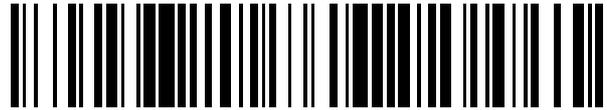


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 645**

51 Int. Cl.:

**H01F 29/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2014 PCT/FR2014/050719**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167205**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2014 E 14719047 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2984663**

54 Título: **Transformador provisto de medios de ajuste de la relación de transformación en carga**

30 Prioridad:

**08.04.2013 FR 1353112**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**06.10.2017**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC INDUSTRIES SAS  
(100.0%)  
35 rue Joseph Monier  
92500 Rueil-Malmaison, FR**

72 Inventor/es:

**HERRIOT, YANN;  
JASKULA, ALAIN;  
LAGACHE, PIERRE y  
SACOTTE, MICHEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 636 645 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Transformador provisto de medios de ajuste de la relación de transformación en carga

**Campo técnico**

5 La invención se refiere a la distribución eléctrica y, en particular, los ajustes sobre las relaciones de transformación con el fin de mantener en los límites aceptables la tensión que fluye a pesar de las posibles fluctuaciones de carga.

En particular, la invención se refiere a un aparato de transformación de media (MT) tensión / baja (BT) tensión en la que el transformador principal se asocia a un dispositivo que permite la modificación de la relación de transformación, sin necesidad de la descarga del transformador principal.

**Estado de la técnica**

10 Las redes eléctricas por lo general tienen una arquitectura en varios niveles separados por postes de transformación: después de una primera red de transporte y de repartición muy alta y altas tensiones, una red de distribución de media HTA o MT tensión, normalmente entre 1 y 35 kV, y más precisamente 15 o 20 kV en Francia, permite los transportes a más pequeña escala, hacia clientes de tipo industrial o hacia redes de baja BT tensión (en particular 0,4 kV en Francia) que alimentan los clientes de baja demanda energética. Los transformadores de distribución MT/BT se conciben de este modo con una relación entre la tensión de entrada y de salida, o relación de transformación, determinada para garantizar un nivel de tensión compatible con las normas por parte del usuario.

15 La evolución de las cargas, la estructura física de la red, y, en particular, la longitud de los cables y la impedancia de los elementos entre el transformador y el usuario, pueden conducir a fluctuaciones de tensión que son importantes de conservar tan bajas como sea posible en la red BT y entre los usuarios finales. Al nivel de los postes de transformación MT/BT se colocan de este modo sistemas de regulación que compensan las variaciones de tensión provocadas por los cambios en la red y que modifican en descarga la relación de transformación, como se describe, por ejemplo, en el documento FR 2 787 248.

20 No obstante, la inserción de medios de producción descentralizados, con los paneles fotovoltaicos, parques eólicos y microcentrales, aumenta considerablemente las fluctuaciones de los parámetros. De hecho, una producción local, lejos del transformador fuente, puede contribuir a aumentar en gran medida la tensión en la proximidad de la producción debido a la impedancia de la línea; por otro lado, en ausencia de producción, la impedancia de la línea crea una reducción de tensión a nivel local. Por lo tanto, es importante aumentar, disminuir respectivamente, la relación de transformación para mantenerse dentro de los límites recomendados. Por lo tanto, conviene proveer los transformadores de distribución MT/BT, convencionalmente con aceite, de medios de regulación dinámica de la relación de transformación, durante la carga si fuera posible, es decir, sin tener que cortar la alimentación. Se han propuesto diversas soluciones técnicas para estos "cambiadores de toma durante la carga" u OLTC (para "On Land Tap Changer" según la denominación anglosajona).

25 En particular, la solución convencional, mecánica, realiza el cambio de relación de transformación modificando el número de vueltas en un lado primario (MT), gracias a la separación del devanado primario en una parte principal y una parte adaptable. No obstante, tal sistema mecánico de conmutación es completo y costoso, tanto en cuanto a la fabricación como en el mantenimiento: para los requisitos de aislamiento dieléctrico, los conmutadores de la parte adaptable se colocan en el aceite que está contaminado en arcos eléctricos generados por el paso de una toma a otra. Para alimentar el problema del arco eléctrico, se ha propuesto utilizar interruptores de vacío (ver el documento WO 2012/062408), que, no obstante, aumentan el coste y el tamaño del transformador inicial.

30 Otra opción para mitigar los problemas de comunicación mecánica, presentada, por ejemplo, en el documento FR 2 873 489 o el documento WO 2010/072623, comprende la utilización de semiconductores para el paso de una toma a la otra. Este tipo de componente no puede colocarse en la media tensión sin dificultades y sobrecoste relacionados a la presencia de aceite y a las limitaciones de aislamiento eléctrico, el ajuste se realiza pues en el lado de la BT, lo que disminuye la precisión de la regulación, dado que la baja tensión y la importancia de la corriente conllevan un número de vueltas de ajuste de tensión baja. Por otra parte, el control de tal solución es complejo y, dado que la corriente fluye, estos componentes semiconductores no pueden ser estándar, con más pérdidas significativas: el coste de la solución es elevado.

El documento JP S57 27009 describe un aparato eléctrico de transformación según el preámbulo de la reivindicación 1.

**Descripción de la invención**

50 Entre otras ventajas, la invención pretende mitigar los inconvenientes de los dispositivos de ajuste existentes, y en particular, proporcionar un sistema fiable y poco costoso de selección de tomas adaptado a los transformadores MT/BT con aceite.

Bajo uno de estos aspectos, la invención se refiere, por lo tanto, a un aparato de transformación de tensión que

comprende un primer transformador principal, cuya relación se determina por las tensiones de los circuitos primario MT y secundario BT deseados. Preferentemente, se trata de un transformador con aceite. Preferentemente, el aparato se dota de medios que permiten regular la relación de transformación principal en descarga, antes de conectar el aparato eléctrico a la red y en función de las características de dicha red. El aparato comprende, además, un segundo transformador de ajuste, preferentemente también con aceite y ubicado en el mismo recipiente que el transformador principal, cuyo devanado secundario se conecta en serie con el circuito primario del transformador principal. El devanado primario del transformador de ajuste comprende en cuanto a él al menos dos tomas, en particular, en los extremos, y preferentemente tres. La relación de transformación del transformador de ajuste se selecciona ventajosamente para corresponder a un porcentaje N predeterminado, convencionalmente entre 0,5 % y 5 %, en particular, 2,5 %, del del transformador principal cuando se conecta al transformador principal por una de las tomas de extremo; si una tercera toma central se prevé, es deseable que esté en el centro del devanado primario, para generar una relación de transformación de ajuste igual entonces al doble del valor de ajuste convenido, en particular al 5 %, de la relación de transformación principal.

Dos tomas al menos, preferentemente las tomas de extremo, del transformador de ajuste se asocian a tres líneas de conexión; una primera línea de conexión hacia el circuito secundario del transformador principal provisto de primeros medios de conmutación, una segunda línea de conexión hacia otra fase o el neutro del circuito secundario provisto de segundos medios de conmutación, y una tercera línea de conexión, o línea de "bypass", hacia el circuito secundario del transformador principal provisto de terceros medios de conmutación y de una impedancia de carga. Preferentemente, las dos líneas de bypass ponen en común su impedancia de carga. Las otras tomas del transformador de ajuste pueden comprender solo una línea de conexión provista de medios de conmutación hacia el circuito secundario del transformador principal.

Los medios de conmutación funcionan en el aire, y preferentemente se reagrupan sobre una misma placa accesible directamente a un operario.

El aparato de transformación según la invención comprende igualmente un sistema de control de los medios de conmutación de las tomas, que se pueden solidarizar con el aparato o separarse, y preferentemente alimentado a través del circuito secundario del transformador principal.

Con el fin de evitar cualquier problema en el momento del cambio de toma durante la carga, el aparato según la invención se provee de medios que permiten asegurarse que la al menos una de las líneas de conexión de dos tomas diferentes se cierra, de forma que el primario del transformador de ajuste no esté en circuito abierto. Ventajosamente, un circuito de seguridad, en particular provisto de conmutadores similares a los medios de conmutación, se implementa entre las primeras y segundas líneas de cada toma; alternativamente, los medios de conmutación pueden seleccionarse para estar en una posición biestable y/o asociarse a dispositivos de mantenimiento en posición.

Bajo otro aspecto, la invención se refiere a una instalación eléctrica trifásica correspondiente. En particular, una instalación según la invención comprende tres aparatos tales como los anteriormente definidos, cuyos transformadores se alojan preferentemente en el seno del mismo recipiente y cuyos medios de conmutación se alojan preferentemente de la misma manera sobre la misma placa. Los tres aparatos de la instalación eléctrica trifásica son ventajosamente de características y parámetros idénticos, y en particular los tres transformadores, principales y/o de ajuste, pueden componerse ellos mismos de bloques unitarios que cubren las tres fases. El sistema de control es apto para controlar los medios de conmutación de las diferentes tomas de forma simultánea, y preferentemente, los medios de conmutación son conectores electromecánicos, que funcionan en el aire, que pueden asociarse a dispositivos de mantenimiento en posición.

### **Breve descripción de las figuras**

Otras ventajas y características resultarán más claramente a partir de la descripción de los modos particulares de la invención, dados a título ilustrativo y en ningún caso limitantes, representado en las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra una instalación eléctrica trifásica según un modo de realización preferente de la invención.

La figura 2 representa el esquema eléctrico de una instalación según la invención.

Las figuras 3A-3F ilustran etapas de ajuste en un aparato según la invención.

### **Descripción detallada de un modo de realización preferente**

Una instalación 1 eléctrica trifásica según la invención puede tomar elementos y características convencionales de un conjunto transformador trifásico comercializado, tal como se ilustra en la figura 1. En particular, la instalación 1 eléctrica comprende ventajosamente un recipiente con aletas 3 lleno de aceite y otro fluido dieléctrico en el que se alojan los elementos de transformación propiamente dichos, y en el que emergen bujes y otros dispositivos 5 de conexión sobre la red MT y hacia el armario 7 y la red BT.

Como elemento de transformación principal, según la invención, es posible utilizar un bloque transformador principal bloque alojado en el recipiente 3, por ejemplo, adaptado para 630 kVA, con un circuito primario 20 kV - 18,2 A y un circuito secundario a 410 V - 887 A, o tres transformadores 10 monofásicos idénticos, o cualquier otro sistema.

Preferentemente, se prevén medios para regular y ajustar en el lugar la(s) relación(es) de transformación del elemento de transformación principal, antes de la puesta en marcha, en función de las condiciones locales MT/BT de utilización, de la localización de la instalación 1..., por ejemplo, un cambiador de toma energizado convencional.

5 Para permitir el ajuste de la tensión a la vez que se limitan los costes, la invención utiliza un bloque transformador de ajuste, con, en particular, un segundo transformador 20 de ajuste asociado a cada transformador 10 principal. El segundo transformador 20 de ajuste, de tamaño inferior al transformador 10 principal, pero que puede ser de la misma clase, puede implementarse en el mismo recipiente 3 con aceite. El segundo transformador 20 de ajuste se provee de tomas que permiten su asociación o no con el transformador 10 principal. Ventajosamente, el transformador 20 de ajuste comprende tres tomas 22, 24, 26 que permiten una variación de la tensión de N % y de 10 2N % (o especialmente, para el caso presentado a continuación, con N % = 2, 5 %, tomas de 500 V - 22,2 A y 1 kV - 43,3 A).

15 No obstante, la invención no utiliza el principio del transformador "booster" (según la terminología anglosajona convencional) como un transformador de tensión, sino como un transformador de corriente. De hecho, la adición de un transformador booster simple tal como el presentado en el documento CN 20158428 no mitiga el problema de la complejidad de la implementación si el cambio de toma se realiza en el aceite por dispositivos complejos o a través de semiconductores.

20 La invención se basa en cuanto a ella sobre la utilización de un sistema 30 de conmutación de tomas experimentado, con una conmutación sobre la baja tensión de propios dispositivos localizados en el aire y no sumergidos en el recipiente 3: de esta manera, el aceite del recipiente 3 no se contamina y los parámetros de realización se implementan fácilmente, dado que se trata de transformadores 10, 20 sumergidos conocidos desde hace mucho tiempo. Además, el mantenimiento es fácil, los elementos 30 de conmutación son directamente accesible desde el exterior.

25 De este modo, según la invención, un segundo transformador 20 se asocia al transformador 10 principal, tomando dicho segundo transformador 20 la tensión del circuito secundario, procesándola, e inyectándola en serie sobre la tensión primaria para ajustarla. Este ajuste de la tensión primaria MT conlleva automáticamente una modificación de la tensión BT.

30 Los medios 30 de conmutación solo ven que la corriente que circula en el transformador 20 de ajuste y no en la red completa. Preferentemente, los medios 30 de conmutación son pues conectores electromecánicos comercializados y utilizados de forma conocida, por ejemplo, para el control de motores, cuyo coste se reduce y los rendimientos predecibles, que, además, ofrecen la ventaja de reagrupar en un mismo dispositivo los medios de conmutación de las tres fases.

35 En el modo de realización ilustrado en la figura 2, para cada fase U, V, W, los devanados primarios del bloque transformador principal y secundario del bloque transformador de ajuste se ponen en serie sobre la red MT, correspondiendo el devanado secundario de cada transformador 10 principal a las fases de la red BT. Los devanados primarios del bloque transformador de ajuste comprenden en cuanto a ellos varias tomas 22, 24, 26 que pueden, o no, conectarse al devanado correspondiente del bloque transformador principal sobre la red BT. De este modo, según la toma 22, 24, 26, la corriente circula en todo o parte del devanado primario del transformador 20 de ajuste, y la relación de transformación del conjunto 10, 20 alojado en el recipiente 3 modificado, modificando de esta manera la tensión de la red secundaria BT (en el supuesto de que la tensión MT se impone por el generador 6).

40 Para conectar o no una toma 22, 24, 26 de un devanado primario de un transformador 20 de ajuste a la red BT, se implementan líneas de conexión provistas de medios de conmutación. En particular, cada toma 22, 24, 26 de cada fase U, V, W se conecta por una línea provista de un primer conmutador 32<sub>2</sub>, 32<sub>4</sub>, 32<sub>6</sub> sobre la fase U, V, W correspondiente de la red BT. Conviene igualmente prever el retorno de corriente, y dos tomas al menos 22, 24 se conectan por una línea provista de un segundo conmutador 34, sobre otra fase V, U, W, de la red BT. Cabe señalar que una conexión sobre el neutro podría preverse igualmente. En el modo de realización preferente ilustrado, solo 45 las dos tomas de extremo del devanado 22, 24 se conectan a dicha línea de conexión, lo que resulta, de hecho, suficiente y, disminuye el número de contactores necesarios.

50 Siendo el ajuste de la relación de transformación, según la invención, realizable durante la carga, se prevén líneas adicionales de conexión temporal a una impedancia Z<sub>y</sub>, Z<sub>v</sub>, Z<sub>w</sub> de carga. Según la invención, dos tomas al menos 22, 24 se conectan a una tercera línea provista de un tercer conmutador 36<sub>2</sub>, 36<sub>4</sub> y de la impedancia Z<sub>y</sub>, Z<sub>v</sub>, Z<sub>w</sub> de carga sobre la fase U, V, W correspondiente de la red BT. De hecho, esta solución ofrece como ventaja limitar la corriente de magnetización en relación con una colocación en serie del centro del devanado primario y, por lo tanto, disminuir los límites de magnetización del transformador 20 de ajuste; además, los límites de tensión y de corriente son menores al nivel de las tomas de extremo, de manera que tanto las impedancias como los contactores 55 asociados se protegen.

Por otra parte, y tal como se explicó anteriormente, el transformador de ajuste se utiliza como un transformador de corriente, mientras que el cambio de toma puede realizarse durante la carga. Conviene, por tanto, asegurar que el paso de la corriente no se interrumpe nunca en los transformadores 20 de ajuste, bajo el riesgo de sobretensiones

- en sus devanados y rotura de los elementos 1 de instalación. Por lo tanto, se prevén medios para asegurar el cierre de al menos uno de los contactores de dos tomas 22, 24 diferentes, como sucede, en el caso de la realización ilustrada, por la presencia de contactores sobre un circuito 38 de seguridad que se cierra automáticamente en caso de defecto. Cualquier otra opción considerable, por ejemplo, la utilización de medios de conmutación diferentes a los contactores industriales concebidos para abrirse normalmente para respetar las normas de seguridad de para arranques de motores.
- La placa 30 de los contactores se asocia a un sistema 40 de control de los medios de conmutación. Preferentemente, el sistema de control se alimenta directamente sobre la red BT por medio de medios adaptados. El sistema 40 de control puede iniciarse sobre el recipiente 3 con aceite, o puede implementarse en una carcasa separada, por ejemplo, para un control fuera del lugar por medio de una conexión por cable.
- El sistema 40 de control se concibe para permitir el cambio de una toma a la otra según una secuencia de cierre/abertura de los contactores predefinida en función del grado de ajuste de la relación de transformación requerida. En particular, el principio de ajuste se ilustrará en relación con las figuras 3 para un aparato monofásico y el paso de un ajuste de cero, es decir, que solo el transformador 10 principal se utiliza, en un ajuste de + N % et + 2N %.
- En la posición inicial (figura 3A), las tres tomas 22, 24, 26 se desconectan de la fase de la red BT, es decir, que los cinco contactores 32, 36 de las primeras y terceras líneas se abren, y solo los contactores 34 de las segundas líneas de las tomas 22, 24 de extremo se cierran; estos dos contactores 34<sub>2</sub>, 34<sub>4</sub> se mantienen mecánicamente cerrados con el fin de garantizar una seguridad en caso de una posible pérdida de tensión. Para preparar la inclinación de la toma 24 de extremo derecha sobre la fase de baja tensión, en un primer momento, ilustrado en la figura 3B, conviene pasar por el cierre mediante la impedancia Z<sub>4</sub> de carga dirigiendo el contactor 36<sub>4</sub> asociado; se pasa pues por una etapa intermedia en la que los dos contactores 34<sub>4</sub>, 36<sub>4</sub> se cierran por la toma 24 en cuestión. Una vez este cierre de la tercera línea se adquiere, es posible abrir el segundo contactor 34<sub>4</sub> que corresponde a la energización de la toma, para hacer pasar la tensión solamente por la impedancia Z<sub>4</sub>. El primer contactor 32<sub>4</sub> se dirige entonces para cerrarse, una vez que este cierre se ha adquirido (figura 3D), el contactor 36<sub>4</sub> de carga se abre, y se obtiene la posición que corresponde a un ajuste de + N % (figura 3E). Aún aquí, el primer contactor 32<sub>4</sub> se mantiene en esta posición cerrada por medios adaptados ya que no se requiere un cambio.
- Una desconexión de la toma 24 de ajuste se realiza siguiendo las etapas en sentido inverso, y en particular, pasando por la etapa intermedia de cierre del tercer contactor 36 de impedancia Z de carga en el momento de cualquier cambio entre el primer y segundo contactor 32, 34.
- Para un ajuste de 2 N % que corresponde a la conexión de la toma 26 central, un proceso similar se implementa a partir de la posición correspondiente a la figura 3C en la que el segundo y tercer contactor 34<sub>4</sub>, 36<sub>4</sub> de la toma de extremo se cierran: el contactor 32<sub>6</sub> asociado a la toma 26 central se cierra (figura 3F), después, el contactor 36<sub>4</sub> de carga se abre (no ilustrado).
- Para ajustes negativos, de la misma manera, se conecta la toma 22 izquierda según una secuencia definida que implica los contactores 32<sub>2</sub>, 34<sub>2</sub>, 36<sub>2</sub> (y 32<sub>6</sub>); de hecho, es ventajoso proceder a la conmutación a través de la impedancia Z<sub>2</sub> de carga correspondiente a la toma 22.
- Sería posible añadir otras tomas sobre el mismo devanado del transformador 20 de ajuste para aumentar el número de modificaciones de la relación de transformación de la instalación 1. Alternativamente, con el fin de facilitar las conexiones eléctricas y evitar interacciones adversas, para un ajuste con cinco tomas (y entonces nueve valores de ajuste), es preferente implementar en serie dos transformadores 20 de ajuste similares al presentado en relación con las figuras 2 y 3. De hecho, en la mayoría de los casos y requisitos, cinco tomas son ampliamente suficientes, y la utilización de dos transformadores de ajuste similares permite, además, limitar los costes de almacenamiento y mantenimiento.
- La solución según la invención, aun utilizando componentes adicionales cuyo coste y tamaño son mínimos en vista de las restricciones sobre los transformadores relacionados a la potencia de la instalación 1, permite pues un ajuste de la potencia nominal con grados de variación que es posible ajustar de forma precisa en el lugar, antes de la puesta en marcha, en función de la localización del transformador y de la naturaleza de la red local.
- Las variaciones de la relación de transformación de la instalación 1 se realizan entonces durante la carga, con total seguridad, en particular, en el caso de utilización de contactores biestables, sin necesitar ni interruptor de vacío, ni potencia electrónica, ni incluso una medida de tensión o de corriente. Aunque se realizó del lado BT, el ajuste de la relación de transformación es preciso, con un rango que puede ser delgado, en particular de 2,5 y 5 %. El control de las variaciones de transformación puede realizarse de forma remota, o directamente en el lugar, por medio de un autómatas estándar previsto para funcionar en un entorno industrial limitado, y en particular, sin medida de tensión y/o corriente. Además, el mantenimiento es equivalente al de los transformadores existentes, siendo los propios contactores soluciones probadas, fiables y fácilmente accesibles.
- Aunque la invención se ha descrito en referencia a un conjunto transformador de distribución trifásica con aceite MT/BT de 630 kVA dirigido por contactores de tipo industrial, no se limita a: otros dispositivos de transformación y

5 otros medios de conmutación pueden considerarse por la invención. En particular, el circuito primario del bloque 20 de ajuste puede conectarse en serie con los devanados primarios del bloque transformador 10, el secundario del bloque 20 de ajuste dirigiéndose con una fase y el neutro. Además de los contactores electromecánicos, es posible utilizar medios de conmutación de tipo semiconductores, u otros. Y bien entendido, cualquier gama de transformadores MT/BT puede verse afectado por el ajuste según la invención, en particular de 100 a 2500 kVA, para una red MT de 5 a 36 kV y una red BT de 220 a 440 V.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato eléctrico de transformación que comprende:
- un transformador (10) principal con un circuito primario de media tensión y un circuito secundario de baja tensión;
  - 5 - un transformador (20) de ajuste del transformador (10) principal **caracterizado porque** el transformador (20) de ajuste comprende un devanado secundario conectado al circuito primario de media tensión y un devanado primario que comprende al menos dos tomas (22, 24), cada toma estando asociada a
    - ° una primera línea provista de primeros medios (32) de conmutación conectada al circuito secundario de baja tensión,
    - 10 ° una segunda línea provista de segundos medios (34) de conmutación conectada a otra fase o al neutro del circuito secundario de baja tensión,
    - ° una tercera línea provista de terceros medios (36) de conmutación y de una impedancia (Z) de carga conectada al circuito secundario de baja tensión;
  - un sistema (40) de control de los primeros, segundos y terceros medios (32, 34, 36) de conmutación de cada una de las dos tomas (22, 24).
  - 15
2. Aparato eléctrico de transformación según la reivindicación 1 en el que la impedancia ( $Z_2$ ,  $Z_4$ ) de carga es común para las terceras líneas de las dos tomas (22, 24).
3. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 1 o 2 en el que el devanado primario del transformador (20) de ajuste comprende una tercera toma (26) conectada mediante medios ( $32_6$ ) de conmutación al circuito secundario de baja tensión, adaptándose el sistema (40) de control para controlar, además, los medios ( $32_6$ ) de conmutación de la tercera toma (24).
- 20
4. Aparato eléctrico de transformación según la reivindicación 3 en el que la tercera toma (26) se sitúa entre la primera y la segunda toma (22, 26) sobre el devanado primario del transformador (20) de ajuste, en particular en el centro de las dos tomas (22, 24).
5. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende medios para asegurar que al menos uno de los medios de conmutación de al menos dos tomas diferentes está cerrado.
- 25
6. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 1 a 5 que comprende medios para regular la relación de transformación del transformador (10) principal.
7. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 1 a 6 en el que los transformadores (10, 20) principal y de ajuste se localizan en un recipiente (3) con aceite.
- 30
8. Aparato eléctrico de transformación según la reivindicación 7 que comprende una placa (30) que aloja los medios (32, 34, 36) de conmutación de las tomas (22, 24, 26) del devanado primario del transformador (20) de ajuste, estando dicha placa (30) accesible directamente fuera del recipiente (3) con aceite.
9. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 7 u 8 en el que el sistema (40) de control se separa del recipiente (3) con aceite.
- 35
10. Aparato eléctrico de transformación según una de las reivindicaciones 1 a 9 en el que el sistema (40) de control se alimenta directamente desde el devanado secundario del transformador (10).
11. Instalación eléctrica trifásica que comprende un aparato según una de las reivindicaciones 1 a 11 para cada fase, y en la que el sistema (40) de control se adapta para controlar de forma simultánea los medios (32, 34, 36) de conmutación respectivos de cada aparato.
- 40
12. Instalación eléctrica trifásica según la reivindicación 12 en la que las impedancias (Z) de carga y la relación de transformación de cada transformador (10, 20) son idénticas para los tres aparatos.
13. Instalación eléctrica trifásica según una de las reivindicaciones 11 o 12 en la que los dos transformadores (10, 20) de los tres aparatos se alojan en un mismo recipiente (3) con aceite, los medios de conmutación de los tres aparatos se alojan en una misma placa (30) fuera del recipiente (3) con aceite.
- 45
14. Instalación eléctrica trifásica según una de las reivindicaciones 11 a 13 en la que, para cada fase, los medios de conmutación de cada línea de cada toma se reagrupan y se forman por un contactor electromecánico.

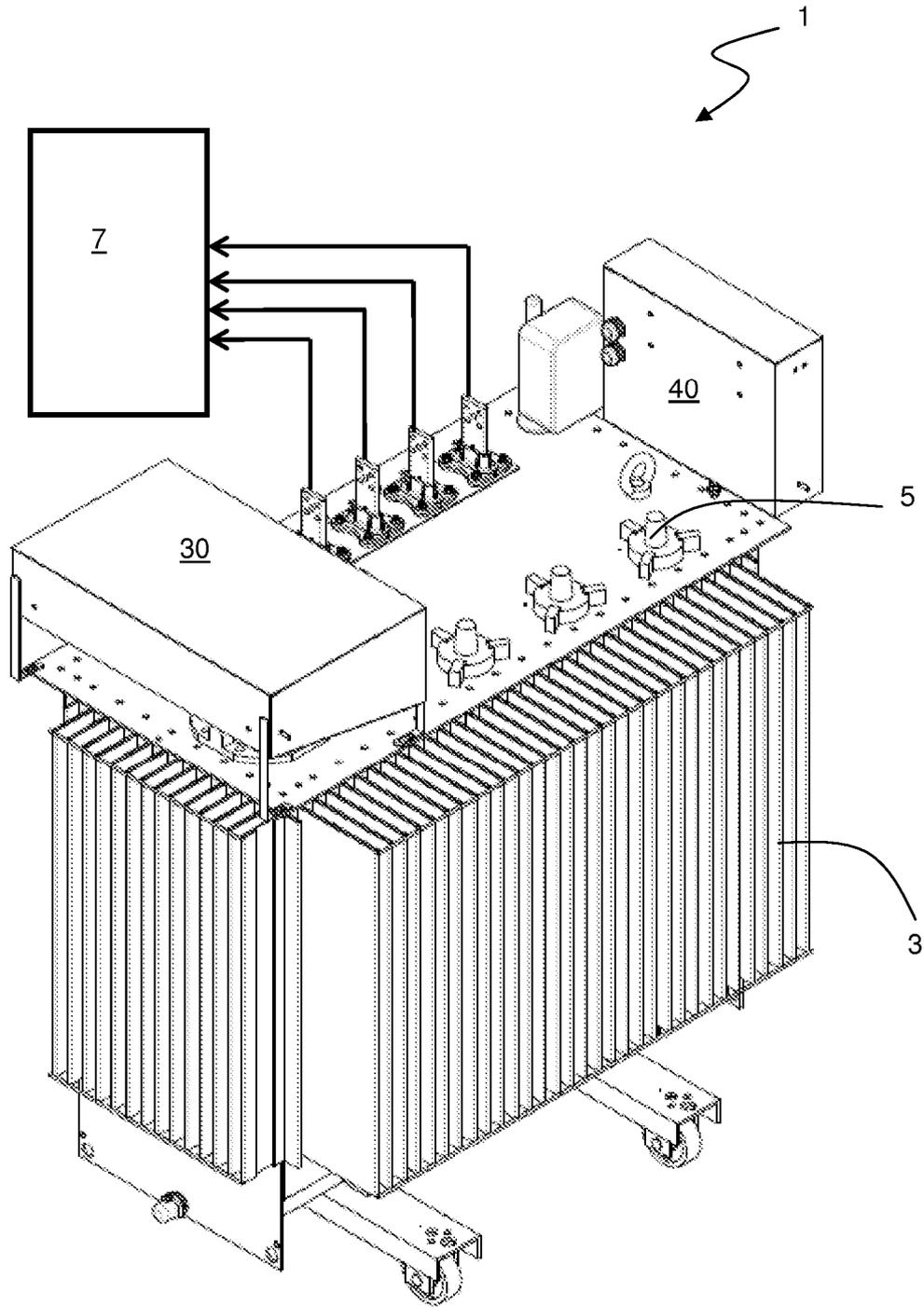


Fig. 1

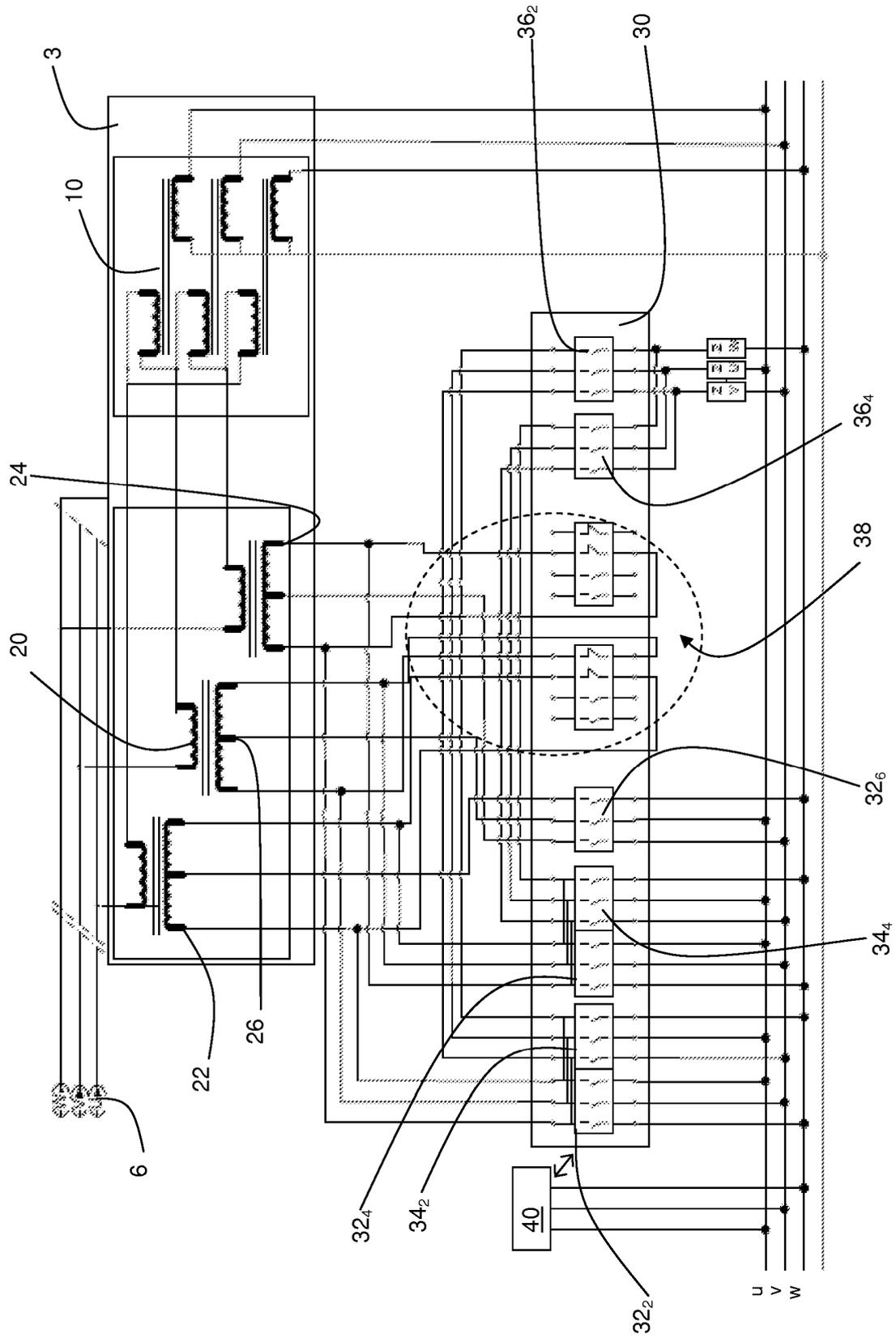


Fig. 2

