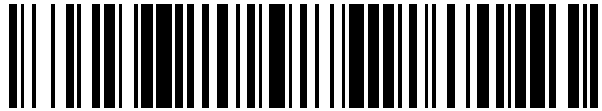


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 108**

21 Número de solicitud: 201730484

51 Int. Cl.:

H01F 29/14 (2006.01)
H01F 27/38 (2006.01)
G05F 3/06 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

30.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.10.2018

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)
Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES**

72 Inventor/es:

**ATEF ABBAS EL SAHARTY, Mohamed;
RODRIGUEZ CORTÉS, Pedro y
CANDELA GARCÍA, José Ignacio**

54 Título: **Transformador Activo Acondicionador de Potencia**

57 Resumen:

Transformador Activo Acondicionador de Potencia. Esta patente presenta una nueva estructura de transformador, el Transformador Activo Acondicionador de Potencia, caracterizado por un diseño de circuito magnético y de devanados auxiliares que permiten la integración de circuitos de compensación serie y derivación en la estructura del transformador. Las tensiones y corrientes en los devanados auxiliares se regulan mediante el uso de convertidores electrónicos de potencia o mediante otros circuitos pasivos. Su principio de funcionamiento se basa en la regulación de la fuerza magneto motriz y los flujos del transformador, los cuales están directamente relacionados con las magnitudes eléctricas de los devanados primario y secundario del transformador, regulando así la tensión y la corriente en estos devanados. El transformador resultante proporciona servicios de compensación serie y paralelo a la red y a la carga en un solo transformador integrado, que presenta ventajas en lo referente a su construcción, tamaño, flexibilidad y coste.

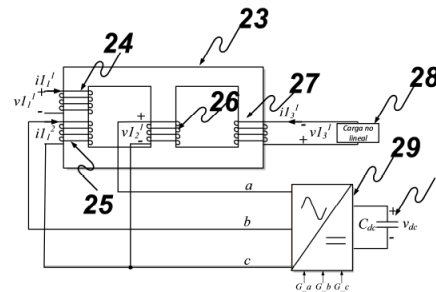


Figura 5

DESCRIPCIÓN

Transformador Activo Acondicionador de Potencia

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5 Esta invención trata de un nuevo Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP), caracterizado porque, además de disponer de los devanados primario y secundario de un transformador convencional, dispone también de unos devanados auxiliares y de un circuito magnético con caminos magnéticos adicionales que permiten controlar a voluntad el flujo magnético en su devanado secundario, con independencia del flujo magnético en el devanado primario, y la Fuerza Magneto-Motriz (FMM) en el devanado primario, con independencia de la FMM en el devanado secundario. Por tanto, siempre que se trabaje con tensiones y corrientes alternas que hagan posible la existencia de inducción magnética,
- 10

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

- 15 La expansión de los sistemas de potencia plantea varios desafíos. Entre ellos se incluyen el aumento del valor de pico en la demanda de energía eléctrica por parte de los consumidores, el uso de cargas no lineales que absorben corrientes distorsionadas y una creciente saturación de las líneas eléctricas. Todo esto afecta la calidad de potencia, a la estabilidad y a la confiabilidad del sistema de potencia, así como al precio de la energía [1]-[2]. La tendencia en la evolución de los sistemas de potencia hace que los métodos tradicionalmente empleados para la mitigación de los problemas anteriormente descritos resulten ineficaces, especialmente cuando existan continuas variaciones en la generación y en la demanda de la red [3]. Se espera que la red eléctrica del futuro sea inteligente, eficiente, tolerante a fallos y auto-reparable. Gracias a los avances en aplicación de electrónica de potencia a los sistemas de potencia, es posible controlar su dinámica en altos niveles de potencia, lo que permite solventar los desafíos anteriormente planteados [4].
- 20
- 25

- Los sistemas de potencia actuales utilizan modernas soluciones, tales como los Sistemas Flexibles de Transmisión en Corriente Alterna (FACTS - Flexible AC Transmission Systems) y los Dispositivos de Acondicionamiento de Potencia (CPD - Custom Power Devices) para mejorar su comportamiento. Estos dispositivos han demostrado mejorar el rendimiento y la rentabilidad de las instalaciones de transmisión y distribución en la explotación del sistema de
- 30

potencia [5]-[6]. En general, los dispositivos de compensación de potencia disponibles actualmente incorporan convertidores de potencia diseñados para ofrecer compensación serie, paralelo, serie-paralelo o una combinación de ellas. Sin embargo, estos dispositivos difieren de uno a otro en la configuración de su electrónica de potencia y del tipo de servicio proporcionado al sistema de potencia. El sistema serie-paralelo conocido como Controlador Unificado de Flujo de Potencia (UPFC -Unified Power Flow Controller) para sistemas de transmisión y el Controlador Unificado de Calidad de Potencia (UPQC -Unified Power Quality Conditioner) para sistemas de distribución combinan las ventajas de la compensación serie y en derivación en una sola unidad [7]-[8]. Estos dispositivos permiten el control en tiempo real las variables de las que depende el comportamiento de los sistemas de potencia, tales como la forma de onda de voltaje y de corriente, su amplitud y su ángulo de fase [9].

La conexión del UPFC y del UPQC al sistema de potencia se puede lograr a través de un transformador [10] o sin transformador [11]. Las limitaciones en la aplicabilidad del sistema de compensación basado en transformador se deben principalmente a la utilización de complicados y voluminosos transformadores en zig-zag para lograr la tensión, corriente y forma de onda deseada [11]. Por otro lado, la conexión no aislada de estos sistemas en el lado de alta tensión del sistema eléctrico requiere estructuras de convertidor complejas, que incrementan el tamaño y el coste de la instalación, mientras que la instalación en el lado de baja tensión necesita de grandes corrientes de compensación, aumentando el tamaño, el costo y la disipación de calor [12]. El transformador es un elemento esencial en un sistema de compensación, ya que adapta a los niveles de voltaje entre el inversor y la red eléctrica, al mismo tiempo que aísla ambos sistemas y proporciona flexibilidad para usar convertidores en fuente de tensión (VSC-Voltage Source Converter) estándar.

Los transformadores son una parte esencial del sistema de transferencia de energía eléctrica. Su presencia en los niveles de transmisión y distribución de la red, plantea la posibilidad de combinarlos con los sistemas de compensación que requieren una conexión aislada [13]. Bajo esa perspectiva, los transformadores de un sistema de potencia continuarían participando en la tarea de transferencia de energía, a la vez que proporcionarían servicios al sistema de energía en su punto de conexión. Tal enfoque integrado daría lugar a una mayor controlabilidad del comportamiento del sistema de potencia en términos estabilidad, confiabilidad, continuidad de suministro y calidad de potencia. Tal comportamiento puede conseguirse mediante la integración de circuitos magnéticos auxiliares en el transformador, lo que permite controlar el acoplamiento entre ambos lados del mismo. Esta nueva configuración del transformador reduce

el número de componentes magnéticos del sistema, a la vez que proporciona los servicios de compensación requeridos, lo que finalmente reduce el coste y el volumen del sistema a construir, a la vez que aporta servicios de compensación en su punto de conexión a la red.

5 La integración de dispositivos magnéticos y convertidores de potencia en aplicaciones de alta potencia se ha presentado en la forma de inductores acoplados, inductores y transformadores acoplados, o transformadores integrados (varios transformadores compartiendo un núcleo común) [13]. Modificaciones en la estructura magnética del transformador para integrar
10 compensación en derivación [14] y compensación en serie [15] basada en convertidores electrónicos de potencia han demostrado dar lugar a las ventajas esperadas. Estas configuraciones se han utilizado en aplicaciones de FACTS y de CPD para la compensación de tensión en serie [16]-[17] y compensación de potencia reactiva en derivación [14], el filtrado pasivo de armónicos en serie [18], el control de flujo de potencia en serie mediante saturación controlada del transformador [19], el uso de múltiples convertidores de derivación compartiendo un núcleo de transformador común [20], el inductor variable [21] y otras aplicaciones que
15 utilizan compensación en serie o en derivación. Aunque el principio de modelado de la compleja estructura magnética integrada en estos transformadores se ha presentado en la literatura [13], los dispositivos actuales exploran la compensación multi-series o multi-paralelo del sistema de potencia.

20 Varias soluciones reportadas en la literatura sugieren modificar la estructura del núcleo del transformador para incorporar el control del flujo magnético de derivación con la ayuda de una fuente de control de potencia [22], la cual forma internamente un efecto equivalente a la compensación eléctrica serie. Tales enfoques controlan la permeabilidad del material del núcleo mediante la producción de un flujo transversal a través de las secciones del núcleo, controlando por lo tanto el flujo entre los diferentes devanados del núcleo y controlando de esta
25 manera la amplitud de los voltajes inducidos. Tales modificaciones incluyen la introducción de núcleos de derivación [23], bobinas de derivación incrustadas en el núcleo [24]-[25] y la estructura de núcleo ortogonal [26]-[27]. Sin embargo, tales estructuras del núcleo fueron pensadas para ser aplicadas en la regulación de voltaje y en la creación de inductancias variables. Además, estos enfoques implican usar estructuras de núcleo especialmente
30 diseñada, las cuales pueden incluir entrehierros y configuraciones especiales de devanados que complican la construcción de tales dispositivos.

La aproximación más cercana al TAAP presentado en esta patente es una aplicación de UPFC basada en el uso del transformador de Sen [28], la cual integra un convertidor electrónico de

potencia y un transformador optimizado en coste. Mediante el uso de cambiadores de tomas para inyectar una tensión de compensación con parámetros controlables, el transformador de Sen puede funcionar como un UPFC con ciertos grados de libertad [29]. Sin embargo, el transformador de Sen presenta varias limitaciones debido al uso de cambiadores de tomas, lo cual conlleva ciertas carencias respecto a las prestaciones de un UPFC estándar. Esto lo incapacita para proporcionar ciertos servicios adicionales a la red, tales como emulación de inercia. Además, el control del flujo de potencia se realiza a saltos mediante el cambiador de tomas, con lo que no es posible realizar un control continuo y rápido sobre el flujo de potencia [30].

10 A pesar de las soluciones documentadas en la literatura, el concepto de un dispositivo con compensación serie-paralelo integrada, o con una combinación de conexiones en serie y en derivación en un transformador de potencia, que pueda proporcionar servicios de compensación de potencia de una manera flexible y que sea aplicable tanto a la red de transmisión y como a la de distribución, no se ha sido reportado aún en el estado actual de la técnica. De hecho, este es el enfoque de diseño del Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) objeto de esta patente, el cual permite diseñar un transformador que trabaja eficientemente en su labor de adaptación de los niveles de tensión y corriente de sus devanados primario y secundario, a la que vez que ofrece servicios de soporte de tensión y corriente a la red eléctrica para mejorar su funcionamiento.

20

Referencias

[1] World Energy Outlook 2016 (WEO-2016) series, International Energy Agency, Nov. 2016

[2] Shedding light on energy in the EU — A guided tour of energy statistics, Eurostat, Sept. 2016

25 [3] Discover the World of FACTS Technology – Technical Compendium, Siemens AG, 2011

[4] J. D. van Wyk and F. C. Lee, "On a Future for Power Electronics," in IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 1, no. 2, pp. 59-72, June 2013

[5] Li Peng, Lin Jinjiao, Kong Xiangping and Wang Yuting, "Application of MMC-UPFC and its performance analysis in Nanjing Western Grid," 2016 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy

30 Engineering Conference (APPEEC), Xi'an, 2016, pp. 2601-2605

- [6] G. Accetta, D. Della Giustina, S. Zanini, G. D'Antona and R. Faranda, "SmartDomoGrid: Reference architecture and use case analyses for a grid-customer interaction," IEEE PES ISGT Europe 2013, Lyngby, 2013, pp. 1-4
- [7] A. K. R. K. and S. P. Singh, "Congestion mitigation using UPFC," in IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 10, no. 10, pp. 2433-2442, 7 7 2016
- [8] Q. Xu, F. Ma, A. Luo, Z. He and H. Xiao, "Analysis and Control of M3C-Based UPQC for Power Quality Improvement in Medium/High-Voltage Power Grid," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 12, pp. 8182-8194, Dec. 2016
- [9] E. Ghahremani and I. Kamwa, "Analysing the effects of different types of FACTS devices on the steady-state performance of the Hydro-Québec network," in IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 8, no. 2, pp. 233-249, February 2014
- [10] D. Soto and T. C. Green, "A comparison of high-power converter topologies for the implementation of FACTS controllers," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 49, no. 5, pp. 1072-1080, Oct 2002
- [11] F. Z. Peng, Y. Liu, S. Yang, S. Zhang, D. Gunasekaran and U. Karki, "Transformer-Less Unified Power-Flow Controller Using the Cascade Multilevel Inverter," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 31, no. 8, pp. 5461-5472, Aug. 2016
- [12] Singh, B.; Saha, R.; Chandra, A.; Al-Haddad, K., "Static synchronous compensators (STATCOM): a review," Power Electronics, IET , vol.2, no.4, pp.297,324, July 2009
- [13] Yim-Shu Lee, Leung-Pong Wong and D. K. W. Cheng, "Simulation and design of integrated magnetics for power converters," in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 39, no. 2, pp. 1008-1018, Mar 2003
- [14] C. Wang, X. Yin, Z. Zhang and M. Wen, "A Novel Compensation Technology of Static Synchronous Compensator Integrated With Distribution Transformer," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 28, no. 2, pp. 1032-1039, April 2013
- [15] Wanlass Cravens L, "Closed loop parametric voltage regulator", Patent, US3679966 A, Pub.Date Jul 1972
- [16] Wijekoon, Pinwan Thiwanka Bandara, "Power Quality Control", Patent, EP20130192880, EP2733809 A2, International Filing Date:14.11.2013

- [17] Dayi Li; Qiaofu Chen; Zhengchun Jia; Changzheng Zhang, "A high-power active filtering system with fundamental magnetic flux compensation," Power Delivery, IEEE Transactions on , vol.21, no.2, pp.823,830, April 2006
- [18] Pleite, J.; Valdivia, V.; Zumel, P.; Gonzalez, C., "Transformer and Series Inductance
5 Integration for Harmonic Filtering in PWM Inverters Based in a Simple Design Procedure," Industrial Electronics, 2007. ISIE 2007. IEEE International Symposium on , vol., no., pp.1201,1206, 4-7 June 2007
- [19] A. Dimitrovski, Z. Li and B. Ozipineci, "Magnetic Amplifier-Based Power-Flow Controller," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 30, no. 4, pp. 1708-1714, Aug. 2015
- 10 [20] Robert H. Kippley, Bradley J. Schumacher, Andreas Stiedl, Kwong Kei Chin, "Multiphase Power Converters Having Shared Magnetic Core Sections", Patent, US2013/0083575, Pub.Date Apr.4,2013
- [21] Yuequan Hu, Laszlo Huber, Milan Jovanović, "Current-controlled variable inductor",Patent, US8120457 B2, Pub.Date Feb. 2012
- 15 [22] Larson Lee R, Toffolo Dominic S, "Flux switching transformer",Patent, US3087108 A, Pub. Date Jan 1963
- [23] Karl H. Brueckner, Charles A. Farel, Johnnie F. Irsik, "Flux controlled shunt regulated transformer", Patent, US4177418 A, Pub. Date Dec. 1979
- [24] Alfred M. Hase," Regulating transformer with magnetic shunt",Patent, US4206434 A,
20 Pub.Date Jun. 1980
- [25] Christian Sasse, Mats Leijon, Gunnar Russberg, Udo Fromm, Par Holmberg," Switchable flux control for high power static electromagnetic devices",Patent, US6801421 B1, Pub. Date Oct. 2004
- [26] Paul L. Meretsky, Amiram Carmon, "Inductive device having orthogonal windings", Patent,
25 US4210859 A, Pub.Date Jul. 1980
- [27] K. Nakamura, M. Kawakami, M. Maeda, H. Sato and O. Ichinokura, "Application of orthogonal-core transformer to series compensation for power system," in IEEE Transactions on Magnetics, vol. 37, no. 4, pp. 2858-2861, Jul 2001.

[28] K. K. Sen and Mey Ling Sen, "Introducing the family of "Sen" transformers: a set of power flow controlling transformers," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 1, pp. 149-157, Jan 2003

[29] K. K. Sen and Mey Ling Sen, "Comparison of the "Sen" transformer with the unified power flow controller," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 4, pp. 1523-1533, Oct. 2003

[30] J. Liu and V. Dinavahi, "Nonlinear Magnetic Equivalent Circuit-Based Real-Time Sen Transformer Electromagnetic Transient Model on FPGA for HIL Emulation," in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 31, no. 6, pp. 2483-2493, Dec. 2016

10 **EXPLICACIÓN DE LA INVENCION**

El Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) consiste en un transformador electromagnético que, además de los devanados primarios {2} y secundarios {4} habituales de cualquier transformador, incorpora unos devanados auxiliares {6} {8}, arrollados en ramas concretas su circuito magnético {3}. Siempre que el efecto de inducción electromagnética sea posible, es decir, siempre que se trabaje con flujos magnéticos alternos en el núcleo ferromagnético del transformador {3}, uno o varios devanados auxiliares {6} se encargarán de regular la FMM desarrollada por los devanados primarios del transformador {2}, con independencia de la FMM desarrollada por los devanados secundarios {4}. Mediante la aplicación de la relación escalar existente entre la FMM desarrollada por una bobina y la corriente que circula por la misma, se justifica matemáticamente que este conjunto de devanados auxiliares {6} permite regular la corriente en los devanados primarios del transformador {2}, con independencia de la corriente circulante por los devanados secundarios del transformador {4}. Así mismo, bajo la misma condición de existencia de inducción, uno o varios devanados auxiliares {8} (distintos a los anteriormente mencionados) se encargarán de regular el flujo magnético concatenado por los devanados secundarios del transformador {4}, con independencia del flujo magnético concatenado por los devanados primarios del transformador {2}. En base a la ley de la inducción de Faraday, que establece la relación entre el flujo magnético y la tensión inducida en una bobina, se justifica matemáticamente que este conjunto de devanados auxiliares {8} permite regular la tensión en los devanados secundarios del transformador {4}, con independencia de la tensión existente en los devanados primarios del transformador {2}. La corriente y tensión en los devanados auxiliares se controla mediante convertidores electrónicos de potencia {7} {9}, sobre los que se programan los algoritmos de

control necesarios {12} {13} en función de los servicios que el transformador aporte a los circuitos eléctricos primario {1} y secundario {5} a los que se encuentre conectado. Esta flexibilidad para regular la tensión en los devanados secundarios {4} y la corriente en los devanados primarios {2} hace posible que pudiesen existir puntos de operación del transformador en el que no exista balance de potencia entre circuito eléctrico primario {1} y el

5 circuito eléctrico secundario {5}. En tal caso, para que el transformador pueda seguir trabajando de manera estable, cumpliendo con el principio de conservación de la energía, es preciso que los convertidores de potencia {7} {9} que controlan los devanados auxiliares {6} {8} aporten o absorban el desequilibrio de potencia existente entre los circuitos eléctricos primarios {1} y secundarios {5}. Para ello, los convertidores de potencia {7} {9} se encuentran unidos mediante un circuito de enlace {10} que es el que se encarga de balancear energéticamente el transformador mediante el suministro o absorción de potencia. En el caso en que exista equilibrio de potencia, al menos en promedio, entre los circuitos eléctricos primarios {1} y secundarios {5}, el circuito de enlace {10} no tendrá que aportar energía neta y

10 podrá estar constituido por elementos reactivos.

Según lo expuesto, mediante el acondicionamiento de variables magnéticas en el núcleo del transformador, el cual requiere un diseño especial, es posible regular a voluntad la tensión del lado secundario y la corriente del lado primario del transformador. Como resultado, cuando el Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) se conecta a redes eléctricas,

20 además de desempeñar la función convencional de adaptación de tensión y corriente, podrá, mediante la programación de los algoritmos de control adecuados, eliminar los armónicos y desequilibrios de corriente en el circuito primario, eliminar los armónicos y desequilibrios de tensión en el circuito secundario del transformador, regular el flujo de potencia a través del mismo mediante el desfase de la componente fundamental de tensión de los circuitos primario y secundario, regular la tensión en el punto de conexión del circuito primario mediante la inyección de corriente reactiva de frecuencia fundamental en el circuito primario del transformador, pre-magnetizar el transformador para evitar corrientes de irrupción en su conexión, acondicionar la corriente del circuito primario cuando se trabaja a con bajos niveles de carga debido a la corriente magnetizante, dar soporte a la tensión de red en el lado de

25 primario durante cortocircuitos mediante la inyección de corriente reactiva instantánea en el lado de primario del transformador, restaurar la tensión del circuito de secundario durante eventos transitorios de tensión en el circuito primario mediante la restauración del flujo magnético en el lado secundario, atenuar oscilaciones transitorias en el flujo de potencia a

30

través del transformador mediante la regulación de la potencia intercambiada por los devanados auxiliares, suministrar inercia sintética en los circuitos de conexión del transformador mediante la regulación de la potencia intercambiada por los devanados auxiliares y alimentar sistemas eléctricos aislados conectados en el lado secundario de transformador (con el lado primario del transformador en circuito abierto) mediante el aporte de energía desde el circuito de enlace de los convertidores de potencia del transformador. La principal novedad del Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) objeto de esta invención es que todas estas funcionalidades se consiguen mediante la regulación de variables magnéticas en el núcleo magnético de un sistema monolítico que se conecta a la red eléctrica mediante sus devanados primario y secundario.

El concepto que soporta la invención se basa en la teoría que rige el comportamiento de circuitos magnéticos, en los que los devanados enrollados en un mismo embarrado magnético comparten el mismo flujo magnético y por tanto la FMM desarrollada por dicho embarrado es igual a la suma algebraica de las FMMs desarrolladas por cada uno de los devanados, por lo que son equivalentes a circuitos eléctricos conectados en paralelo, en los que la corriente total es igual a la suma algebraica de las corrientes de cada uno de los circuitos. De la misma manera, los devanados arrollados sobre embarrados magnéticos montados en paralelo desarrollan la misma FMM, por lo que el flujo magnético concatenado por uno de los devanados es igual a la suma algebraica de los flujos magnéticos concatenados por los demás devanados, por lo que son equivalentes a circuitos eléctricos conectados en serie en un lazo, en los que la tensión en cualquiera de los circuitos es igual a la suma algebraica de la tensión en los demás. La Fig. 2 muestra la estructura generalizada de los devanados de compensación de un transformador acondicionador de múltiples fases y múltiples compensaciones serie y paralelo. Con p fases en el transformador, cada fila {14} representa una fase única que consta de múltiples ramas magnéticas en derivación {15}. Cada rama de cada fase representa un circuito eléctrico equivalente conectado en serie con las otras ramas en la misma fase. En esta descripción se considera que el extremo inicial del transformador está conectado a la primera rama {16} en cada fase, mientras que el extremo final del transformador está conectado a la última rama {18}. Entonces, el número de ramas m en cada fase {17} representaría múltiples circuitos eléctricos serie equivalentes entre {16} y {18}. Mientras que cada rama {16}, {17} y {18} consta de múltiples devanados, n , que forman un circuito eléctrico de derivación equivalente con cada uno de esos devanados de ramas particulares. Si se requiere una compensación en serie, debe observarse que los devanados primario y secundario no pueden existir en la misma rama. Por lo tanto, para incorporar la compensación en serie, el número mínimo de ramas es

de tres, con devanados primario y secundario en ramas independientes. Se considera que la compensación de derivación puede existir en cualquier rama para compensar otros devanados en esa rama.

5 Considerando la analogía en la que la FMM de cada bobina puede ser representada como una fuente de corriente en un circuito eléctrico y los flujos que fluye a través del núcleo magnético están representados por la tensión inducida en cada bobina, la Fig.3 muestra como cada fase consta de varios circuitos en derivación y varios circuitos en serie. En caso de desequilibrio entre diferentes fases, el flujo equivalente fluiría a través de la ruta de flujo de secuencia homopolar {19}, como ocurre en un transformador polifásico en situación de desequilibrio.

10 La notación Np_k^n se usa para representar cualquier devanado en la configuración descrita, mientras estos devanados pueden adoptar cualquier forma en la arquitectura de devanados. Suponiendo que el transformador es conectado a un sistema equilibrado y sin pérdidas, el circuito eléctrico equivalente que se muestra en la Fig.3 ilustra que la FMM inducida por F en una rama es igual a la suma de todas las FMM inducidas por cada devanado en esa rama, tal y como se presenta en (1), cumpliéndose que el flujo total de todas las ramas en una fase sumará cero (2). Esto muestra la posibilidad de ajustar el voltaje inducido en cualquier rama ajustando el flujo de la rama adyacente a través de alguno de sus bobinados. Mientras tanto, la FMM en todas las ramas son iguales, como se muestra en (3). Por lo tanto, la corriente en un devanado de una rama puede ajustarse variando el FMM desarrollada por los otros devanados

15

20 en esa rama.

$$Fp^n = \sum_{x=1}^{x=k} Fp_x^n \quad (1)$$

$$\sum_{x=1}^{x=n} \varphi p_k^x = 0 \quad (2)$$

$$\sum_{x=1}^{x=n} Fp_x^1 = \sum_{x=1}^{x=n} Fp_x^2 = \dots = \sum_{x=1}^{x=n} Fp_x^m \quad (3)$$

La estructura en la Fig. 2 puede ser utilizada como un transformador, con el inicio en una rama y el final en otra, mientras que los devanados extra existentes se consideran como devanados auxiliares que proporcionan servicios de acondicionado a las ramas inicial y final. En base a lo indicado en (1) a (3), el control del flujo y de la FMM en el circuito magnético se logra a través del control de voltaje y corriente en los devanados auxiliares del transformador. Esto puede lograrse a través de un convertidor de potencia basado en electrónica de potencia, como se muestra en la Fig. 4. El convertidor de potencia {20} puede utilizar los devanados del transformador para transferir energía entre ellos a través de un búfer de energía {21} o directamente suministrar/absorber energía a/de los diferentes devanados utilizando un sistema de fuente/almacenamiento de energía {22}.

Las principales características de esta construcción combinada en comparación con el enfoque multi-transformador convencional, en el que los compensadores serie y paralelo se conectan a la red mediante el uso de transformadores de aislamiento separados, se pueden resumirse como:

- 15 (a) Reducción del número total de devanados y tamaño del núcleo en comparación con el caso de tener cada convertidor conectado a través de transformadores de aislamiento independientes.
- (b) Acoplamiento magnético de los circuitos de los convertidores en serie y en derivación a los devanados primario y secundario de un transformador.
- 20 (c) Utilización de un transformador único con flujo controlado con corrientes de arranque reducidas gracias a la pre-energización del núcleo del transformador.
- (d) Eliminación de la necesidad de utilizar devanados de alta tensión/corriente, los cuales están normalmente presentes en el lado primario de los transformadores de aislamiento en serie y en derivación.
- 25 (e) Reducción del número total de devanados en un 33% en comparación con el uso de varios transformadores separados.
- (f) Reducción de los requerimientos de hierro en un 13% en un sistema polifásico. La estructura resultante del transformador de tipo acorazado combina el núcleo de varios transformadores, uno encima del otro, eliminando la necesidad de ramas horizontales extra.

La reducción global del coste y la integración del convertidor de potencia con el transformador como una sola unidad convierten a la presente invención en un enfoque atractivo para minimizar la necesidad de varios sistemas de compensación en cascada.

Breve descripción de las figuras

5 Las características asociadas con la invención presentada en esta patente están soportadas con las siguientes figuras:

- Figura 1; Muestra la estructura general de la implementación del Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP).

Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

- 10 {1} Circuito eléctrico primario
- {2} Devanados primarios
- {3} Circuito magnético del transformador
- {4} Devanados secundarios
- {5} Circuito eléctrico secundario
- 15 {6} Devanados auxiliares para la compensación en paralelo del lado de primario
- {7} Controladores conectados a los devanados auxiliares en paralelo {6}
- {8} Devanados auxiliares para la compensación en serie del lado de secundario
- {9} Controladores conectados a los devanados auxiliares en serie {8}
- {10} Circuito de enlace para el intercambio de energía controladores serie y paralelo
- 20 {11} Señales de control de los controladores de compensación serie y paralelo
- {12} Algoritmos de control para la gestión de la calidad de suministro en el lado primario y secundario
- {13} Algoritmos de control para proporcionar servicios de apoyo de red en el lado primario y secundario
- 25 - Figura 2; Vista frontal del transformador en esta invención, con N bobinas por cada p fases, con k circuitos de serie y n circuitos en derivación. Las bobinas están dispuestas en ramas formando n circuitos en derivación, mientras que las ramas se unen junto con

los yugos formando k circuitos serie. Los yugos se unen para cerrar todos los p fases juntas en una sola unidad.

Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

{14} ramas por fase que constan de n bobinas del circuito de derivación

5 {15} ramas por fase conectadas a través del yugo que consta de n bobinas de circuito de derivación

{16} ramas primarias por fase, que constan de n bobinas en derivación por circuito

{17} ramas de serie por fase, que constan de n bobinas en derivación por circuito

{18} ramas secundarias por fase, que consta de n bobinas en derivación por circuito

10 - Figura 3; Circuito equivalente eléctrico del transformador de la Fig.2 con un camino de secuencia homopolar L_o {19}

- Figura 4; Convertidor electrónico de potencia conectado a los devanados auxiliares del transformador

Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

15 {20} Convertidor de potencia (inversor)

{21} Almacenamiento de energía

{22} Fuente/almacenamiento de energía

20 - Figura 5; El Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) a nivel de distribución monofásico, que consiste en un bobinado primario, secundario, serie y paralelo. Los devanados en serie y en derivación están conectadas a un inversor trifásico a través de la fase a y b con salida controlada voltaje $v1_2^1$ y la corriente $i1_1^2$ respectivamente mientras un neutro común entre ambos devanados está conectado a la fase c . El bobinado secundario está conectado a una carga no lineal que absorbe corrientes armónicas con tensión secundaria $v1_3^1$, mientras que la bobina primaria está

25 conectada a una fuente de tensión armónica $v1_1^1$. El inversor está equipado con un condensador de DC C_{dc} cuyo voltaje v_{dc} es controlado. Las señales de control de la Fig.7 y Fig.8 se utilizan para conmutar el inversor con las señales de puerta G_a , G_b y G_c .

Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

{23} TAAP monofásico

{24} Devanado primario

{25} Devanado de compensación desviación

{26} Devanado de compensación serie

5 {27} Devanado secundario

{28} Carga no-lineal compuesta por un rectificador, circuito LC y carga resistiva

{29} Inversor DC-AC

{30} Condensador de DC

10 - Figura 6; Circuito eléctrico equivalente simplificado de la Fig.5 mostrando el voltaje primario $v_{1_1}^1$, corriente del circuito derivación $i_{1_1}^2$, voltaje del circuito serie $v_{1_2}^1$, corriente de carga secundaria $i_{1_3}^1$ y tensión secundaria $v_{1_3}^1$.

15 - Figura 7; Regulador de voltaje serie que consta de un controlador PI, controladores proporcionales y resonantes. El número de controladores resonante x representa el número de órdenes de armónicos a compensarse. Las señales necesarias para el funcionamiento de controladores son la magnitud de la tensión secundaria $V_{1_3}^1$, la magnitud de referencia de tensión secundaria $V_{1_3}^{1*}$, la referencia de voltaje armónico de tensión secundaria $v_{1_3_h}^{1*}$, la tensión instantánea secundaria $v_{1_3}^1$, la señal de sincronización secundaria $\sin(\omega t)_{1_3}^1$ y la frecuencia primaria ω . La señal de salida es la tensión serie de la salida $v_{1_2}^1$.

20 Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

{31} Controlador de magnitud de tensión secundaria

{32} Controlador de armónicos de tensión secundaria

25 - Figura 8; Controlador de corriente en derivación que consta de un controlador PI, controladores proporcionales y resonantes. El número de controladores resonante x representa el número de órdenes de armónicos a compensarse. Las señales necesarias para el funcionamiento de controladores son voltaje de bus DC v_{dc} , la referencia de tensión DC v_{dc}^* , la corriente de primario $i_{1_1}^1$, la referencia primaria de armónicos corriente $i_{1_1_h}^{1*}$, corriente derivación $i_{1_1}^2$, la señal de sincronización de voltaje primario de la bobina $\sin(\omega t)_{1_1}^1$ y frecuencia primaria ω . La señal de salida es la tensión derivación de salida $v_{1_1}^2$.

30

Las siguientes marcas están representadas en esta figura:

{33} Controlador de tensión de bus DC

{34} Regulador de potencia reactiva primaria

{35} Controlador de la corriente derivación

5 {36} Controlador de corriente de armónicos primaria

Descripción detallada de la realización preferida

A continuación, se describirá una realización preferida del Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) de acuerdo con la presente invención con referencia a las figuras ilustradas.

10 En esta realización, se considera un sistema de distribución monofásico consistente en una tensión de red con armónicos y una carga no lineal que absorbe una corriente armónica. El objetivo de esta realización es mostrar el desarrollo de un sistema UPQC para compensar tales armónicos mientras se mantiene el control sobre la potencia reactiva suministrada por la red, el control de corriente primaria para amortiguar la corriente de arranque del transformador y el
15 control de la magnitud de la tensión secundaria usando un Transformador Activo Acondicionador de Potencia (TAAP) monofásico.

Como se muestra en la Fig. 5, el TAAP de configuración magnética monofásica {23} está formado por tres ramas. Una rama consiste en el devanado primario {24} y el devanado de compensación en derivación {25}. El devanado primario está conectado a una tensión de red
20 con armónicos $v_{1,1}^1$ representada por (4), donde V es la magnitud de la componente fundamental y V_y es la magnitud de cada componente armónico. El flujo magnético generado por este devanado contiene todas las componentes armónicas presentes en la tensión. En un transformador típico, estas componentes armónicas inducirían una forma de onda de tensión similar $v_{1,3}^1$ en el devanado secundario {26}. Mientras tanto, el devanado secundario está
25 conectado a una carga no lineal {27} que absorbería la corriente armónica $i_{1,3}^1$, representada por (5), a la vez que la componente fundamental I . Hay que resaltar, esta corriente armónica también estaría presente si la carga fuese resistiva pura y $v_{1,1}^1$ tuviera componentes armónicos. La corriente armónica absorbida por la carga generaría un FMM en el embarrado del transformador que sería consistente con la corriente de carga. Dado que las ramas {24} y {27}
30 están magnéticamente en paralelo, se generaría una corriente armónica $i_{1,1}^1$ en el devanado primario. Dado que {24} y {25} son equivalentes a un circuito en serie magnético y por lo tanto

representan una suma magnética de FMMs en esta rama, el objetivo del bobinado de derivación {25} es generar las componentes armónicas de la FMM tal que {24} genere solamente el componente fundamental y, por lo tanto, absorber corriente puramente sinusoidal de la red. Esto se consigue controlando la corriente i_{1_2}' a través de {25}, tal y como se muestra en (6). De esta manera, se genera la forma de onda de corriente requerida en el devanado auxiliar, la cual produce la FMM necesaria para que la corriente en {24} sea puramente sinusoidal. Además, el control sobre la potencia reactiva requerida desde el devanado primario puede conseguirse suministrando esta potencia reactiva a través de {25}, es decir, cambiando el ángulo de fase θ , como se muestra en (6).

10 El convertidor trifásico {29} procesaría la señal de referencia correspondiente para controlar la corriente en la fase 'a', conectada al devanado {25}. Por otra parte, según (6), esta fase estaría absorbiendo corriente fundamental de la bobina primaria para cargar el condensador de bus DC C_{dc} {30} para mantener una tensión DC constante, v_{dc} .

15 Para atenuar los armónicos de tensión en el bobinado secundario debido al flujo no-sinusoidal generado por el bobinado primario, el devanado de la rama central {26} actuaría como un circuito equivalente serie para compensar, según (7), los componentes armónicos del flujo magnético generando por la tensión armónica. Así, el flujo resultante en {27} es puramente sinusoidal y genera una tensión sinusoidal v_{1_3}' . Por otra parte, según (7), la bobina {26} puede inducir flujo sinusoidal extra a través de V_c para aumentar o disminuir el componente
20 fundamental del flujo que fluye hacia la bobina secundaria con el fin de compensar las variaciones de voltaje fundamental.

El convertidor {29} controla el voltaje inducido en {26}. El punto neutro entre {25} y {26} está conectado a fase 'c' del convertidor y la señal de referencia requerida se aplica a través de un controlador que permite compartir ambos bobinados en un punto común.

25 El circuito eléctrico equivalente que se muestra en la Fig. 6 representa el funcionamiento monofásico del TAAP como UPQC, tal y como se indica en las ecuaciones (4) a (7). Como resultado, este circuito genera una tensión secundaria sinusoidal y una corriente primaria sinusoidal, la cual, además, está en fase con el voltaje primario.

$$v_{1_1}' = V \sin(\omega t) + \sum_{y=2}^{y=\infty} V_y \sin(y\omega t + \theta_y) \quad (4)$$

$$i1_3^1 = I \sin(\omega t + \theta) + \sum_{y=2}^{y=\infty} i_y \sin(y\omega t + \theta_y) \quad (5)$$

$$i1_1^2 = I1_1^2 \sin(\omega t + \theta) + \sum_{y=2}^{y=\infty} i_y \sin(y\omega t + \theta_y) \quad (6)$$

$$v1_2^1 = V_c \sin(\omega t) - \sum_{y=2}^{y=\infty} V_y \sin(y\omega t + \theta_y) \quad (7)$$

La arquitectura de control del sistema se presenta en las Fig.7 y Fig. 8, consistentes en dos controladores, el controlador de compensación en derivación y el controlador de compensación en serie. El esquema de compensación serie se muestra en la Fig. 7, la cual consta de dos partes; el control de la magnitud del voltaje secundario marcado {31} y compensación armónica del voltaje secundario {32}. La magnitud de la tensión del secundario $V1_3^1$ se mantiene constante a través de un controlador proporcional-integral PI, logrando la tensión de referencia del secundario, $V1_3^{1*}$. La señal de referencia resultante se multiplica por de señal tensión secundaria de sincronización $\sin(\omega t) 1_3^1$ para lograr una compensación en fase de la magnitud de la tensión del secundario. Mientras tanto, los armónicos de la tensión secundaria se compensan a través de un controlador proporcional resonante (PR) ajustado a las frecuencias de compensación requeridas, esto es, 2ω hasta $n\omega$, con los armónicos de tensión secundaria de referencia $v1_3^1_{-h}^*$ puestos a cero. Las tensiones de referencia resultantes se suman para obtener la tensión inducida requerida en el devanado de compensación en serie, que es la tensión de referencia para la rama 'a' respecto a la rama 'c' del convertidor {29}.

15 El controlador de compensación en derivación, el cual se muestra en la Fig.8, se compone de cuatro controladores; dos controladores controlan la componente fundamental de la corriente primaria {33} y {34}, respectivamente, un controlador compensa las componentes armónicas {36} y un controlador de corriente del devanado en derivación {35} calcula la corriente de referencia requerida de los controladores anteriores. El regulador de voltaje del bus DC {33} logrará un valor promedio de tensión constante en el bus DC del convertidor v_{dc}^* mediante la absorción de potencia activa desde el lado primario del transformador. Un controlador PI determina la corriente de carga del condensador requerida, la cual está sincronizada con el voltaje primario fundamental, $\sin(\omega t) 1_1^1$, para lograr la referencia de corriente primaria de carga $i1_1^{1*}$. Esta corriente de referencia se compara con la realimentación de corriente del devanado primario $i1_1^1$ y se procesa en un controlador de PR sintonizado a frecuencia fundamental, ω , para obtener la corriente fundamental en derivación requerida para lograr una tensión del bus de DC constante, manteniendo una potencia reactiva cero en el devanado primario y lograr la amortiguación a la corriente primaria durante transitorios. Las corrientes armónicas primarias se

compensan a través de un regulador PR sintonizado a las frecuencias de compensación requeridas, estableciendo a cero la corriente de referencia $i_{1_{-h}}^{1*}$ y produciendo así las corrientes armónicas de compensación de derivación requeridas. La corriente de compensación combinada i_{2}^{1*} se controla mediante un controlador PR para obtener el voltaje de salida de la derivación del convertidor v_{2}^{1} .

El desacoplamiento de la tensión de la rama 'a' y rama 'b' con respecto a la rama 'c' se logra mediante la determinación del ciclo de trabajo de cada rama en el Modulador de Anchura de Pulso (PWM), desacoplando el control de todas las fases mediante el reparto estados de conmutación entre las diferentes fases. La frecuencia primaria ω se obtiene a través de un sincronizador del tipo DSOGI FLL (Double Second-Order Generalized Integrator Frequency Locked Loop). El DSOGI se utiliza para calcular las componentes de secuencia positiva y negativa (PNSC - Positive/Negative Sequence Calculation block) de la tensión y así determinar la señal sincronización $\sin(\omega t)$ 1_1^1 , la magnitud de tensión secundaria V_{3}^1 y la tensión secundaria de sincronización de la señal $\sin(\omega t)$ 1_3^1 , requerida para los controladores de compensación discutidos anteriormente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un Transformador Activo Acondicionador de Potencia con configuración monofásica, **caracterizado** por tener un núcleo magnético cerrado de tres columnas, como el representado en la Figura 5, en el que un devanado primario {24} y un devanado secundario {27} se arrollan en dos columnas diferentes del núcleo; un devanado auxiliar de regulación de la fuerza magneto-motriz desarrollada por el devanado primario {25} se arrolla en la misma columna que el devanado primario {24}; un devanado auxiliar de regulación del flujo concatenado por el devanado secundario {26} se arrolla en la columna que queda libre; y un convertidor de potencia trifásico {29} controla tanto la corriente en el devanado auxiliar de regulación de la fuerza magneto-motriz del devanado primario ($i1_1^2$) y como el voltaje en el devanado auxiliar de regulación del flujo concatenado por el devanado secundario ($v1_2^1$).
- 10
- 15 2. El Transformador Activo Acondicionador de Potencia reivindicado en 1, **caracterizado** porque la corriente en el devanado auxiliar de regulación de la fuerza magneto-motriz del devanado primario ($i1_1^2$) se controla mediante un convertidor de potencia monofásico y el voltaje en el devanado auxiliar de regulación del flujo concatenado por el devanado secundario ($v1_2^1$) se controla mediante otro convertidor de potencia monofásico, siendo ambos convertidores monofásicos casos particulares del convertidor polifásico genérico representado en la Figura 4 y teniendo sus elementos de almacenamiento de energía {21} o la fuente/almacenamiento de energía {22} interconectados entre sí, formando un circuito de enlace {10} para asegurar el balance de potencia.
- 20
- 25 3. Un Transformador Activo Acondicionador de Potencia con configuración trifásica, **caracterizado** por estar constituido por tres Transformadores Activos Acondicionadores de Potencia con configuración monofásica, como los reivindicados en 1 o 2, en los que los tres devanados primarios y los tres devanados secundarios del sistema se interconectan respectivamente en configuración de estrella o triángulo en función de los requerimientos de la red y de la carga.
- 30 4. El Transformador Activo Acondicionador de Potencia reivindicado en 3, **caracterizado** porque los tres devanados auxiliares de regulación de la fuerza magneto-motriz del devanado primario {25} se interconectan en estrella o triángulo, siendo su corriente controlada mediante un convertidor de potencia trifásico, y los tres devanados auxiliares

de regulación del flujo concatenado por el devanado secundario {26}, siendo su voltaje controlado mediante otro convertidor de potencia trifásico, derivándose ambos convertidores trifásicos del convertidor polifásico genérico representado en la Figura 4 y teniendo sus elementos de almacenamiento de energía {21} o la fuente/almacenamiento de energía {22} interconectados entre sí, formando un circuito de enlace {10} para asegurar el balance de potencia.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
5. El Transformador Activo Acondicionador de Potencia con configuración trifásica, **caracterizado** porque tres núcleos magnéticos cerrados de tres columnas, como el representado en la Figura 5, se apilan físicamente para formar una estructura única trifásica acorazada, como un caso particular de la estructura genérica mostrada en la Figura 2, en la que existen tres devanados primarios {24}, tres devanados secundarios {27}, tres devanados auxiliares de regulación de la fuerza magneto-motriz desarrollada por los devanados primarios {25} y tres devanados auxiliares de regulación del flujo concatenado por los devanados secundarios {26}, y en la que los tres devanados auxiliares de regulación de la fuerza magneto-motriz del devanado primario {25} se interconectan en estrella o triángulo, siendo su corriente controlada mediante un convertidor de potencia trifásico, y los tres devanados auxiliares de regulación del flujo concatenado por el devanado secundario {26}, siendo su voltaje controlado mediante otro convertidor de potencia trifásico, derivándose ambos convertidores trifásicos del convertidor polifásico genérico representado en la Figura 4 y teniendo sus elementos de almacenamiento de energía {21} o la fuente/almacenamiento de energía {22} interconectados entre sí, formando un circuito de enlace {10} para asegurar el balance de potencia.

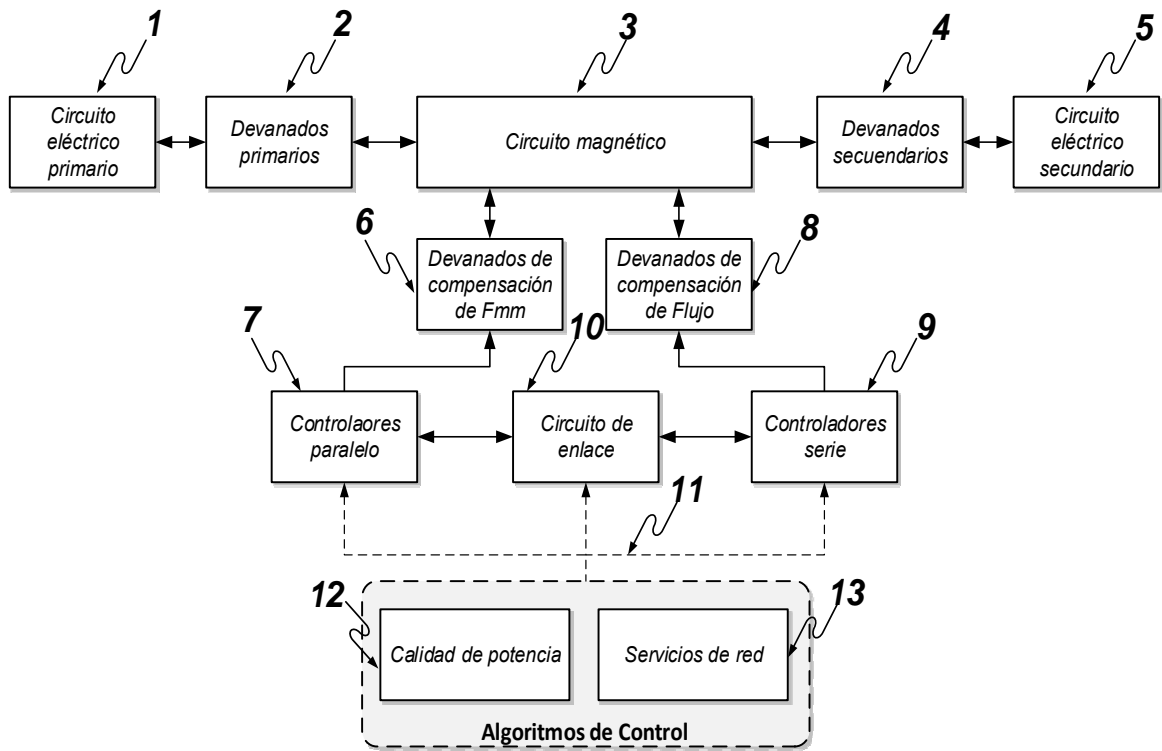


Figura 1

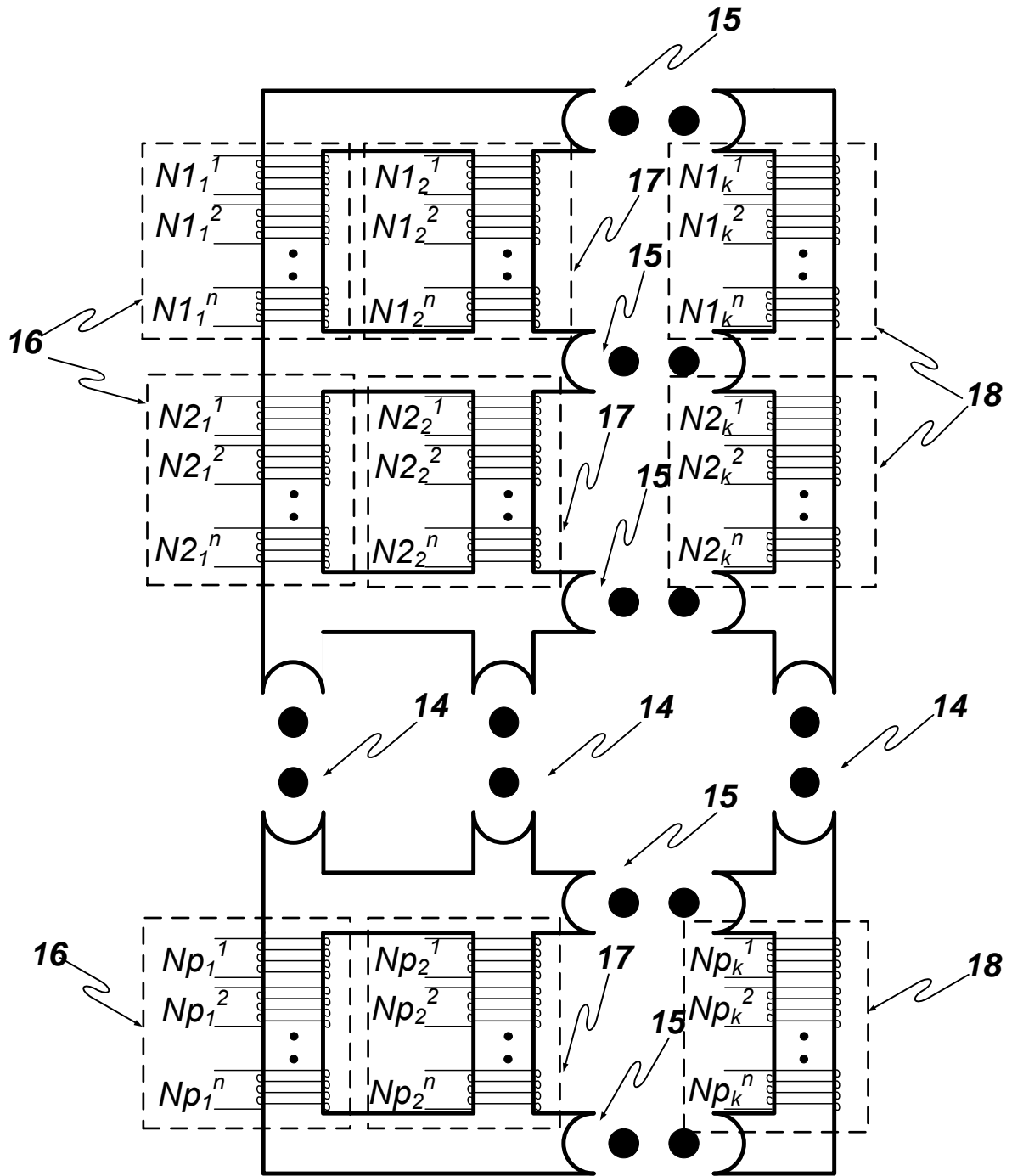


Figura 2

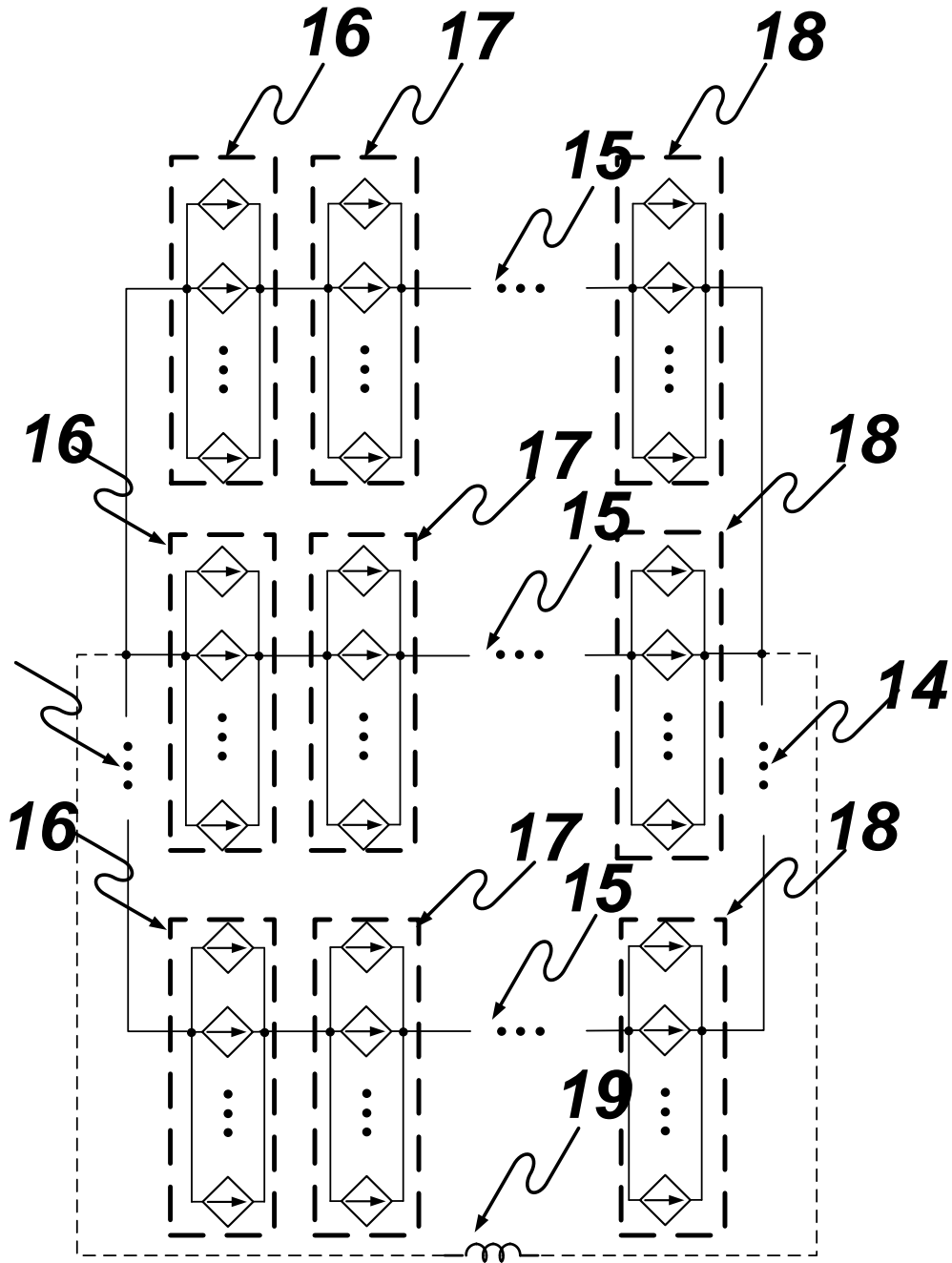


Figura 3

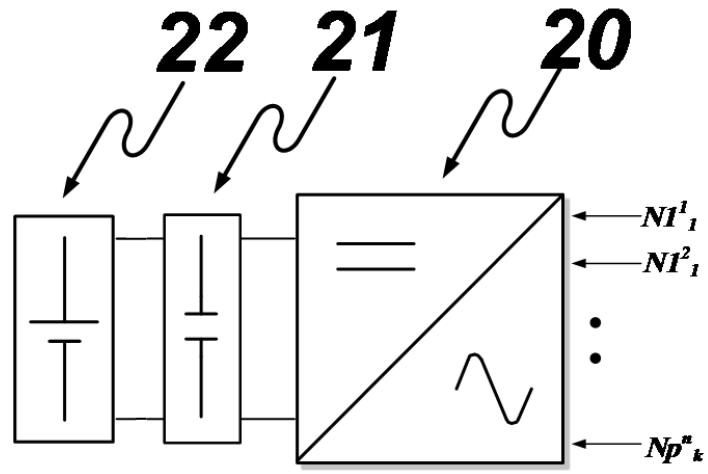


Figura 4

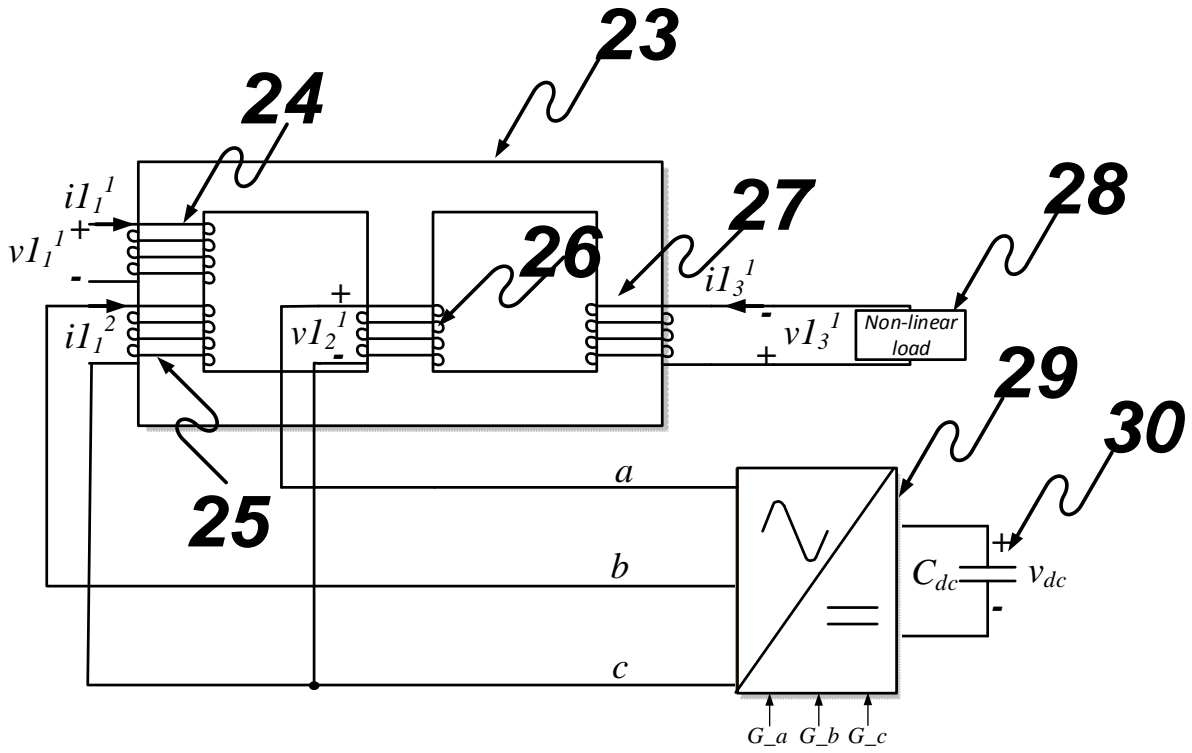


Figura 5

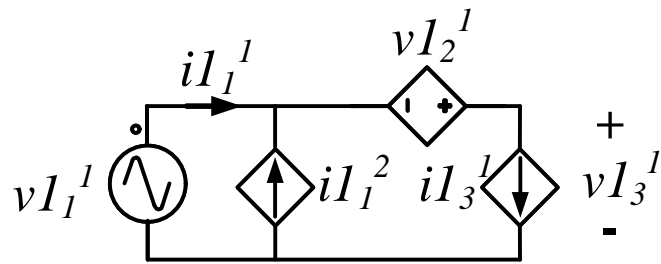


Figura 6

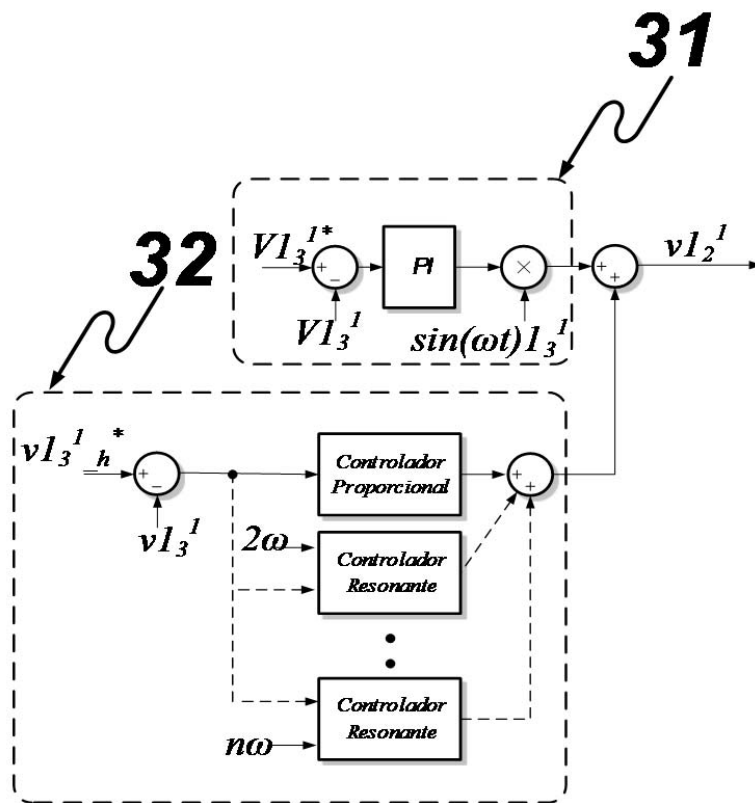


Figura 7

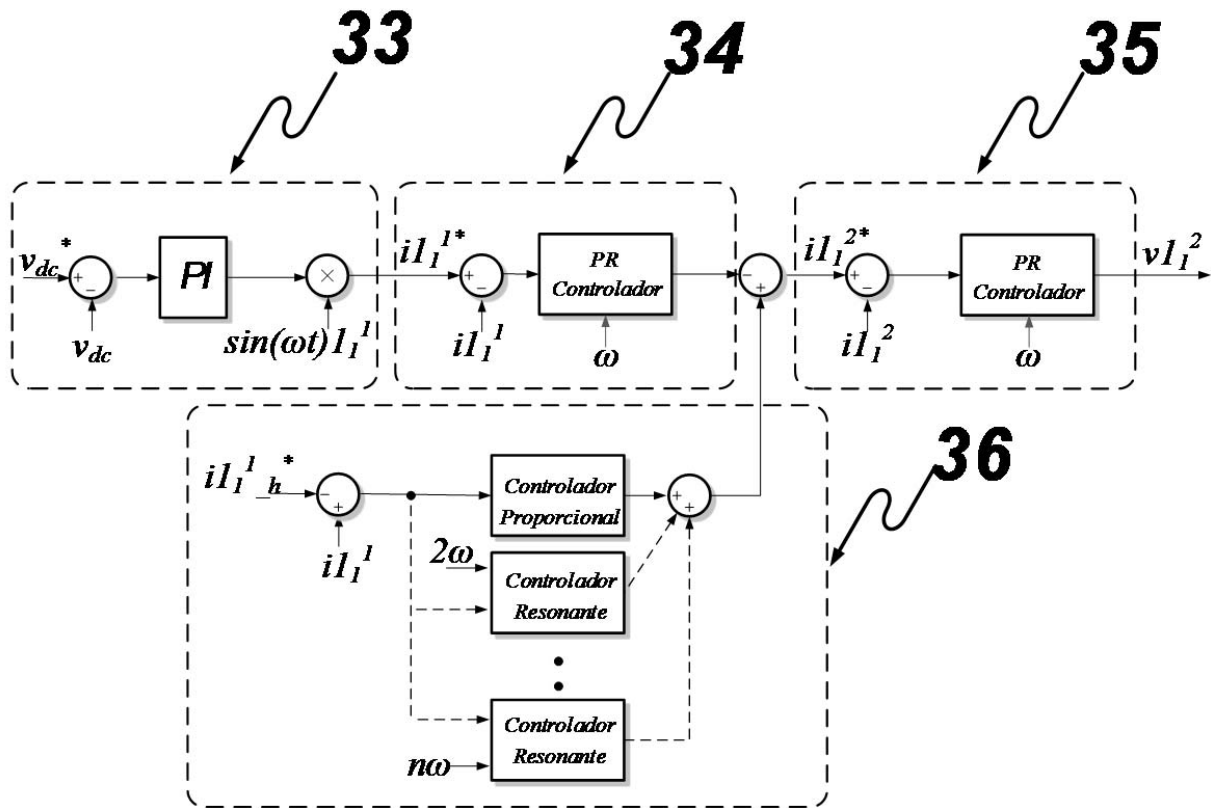


Figura 8



②① N.º solicitud: 201730484

②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.03.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 3990030 A (STANDEX INT CORP) 02/11/1976, Figuras 2 y 5; columna 2, línea 18- columna 4, línea 12	1-5
A	ISTVAN VAJDA; ANDREW HYDE; ATTILA GYORE; GABOR NADOR; THIERRY TROLLIER; BERND SAILER; ROLAND BOHM. SLIMFORMER-SELF-LIMITING TRANSFORMER PRE-PROTOTYPE AND PILOT PLANT DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTS. IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, 01/06/2011, Vol. 21, Nº 3, Páginas 1298 - 1302 , <DOI: 10.1109/TASC.2011.2108251 >	1-5
A	US 3665150 A (IND SIGMA SA DE CV) 23/05/1972, Resumen; figura 1, columna 2, línea 35- columna 4, línea 15	1-5
A	CN 201444443 U (MING WEI) 28/04/2010, Resumen figuras	1-5
A	GB 617706 A (CONST ELECTR) 10/02/1949, Figuras 1, 2	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
06.04.2018

Examinador
L. J. García Aparicio

Página
1/4

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

H01F29/14 (2006.01)

H01F27/38 (2006.01)

G05F3/06 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01F, G05F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 06.04.2018

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 3990030 A (STANDEX INT CORP)	02.11.1976
D02	ISTVAN VAJDA; ANDREW HYDE; ATTILA GYORE; GABOR NADOR; THIERRY TROLLIER; BERND SAILER; ROLAND BOHM. SLIMFORMER-SELF-LIMITING TRANSFORMER PRE-PROTOTYPE AND PILOT PLANT DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTS. IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, Vol. 21, Nº 3, Páginas 1298 - 1302, <DOI: 10.1109/TASC.2011.2108251 >	01.06.2011
D03	US 3665150 A (IND SIGMA SA DE CV)	23.05.1972
D04	CN 201444443 U (MING WEI)	28.04.2010
D05	GB 617706 A (CONST ELECTR)	10.02.1949

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D1 presenta una configuración similar a la reivindicada, en concreto un núcleo magnético de tres columnas donde el devanado primario y el secundario se arrollan en columnas diferentes, cuenta además con un devanador auxiliar que se arrolla en la misma columna que el devanado primario, también cuenta con un devanado auxiliar que se dispone en la columna que queda libre

El documento D1 no divulga un convertidor de potencia trifásico que controla tanto la corriente en el devanado auxiliar de regulación de la fuerza magneto motriz en el devanado primario como el voltaje en el devanador auxiliar del flujo concatenado, además está diseñado para uso en el circuito de desviación de un tubo de rayos catódicos, tal como con un tubo de imagen del receptor de televisión, que proporciona corrección tanto vertical como horizontal.

Por lo tanto, este documento D1 no se considera afecta a la novedad y actividad inventiva de la solicitud tal y como está planteada y en consecuencia cuenta con novedad y actividad inventiva según lo establecido en los Art 6.1 y 8.1 de la LP11/86 respectivamente.

El resto de documentos D2 a D5 representan el estado de la técnica de transformadores de tres núcleos o columnas unidas entre sí, donde además del devanado primario y secundario hay devanados auxiliares, pero en ningún caso con la configuración y funcionalidad reivindicada.

El transformador objeto de la invención fruto de la configuración ofrece una adaptación eficaz de los niveles de tensión y corriente de sus devanados primario y secundario, a la vez que ofrece servicios de soporte de tensión y corriente a la red eléctrica para mejorar su funcionamiento.

Las reivindicaciones dependientes 2 a 4 al depender de una reivindicación con novedad y actividad inventiva se benefician de dichas propiedades.

Respecto de la reivindicación 5ª que presenta tres núcleos magnéticos cerrados de tres columnas que se apilan físicamente para formar una estructura trifásica acorazada, comprendiendo tres devanados primarios, tres secundarios, tres devanados auxiliares de regulación de la fuerza magneto motriz del devanado primario, tres devanados secundarios de regulación del flujo concatenado de los devanados secundarios, donde los tres devanados auxiliares de regulación de la fuerza magnetomotriz del devanado primario se interconectan en estrella o triángulo siendo su corriente controlada mediante un convertidor de potencia trifásico y los tres devanados auxiliares de concatenación del flujo concatenado por el devanado secundario se controla su flujo mediante otro convertidor de potencia trifásico, derivándose de convertidores monofásicos y teniendo sus elementos de almacenamiento de energía o fuente de alimentación.

Ninguno de los documentos analizados o se deriva de ellos una configuración como la reivindicada por lo tanto contaría con novedad según lo establecido en el Art 6.1 y con actividad inventiva según lo establecido en el Art. 8.1 de la LP11/86.

Se solicita la retirada de toda referencia a las figuras en las reivindicaciones.