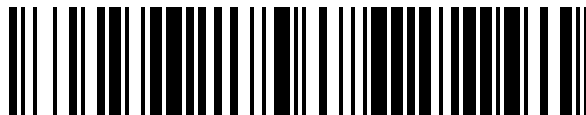


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 197 115**

21 Número de solicitud: 201731217

51 Int. Cl.:

**H02M 5/32**

(2006.01)

12

## SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

**13.10.2017**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**08.11.2017**

71 Solicitantes:

**ORMAZABAL PROTECTION & AUTOMATION,  
S.L.U. (100.0%)**

**Bº Basauntz, 2  
48140 Igorre (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**SANCHEZ RUIZ, Juan Antonio y  
ZAMAKONA CALVO, Izaskun**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

54 Título: **Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas en carga**

ES 1 197 115 U

## DESCRIPCIÓN

### Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas en carga

#### 5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de la distribución y transformación de energía eléctrica, y más concretamente a un dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas en carga, de aplicación en equipos eléctricos de alta tensión, que permite seleccionar el  
10 número de espiras de un devanado primario para así obtener la regulación automática de la tensión en el devanado secundario del equipo eléctrico de alta tensión. Es objeto de la invención proporcionar un dispositivo cambiador de tomas rápido, compacto, de reducido volumen y peso, que permite un control de tensión automático.

#### 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El mantenimiento de la tensión de salida de los equipos eléctricos de alta tensión, como por ejemplo los transformadores, dentro de los márgenes permitidos o deseados en función de las circunstancias de carga se viene realizando tradicionalmente mediante el cambio de la  
20 relación de transformación de dichos equipos eléctricos, de manera que la relación entre las tensiones del devanado primario y del secundario de dicho equipo eléctrico cambie consecuentemente.

La variabilidad de la tensión de la red eléctrica se ha visto incrementada con la introducción  
25 de las energías renovables en la generación de la energía eléctrica. Estas fuentes de generación son de carácter impredecible ya que dependen tanto de las ráfagas de viento, en el caso de los aerogeneradores, como de los intervalos de sol y sombra, en el caso de la fotovoltaica, para inyectar esta energía a la red eléctrica.

Por tanto, para evitar este problema de mantenimiento de la tensión de red, se dota a los  
30 equipos eléctricos de alta tensión de un dispositivo denominado cambiador de tomas, el cual puede consistir en un cambiador de tomas sin carga o en carga, es decir, el cambio de tomas eléctricas se puede llevar a cabo con el equipo eléctrico de alta tensión desenergizado o energizado. El dispositivo cambiador de tomas aumenta o reduce el número de  
35 espiras del devanado primario pasando de una toma eléctrica a otra, cambiando así la

relación de transformación, o lo que es lo mismo variando la tensión en el devanado secundario.

El empleo del dispositivo cambiador de tomas en carga es habitual en equipos eléctricos, como por ejemplo transformadores de distribución de alta/baja tensión, cuyo servicio no puede ser interrumpido sin perjudicar gravemente el funcionamiento del sistema de distribución y con el consiguiente perjuicio para los usuarios de la red de distribución.

Existen dos tipos de dispositivos cambiadores de tomas, los dispositivos electromecánicos y los dispositivos electrónicos. El primero de los casos es un dispositivo mecánico accionado por un motor eléctrico, se puede decir que es el único elemento mecánico con partes móviles de un transformador. Este tipo de dispositivos se basa en interruptores mecánicos por lo que su velocidad de actuación puede ser lenta. Además, el efecto combinado de la aparición de arcos eléctricos y de la fatiga mecánica debida a su propio funcionamiento obliga a que estos dispositivos tengan un elevado mantenimiento. En cuanto a los dispositivos electrónicos, estos se basan en el empleo de interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores, cuya velocidad de actuación es más rápida que los interruptores mecánicos.

Se pueden citar documentos de patente en donde se definen dispositivos electrónicos cambiadores de tomas en carga. Por ejemplo, se pueden citar los documentos ES2153966T3, ES2274684B1, WO2008020750A1, ES2318961B1 y WO2017103296A1. En todos ellos se describen soluciones de cambiadores de tomas en carga basados en electrónica de potencia.

Por tanto, la conmutación entre las tomas eléctricas se lleva a cabo mediante interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores. Los tiristores son atacados por su terminal de puerta con pulsos para su activación y los encargados de realizar esto son unos drivers que reciben las ordenes de disparo desde un sistema de comando, por ejemplo, mediante fibra óptica. En caso de que el sistema de comando o unidad de control no envíe las ordenes de disparo o activación a los tiristores, se corre el riesgo de que los tiristores permanezcan abiertos soportando la tensión de la red eléctrica y se destruyan. Esto ocurre debido a que la tensión entre el ánodo y el cátodo del tiristor supera el nivel de tensión deseado y no perjudicial.

35

Durante la maniobra de cambio de una toma eléctrica a otra aparece un fenómeno eléctrico denominado como “corriente de solapamiento”, que es debido a un intervalo de cortocircuito que se da sobre el propio devanado de uno de las tomas durante esta maniobra. Este intervalo de cortocircuito, en dispositivos de cambio de tomas en carga, es inevitable ya que como requisito no se desea interrumpir el suministro eléctrico aguas abajo del transformador durante el cambio de toma eléctrica. Con objeto de limitar esta corriente de solapamiento, en algunos casos del estado de la técnica se emplean elementos limitadores de corriente, como por ejemplo resistencias. Este elemento limitador de corriente tiene la misión de limitar la corriente de solapamiento a valores inferiores de la corriente de cortocircuito que puede soportar en su devanado de alta tensión el equipo eléctrico o transformador. En algunos casos del estado de la técnica se disponen de elementos limitadores de la corriente de solapamiento por cada una de las tomas eléctricas, lo cual supone la necesidad de un mayor espacio en los equipos eléctricos de alta tensión, mayores costes y pérdidas de potencia en dichos equipos eléctricos de alta tensión. Mientras que en otros casos del estado de la técnica no se contempla el uso de elementos limitadores de corriente, con lo cual la electrónica de potencia queda expuesta a dicha corriente de cortocircuito en los solapamientos, la cual puede dañar dicha electrónica de potencia, así como el resto de componentes.

Por otro lado, el empleo de elementos limitadores de corriente supone pérdidas de potencia por efecto de Joule en régimen permanente del equipo eléctrico de alta tensión y por tanto una ineficiencia del dispositivo electrónico cambiador de tomas.

## DESCRIPCION DE LA INVENCION

La presente invención resuelve los inconvenientes anteriormente citados proporcionando un dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas en carga previsto para ser empleado en un equipo eléctrico de alta tensión, como por ejemplo un transformador de distribución, tratándose de un dispositivo cambiador de tomas rápido, compacto, de reducido volumen y peso, que permite un control de tensión automático.

El dispositivo electrónico cambiador de tomas de la presente invención está instalado en el interior de la cuba del transformador, sumergido en el mismo fluido dieléctrico contenido en la cuba, con la característica de que el dispositivo cambiador de tomas comprende una configuración que hace que pueda ser instalado tanto en horizontal (debajo de la tapa superior del transformador) como en vertical (en un lateral del transformador) sin variar la

disposición constructiva del transformador, obteniendo así un transformador con cambiador de tomas en carga de reducidas dimensiones y peso frente al estado de la técnica, reduciendo la cantidad de fluido dieléctrico empleado, así como la altura del transformador en comparación con los transformadores con cambiador de tomas en carga del estado de la técnica.

El dispositivo electrónico cambiador de tomas se encuentra conectado con al menos una toma eléctrica disponible en un devanado primario del transformador. El dispositivo electrónico cambiador de tomas comprende al menos una toma eléctrica por fase, de forma que el transformador comprende un devanado primario, otro secundario y otro número de devanados auxiliares situados en el devanado primario y correspondientes al número de tomas eléctricas disponibles.

Por cada una de dichas tomas eléctricas, el dispositivo electrónico cambiador de tomas en carga comprende al menos un medio de maniobra, pudiendo consistir este medio de maniobra en interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores dotados de un ánodo, cátodo y terminal de puerta. Por tanto, el medio de maniobra puede consistir en dos tiristores conectados en anti-paralelo que conducen un semiciclo cada uno (uno el positivo y otro el negativo). Estos medios de maniobra permiten llevar a cabo la conmutación entre las tomas eléctricas, de forma que se aumenta o reduce el número de espiras del devanado primario pasando de una toma eléctrica a otra, cambiando así la relación de transformación, o lo que es lo mismo variando la tensión en el devanado secundario, obteniendo de esta forma la regulación automática de la tensión en el devanado secundario del transformador.

Los cambios de tomas eléctricas se realizan entre tomas adyacentes, de forma que, si por ejemplo se quiere realizar un cambio de una primera toma a una tercera toma, primero se pasa de la primera toma a una segunda y después de esta segunda toma a la tercera. Asimismo, el dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas en carga de la invención comprende un solo elemento de limitación de corriente por cada fase, como por ejemplo una resistencia, con objeto de limitar la corriente de solapamiento que aparece al realizar el cambio de una toma eléctrica a otra. Dado que el cambio de tomas eléctricas se realiza de uno en uno (con su adyacente) se posibilita la utilización de un solo elemento de limitación de corriente por cada fase, con lo que se reducen el espacio necesario para su instalación, el coste y las pérdidas de potencia con respecto al estado de la técnica.

Por otro lado, dado que la instalación del elemento de limitación de corriente supone pérdidas de potencia por efecto de Joule en régimen permanente del equipo eléctrico de alta tensión, y con objeto de evitar estas pérdidas y aumentar la eficiencia, el dispositivo electrónico cambiador de tomas comprende un medio de cortocircuito por cada fase, denominado también como “bypass”, que comprende un primer terminal conectado con un primer terminal del elemento de limitación de corriente y un segundo terminal conectado con un segundo terminal del elemento de limitación de corriente. De esta forma, el elemento de limitación de corriente se conecta en cada cambio de toma eléctrica y posteriormente es cortocircuitado con el fin de minimizar las pérdidas de potencia en régimen permanente del transformador. Dicho medio de cortocircuito puede comprender interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores, pudiendo comprender una pareja de tiristores de potencia colocados en anti-paralelo. Dicho medio de cortocircuito se conecta a los terminales del elemento de limitación de corriente para cortocircuitarlo y que no circule corriente por él.

El dispositivo electrónico cambiador de tomas en carga también comprende medios de activación, denominados también como drivers, de los medios de maniobra. Los medios de maniobra son atacados por su terminal de puerta con pulsos para su activación, siendo los medios de activación los que reciben las ordenes de disparo desde un sistema de comando, por ejemplo, mediante fibra óptica. De esta forma, los medios de activación reciben señales ópticas y estos medios de activación actúan cebando el conjunto de medios de maniobra de cada fase. Asimismo, se ha contemplado que estos medios de activación también sean los encargados de activar el citado medio de cortocircuito o bypass conectado en los terminales del elemento de limitación de corriente.

Los cambios de tomas eléctricas se pueden realizar de forma manual mediante un microcontrolador conectado a un PC o de forma automatizada mediante un algoritmo de control en donde según el nivel de tensión de la red eléctrica se conectará una toma eléctrica u otra.

Para el caso en que el sistema de comando o unidad de control falle y no envíe las ordenes de disparo o activación a los medios de maniobra (tiristores), el dispositivo electrónico cambiador de tomas comprende al menos un medio de protección automático pasivo por cada fase, encontrándose dicho medio de protección conectado con al menos un medio de maniobra. Este medio de protección evita el riesgo de que los tiristores permanezcan abiertos soportando la tensión de la red eléctrica y se destruyan. El medio de protección se

encuentra conectado entre el ánodo y el terminal de puerta del medio de maniobra, y comprende un diodo breakover y un diodo en anti-serie. De esta manera, en el caso en el que el sistema de comando deje de funcionar o se pierdan las señales de puerta de los medios de maniobra (tiristores), la toma se activa y deja circular la corriente. El diodo breakover comenzará a conducir corriente cuando la tensión sobrepasa un valor concreto, de forma que se ofrece una solución pasiva que, no recibiendo señal de activación logra automatizar la conexión de una toma, dando un camino a la corriente que evita la sobretensión por la conexión a la red eléctrica.

Se ha contemplado la posibilidad, de que el medio de protección pueda comprender adicionalmente una resistencia limitadora de corriente para limitar la corriente del terminal de puerta del tiristor y para no acabar dañándolo por excesiva potencia de puerta.

La secuencia de cambio de tomas se inicia abriendo el medio de cortocircuito (bypass) del elemento de limitación de corriente de solapamiento, se cierra el medio de maniobra de la toma eléctrica adyacente, provocando así un solapamiento e incrementándose la corriente del devanado de la toma. Transcurrido un ciclo de red, se abre el medio de maniobra de la toma eléctrica saliente y al cabo de un ciclo de red se cierra el medio de cortocircuito (bypass) del elemento de limitación de corriente de solapamiento.

Un último aspecto de la invención se refiere a un equipo eléctrico de alta tensión, como por ejemplo un transformador de distribución, el cual comprende el dispositivo electrónico cambiador de tomas arriba descrito, comprendiendo además un devanado primario asociado con al menos una toma eléctrica del dispositivo cambiador de tomas. El número de espiras del devanado primario es variable, de forma que se permite regular automáticamente la tensión en un devanado secundario del mismo equipo eléctrico de alta tensión.

## DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Muestra un esquema unifilar del dispositivo electrónico cambiador de tomas en carga conectado al devanado primario del equipo eléctrico de alta tensión.

Figura 2.- Muestra el símbolo de un tiristor donde se representan el ánodo, cátodo y el terminal de puerta.

Figura 3.- Muestra un esquema unifilar del medio de protección automático pasivo que comprende el dispositivo electrónico cambiador de tomas en carga.

Figura 4.- Muestra un esquema unifilar del medio de maniobra que comprende dos tiristores en anti-paralelo, que son activados por un medio de activación.

Figura 5.- Muestra una vista en alzado de un equipo eléctrico de alta tensión con el dispositivo electrónico cambiador de tomas instalado en su interior.

## 10 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Se describe a continuación un ejemplo de realización preferente haciendo mención a las figuras arriba citadas, sin que ello limite o reduzca el ámbito de protección de la presente invención.

En la figura 1 se muestra un esquema unifilar que representa la conexión del dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) en carga de la invención con un equipo eléctrico de alta tensión (22), como por ejemplo un transformador, y en concreto la conexión del dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) con un devanado primario (23) de dicho equipo eléctrico de alta tensión (22).

El dispositivo electrónico cambiador de tomas (1), tal y como se muestra en la figura 1, comprende al menos una toma eléctrica (2, 3, 4) por cada fase, estando dichas tomas eléctricas (2, 3, 4) dispuestas en el devanado primario (23) del equipo eléctrico de alta tensión (22). Por cada una de dichas tomas eléctricas (2, 3, 4) el dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) comprende además al menos un medio de maniobra (5, 6, 7) que permite realizar la conmutación entre dichas tomas (2, 3, 4) con el fin de aumentar o reducir el número de espiras del devanado primario (23) (pasando de una toma eléctrica a otra), cambiando así la relación de transformación, o lo que es lo mismo variando la tensión en el devanado secundario (24) del equipo eléctrico de alta tensión (22). Los medios de maniobra (5, 6, 7) comprenden interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores dotados de un ánodo (14), cátodo (15) y terminal de puerta (16), tal y como se muestra en la figura 2. En las figuras 1, 3 y 4 se muestran los medios de maniobra (5, 6, 7) formados por dos tiristores conectados en anti-paralelo que conducen un semiciclo cada uno (uno el positivo y otro el negativo).



Los cambios de tomas eléctricas se realizan entre tomas adyacentes, de forma que, si por ejemplo se quiere realizar un cambio de una primera toma (2) a una tercera toma (4), primero se pasa de la primera toma (2) a una segunda (3) y después de esta segunda toma (3) a la tercera (4). Al tratarse de un dispositivo electrónico cambiador de tomas en carga, no se interrumpe el suministro eléctrico aguas abajo del equipo eléctrico de alta tensión (22) durante el cambio de toma eléctrica, y para limitar la corriente de solapamiento que se origina el dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) comprende un elemento de limitación de corriente (17) por cada fase, como por ejemplo una resistencia, tal y como se puede observar en la figura 1.

El dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) comprende un medio de cortocircuito (9) por cada fase, denominado también como "bypass", que comprende un primer terminal (10) conectado con un primer terminal (11) del elemento de limitación de corriente (17) y un segundo terminal (12) conectado con un segundo terminal (13) del elemento de limitación de corriente (17), tal y como se muestra en la figura 1. De esta forma, el elemento de limitación de corriente (17) se conecta en cada cambio de toma eléctrica y posteriormente es cortocircuitado con el fin de minimizar las pérdidas de potencia en régimen permanente del equipo eléctrico de alta tensión (22). Dicho medio de cortocircuito (9) puede comprender interruptores electrónicos de estado sólido, como por ejemplo tiristores, pudiendo comprender una pareja de tiristores de potencia colocados en anti-paralelo, tal y como se puede observar en la figura 1.

En la figura 4 se puede observar que el dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) en carga también comprende medios de activación (21), denominados también como drivers, de los medios de maniobra (5, 6, 7). Los medios de maniobra (5, 6, 7) son atacados por su terminal de puerta (16) con pulsos para su activación, siendo los medios de activación (21) los que reciben las ordenes de disparo desde un sistema de comando, por ejemplo, mediante fibra óptica. De esta forma, los medios de activación (21) reciben señales ópticas y actúan cebando el conjunto de medios de maniobra (5, 6, 7) de cada fase. Asimismo, se ha contemplado que estos medios de activación (21) también sean los encargados de activar el citado medio de cortocircuito (9) o bypass conectado en los terminales (11, 13) del elemento de limitación de corriente (17).

El dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) comprende al menos un medio de protección (8) automático pasivo por cada fase, encontrándose dicho medio de protección (8) conectado con al menos un medio de maniobra (5, 6, 7), tal y como se muestra en las

figuras 1 y 3. El medio de protección (8) se encuentra conectado entre el ánodo (14) y el terminal de puerta (16) del medio de maniobra (5) tal y como se muestra en la figura 3, y comprende un diodo breakover (18) y un diodo en anti-serie (19). De esta manera, en el caso en el que el sistema de comando deje de funcionar o se pierdan las señales de puerta de los medios de maniobra (5, 6, 7) (tiristores), la toma se activa y deja circular la corriente, evitando el riesgo de que los medios de maniobra (5, 6, 7) permanezcan abiertos soportando la tensión de la red eléctrica. El medio de protección (8) puede comprender adicionalmente una resistencia limitadora de corriente (20) para limitar la corriente del terminal de puerta (16) del medio de maniobra (5, 6, 7) y para no acabar dañándolo por excesiva potencia de puerta.

Un ejemplo de secuencia de cambio de tomas eléctricas, como por ejemplo de la toma eléctrica (2) a la toma (3), se inicia abriendo el medio de cortocircuito (9) del elemento de limitación de corriente (17) de solapamiento, se cierra el medio de maniobra (6) de la toma eléctrica adyacente (3), provocando así un solapamiento e incrementándose la corriente del devanado de la toma. Transcurrido un ciclo de red, se abre el medio de maniobra (7) de la toma eléctrica saliente (2) y al cabo de un ciclo de red se cierra el medio de cortocircuito (9) del elemento de limitación de corriente (17) de solapamiento.

El dispositivo electrónico cambiador de tomas (1) de la presente invención se encuentra instalado en el interior de la cuba del equipo eléctrico de alta tensión (22), sumergido en el mismo fluido dieléctrico contenido en la cuba, con la característica de que el dispositivo cambiador de tomas (1) comprende una configuración que hace que pueda ser instalado tanto en horizontal (debajo de la tapa superior del equipo eléctrico de alta tensión) como en vertical (en un lateral del equipo eléctrico de alta tensión) sin variar la disposición constructiva del equipo eléctrico de alta tensión, tal y como se muestra en la figura 5, en donde se muestra la disposición en horizontal.

## REIVINDICACIONES

1.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) en carga, para un equipo eléctrico de alta tensión con una o varias fases, que comprende:

- 5           - al menos una toma eléctrica (2, 3, 4) por cada fase, conectable a un devanado primario del equipo eléctrico de alta tensión,  
          - al menos unos medios de maniobra (5, 6, 7) asociados a cada una de las tomas eléctricas (2, 3, 4),  
          - un elemento de limitación de corriente (17) asociado a cada fase,
- 10   caracterizado porque además comprende:  
          - al menos unos medios de protección (8) automáticos pasivos por cada fase, estando dichos medios de protección (8) conectados con los al menos unos medios de maniobra (5, 6, 7); y  
          - unos medios de cortocircuito (9) que comprenden un primer terminal (10) conectado
- 15   con un primer terminal (11) del elemento de limitación de corriente (17) y un segundo terminal (12) conectado con un segundo terminal (13) del elemento de limitación de corriente (17).

2.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque cada uno de los medios de maniobra (5, 6, 7) comprenden al menos dos tiristores conectados en anti-paralelo, dotados de un ánodo (14), un cátodo (15) y un terminal de puerta (16).

20

3.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 2, caracterizado porque los medios de protección (8) se encuentran conectados entre el ánodo (14) y el terminal de puerta (16)

25

4.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de protección (8) comprenden un diodo breakover (18) y un diodo en anti-serie (19).

30

5.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 4, caracterizado porque los medios de protección (8) comprenden una resistencia (20) limitadora de corriente.

6.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de cortocircuito (9) comprende al menos dos interruptores electrónicos de estado sólido conectados en anti-paralelo.

5 7.- Dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende unos medios de activación (21) conectados con los medios de maniobra (5, 6, 7).

10 8.- Equipo eléctrico (22) de alta tensión, que comprende un dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) en carga según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho equipo eléctrico (22) comprende adicionalmente un devanado primario (23) que comprende a su vez un número de devanados auxiliares asociados con al menos una de las tomas eléctricas (2, 3, 4), siendo variable el número de espiras en el devanado primario (23), de forma que se permite regular automáticamente la  
15 tensión en un devanado secundario (24) del equipo eléctrico (22).

9.- Equipo eléctrico (22) de alta tensión según la reivindicación 8, caracterizado porque el dispositivo electrónico cambiador de tomas eléctricas (1) está alojado o en el interior del equipo eléctrico (22) en horizontal debajo de una tapa superior del equipo eléctrico (22) o en  
20 vertical en un lateral de dicho equipo eléctrico (22).

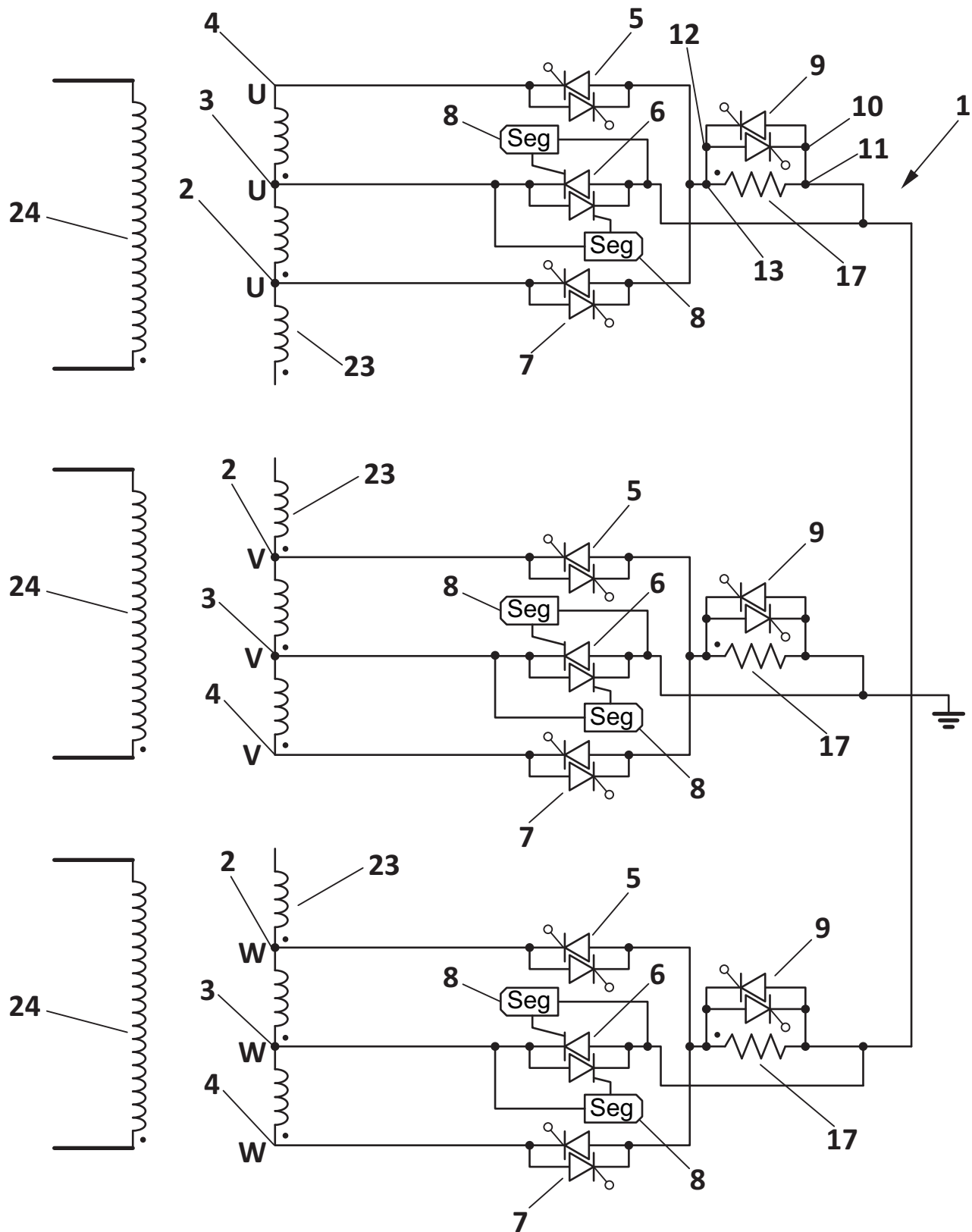
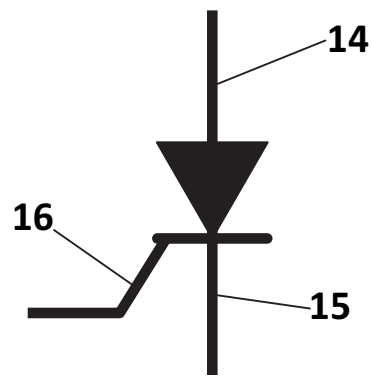
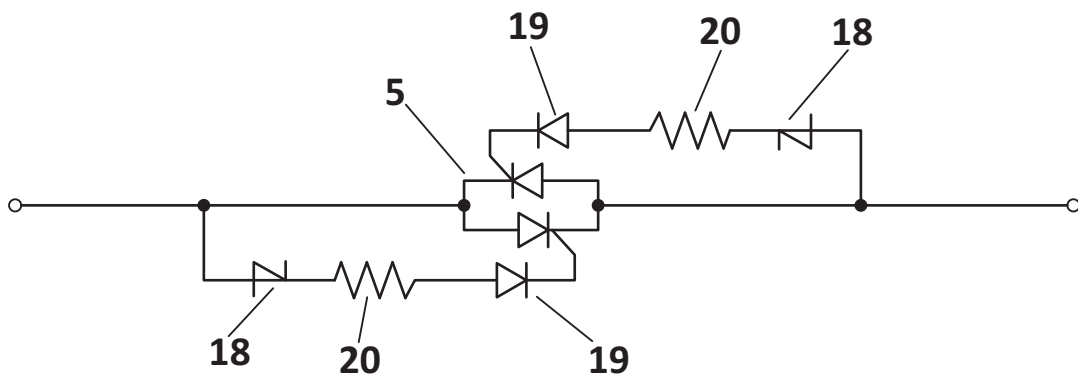


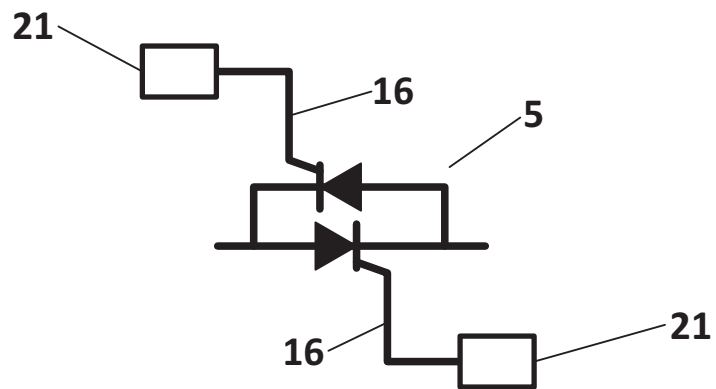
FIG. 1



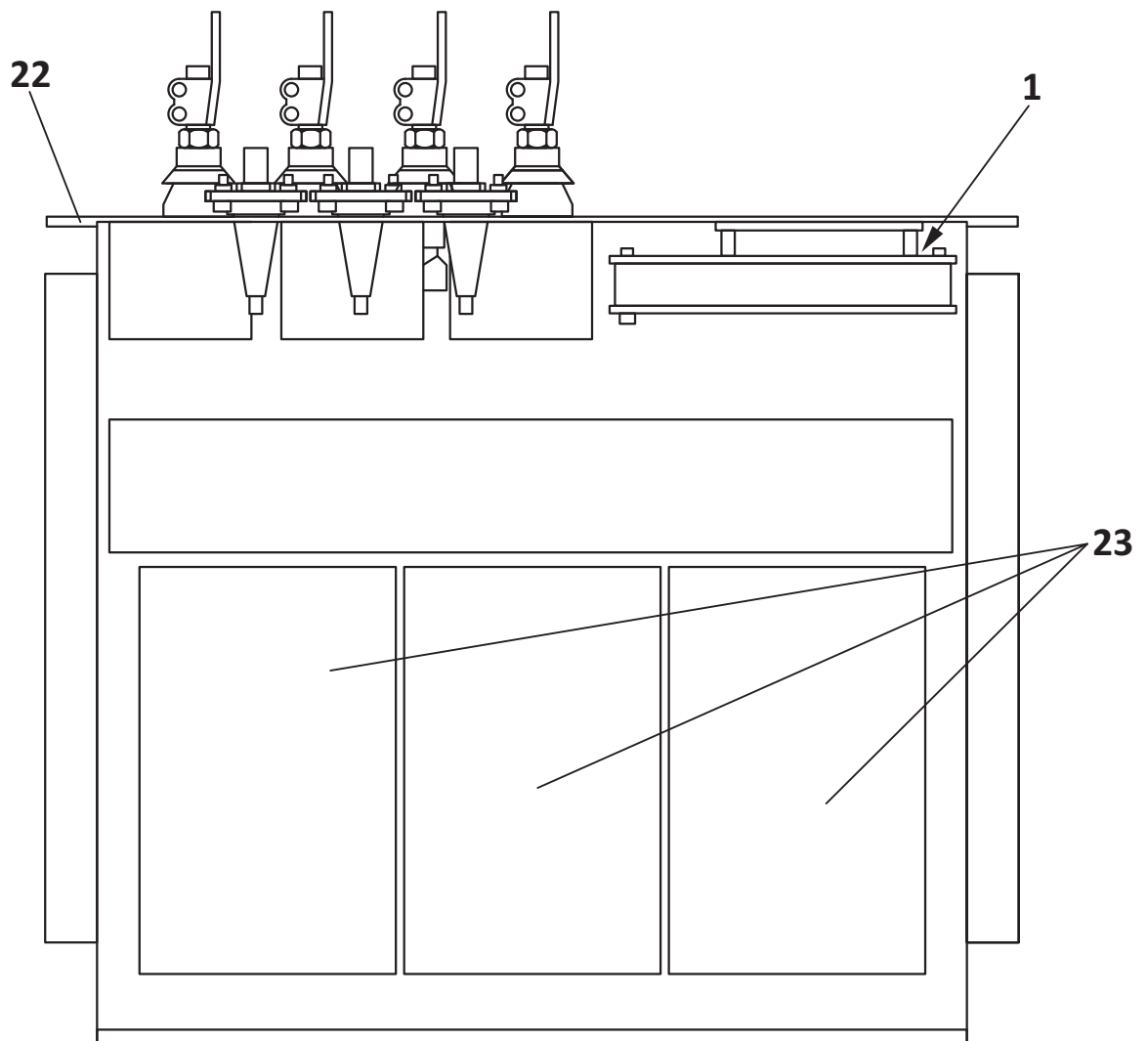
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**