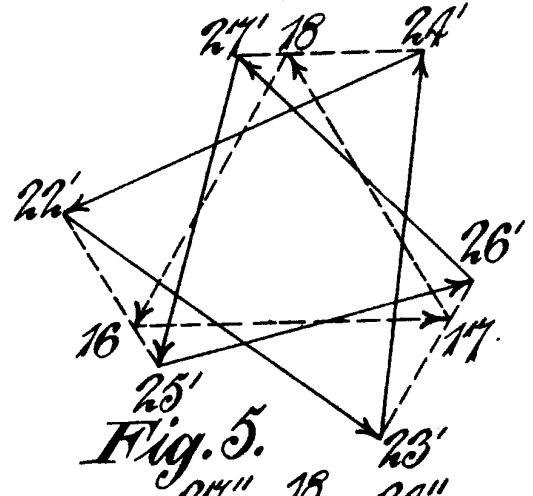


Fig. 5.

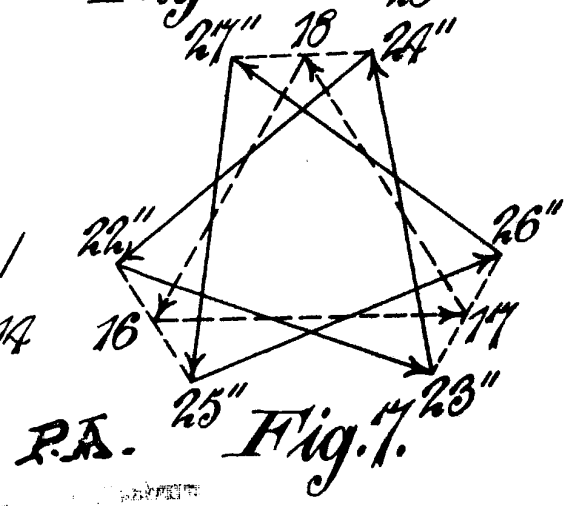


Fig. 7.

P.A.

J. Manis