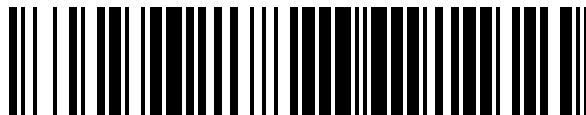


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 144 608**

21 Número de solicitud: 201500627

51 Int. Cl.:

H02J 3/12

(2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

16.09.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.10.2015

71 Solicitantes:

GARCÍA HOYA, Francisco Javier (50.0%)

Isla de Tabarca 25

28660 Boadilla del Monte (Madrid) ES y

ENRIQUEZ HOCHREITER, Miguel (50.0%)

72 Inventor/es:

GARCÍA HOYA, Francisco Javier y

ENRIQUEZ HOCHREITER, Miguel

54 Título: **Dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas
conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable**

ES 1 144 608 U

**DISPOSITIVO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE
AUTOTRANSFORMADOR DE BOBINAS CONECTADAS EN ZIG-ZAG CON CONTROL
DE AJUSTE DE TENSIÓN Y PROGRAMABLE**

5

DESCRIPCIÓN

Objeto de la Invención

10 La presente invención se refiere a un dispositivo de ahorro de electricidad mediante múltiples bobinas de inducción con dispositivo de control de ajuste de tensión y programable, que aporta importantes novedades y ventajas con respecto a los dispositivos equiparables existentes en el estado actual de la técnica.

15 Más concretamente la invención se refiere a un dispositivo compuesto por un dispositivo trifásico de reducción del consumo de energía eléctrica en el que intervienen múltiples devanados en capas alternas, dispuestos concéntricamente a diferentes alturas en los que es invertida la dirección de cada devanado secuencialmente sobre un único núcleo trifásico, incorporando el dispositivo un conjunto de control formado por un dispositivo de voltímetro, unas serie de relés de estado sólido programables mediante los que se conecta cada
20 devanado dependiendo de la tensión de entrada.

El campo de aplicación de la invención se encuadra en el sector técnico eléctrico, de los transformadores y autotransformadores eléctricos y de la eficiencia energética.

25

Antecedentes y Sumario de la Invención

Los transformadores actuales suelen tener un bobinado de entrada y un bobinado de salida mediante los que se realiza un aumento o una disminución de tensión dependiendo de la
30 relación de transformación, según se requiera. Los autotransformadores poseen un único devanado establecido en diferentes porciones en serie, con una o más tomas intermedias en relación con las porciones definidas, con los que se logra igualmente un aumento o una disminución de la tensión requeridos. Los equipos transformadores conectados en zigzag existentes en el estado de la técnica suelen cruzar una fase con otra, sin embargo la antigua
35 tecnología suele producir una caída de tensión del 4,5% en la salida a la carga, siendo

sistemas estáticos, pasivos de trabajo lineal.

En instalaciones eléctricas de baja tensión, es muy normal medir en ocasiones tensiones de entrada más bajas de lo esperado, debido principalmente a la calidad del suministro eléctrico, al consumo mayor de corriente por parte de los usuarios a determinadas horas, o a otras razones. Por lo tanto, al poner un sistema de autotransformador en zigzag a la entrada, con una reducción de la tensión de al menos un 4%, la tensión de salida que alimenta la carga resulta demasiado baja y es por esto que algunas cargas críticas del consumidor de electricidad no funcionan correctamente en los momentos de menor tensión.

Se conocen en el estado actual de la técnica diversas realizaciones de sistemas y dispositivos destinados a regular y controlar las desviaciones de tensión en instalaciones trifásicas. A título de ejemplo ilustrativo se pueden mencionar, entre otros, los siguientes documentos:

El documento de Patente KR-2020060021627, referida a un Transformador del Tipo de Ahorro de Energía (en inglés, "Power Saving Type Transformer"), consiste en un transformador con bobinas que se cruzan una vez en modo zigzag. Se trata de un sistema que es estático y está ideado para la reducción de las pérdidas en vacío principalmente.

El documento de Patente ES-2395064 T3, describe un "Dispositivo de Transformación para Regular Automáticamente la Tensión de una Alimentación Trifásica". El dispositivo desarrolla un dispositivo que ajusta automáticamente la tensión de suministro trifásico suministrada a un sitio de consumo de energía, a un rango objetivo de tensión inferior a su tensión nominal y que alimenta equipos de carga, cuyo transformador trifásico está conectado en estrella y con un conjunto de conmutadores que incluyen tiristores conectados en paralelo y en direcciones opuestas entre sí. El dispositivo sólo trabaja con la tensión.

El documento de Patente Internacional núm. WO2013089448 A1 describe un "Regulador Automático de Voltaje" mediante el que se aumenta o reduce la tensión y funciona con múltiples contactos a la salida.

El documento de Patente KR-20090089235 (A) describe un Regulador Automático de Tensión (en su denominación inglesa, "Automatic Voltage Regulator"), destinado a controlar el nivel de tensión de salida con la utilización de transformadores toroidales.

El documento de Patente ES-2395064 T3, describe un “Dispositivo de Transformación para Regular Automáticamente la Tensión de una Alimentación Trifásica”. La invención desarrolla un dispositivo que ajusta automáticamente la tensión de suministro trifásico suministrada a un sitio de consumo de energía, a un rango objetivo de tensión inferior a su tensión nominal y que alimenta a la carga. Utiliza un transformador trifásico conectado en estrella que incorpora diferentes devanados por cada fase con un conjunto de conmutadores que incluyen tiristores conectados en paralelo y en direcciones opuestas entre sí, detecta la tensión a la salida y da orden mediante su microordenador de poner o quitar cada devanado en virtud de la comparación del patrón pre-programado, para lo que los tiristores conectarán o desconectarán cada devanado produciendo caídas de tensión desde el 0% al 6%. El dispositivo sólo trabaja con la tensión. Este dispositivo y su configuración difieren mucho de la presente invención, en primer lugar la disposición de los devanados es diferente, ya que los mismos están dispuestos en serie sin inversión del sentido del mismo, en segundo lugar el dispositivo utiliza tiristores colocados en sentido contrario. Por otro lado el sistema de control que realizan se basa en un sistema de bucle cerrado de control con realimentación en el que la medición se realiza a la salida del transformador.

La solicitud Internacional núm. WO2013/089448 A1 describe un “Regulador Automático de Voltaje” incorpora un sistema de transformación para regular la tensión de entrada y que incluye una pluralidad de lengüetas a la salida que permiten la salida de diferentes tensiones de acuerdo al número de espiras seleccionadas por las lengüetas y una unidad de conmutación con diferentes conectores que conectan el número de lengüetas en función a la tensión preseleccionada por el usuario.

El modelo de utilidad No. KR-2020020018363 control automático de potencia para instalaciones monofásicas. La técnica utilizada se basa en la acción de inducción mutua mediante la conexión cruzada de los devanados del autotransformador toroidal, en el que se invierte el sentido de cada devanado produciendo compensación entre ellos por inducción mutua. El sistema reduce la tensión en la entrada y a la salida hacia la carga. La tecnología únicamente reduce la tensión de forma lineal, adolece de cualquier ajuste de la tensión de salida en respuesta a la tensión de entrada o de cualquier otro parámetro, por lo tanto no es aplicable en todas las situaciones.

Por otro lado forma también parte del estado de la técnica la **patente española ES 2 268 952 A1** "Regulador de tensión monofásico para corriente alterna perfeccionado". La invención se refiere a un regulador de tensión monofásico para corriente alterna del tipo de los llamados transformadores variables o autotransformadores, para el que su inventor eligió una regulación chopper para regular la tensión de salida, compuesta por varios IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) conectados en paralelo, cuya función es trocear la señal alterna de entrada al nivel de tensión necesaria para después ser filtrada con la ayuda de un filtro montado en serie y alimentar a la carga. Este regulador alcanza hasta una potencia límite de salida de regulador de unos 5kw aproximadamente. En esta invención la tensión de referencia se fija previamente en una entrada externa.

La Patente americana US 8,436,602 B2 es un circuito compensador de tensión que está ideado para elevar la salida de voltaje AC en respuesta a una fuente de tensión en AC más baja. El sistema se compone de un autotransformador que incorpora tres devanados en serie con diferentes taps de salida. El conjunto contiene a su vez un sistema de control que contiene un generador de tensión de referencia y un detector de tensión real, mediante un comparador de la diferencia de la tensión activará un solenoide que accionará un conmutador que en caso de tensión muy baja conectará los devanados para elevar la tensión a la tensión de referencia. Esta invención tiene aplicaciones para diferentes tensiones y su funcionalidad es para elevar la tensión de salida cuando la entrada es muy baja o bien dejarla en la misma magnitud si la tensión es la deseada. Su aplicación según el documento de patente mencionado es para la alimentación a vehículos recreacionales del tipo de las auto-caravanas. El sistema de transformación es con devanados en serie sobre una de las fases.

La patente ES2 926 582 T3 Presenta un regulador de tensión que utiliza varios transformadores en serie que deben ser cíclicamente excitados o desexcitados respectivamente por medio del cortocircuito o alimentación a su bobinado primario con conmutadores estáticos controlados electrónicamente por triacs. Incluye un transformador en serie, cuyo bobinado secundario está conectado en serie con la fase de la línea que necesita ser regulada, está provisto de dos bobinados primarios y controlados para su apertura y cierre por medio de triacs que forman conjuntamente un medio de conmutación estática. Contiene también una unidad de procesamiento electrónico que detecta si la tensión de salida es mayor o menor que un valor nominal prefijado, en tal caso disminuye o aumenta la tensión de salida respectivamente. La construcción ideal de dicho transformador es posicionando el bobinado secundario entre los dos bobinados primarios.

La patente número JPH03290718 A 199911220 Power Saving Circuit for Single-Turn transformer, que se podría traducir como ahorro de energía mediante transformador de bobinado simple. Consiste en un sencillo circuito compuesto por un transformador de único bobinado conectado en serie con un circuito de conmutación formado por dos tiristores dispuestos en direcciones opuestas y un circuito de control. Este sistema está ideado para eliminar pérdidas en vacío cuando el bobinado está desenergizado.

Patente JP-2004-377290 ilustra un dispositivo de control de tensión que se compone de dos transformadores, uno de ellos con un único bobinado conectado en paralelo entre los dos hilos de entrada de red monofásica y el segundo transformador de bobinado doble en el que sus devanados se encuentran acoplados magnéticamente. En el segundo transformador el devanado primario está conectado en serie entre la entrada de red y la salida a la carga. Asimismo un extremo del devanado secundario del segundo transformador está conectado a la salida del devanado único del primer transformador y el otro extremo del devanado secundario del segundo transformador está conectado a un conmutador incluido en una unidad de control que incluye un circuito de supervisión de la tensión y el conmutador propiamente dicho, en este conmutador tiene tres posibles conexiones.

El primer transformador tiene tres salidas que corresponden a los dos hilos de entrada más un tercer hilo que se obtiene del tap central del devanado estas tres salidas están conectadas a las tres conexiones posibles del conmutador, éste conmutará a una u otra posición según lo requerido. El bobinado primario del segundo transformador inducirá positivamente o negativamente al segundo bobinado dependiendo de la dirección de la tensión en cada momento.

Solicitud internacional WO 2013/000034 A1 sistema y método para reducir el consumo de energía en un circuito de alimentación, que consiste en un regulador de tensión que contiene dos bobinas devanadas sobre dos núcleos diferentes de hierro que pueden ser lineales o toroidales. Ambos bobinados tiene dos salidas, la segunda salida del primer bobinado está conectada a la primera salidas del segundo bobinado. El transformador incluye un variac para controlar la tensión de salida. La primera salida del variac está conectada al neutro de la instalación y la segunda salida del variac está conectada a la salida del transformador, la segunda salida del segundo bobinado está conectada a la línea de suministro. Opcionalmente los bobinados pueden compartir el mismo núcleo, el sistema

incluye un controlador que, a su vez incluye un sensor de tensión a la salida del transformador y varios comparadores para comparar la tensión a la salida del transformador con el límite máximo y mínimo de tensión deseada.

5 El sistema incluye un brazo móvil controlado por un motor que está conectado entre el segundo transformador y la salida, donde el brazo móvil se mueve entre la tensión máxima y mínima para controlar que la tensión de salida se sitúe dentro de los límites establecidos por el usuario.

10 Todos los bobinados están, según las explicaciones y planos, en paralelo con los terminales de entrada y de salida.

La Solicitud Internacional WO 2007/031038 A2 Es un regulador de tensión que contiene dos transformadores diferentes y sobre núcleos toroidales cada uno de ellos. El primer transformador está constituido como un autotransformador con un devanado H de potencia y un segundo devanado de regulación con múltiples salidas y el segundo transformador es un transformador tradicional compuesto por devanados independientes y dos salidas intermedias. La entrada del devanado primario del autotransformador H está conectada al terminal de entrada de red y su salida está conectada a la entrada del devanado primario del segundo transformador. La salida del devanado primario del segundo transformador está conectada al terminal de salida del regulador de tensión hacia la carga. La salida del segundo devanado de regulación del primer autotransformador está conectada al segundo TAP del segundo devanado del segundo transformador, a su vez la entrada del segundo devanado del segundo transformador está conectada a un relé de retroalimentación, que alternativamente conecta a la entrada de la fuente de regulación de tensión, compuesta por un autotransformador con múltiples salidas que son seleccionadas por un brazo móvil que es accionado por un motor conectado a la unidad de control. La salida del segundo devanado del segundo transformador está conectada al borne de neutro y la salida del autotransformador de la fuente de regulación de tensión está asimismo conectada al borne de neutro.

La solicitud internacional WO0133309 (A1) muestra un regulador de tensión compuesto por un transformador elevador booster y un segundo transformador regulador con multitud de taps, un sistema de conmutación y un sistema de control. El devanado secundario del primer transformador booster está conectado en serie entre la entrada de la red y la salida

a la carga. Un extremo del devanado primario del transformador booster está conectado a los taps de salida del segundo transformador regulador, la otra salida del devanado primario del transformador booster está conectada a un sistema de conmutación compuesto por una pluralidad de conmutadores electrónicos de taps tipo SCR o triacs, cada conmutador está
 5 conectado entre la salida del secundario del booster y el correspondiente tap del devanado secundario del transformador regulador, con el fin de proveer una entre la pluralidad de tensiones al devanado primario del booster. Por tanto el booster aumentará o reducirá la tensión de salida a la carga. El transformador booster incluye un filtro notch en serie con el fin de reducir los efectos del régimen transitorio en los puntos muertos del proceso de
 10 conmutación. Para su funcionamiento el sistema incluye un sistema de control que se compone de un sensor de tensión a la entrada del transformador booster que está conectado a un convertidor de señal analógica en señal digital, conectado al sistema de conmutación de taps y dos sensores de cruce por cero de la onda de tensión y de la onda de corriente respectivamente que están conectados al sistema de conmutación antes referido, el sistema
 15 compara la tensión de entrada con la tensión nominal esperada de tal manera que el sistema de conmutación conectará el tap requerido en el momento del cruce por cero para que la salida de tensión a la carga sea la deseada.

La patente US 2012/00200279 A1 Sistema y método de restauración dinámica de
 20 voltaje. El sistema incluye un sistema de detección de fallo de tensión. El sistema de detección de fallo de tensión está configurado para adquirir una señal de tensión de referencia mediante una lógica de toma de datos de la línea de alimentación para determinar si hay una caída de tensión en la línea de alimentación, determinar un voltaje de corrección mediante una lógica de control para corregir la situación, usar el voltaje de referencia para producir la tensión de
 25 corrección y aplicar la tensión corregida a la línea eléctrica. Concretamente el sistema incluye un transformador trifásico en paralelo con un cambiador de tomas en carga (OLTC) con tres devanados primarios independientes y conectados a la tensión de suministro de la subestación eléctrica y tres devanados secundarios igualmente independientes, uno de los terminales de cada devanado secundario está derivado a tierra, además los devanados
 30 secundarios incluyen múltiples taps. El sistema incluye una lógica de control que implementa un algoritmo que determinará la señal que controla el intercambiador de tomas en carga, la tensión de salida va directamente a un reactor en serie que está configurado para corregir el ángulo de fase de la tensión derivada. La tensión corregida es recibida por un segundo transformador en serie con ratio de transformación 1:1, por tanto la tensión corregida será
 35 recibida por su devanado secundario y será inducida directamente al devanado primario que

aplicará en la red de tal manera que el tendido eléctrico recibirá la corrección de la caída de tensión y la subestación regional y la carga recibirán la tensión ya corregida. La lógica de control incluye un circuito de retroalimentación mediante el que la tensión de corrección es informada a la lógica de toma de datos, de tal modo que ésta evite la inyección de tensión de corrección a la red en caso de que la caída de tensión sea por un periodo inferior a medio ciclo, es decir 0,02 segundos aproximadamente.

Patente US 6087818 muestra una invención de un elevador de voltaje enchufable destinado a auto caravanas a 120V con una elevación de un 12% mayor o de un 6% mayor.

El circuito eléctrico está formado por un sistema de control que identifica la tensión a la entrada y da orden a un relé (DPDT) doble polo y doble vía que está conectado al sistema de transformación con devanados de elevación en serie del 12% y del 6% respectivamente, el relé seleccionará el paso por transformador o bien el baipás de éste. Por otro lado incorpora una palanca manual con la que el usuario podrá conmutar a una elevación del 12% o del 6% de la tensión.

Patente US-5808454 Estabilizador de tensión en corriente alterna. Contiene un transformador con un solo devanado con diferentes taps y aparte tiene un reactor de inducción mutua dispuesto en paralelo al anterior. La entrada del devanado primario del reactor de inducción mutua está conectada a la salida del transformador de devanado único y su salida conectada a tierra. La entrada al devanado secundario del reactor de inducción mutua está conectada a la línea de suministro y su salida está conectada a la carga. El devanado secundario está diseñado para suministrar una corriente adecuada a la carga y una tensión inferior o igual a la tensión de suministro. Una matriz de interruptores se conecta selectivamente al tap requerido. La matriz de interruptores incluye un baipás que tiene un terminal fijo conectado al terminal de salida del transformador de devanado único y el otro extremo conectado a la salida común de los interruptores. Los interruptores están provistos de relés o triacs indistintamente. Un controlador de comparación de tensión está conectado a la entrada de tal modo que tiene un extremo conectado a la línea de suministro y el otro conectado a una fuente de tensión de referencia que consiste en un resistor. Una lógica de control OR está conectada por uno de sus terminales entre la salida del controlador de comparación de tensión y por otro terminal a la salida del comparador de corriente instalado en la salida a carga. Una salida común de la lógica de control está conectada a la entrada al baipás y a una entrada específica de control de la matriz de interruptores que controla la apertura de todos los interruptores. El conjunto incluye un comparador de tensión de salida a

carga que está conectado en paralelo con el reactor de inducción mutua de tal manera que su entrada está conectada a la salida del devanado secundario del reactor y su salida se conecta a la entrada de la matriz de interruptores. En su funcionamiento, el sistema subirá o bajará la tensión de salida a en respuesta una tensión de referencia más baja o más alta detectada por el comparador de tensión, para ello la lógica de control activará el bypass y se conectará el devanado primario del reactor con el tap inferior del transformador de devanado único, lo que tendrá un circuito cerrado que neutralizará el flujo magnético en el reactor convirtiendo este en un conductor y por tanto la tensión de entrada será suministrada directamente a la tensión de salida. En el caso contrario, que la tensión de entrada sea mayor que la de referencia el sistema operará en sentido opuesto, abriendo el bypass, cerrando el interruptor correspondiente y dando una tensión determinada que excitará el flujo magnético del reactor proveyendo a la salida con una tensión menor.

El dispositivo de la presente invención aporta mejoras sustanciales con respecto a los dispositivos de la técnica actual y solventa eficazmente determinados inconvenientes asociados a tales dispositivos conocidos, para lo cual se ha previsto que mediante un conjunto de control incorporado en el dispositivo, cada devanado sea conectado automáticamente a efectos de regular la tensión de salida a carga dependiendo de la tensión de entrada y proporcionando así a la instalación una tensión adecuada, al mismo tiempo incorporando cruces alternos de fases que ayudan a estabilizar la corriente, la tensión y a mejorar la calidad de la electricidad, consiguiendo una reducción de consumo energético. Esta invención, por tanto, es aplicable a todo tipo de instalaciones trifásicas de baja tensión.

Así, la presente invención se refiere un dispositivo para la reducción del consumo de energía eléctrica en el que, en una forma de realización preferida, el dispositivo contiene un núcleo trifásico de ferrita o de acero eléctrico o acero al silicio caracterizado por comprender múltiples devanados dispuestos concéntricamente, en capas alternas y a diferentes alturas, que tienen múltiples cruzamientos entre ellos sobre el núcleo trifásico e invirtiendo al menos dos veces la dirección de cada devanado secuencialmente; el conjunto contiene al menos un voltímetro que registra la tensión de entrada al dispositivo, una fuente de alimentación de AC220V / DC24V que proporciona alimentación eléctrica a seis relés de estado sólido que monitorizan la tensión de entrada y que a la salida accionan el contacto correspondiente sin paso por cero. Previo a estos relés, se han incluido al menos seis fusibles que protegen el dispositivo contra un exceso de corriente causado por cortocircuitos, mientras que posterior a los relés el dispositivo incluye tres relés de estado sólido diferentes que accionan el contacto

con uno de los devanados 10, 11, 12, 13, 14 o 15, refiriéndonos a la figura 1, dependiendo de la tensión de entrada. Por otro lado, el dispositivo incluye al menos un bypass que puentea los devanados mencionados anulando su efecto en caso de que la tensión de entrada sea inferior a la programada por el usuario. El dispositivo está ideado para reducir el consumo de energía eléctrica, mejorar la calidad de la energía consumida mediante la reducción de armónicos, reducir la potencia reactiva y proveer a la instalación con un mayor equilibrio entre las fases. Además el dispositivo es autorregulable para conseguir una tensión y una corriente óptimas a la salida, de acuerdo a los parámetros deseados por el usuario, adaptándose a una tensión de entrada muy variable.

Breve Descripción de los Dibujos

Estas y otras características y ventajas de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción detallada que sigue de un ejemplo de realización preferida de la misma, dado únicamente a título ilustrativo y no limitativo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 es una representación del diagrama de conexiones del dispositivo incluido en el dispositivo de ahorro de electricidad de la presente invención, y

La Figura 2 es un ejemplo de realización del dispositivo trifásico incluido en la Figura 1, en base a múltiples devanados concéntricos, en capas alternas y a diferentes alturas, con cruzamientos entre ellos y sobre un único núcleo trifásico.

La figura 3 es un esquema de tipo de devanados en zig-zag y sentido de los mismos que ayudará a comprender el funcionamiento del dispositivo.

Descripción Detallada de una Forma de Realización Preferida

Tal y como se ha mencionado las figuras ilustran un ejemplo de realización preferida del dispositivo de ahorro de energía eléctrica propuesto por la invención. Así, atendiendo en

primer lugar a la Figura 1 de los dibujos, se muestra un esquema de un dispositivo conforme al dispositivo preconizado, el cual contiene tres pletinas de conexión de entrada que recibirán la electricidad de la acometida trifásica V_T . Sobre ellas, están conectados al menos dos cables a dos fases que entran en un voltímetro 1, en cuya salida del voltímetro 1 hay tres relés 9.1, 9.2 y 9.3. La salida del relé 9.1 está conectada a la entrada de tres relés de estado sólido 3.1, 3.2 y 3.3, alimentados eléctricamente por medio de una fuente de alimentación 6 de 24V DC, a cuya salida hay tres fusibles 4.1, 4.2 y 4.3 con el amperaje correspondiente, y conectados a su salida a los bobinados exterior e intermedio 10, 11, 12 del dispositivo. La salida del relé 9.2 está conectada a la entrada de tres relés de estado sólido 7.1, 7.2 y 7.3, a cuya salida hay tres fusibles 8.1, 8.2 y 8.3 con el amperaje correspondiente, y conectados a su salida al bobinado intermedio 13, 14, 15 del dispositivo. La salida del relé 9.3 está conectada a la entrada de un bypass 5 que puentea los bobinados exterior e intermedio y da paso al bobinado interior.

Haciendo ahora referencia a la Figura 2 de los dibujos, se muestra un diseño de un ejemplo de realización del dispositivo trifásico de reducción del consumo de energía eléctrica propuesto por la presente invención, que se caracteriza por comprender múltiples devanados dispuestos concéntricamente, en capas alternas y a diferentes alturas, que tienen múltiples cruzamientos entre ellos sobre un único núcleo trifásico. Este dispositivo trifásico de reducción del consumo de energía eléctrica está incluido, como se comprenderá, en la Figura 1.

El dispositivo contiene tres pletinas de conexión de entrada que recibirán la electricidad de la acometida trifásica V_T según se ha comentado anteriormente. Estas tres pletinas entran directamente en los bobinados primarios 16, 19, 22, 17, 20, 23, 18, 21, 24. El bobinado 16, con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 28 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 28 está conectado con el bobinado 34 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. A su salida conecta a con "u" - 4%.

Del mismo modo, el bobinado intermedio 17 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 29 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 29 está conectado con el bobinado 35 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "u" - 2%.

Asimismo, el bobinado interior 18 con devanado simple y en la dirección de las agujas del

reloj, está conectado con el bobinado 30 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez éste bobinado 30 está conectado con el bobinado 36 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "u" - 0%.

- 5 Por otro lado, el bobinado 19 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 31 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 31 está conectado con el bobinado 37 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "v" - 4%.
- 10 Del mismo modo, el bobinado intermedio 20 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 32 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 32 está conectado con el bobinado 37 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "v" - 2%.
- 15 Asimismo, el bobinado interior 21 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 33 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 33 está conectado con el bobinado 39 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "v" - 0%.
- 20 Por último, el bobinado 22 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 25 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 25 está conectado con el bobinado 40 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conectando con "w" - 4%.
- 25 Del mismo modo, el bobinado intermedio 23 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 26 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 26 está conectado con el bobinado 41 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "w" - 2%.
- 30 Asimismo, el bobinado interior 24 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj, está conectado con el bobinado 27 que es doble y está devanado en el sentido contrario a las agujas del reloj. A su vez, éste bobinado 27 está conectado con el bobinado 42 con devanado simple y en la dirección de las agujas del reloj. Su salida conecta con "w" - 0%.
- 35 De esta manera, las distintas salidas pueden ser seleccionadas mediante el dispositivo de

control a efectos de regular la tensión de salida proporcionada a carga en función de la tensión de entrada.

En la figura 2 y en el modo de funcionamiento del aparato, debe entenderse que el dispositivo aquí descrito tiene tres TAP's que denominamos TAP 4%, TAP 2% y TAP 0% que producen una reducción de la tensión en dichos porcentajes, la reducción de tensión del 4% que produce el dispositivo cuando se conecta el TAP 4% se consigue mediante la combinación de los siguientes devanados en zig-zag R16, R17, R18, S28, S29, S30, R34, R35, R36 con salida a "u"-4%, S19, S20, S21, T31, T32, T33, S37, S38, S39 con salida "v"-4%, T22, T23, T24, R25, R26, R27, T40, T41, T42 con salida "w"-4%.

Por otro la reducción de tensión del 2% que produce el dispositivo cuando se conecta el TAP 2% se consigue mediante la combinación de los siguientes devanados en zig-zag R17, R18, S29, S30, R35, R36 con salida a "u"-2%, S20, S21, T32, T33, S38, S39 con salida "v"-2%, T23, T24, R26, R27, T41, T42 con salida "w"-2%.

Por otro la reducción de tensión del 0% que produce el dispositivo cuando se conecta el TAP 0% se consigue por la acción del bypass que puentea los bobinados externos y deja en funcionamiento el cruce de bobinados en zig-zag que combina los devanados R18, S30, R36 con salida a "u"-0%, S21, T33, S39 con salida "v"-0%, T24, R27, T42 con salida "w"-0%.

Como se observa en la figura 2, los bobinados en zig-zag de la presente invención conectan una fase con la contigua mediante el cruce de los devanados, es decir, la fase R se cruza con la S y vuelve a la R, la fase S se combina con la T y vuelve a la S y la fase T se combina con la R y vuelve a la T. Los devanados de la franja superior, R16, R17, R18, S19, S20, S21, T22, T23, T24 de las tres fases tienen una polaridad aditiva, al cruzarse con la fase contigua en la franja central R25, R26, R27, S28, S29, S30, T31, T32, T33 se invierte el sentido de su devanado y se duplica el número de espiras teniendo una polaridad reductiva y por último al volver nuevamente a la fase de origen, esta vez en la franja inferior, se invierte nuevamente el sentido del devanado teniendo una polaridad aditiva nuevamente y se devana con el mismo número de espiras que en la franja superior teniendo los devanados R34, R35, R36, S37, S38, S39, T40, T41, T42.

Al calcular el flujo magnético complejo de cada fase del dispositivo de cruce de bobinados en zig-zag de la presente invención, la polaridad aditiva y reductiva se compensan teniendo una

reducción del flujo magnético, consiguiendo compensar la inductancia y restaurando el desequilibrio en la corriente y la tensión.

Por otro lado la relación entre la inductancia y la velocidad angular en un dispositivo de corriente alterna genera una reactancia inductiva, que al fluir la intensidad consigue generar pérdidas de energía reactiva, en otras palabras, al decrecer el flujo magnético por la acción del cruce de bobinados en zig-zag de la presente invención se reduce la inductancia y la reactancia favoreciendo la reducción de la energía reactiva.

La figura 3 es un esquema de tipo de devanados en zig-zag y sentido de los mismos que ayudará a comprender el funcionamiento del dispositivo que explicamos a continuación.

Cuando se usan equipos eléctricos es inevitable inducir el desequilibrio entre corriente y tensión, este desfase contribuye normalmente a mermar la durabilidad y eficiencia de los equipos eléctricos, así como a incrementar el consumo de energía.

El dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable, de acuerdo a la presente invención, es un novedoso dispositivo de ahorro energético que corrige específicamente el desfase entre corriente y tensión y mantiene el equilibrio mediante el cruce de los bobinados del sistema.

Veamos un ejemplo para analizar numéricamente el funcionamiento del dispositivo. La corriente instantánea "I" medida en amperios (A) genera un flujo magnético instantáneo ($\emptyset$) medido en webber. Si introducimos una intensidad descompensada en las tres fases, por ejemplo R 3 amperios, S 4 amperios y T 5 amperios, ésta creará un flujo que será $R:3(A)=3\emptyset$, $S:4(A)=4\emptyset$ y $T:5(A)=5\emptyset$. En el dispositivo preconizado cruzamos las fases al mismo tiempo que invertimos el sentido del devanado del inductor y duplicamos el número de espiras,. La fase R se cruza con la fase S, la fase S se cruza con la fase T y la fase T se cruza con la fase R, al invertir el sentido del devanado y duplicar el número de espiras produciremos un flujo negativo que será $R: -10\emptyset$, $S:-6\emptyset$ y $T:-8\emptyset$, cuando cruzamos de nuevo las fases, el devanado en R vuelve a T, el devanado en S vuelve a R y el devanado en T vuelve a S, e invertimos nuevamente el sentido del devanado, volviendo al número de espiras inicial, tenemos un flujo que será $R: 3\emptyset$, $S:4\emptyset$ y $T:5\emptyset$. El volumen de cada flujo magnético complejo por cada fase será según la siguiente tabla:

① Fase R: $3\varnothing - 10\varnothing + 3\varnothing = -4\varnothing$

② Fase S: $4\varnothing - 6\varnothing + 4\varnothing = 2\varnothing$

③ Fase T: $5\varnothing - 8\varnothing + 5\varnothing = 2\varnothing$

5 El resultado es $-4\varnothing + 2\varnothing + 2\varnothing = 0$ y representa la reducción del flujo magnético.

Para un tiempo igual a cero, la corriente comenzará a crecer y el inductor producirá igualmente una fuerza electromotriz en sentido contrario, lo cual hará que la corriente no aumente. A esto se le conoce como fuerza contra electromotriz. Ésta está dada por:

10

$$e = -L \frac{di}{dt} = -N \frac{d\varnothing}{dt}$$

15

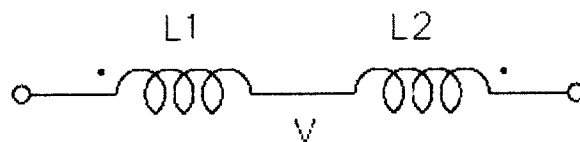
De acuerdo a la fórmula de más arriba, la reducción del flujo magnético ayuda a que el desequilibrio de la tensión en cada fase se restaure estabilizando la tensión en ciertos rangos y áreas.

20

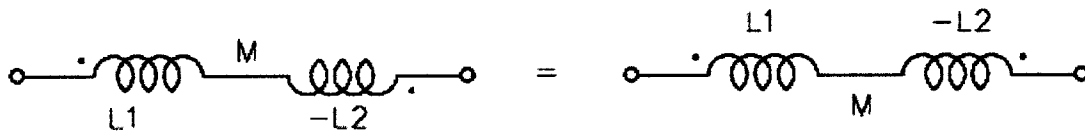
Cuando una bobina está junto a otra una corriente variable en uno de ellos producirá campos magnéticos variables que inducen una corriente en el otro bobinado. Esta corriente inducida también es variable y por tanto inducirá una corriente en el primer inductor. Esta reacción entre dos circuitos se denomina inductancia mutua y se expresa en Henrys. El símbolo de la inductancia mutua es M, y a dos circuitos juntos se les denomina acoplados magnéticamente. En el dispositivo preconizado en la presente invención se cruzan diferentes bobinados alternos invirtiendo su sentido de devanado, o polaridad, teniendo polaridad aditiva y polaridad reductiva.

25

- Polaridad aditiva: $L = L1 + L2 + 2M$



- Polaridad reductiva: $L = L_1 + L_2 - 2M$



5

En el caso de la polaridad reductiva, el flujo magnético generado contrarresta la inductancia, también la inductancia mutua opera en la dirección opuesta. Eventualmente la inductancia mutua será compensada también, y entonces la inductancia teórica sería cero.

- 10 El incremento del factor de potencia por la reducción de la pérdida de energía reactiva. El sistema AC tiene una característica velocidad angular ($\omega = 2\pi f$) la inductancia L y la velocidad angular ω generan una reactancia inductiva X_L según se describe más abajo.

$$X_L = 2 \pi f L$$

- 15 En general, si la corriente $I(A)$ fluye es posible generar pérdidas de energía reactiva

$$Q_L = I^2 X_L$$

- 20 El flujo magnético decrece progresivamente en el caso del bobinado en zig-zag de acuerdo a la presente invención, reduciendo la inductancia y la reactancia. Esto mejora la pérdida energía reactiva y previene la caída de la tensión, induciendo un ligero incremento de la energía activa.

- 25 Los efectos sobre los armónicos de los bobinados cruzados en zig-zag objeto de la presente invención. En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal adsorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo j respecto a la tensión. Por tanto se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Las cargas armónicas no lineales más comunes son las que se encuentran en los receptores alimentados por electrónica de potencia tales como: variadores de velocidad, rectificadores, convertidores, etc. Otro tipo de cargas tales como: reactancias saturables, equipos de soldadura, hornos de arco, etc., también inyectan armónicos. El resto de las cargas tienen un comportamiento lineal y no generan armónicos inductancias, resistencias y condensadores.

Existen dos categorías generadoras de armónicos. La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia. Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en estrella-estrella con cargas desequilibradas o con problemas en su puesta a tierra. Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos. Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna. Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan sobre el sistema de potencia.

Los armónicos son generados por los equipos electrónicos, motores, transformadores, etc. En el caso de la generación por los transformadores, si se satura el transformador y el voltaje de la onda sinusoidal se agrega, la corriente excitada de la onda no sinusoidal atraviesa el núcleo de hierro del transformador. El grado de la saturación de transformador se formula en la función del voltaje aplicado. Si el voltaje del transformador sube por encima el grado del voltaje, las ondas de alta frecuencia de la corriente excitada también aumentan. La mayor parte de las ondas de alta frecuencia generadas del transformador son el armónico 3, 5 y 7.

Hay dos influencias de los armónicos en el transformador, la pérdida y desviación por el cobre, pérdida que se incrementa con la corriente armónica, y por otro lado la pérdida en el hierro, que se incrementa con la tensión armónica. En términos generales pérdidas en el cobre y en el hierro, mayores que la señal sinusoidal provocan una pérdida de energía y un incremento de la energía calórica, que conlleva la merma de la durabilidad de los equipos eléctricos y la reducción de su eficiencia.

Cuando la energía de la carga es inestable, hay posibilidad de la inestabilidad incluso en casos de estabilidad trifásica. Si la impedancia causada por el transformador y el circuito de la línea causa desequilibrio en la corriente antes de que la corriente llegue al receptor, hay una caída de voltaje desequilibrada.

Recientemente, con el aumento de los dispositivos electrónicos y de los dispositivos de telecomunicación, el desequilibrio del voltaje por los armónicos ocurre cuando la fase o la corriente son diferentes.

Por otro lado, incluso en el caso de corrientes paralelas en cableados dispuestos en paralelo con el cableado recto, la inductancia mutua no mantiene el balance debido a la diferencia geométrica de la distancia entre R.S.T.

5 Explicación del flujo actual magnificado de los 3º armónicos en el conductor de neutro. Por ejemplo, un fenómeno interesante es observado cuando las cargas múltiples que generan el tercer armónico se conectan a cada una de las tres fases de acometida como una fase mediante una fuente de energía conmutada. Aunque haya equilibrio trifásico, una corriente más grande que la corriente de fase es observada a menudo en el neutro.

10 En caso de instalación trifásica, debido a que la diferencia entre fases es de 120°, los terceros armónicos de corriente (armónico 3º, 7º, 9º, 11º, 15º armónicos etc) se mezclan en un flujo eléctrico compuesto que viaja por el neutro, en lugar de contrarrestarse.

Veamos esto numéricamente:

15 La onda fundamental de la corriente de la AC trifásica tiene un ángulo de 120º entre fases, pero los terceros armónicos tienen tres veces más ondas que la onda fundamental y entonces, diferencia de fase de los 3os armónicos de corriente corresponde a 360° (120°*3).

Cuando hay diferencia de fase en corriente eléctrica, en la onda fundamental de cada fase, la onda fundamental (IR1.IS1.IT1) se indica por:

$$IR1 = I_m \sin(\omega t)$$

20 $IS1 = I_m \sin(\omega t - 120^\circ)$

$$IT1 = I_m \sin(\omega t - 240^\circ)$$

Y la suma total de la corriente es

$$IR1 + IS1 + IT1 = I_m \sin \omega t + I_m \sin (\omega t - 120^\circ) + I_m \sin (\omega t - 240^\circ) = 0$$

25

Ahora veamos la corriente de los terceros armónicos (IR3.IS3.IT3 de las mismas fases:

$$IR3 = I_m \sin^3 \omega t$$

$$IS3 = I_m \sin^3 (\omega t - 120^\circ \times 3) = I_m \sin^3 \omega t$$

$$IT3 = I_m \sin^3 (\omega t - 240^\circ \times 3) = I_m \sin^3 \omega t$$

Y la suma total de corriente es:

$IR3 + IS3 + IT3 = I_m \sin 3 \omega t + I_m \sin 3 (\omega t - 120^\circ) + I_m \sin 3 (\omega t - 240^\circ) = 3 I_m \sin 3 \omega t.. \dots\dots$ Por lo tanto, no podría ser 0.

- 5 Como se observa en la anterior fórmula, no sólo el 3er armónicos sino también otros múltiplos de tres tales como 9 o 15 que son generados y fluyen por el neutro.

Además, en caso de la conexión del delta (Δ) del transformador de la fuente de alimentación, si la carga mantiene el equilibrio, el armónico 3º de corriente circula por las cargas sin pasar a la fuente de energía ni causar desequilibrio en el voltaje. Si la carga no puede mantener el equilibrio, la corriente armónica sale hacia fuera y causa desequilibrio en la tensión y ondas de tensión distorsionadas.

10

El sistema de cruce de bobinados en zig-zag descrito más arriba consigue mejorar la calidad de la energía mediante la mitigación de los armónicos y el equilibrio entre corriente y la tensión, esto produce un incremento de la durabilidad de los equipos eléctricos y una reducción de las pérdidas de potencia. Adicionalmente contribuye a una reducción de los plazos de reposición de los equipos eléctricos y de los costes de mantenimiento.

15

Explicación del funcionamiento del bypass incorporado en el dispositivo. Es normal encontrar instalaciones en las que la tensión de suministro es muy variable, pudiendo tener picos de tensión muy elevada que pueden causar problemas importantes en los aparatos y maquinaria eléctrica, y por otro lado pueden existir situaciones en las que la tensión de suministro es demasiado baja y puede causar problemas de funcionamiento de ciertas cargas electrónicas. El autotransformador con bobinados en zig-zag de acuerdo a la presente invención trabaja muy eficazmente con la tensión y produciendo beneficiosos efectos sobre el equilibrio de la corriente y la tensión, como se ha explicado en el punto anterior. El sistema preconizado tiene al menos tres TAPS que denominamos TAP 0%, TAP 2% y TAP 4%.

20

El sistema está equipado con una unidad de detección de tensión (1) en la figura 1 equipado asimismo con un microcontrolador, que analizará la tensión recibida de la fuente de suministro en los terminales de entrada al dispositivo con el fin de definir qué TAP deberá ser seleccionado para tener la tensión requerida a la salida.

25

El procedimiento de decisión es mediante un sistema de control de bucle abierto, mediante el cual si la tensión de entrada es al menos de 220V el microcontrolador dará orden al relé 9.1 que conectará el TAP 4%, conectando los bobinados que producirán una reducción de la tensión en un 4%.

30

En el caso de que la tensión detectada por la unidad de control de tensión se encuentre entre los 214V y 219V el microcontrolador dará orden al relé 9.2 que conectará el TAP 2%, conectando los bobinados que producirán una reducción de la tensión menor, de un 2%.

- 5 Adicionalmente, cuando la tensión detectada por la unidad de control de tensión en la entrada del dispositivo es inferior a 214V serán deseleccionados los dos anteriores TAPS mediante la desconexión de los relés 9.1 y 9.2 y al mismo tiempo el relé 9.3 dará conexión al bypass que conectará el TAP 0%, que seguirá conectando los bobinados en zig-zag y sin embargo reducirá al mínimo la caída de tensión.

- 10 No se considera necesario hacer más extenso el contenido de la presente descripción para que un experto en la materia pueda comprender su alcance y las ventajas que de la misma se derivan.

- 15 No obstante lo anterior, debe entenderse que la invención es susceptible de cambios y modificaciones comprendidas asimismo dentro de su ámbito de protección, especialmente en lo que se refiere a tipos de componentes utilizados en la realización preferida de la invención delimitada únicamente por el alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas
5 conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable de acuerdo a un
ejemplo de realización de la presente invención, que comprende:

Un dispositivo trifásico autotransformador en el que intervienen múltiples devanados
conectados en zig-zag, caracterizado porque tales devanados (16, 17, 18; 19, 20, 21; 22,
10 23, 24; 25, 26, 27; 28, 29, 30; 31, 32, 33; 34, 35, 36; 37, 38, 39; 40, 41, 42) están
dispuestos concéntricamente, con 2 cruzamientos con los devanados de las diferentes
fases sobre un único núcleo trifásico e invirtiendo al menos dos veces el sentido de cada
devanado.

15 Un voltímetro (1) que detecta la tensión de entrada al dispositivo y que incorpora un
microcontrolador que analiza la tensión detectada y es programable con los rangos de
tensión deseados para dar orden de conexión de cada devanado.

20 Al menos seis fusibles (4.1, 4.2, 4.3; 8.1, 8.2, 8.3) que protegen el dispositivo contra un
exceso de corriente.

Al menos seis relés de estado sólido (3.1, 3.2, 3.3; 7.1, 7.2, 7.3) colocados a la entrada
de los devanados.

25 Al menos tres relés de estado sólido (9.1, 9.2, 9.3) colocados a la salida del voltímetro (1)
donde el relé 9.1 accionará los devanados que producen una caída de tensión del 4%, el
relé 9.2 accionará los devanados que producen una caída de tensión del 2% y el relé 9.3
accionará la entrada del bypass (5) que puenteando los devanados no producirá caída
de tensión.

30 Un bypass (5) que puentea los devanados y conecta con el devanado 0% en caso de que
la tensión de entrada sea inferior a la programada por el usuario.

- 35 2. Un dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas
conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable según la

reivindicación 1, caracterizado por que los seis relés de estado sólido (3.1, 3.2, 3.3; 7.1, 7.2, 7.3) que accionan el contacto correspondiente sin paso por cero y están alimentados por una fuente de alimentación de 24V (6).

- 5 3. Un dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable según la reivindicación 1 en el que el relé 9.1 acciona el devanado correspondiente al TAP 4%, que el relé 9.2 acciona el devanado correspondiente al TAP 2% y que el relé 9.3 da paso al bypass (5) que conecta el TAP 0% y que el accionamiento de cada relé depende de la
- 10 tensión de entrada detectada por el voltímetro (1).
4. Un dispositivo de ahorro de energía eléctrica mediante autotransformador de bobinas conectadas en zig-zag con control de ajuste de tensión y programable según la reivindicación 1 a 3, caracterizado porque admite ser ajustado por el usuario, a efectos
- 15 de seleccionar la tensión a la que los relés de estado sólido (3.1, 3.2, 3.3; 7.1, 7.2, 7.3) conectan cada bobinado.

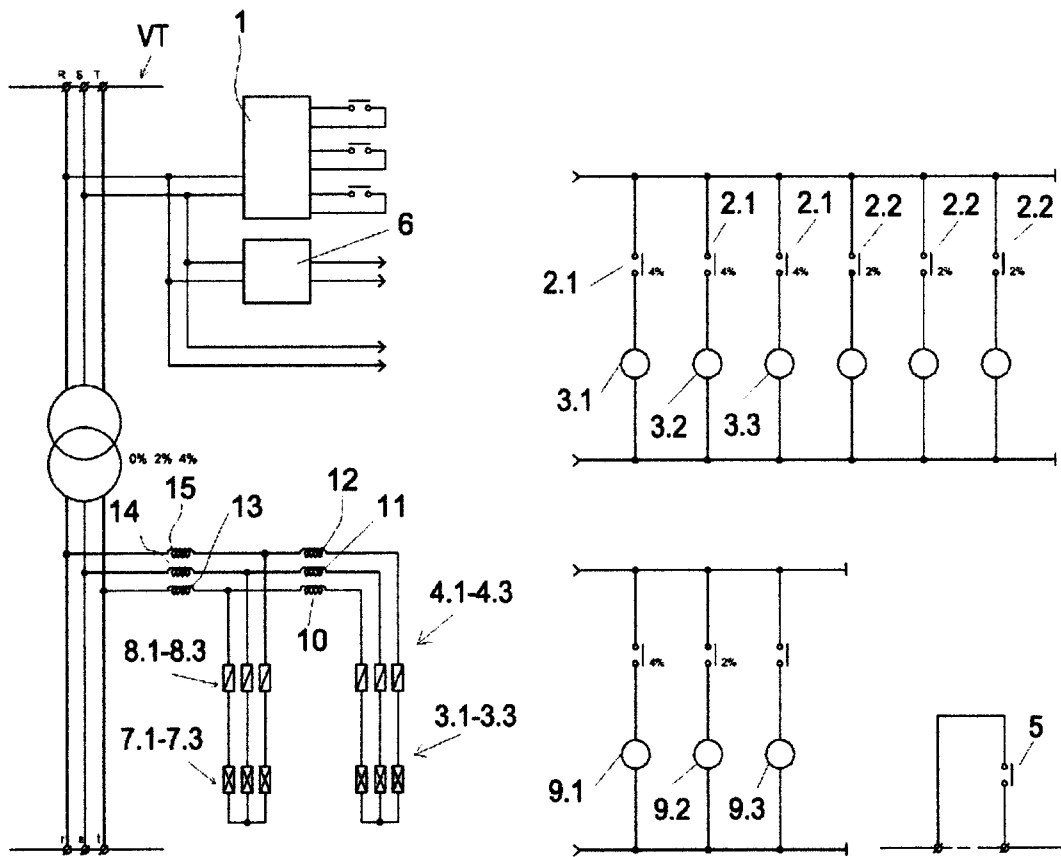


FIG. 1

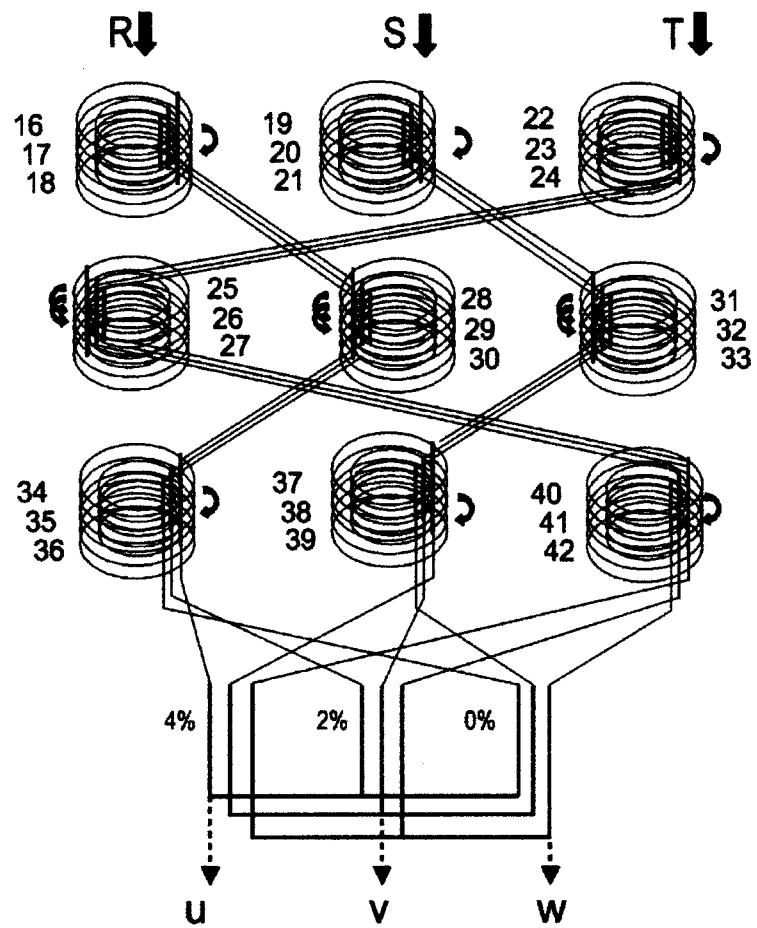


FIG. 2

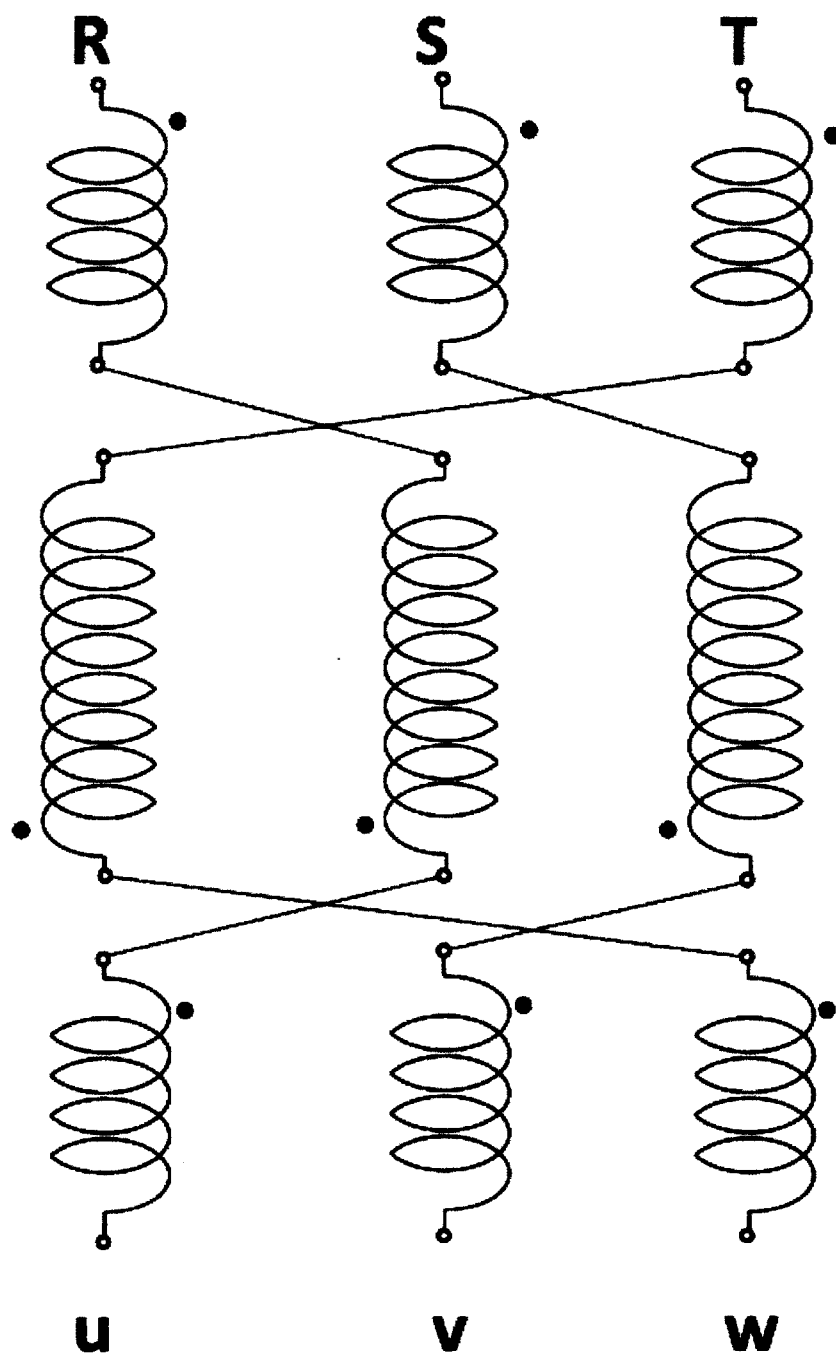


FIG. 3