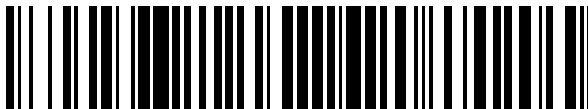


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 049 482**

21 Número de solicitud: 202430482

51 Int. Cl.:

**G01R 27/18** (2006.01)

**H02H 3/16** (2006.01)

**G01R 31/52** (2010.01)

**H02H 9/08** (2006.01)

12

## SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**12.06.2024**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**16.12.2025**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO / EUSKAL  
HERRIKO UNIBERTSITATEA (50,00%)**

**Barrio Sarriena S/N**

**48489 Leioa (Bizkaia) ES y**

**MONDRAGÓN GOI ESKOLA POLITEKNIKOA, J.  
M. ARIZMENDIARRIETA S. COOP (50,00%)**

72 Inventor/es:

**GUERRERO GRANADOS, Jose Manuel;**

**ANZOLA GARCÍA, Jon y**

**AIZPURU LARRAÑAGA, Iosu**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

54 Título: **MÉTODO Y SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALTAS A TIERRA PARA SISTEMAS  
ELÉCTRICOS CON CONVERTIDORES PARCIALES DE POTENCIA**

57 Resumen:

Sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, en donde el sistema eléctrico comprende al menos un convertidor parcial de potencia, un transformador, y medios de detección y protección de faltas a tierra que comprenden un dispositivo para la limitación de intensidad en caso de que se produzca una falta a tierra, caracterizado porque el dispositivo de detección y protección de faltas a tierra es conectable entre un punto en un polo positivo de una fuente de alimentación que alimenta el sistema eléctrico, un punto en un polo negativo y un punto medio accesible, en donde las conexiones entre los puntos y el dispositivo de detección y protección de faltas a tierra se realiza mediante una pluralidad de interruptores, en donde el sistema eléctrico además conecta y desconecta la pluralidad de interruptores de manera secuencial y enclavada.

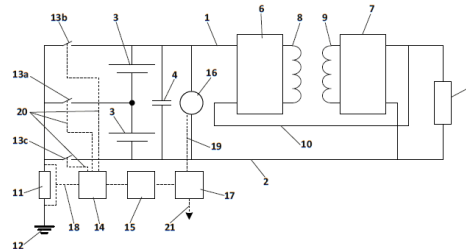


FIG. 1

## DESCRIPCIÓN

### **MÉTODO Y SISTEMA DE DETECCIÓN DE FALTAS A TIERRA PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS CON CONVERTIDORES PARCIALES DE POTENCIA**

5

#### **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un método y sistema de detección de faltas a  
10 tierra en sistemas eléctricos con convertidores parciales de potencia que varían la  
tensión entre su entrada y salida en modo de reducción o elevación de la tensión  
de salida y que carecen de aislamiento galvánico entre sus terminales de entrada  
y salida capaz de detectar faltas a tierra, discernir entre las zonas de falta,  
concretar dentro de la zona de falta el tramo en falta y estimar la severidad del  
15 defecto.

El sistema y método de la presente invención es de particular relevancia en  
sistemas con convertidores parciales de potencia que requieran elevar o disminuir  
la tensión de corriente continua entre ambos lados del circuito como puede ser un  
20 sistema de almacenamiento de energía eléctrica conectado a una microrred de  
corriente continua, ambos de distintos niveles de tensión.

#### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La política de descarbonización del sector eléctrico implica cada vez más la  
25 introducción de electrónica de potencia para poder controlar procesos como la  
generación de energía eléctrica renovable, los sistemas de almacenamiento o el  
sector vehicular electrificado entre otros. Sin embargo, la inclusión de dichos  
convertidores de potencia hace que se requieran nuevas técnicas de diagnóstico  
y protección frente a faltas eléctricas para mantener los sistemas seguros y para  
30 reducir el riesgo sobre la salud humana ya que los sistemas convencionales son

poco eficientes debido a la alta emisión de ruido y la derivación de corrientes parásitas a tierra por la conmutación a altas frecuencias de los semiconductores de los mismos, y a la dualidad de corrientes continua y alterna en el mismo circuito.

- 5 A su vez, las topologías de convertidores cada vez son más novedosas. Particularmente, los convertidores parciales de potencia (PPC, por sus siglas en inglés: "*Partial Power Converter*") son convertidores en serie con el polo positivo de una instalación de corriente continua que conecta un transformador en corriente alterna utilizando dos convertidores (puentes de semiconductores en H),
- 10 uno inversor en el primario y otro rectificador en el secundario para reducir o aumentar la tensión en corriente continua aguas abajo a dicho convertidor. Una de las grandes ventajas que aportan este tipo de convertidores es que el transformador y los elementos de potencia de los convertidores solamente se han de dimensionar para aportar la potencia proporcional al salto de tensión entre la
- 15 fuente aguas arriba y la carga aguas abajo del PPC. Sin embargo, este tipo de configuraciones utiliza el terminal inferior del primario del transformador unido a la salida del terminal superior o polo positivo de la carga para transmitir el resto de potencia demandada. Esto hace que entre el primario y secundario del transformador del PPC no exista aislamiento galvánico, lo que supone una falta
- 20 de seguridad frente a faltas a tierra para este tipo de equipamiento.

Algunos ejemplos de documentos relacionados con la detección de faltas a tierra en PPC son:

- La solicitud de patente de Estados Unidos US2022014013A1 propone un
- 25 sistema de detección de faltas a tierra en sistemas electrónicos de potencia que aplica la configuración convencional de detección de faltas a tierra en plantas fotovoltaicas o similares donde dicho dispositivo se conecta entre el negativo de la instalación y tierra.
- La patente europea EP1420262B1 divulga un sistema y método de
- 30 detección de faltas en sistemas con convertidores donde se utiliza un calculador electrónico que lleva a cabo un control sobre los

semiconductores para provocar unas corrientes entre ambos lados de DC de tal manera que este busca la corriente que circule por el sistema que contenga ciertas características que impliquen la presencia de una falta.

- 5       - La patente española ES2798348B2 propone un sistema que detección de faltas a tierra en sistemas eléctricos con convertidores AC/AC donde se puede detectar la falta en el lado de AC o DC lineales. Dicha invención puede discriminar si la falta ocurre en el polo de DC positivo o negativo pero no en cableados intermedios que tengan tensiones de operación intermedias como es el caso de los PPC.
- 10       - La patente española ES2869451B2 introduce una red de interruptores a tierra (al menos tres) que permiten detectar faltas intermedias dentro de una serie de celdas de la fuente de alimentación propia de un bus de DC, pero el método utilizado no puede detectar faltas en el primario o secundario del transformador del PPC.

15       Por lo tanto, se concluye que es necesario desarrollar sistemas y métodos que permitan detectar faltas a tierra en sistemas con convertidores tipo PPC y que además detecten la zona y al menos el cable o tramo donde está ocurriendo dicha falta de forma rápida, efectiva y económica con el sistema en funcionamiento.

## 20       **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención pretende abordar los problemas que presenta el estado de la técnica comentado anteriormente. Para ello, se requiere de sistemas y métodos  
25       que permitan la detección de faltas a tierra en sistemas eléctricos con PPCs que no requieran grandes cantidades de datos para ser entrenados y que consigan distinguir la zona concreta donde ocurre dicho defecto.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema eléctrico con medios de  
30       detección, localización y protección de faltas a tierra, en donde el sistema eléctrico

comprende al menos un convertidor parcial de potencia, un transformador que además comprende un primario y un secundario. El sistema además comprende medios de detección y protección de faltas a tierra que comprenden un dispositivo para la limitación de intensidad en caso de que se produzca una falta a tierra.

- 5 Dicho sistema se caracteriza porque el dispositivo de detección y protección de faltas a tierra es conectable entre un punto en un polo positivo de una fuente de alimentación que alimenta el sistema eléctrico, un punto en un polo negativo de la fuente de alimentación y un punto medio accesible de la fuente de alimentación.
- 10 De manera preferente, las conexiones entre los puntos y el dispositivo de detección y protección de faltas a tierra se realiza mediante una pluralidad de interruptores. Además, el sistema eléctrico comprende un módulo de control y diagnóstico adaptado para conectar y desconectar la pluralidad de interruptores de manera secuencial y enclavada, y en donde el módulo de control y diagnóstico
- 15 está adaptado para detectar una falta a tierra en base a la medida de al menos un parámetro eléctrico del dispositivo de detección y protección de faltas a tierra.

- 20 De manera preferente, el dispositivo para la limitación de intensidad es una impedancia para limitar la corriente de falta a tierra y proteger las partes que comprenden el sistema eléctrico. De manera alternativa, el dispositivo para la limitación de intensidad es una resistencia.

- 25 El parámetro eléctrico del dispositivo de detección y protección de faltas a tierra comprende una señal de tensión y/o corriente. Además, el módulo de control y diagnóstico está adaptado para realizar al menos una de las siguientes funciones:

- medida de la tensión y/o de corriente a través de la impedancia;
  - determinar un estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
  - análisis de las características eléctricas de la medida de tensión y/o corriente mediante la realización de una transformada en el dominio de la
- 30

frecuencia que permita la cuantificación de uno o más armónicos de las medidas: a través de la impedancia, a través del convertidor parcial de potencia y a través del primario y secundario del transformador,

- 5                   - cambio de posición de la pluralidad de interruptores de forma enclavada y secuencial,
- detección de una falta a tierra,
- localización de una zona del sistema en falta a tierra de acuerdo con el análisis de la medida de tensión y/o corriente, la posición de la pluralidad de interruptores y la detección de la falta a tierra, y/o
- 10               - emisión de una señal de alarma que comprende información del análisis de la falta a tierra, la zona del sistema en falta a tierra y una severidad de la falta a tierra de acuerdo con la información del análisis de la falta a tierra.

15               De forma preferente, el módulo de control y diagnóstico además está configurado para determinar una señal de falta a tierra detectada en AC, midiendo una o más componentes de frecuencia de dicha señal.

20               El módulo de control y diagnóstico además está configurado para emitir una señal de alarma cuando la tensión de una o más componentes de frecuencia de la señal de falta a tierra detectada en AC supera un primer umbral de protección previamente definido.

25               En una realización preferente de la invención, el módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona de falta a tierra AC en el primario del transformador si la tensión AC es menor que el umbral de protección o localizar la zona de falta a tierra AC en el secundario del transformador si la tensión AC es mayor que dicho umbral de protección.

La severidad de la falta a tierra en AC se estima como

$$R_f = \frac{U_{gnd}(f_1)|_{max} - U_{gnd}(f_1)}{U_{gnd}(f_1)} \cdot R_{gnd}$$

5 donde  $U_{gnd}(f_1)$  es el armónico a frecuencia fundamental de operación del convertidor parcial de potencia,  $U_{gnd}(f_1)|_{max}$  es el valor máximo que puede adquirir el armónico a frecuencia fundamental de operación del convertidor parcial de potencia y  $R_f$  la resistencia de falta siendo un indicador inverso a dicha severidad.

10 En una realización alternativa de la invención, el módulo de control y diagnóstico además está configurado para determinar una señal de falta a tierra detectada en DC midiendo la tensión de dicha señal.

15 En particular, el módulo de control y diagnóstico además está configurado de forma que para emitir una señal de alarma cuando la tensión en DC de la señal de falta a tierra detectada es distinta de 0 V.

20 El módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona de falta a tierra DC en el polo positivo de la fuente de alimentación si la tensión en DC en el punto de conmutación en el polo positivo es 0 V y si la tensión en DC en los puntos de conmutación del polo negativo y el punto medio accesible de la fuente de alimentación es distinta de 0 V.

25 Adicionalmente, el módulo de control y diagnóstico está configurado para localizar la zona de falta a tierra en el polo negativo de la fuente de alimentación si la tensión en DC en el punto de conmutación en el polo negativo es 0 V y si la tensión en DC en los puntos de conmutación del polo positivo y el punto medio accesible de la fuente de alimentación es distinta de 0 V.

El módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona

de falta a tierra en el punto medio accesible de la fuente de alimentación si las tensiones en DC en el punto de conmutación en el polo negativo, en el polo positivo y en el punto medio accesible de la fuente de alimentación son distintas de 0 V y si las proporciones entre las tensiones entre los tres puntos de conmutación son proporcionales a las proporciones de las tensiones a ambos  
5 lados del convertidor parcial de potencia.

En realizaciones preferentes de la invención, la severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$10 \quad R_f = \frac{\left(x - \frac{1}{2}\right) U_{DC} - U_{gndM}}{U_{gndM}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}$$

donde  $U_{gndM}$  es la componente de corriente continua del dispositivo leída en el momento de la falta en el punto medio,  $Z_{gnd}$  es el valor de la impedancia del dispositivo de puesta a tierra,  $U_{DC}$  el voltaje de la corriente continua y  $x$  es la posición de la falta, siendo +1 en el polo positivo, 0 en el polo negativo y -1 en el  
15 convertidor parcial de potencia.

En sistemas alternativos, el punto medio de la fuente de alimentación no es accesible. En esos casos, el punto medio de la fuente de alimentación es construido en el sistema eléctrico si no es accesible. Dicha construcción se puede  
20 realizar, por ejemplo, disponiendo dos impedancias en paralelo con la fuente de alimentación y midiendo en el punto medio de dichas impedancias.

La severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$25 \quad R_f = \frac{-x U_{DC} - U_{gnd-}}{U_{gnd-}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}$$

donde  $U_{gnd-}$  es la componente de corriente continua del dispositivo leída en el momento de la falta en el polo negativo.



Alternativamente, la severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$R_f = \frac{(1 - x)U_{DC} - U_{gnd+}}{U_{gnd+}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}$$

donde  $U_{gnd+}$  es la componente de corriente continua del dispositivo leída en el  
5 momento de la falta en el polo positivo.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un método de detección,  
localización y protección de faltas a tierra, que comprende al menos un convertidor  
parcial de potencia y un transformador que además comprende un primario y un  
10 secundario. Dicho método comprende conectar medios de detección y protección  
de faltas a tierra que comprenden un dispositivo para la limitación de intensidad  
en caso de que se produzca una falta a tierra, entre un punto en un polo positivo  
de una fuente de alimentación que alimenta el sistema eléctrico, un punto en un  
polo negativo de la fuente de alimentación y un punto medio accesible de la fuente  
15 de alimentación.

Dichas conexiones entre los puntos y el dispositivo de detección y protección de  
faltas a tierra se realiza mediante una pluralidad de interruptores conectados de  
manera secuencial y enclavada. El método comprende además detectar una falta  
20 a tierra y localizar el lugar en el sistema eléctrico donde se produce dicha falta a  
tierra en base a la medida de la tensión y/o corriente en los medios de detección  
y protección de faltas a tierra.

Preferentemente, el método además comprende realizar al menos una de las  
25 siguientes etapas:

- determinar un estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
- variar el estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores de manera secuencial y enclavada,

- medida de las características eléctricas de la tensión y/o de corriente a través del dispositivo de detección y protección de faltas a tierra la impedancia en cada uno de los estados de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
- 5      - analizar la tensión y/o corriente medidas realizando una transformada en el dominio de la frecuencia que permita la cuantificación de uno o más armónicos de las medidas: a través de la impedancia, a través del convertidor parcial de potencia y a través del primario y secundario del transformador,
- 10     - comparar la tensión y/o corriente medidas, con un valor umbral preestablecido, y determinación de falta a tierra si la medida supera el valor umbral;
- localizar la parte del sistema eléctrico donde se ha producido la falta a tierra, dicha parte del sistema se determina como la zona que coincide con
- 15     la tensión y/o corriente que divergen de dicho valor umbral; y/o
- emitir una alarma con al menos la información de falta a tierra, la severidad y la localización en el sistema eléctrico.

La etapa de análisis de la tensión y/o corriente en la impedancia en el dominio de la frecuencia emplea una transformada de Fourier, y analiza los armónicos correspondientes al subsistema eléctrico conectado en ese momento.

De manera preferente, la severidad de la falta en un sistema eléctrico con un punto medio de la fuente de alimentación no accesible se estima como

$$R_f = \frac{\left(x - \frac{1}{2}\right) U_{DC} \operatorname{Re}\{Z_{gnd}\} - U_{gndM} \operatorname{Re}\{Z_{gnd}\} - U_{gndM} R/2}{U_{gndM}}$$

siendo R el valor de una de las resistencias que conforman el punto medio artificial.

Preferentemente, dicho método se implementa en el sistema eléctrico definido por

el sistema de detección de faltas anteriormente descrito.

## **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

- 5 Se describen aquí de forma breve una serie de figuras, de ejemplos no limitativos, que ayudan a comprender mejor la invención:

La figura 1.- muestra un esquema eléctrico de una posible configuración de la invención, para un Convertidor Parcial de Potencia (PPC) tipo “Buck” entre una  
10 fuente de alimentación y una carga.

La figura 2.- muestra un esquema eléctrico de otra posible configuración del sistema de la invención basado en la Figura 1, en donde el punto medio es construido mediante dos impedancias en paralelo a la fuente de alimentación.  
15

La figura 3.- muestra un esquema eléctrico de otra posible configuración del sistema de la invención basado en la Figura 1, en donde el punto medio es construido entre los terminales del PPC.

20 La figura 4.- muestra un esquema eléctrico de una posible configuración de la invención basada en la Figura 1 e indicando la localización de las distintas faltas a tierra que pueden aparecer.

La figura 5.- muestra un diagrama de flujo de una posible configuración de los  
25 procesos llevados a cabo dentro de los subsistemas.

La figura 6.- muestra un diagrama de flujo de una posible realización de un método de detección de faltas a tierra para sistemas eléctricos con convertidores parciales

de potencia.

La figura 7.- muestra una gráfica del registro de tensión en una impedancia de puesta a tierra durante una falta detectada en el polo positivo del PPC.

5

La figura 8.- muestra una gráfica del registro de tensión en una impedancia de puesta a tierra durante una falta en el primario del transformador conectado al PPC.

10 La figura 9.- muestra una gráfica del registro de tensión en una impedancia de puesta a tierra durante una falta en el terminal de DC de salida que se conecta a la carga del PPC.

15 La figura 10.- muestra una gráfica del registro de tensión en una impedancia de puesta a tierra durante una falta en el secundario del transformador conectado al PPC.

20 La figura 11.- muestra el registro de tensión en una impedancia de puesta a tierra acorde a la figura 1 para una falta en el polo negativo del PPC (mostrado en la figura 4).

## REFERENCIAS NUMÉRICAS DE LAS FIGURAS

(1) Polo positivo de DC

25 (2) Polo negativo de DC

(3) Fuente de alimentación DC

(4) Condensador;

(5) Carga

- (6) Convertidor Parcial de Potencia, PPC, inversor;
- (7) Convertidor Parcial de Potencia, PPC, rectificador;
- (8) Primario de transformador;
- (9) Secundario de transformador;
- 5 (10) Conexión serie a carga;
- (11) Dispositivo de puesta a tierra;
- (12) Tierra;
- (13) Interruptor de puesta a tierra;
- (14) Subsistema de medida de tensión y conmutación;
- 10 (15) Subsistema de detección de zona en falta;
- (16) Voltímetro;
- (17) Subsistema de estimación de severidad de falta;
- (18) Señal de tensión en el dispositivo de puesta a tierra;
- (19) Señal de tensión en barras de DC;
- 15 (20) Señal de actuación en interruptores;
- (21) Señal de alarma;
- (22) Resistencia;
- (23) Falta a tierra o chasis;
- (24) Proceso de medida de tensión y su análisis de espectro en el dominio de la
- 20 frecuencia;
- (25) Proceso de cambio de interruptor de puesta a tierra;
- (26) Proceso de detección de falta en AC y delimitación de zona;
- (27) Proceso de detección de falta en DC y delimitación de zona;
- (28) Proceso de estimación de severidad de la falta a tierra AC;
- 25 (29) Proceso de estimación de severidad de la falta a tierra DC;

- (30) Etapa de medida de tensión en el dispositivo de puesta a tierra;
- (31) Etapa comparación de la lectura con un umbral de actuación;
- (32) Etapa de análisis de la tensión en el dominio de la frecuencia;
- (33) Etapa de estimación de la tensión de falta;
- 5 (34) Etapa de detección de falta a tierra en el lado AC;
- (35) Etapa de cálculo de peso de componente AC;
- (36) Etapa de detección de falta a tierra en el polo positivo del lado DC;
- (37) Etapa de estimación de zona concreta de AC en falta;
- (38) Etapa de diagnóstico de zona polo positivo de DC en falta;
- 10 (39) Etapa de detección de falta a tierra en el polo negativo del lado DC;
- (40) Etapa de diagnóstico de secundario del transformador del lado de AC en falta;
- (41) Etapa de diagnóstico de primario del transformador del lado de AC en falta;
- (42) Etapa de diagnóstico de zona polo negativo de DC en falta;
- (43) Etapa de diagnóstico de zona conexión serie a carga de DC en falta;
- 15 (44) Etapa de estimación de la severidad de la falta;
- (45) Etapa de emisión de alarma;

## **REALIZACIONES PREFERENTES Y DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

20

A continuación, se procede a describir de forma más detallada las figuras introducidas previamente, las cuales se tratan de realizaciones preferentes no limitativas de la invención.

- 25 La figura 1 muestra un ejemplo de convertidor electrónico parcial de potencia conectado desde una fuente de alimentación DC (3) conectada a un primer PPC,

inversor (6) por su polo positivo de DC (1) en serie con el primario de un transformador (8). El segundo terminal de entrada del inversor (6), o conexión serie a carga (10), se conecta al terminal superior de una carga (5) que consume una determinada potencia eléctrica en corriente continua y a su vez al terminal superior de salida de un convertidor parcial de potencia, rectificador (7) que rectifica en DC la potencia AC que se transmite al secundario del transformador (9) anterior. Finalmente, la corriente retorna a la fuente de alimentación (3) por el polo negativo de DC (2) de la instalación, que está conectado a la carga (5). Para mantener la tensión constante en el sistema se instala un condensador (4) entre ambos polos (1,2). De esta forma el PPC requiere un transformador de potencia dimensionado para el nivel de tensión que hay entre los terminales DC del inversor (6) y no de la potencia total de la carga (5). Sin embargo, entre el primario (8) y el secundario (9) del transformador se pierde el aislamiento galvánico, lo que hace necesario la introducción de elementos protectores.

15

En la misma figura la fuente de alimentación (3) dispone de punto medio accesible, por lo que se instala un dispositivo de puesta a tierra (11) entre tres puntos conmutables por unos interruptores de puesta a tierra (13) entre el polo positivo (13b), negativo (13c) y medio de la instalación DC (13a) y tierra (12). De dicho dispositivo (11) se extrae una señal de tensión en el dispositivo de puesta a tierra (18) hasta un subsistema de medida de tensión y conmutación (14) que analiza dicha tensión y manda señales de actuación en los distintos interruptores (20) para ir conmutando el punto de puesta a tierra (12) entre las distintas partes del circuito de manera secuencial y enclavada para evitar cortocircuitos.

25

Posteriormente, el análisis de dicha señal (18) se envía a un subsistema de detección de zona en falta (15) y atendiendo a la zona en falta que resulte se llevará a cabo una u otra estimación de la severidad de falta en un subsistema de estimación de severidad de falta (17) que requiere adicionalmente la señal de tensión en barras de DC (19) medida entre el polo positivo (1) y el polo negativo (2) y obtenida con un voltímetro (16). Finalmente, desde este subsistema (17) se envía a dispositivos externos a la invención una señal de alarma (21) para la

30

actuación sobre el circuito o monitorización.

La figura 2 es una adaptación en la instalación del sistema de la invención cuando la fuente de alimentación (3) no dispone de punto medio accesible. Para ello se han incorporado dos resistencias (22) de alto valor óhmico que permiten acceder a él y observar defectos en régimen permanente, por un coste de energía igual al gasto de potencia,  $P_b$ , en el tiempo equivalente a:

$$P_b = \frac{U_{DC}^2}{2R}$$

donde  $R$  es el valor de cada una de las resistencias (22) y  $U_{DC}$  la tensión medida en el voltímetro (16). Con el punto medio artificial el subsistema de estimación de falta (17) tiene que adaptarse para poder realizar dicha estimación considerando las dos resistencias.

La figura 3 muestra otra posible adaptación del sistema de la invención donde el punto medio de la instalación no es utilizado para el sistema de la invención si no el punto medio del PPC, donde se han instalado dos resistencias (22) entre el polo positivo (1) y la conexión serie a carga (10). En este caso la potencia demandada por el punto medio artificial es menor, ya que la tensión entre ambos puntos es menor. También los interruptores de puesta a tierra han de ser modificados e instalados en el polo positivo (1), en el punto medio artificial actual de la figura, y en la conexión serie a carga (10).

La figura 4 muestra el ejemplo de la figura 1 y adicionalmente se exponen las posibles faltas a tierra (23) que pueden ocurrir en dicho sistema. Estas faltas son: falta a tierra en el polo positivo de la instalación (23a), falta a tierra en el primario del transformador (23b), falta a tierra en la conexión serie a carga (23c), falta a tierra en el secundario del transformador (23d) y falta a tierra en el polo negativo de la instalación (23e). Por lo tanto, es necesario que el sistema y método de la invención permitan el diagnóstico de dicha falta con fines de seguridad y economía en el mantenimiento (gracias al ahorro de tiempo por acotación de la falta).



La figura 5 muestra una posible realización del sistema de la invención adaptado a la figura 1. Dicho sistema se alimenta primeramente de la señal de tensión en el dispositivo de puesta a tierra (18),  $U_{gnd}$ . En el subsistema de medida de tensión y conmutación (14) se llevan dos procesos. Un proceso de medida de tensión y su análisis de espectro en el dominio de la frecuencia (24) que permite dar valores numéricos a dicha señal medida y realizar una FFT para observar al menos sus armónicos a corriente continua, frecuencia fundamental del PPC, inversor (6) y frecuencia de conmutación de ambos convertidores (6,7). Una vez obtenidos dichos parámetros para una posición de los interruptores (13), en un proceso de cambio de interruptor de puesta a tierra se cambia secuencialmente y de forma enclavada entre interruptores de puesta a tierra (13) para variar la posición del dispositivo (11) respecto a tierra (12) y repetir la medida utilizando señales de actuación en dichos interruptores (20). Se realiza esto tantas veces como interruptores (13) haya. Posteriormente, con las nuevas medidas de tensión ya calculadas, en un subsistema de detección de zona en falta (15) se llevan a cabo dos procesos:

- o bien un proceso de detección de falta en AC y delimitación de zona (26), donde se detecta la falta si la señal previa dispone de componentes de la señal de tensión (18) a frecuencia fundamental y/o frecuencia de conmutación de los convertidores (6,7) y después se acota el primario o el secundario atendiendo al peso  $w_{AC}$  calculado entre dichas componentes y la componente de corriente continua que porte dicha señal (18). Si el peso  $w_{AC}$  es menor que  $w_{thr}$  previamente ajustado por el usuario el diagnóstico resultará en una falta a tierra en el primario del transformador (23b), si es mayor resultará en una falta a tierra en el secundario de dicho transformador (23d). Los pesos se calculan como:

$$w_{AC} = \frac{U_{gnd.n}(f_k)}{U_{gnd.n}(f_0)}$$

para cada una de las posiciones conmutadas del dispositivo de puesta a tierra, donde:

$U_{gnd}(f_k)$ : es la tensión normalizada en el dispositivo a tierra con

componente armónica de frecuencia de conmutación.

$U_{gnd}(f_0)$ : es la tensión normalizada en el dispositivo a tierra con componente armónica de corriente continua.

y el ajuste umbral se ajusta como:

$$w_{thr} = \frac{U_{gnd.n}(f_k)|_{max}}{U_{gnd.n}(f_0)|_{max}}$$

para cada una de las posiciones conmutadas del dispositivo de puesta a tierra, donde:

$U_{gnd.n}(f_k)|_{max}$ : es la tensión  $U_{gnd}$  a la frecuencia de conmutación normalizada máxima que puede alcanzar el circuito.

$U_{gnd.n}(f_0)|_{max}$ : es la tensión  $U_{gnd}$  de componente continua máxima normalizada que puede alcanzar el circuito para la falta.

- o bien un proceso de detección de falta en DC y delimitación de zona (27), donde se detecta la falta en DC si la señal de tensión (18) únicamente porta componente de corriente continua (o componente de corriente alterna en muy baja proporción, ya que puede existir residuo debido a capacidades parásitas a tierra y altas frecuencias de conmutación en el sistema). En dicho caso, la falta a tierra se encontrará en el polo positivo (23a) cuando la tensión en la posición de conmutación de polo positivo (13b) registre una tensión nula mientras que en las otras posiciones (13a,13c) el valor sea distinto de cero, la falta a tierra se encontrará en el polo negativo (23e) cuando la tensión en la posición de conmutación de polo negativo (13c) registre una tensión nula mientras que en las otras posiciones (13a,13b) el valor sea distinto de cero, y la falta a tierra se encontrará en la conexión serie a carga (10) cuando las tres posiciones de conmutación registren tensiones y las proporciones entre las posiciones sean semejantes a la proporción de las tensiones de operación a ambos lados del PPC.

Finalmente, de cada uno de los procesos de detección (26,27) se procede a un subsistema de estimación de severidad de falta (17) que dispone a su vez de dos

procesos. En caso de falta en AC, el proceso a realizar es de estimación de severidad de la falta a tierra AC (28). Esta estimación de la resistencia de falta (indicador inverso a la severidad de la falta, es decir, a mayor resistencia de falta, menor severidad y viceversa) se puede llevar a cabo como:

$$R_f = \frac{U_{gnd}(f_1)|_{max} - U_{gnd}(f_1)}{U_{gnd}(f_1)} \cdot R_{gnd}$$

Donde:

$U_{gnd}(f_1)$ : es la estimación del armónico a frecuencia fundamental de operación del PPC (6,7).

$U_{gnd}(f_1)|_{max}$ : es el valor máximo que puede adquirir y se estima mediante una calibración previa del sistema realizando una emulación de falta en los terminales AC del convertidor, se recomienda  $R_f$  emulada = 0  $\Omega$  para el ajuste.

También se puede disponer como referencia la frecuencia de conmutación,  $f_k$ , del convertidor, para lo cual una variante de dicho proceso incluiría la medida de tensión (19) en barras de DC y por lo tanto:

$$R_f = \frac{U_{gnd}(f_k)|_{max} - U_{gnd}(f_k)}{U_{gnd}(f_k)} \cdot R_{gnd}$$

Donde el ajuste de  $U_{gnd}(f_k)|_{max}$  es directamente  $x \cdot U_{DC}$  donde  $x$  es el porcentaje de tensión sobre el total de barras de corriente continua al que queda conectado el PPC.

20

En caso de falta a tierra en DC, el proceso a realizar es de estimación de severidad de la falta a tierra DC (29) que estima la severidad del defecto obteniendo la resistencia de falta a tierra como:

$$R_f = \frac{\left(x - \frac{1}{2}\right) U_{DC} - U_{gndM}}{U_{gndM}} \cdot R_{gnd}$$

25 Donde  $(x-1/2)U_{DC}$  es la tensión en barras de corriente continua (entre polo positivo (1) y polo negativo (2)) multiplicado por un factor  $x$  que corresponde a 1 cuando la

falta se encuentra en el polo positivo (1), 0 en el polo negativo (2) y  $x = 1$ -reparto de tensión en el PPC si se da en la conexión serie a la carga (10). Un ejemplo numérico de reparto de tensión es el siguiente: un sistema de 600 V con un PPC de 50 V conectado, entonces  $x = 1-50V/600V = 91.7\%$ .

5

Finalmente, se emite una señal de alarma (21) con al menos la información descrita anteriormente a dispositivos externos ajenos a la invención para la monitorización y protección del circuito eléctrico.

- 10 La figura 6 muestra un flujograma con las etapas de una posible realización del método de la invención adaptado al sistema eléctrico dispuesto en la figura 1. La realización del método aquí propuesta dispone de una etapa de medida de tensión en el dispositivo de puesta a tierra (30) donde se registran los valores de tensión en el dispositivo (11). Posteriormente, en una etapa comparación de la lectura con  
15 un umbral de actuación (31) se compara el valor RMS o cualquier otra característica representativa con un umbral predefinido por encima del cual el método detecta una falta a tierra (23). Una vez detectada en una etapa de análisis de la tensión en el dominio de la frecuencia (32) se realiza un proceso de FFT para obtener al menos los armónicos de corriente continua, fundamental y de  
20 frecuencia de conmutación de operación del PPC. Se ejecuta entonces una etapa de estimación de la tensión de falta (33) como:

$$U_f = U_{gnd}[f_0(p_-)] - U_{gnd}[f_0(p_+)]$$

- Para la ejecución de posterior de una etapa de detección de falta a tierra en el  
25 lado AC (34) se comprueba que  $U_{gnd}$  presenta armónicos de AC. Si los porta se procederá a una etapa de cálculo de peso de componente AC (35) para obtener, como se ha descrito anteriormente, los pesos normalizados respecto a  $U_f w_{AC}$ . Atendiendo al peso de las componentes AC con respecto al DC, este es comparado con el umbral  $w_{thr}$  en una etapa de estimación de zona concreta de AC  
30 en falta (37). Si  $w_{AC} > w_{thr}$  la falta a tierra ocurrirá en el secundario del transformador, la que será diagnosticada como zona en falta mediante una etapa

de diagnóstico de secundario del transformador del lado de AC en falta (39). Si se da el fenómeno contrario, entonces se procede a una etapa de diagnóstico del primario del transformador del lado de AC en falta (41). Por el contrario si la etapa de detección (34) da como resultado negativo, entonces implica una falta a tierra en el lado de DC (23a, 23c o 23e). Para concretar más en profundidad el cable con defecto se procede a una etapa de detección de falta a tierra en el polo positivo del lado DC donde se comprueba si  $U_{gnd}$  para la posición del interruptor (13b) es nula. En caso afirmativo, se procede a una etapa de diagnóstico de zona polo positivo de DC en falta (38), mientras que en caso negativo se procede a una etapa de detección de falta a tierra en el polo negativo del lado DC (39). En esta etapa (39) se comprueba que  $U_{gnd}$  es nula para la posición del interruptor (13c). En caso afirmativo, se ejecuta una etapa de diagnóstico de zona polo negativo de DC en falta (43) mientras que si es negativo se ejecuta una etapa de diagnóstico de zona conexión serie a carga de DC en falta (43). Finalmente, una vez acotada la posición del defecto se estima la severidad del mismo en una etapa de estimación de la severidad de la falta (44) donde se estima dicha severidad de forma inversa. Es decir, mediante la estimación de la resistencia de falta,  $R_f$ . Para el caso AC,  $R_f$  se estimará como:

$$R_f = \frac{U_{gnd}(f_1)|_{max} - U_{gnd}(f_1)}{U_{gnd}(f_1)} \cdot R_{gnd}$$

o bien como:

$$R_f = \frac{U_{gnd}(f_k)|_{max} - U_{gnd}(f_k)}{U_{gnd}(f_k)} \cdot R_{gnd} = \frac{x \cdot U_{DC} - U_{gnd}(f_k)}{U_{gnd}(f_k)} \cdot R_{gnd}$$

y para el caso DC,  $R_f$  se estimará como:

$$R_f = \frac{\left(x - \frac{1}{2}\right) U_{DC} - U_{gndM}}{U_{gndM}} \cdot R_{gnd}$$

Finalmente, el método contempla una etapa de emisión de alarma (45) con al menos la información de existencia de una falta, la localización de esta y la severidad de la misma.

Las figuras 7 a 11 muestran los registros de tensión en el dispositivo (11) para las faltas a tierra (23a, 23b, 23c, 23d y 23e), respectivamente. Se ha dispuesto una resistencia a modo de dispositivo de puesta a tierra (11) de valor 4.7 kΩ. A modo de ejemplo se muestra en la figura 7 el registro de tensión para las conmutaciones de los interruptores (13a, 13b y 13c). A partir de 30 ms de registro aparece una tensión distinta de 0 V lo que implica una falta a tierra (23). Se puede observar que solamente presenta componente de DC (al contrario que las figuras 8 y 10) y  $U_{gnd} = 0$  para la posición del interruptor (13b), lo que indica una falta a tierra en el polo positivo de la instalación. Las medidas de tensión para los tres interruptores son:

5      -272.5V, 0.0002V, -544.9V, respectivamente. La medida de tensión en DC es de

10      550 V. Por lo que la severidad de la falta se define como

$$R_f = [(1-1/2)*550V-272.5V]/272.5V*4700\Omega = 43.12 \Omega.$$

## REIVINDICACIONES

1. Sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, en donde el sistema eléctrico comprende al menos un  
5 convertidor parcial de potencia, un transformador que además comprende un primario y un secundario, y medios de detección y protección de faltas a tierra que comprenden un dispositivo para la limitación de intensidad en caso de que se produzca una falta a tierra, **caracterizado** porque el  
10 dispositivo de detección y protección de faltas a tierra es conectable entre un punto en un polo positivo de una fuente de alimentación que alimenta el sistema eléctrico, un punto en un polo negativo de la fuente de alimentación y un punto medio accesible de la fuente de alimentación, en donde las conexiones entre los puntos y el dispositivo de detección y  
15 protección de faltas a tierra se realiza mediante una pluralidad de interruptores, en donde el sistema eléctrico además comprende un módulo de control y diagnóstico adaptado para conectar y desconectar la pluralidad de interruptores de manera secuencial y enclavada, y en donde el módulo de control y diagnóstico está adaptado para detectar una falta a tierra en base a la medida de al menos un parámetro eléctrico del  
20 dispositivo de detección y protección de faltas a tierra.
2. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo para la limitación de intensidad es una impedancia para limitar la corriente  
25 de falta a tierra y proteger las partes que comprenden el sistema eléctrico.
3. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el parámetro eléctrico del dispositivo de detección y  
30 protección de faltas a tierra comprende una señal de tensión y/o corriente.

4. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está adaptado para realizar al menos una de las siguientes funciones:
  - 5
    - medida de la tensión y/o de corriente a través de la impedancia;
    - determinar un estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
    - análisis de las características eléctricas de la medida de tensión y/o corriente mediante la realización de una transformada en el dominio de la frecuencia que permita la cuantificación de uno o más armónicos de las medidas: a través de la impedancia, a través del convertidor parcial de potencia y a través del primario y secundario del transformador,
    - 10
      - cambio de posición de la pluralidad de interruptores de forma enclavada y secuencial,
      - 15
        - detección de una falta a tierra,
        - localización de una zona del sistema en falta a tierra de acuerdo con el análisis de la medida de tensión y/o corriente, la posición de la pluralidad de interruptores y la detección de la falta a tierra, y
        - emisión de una señal de alarma que comprende información del análisis de la falta a tierra, la zona del sistema en falta a tierra y una
          - 20
            - severidad de la falta a tierra de acuerdo con la información del análisis de la falta a tierra.
5. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para determinar una señal de falta a tierra detectada en AC, midiendo una o más componentes de frecuencia de dicha señal.
  - 25
  - 30
6. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de



- 5 faltas a tierra, según la reivindicación 5, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para emitir una señal de alarma cuando la tensión de una o más componentes de frecuencia de la señal de falta a tierra detectada en AC supera un primer umbral de protección previamente definido.
- 10 7. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 5 – 6, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para: localizar la zona de falta a tierra AC en el primario del transformador si la tensión AC es menor que el umbral de protección o localizar la zona de falta a tierra AC en el secundario del transformador si la tensión AC es mayor que dicho umbral de protección.
- 15 8. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la severidad de la falta a tierra en AC se estima como  $R_f = \frac{U_{gnd}(f_1)|_{max} - U_{gnd}(f_1)}{U_{gnd}(f_1)} \cdot R_{gnd}$ , donde  $U_{gnd}(f_1)$  es el armónico a frecuencia fundamental de operación del convertidor parcial de potencia,  $U_{gnd}(f_1)|_{max}$  es el valor máximo que puede adquirir el armónico a frecuencia fundamental de operación del convertidor parcial de potencia y  $R_f$  la resistencia de falta siendo un indicador inverso a dicha severidad.
- 20 9. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para determinar una señal de falta a tierra detectada en DC midiendo la tensión de dicha señal.
- 25 10. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según la reivindicación 9, caracterizado porque el módulo de
- 30

control y diagnóstico además está configurado de forma que para emitir una señal de alarma cuando la tensión en DC de la señal de falta a tierra detectada es distinta de 0 V.

- 5      11. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 9 – 10, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona de falta a tierra DC en el polo positivo de la fuente de alimentación si la tensión en DC en el punto de conmutación en el polo positivo es 0 V y si  
10      la tensión en DC en los puntos de conmutación del polo negativo y el punto medio accesible de la fuente de alimentación es distinta de 0 V.
- 15      12. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 9 – 11, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona de falta a tierra en el polo negativo de la fuente de alimentación si la tensión en DC en el punto de conmutación en el polo negativo es 0 V y si  
20      la tensión en DC en los puntos de conmutación del polo positivo y el punto medio accesible de la fuente de alimentación es distinta de 0 V.
- 25      13. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 9 – 12, caracterizado porque el módulo de control y diagnóstico además está configurado para localizar la zona de falta a tierra en el punto medio accesible de la fuente de alimentación si las tensiones en DC en el punto de conmutación en el polo negativo, en el polo positivo y en el punto medio accesible de la fuente de alimentación son distintas de 0 V y si las proporciones entre las tensiones entre los tres puntos de conmutación son proporcionales a las proporciones de las tensiones a ambos lados del convertidor parcial de potencia.  
30      14. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de

faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$R_f = \frac{(x-\frac{1}{2})U_{DC}-U_{gndM}}{U_{gndM}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}, \text{ donde } U_{gndM} \text{ es la componente de corriente}$$

continua del dispositivo leída en el momento de la falta en el punto medio,  $Z_{gnd}$  es el valor de la impedancia del dispositivo de puesta a tierra,  $U_{DC}$  el voltaje de la corriente continua y  $x$  es la posición de la falta, siendo +1 en el polo positivo, 0 en el polo negativo y -1 en el convertidor parcial de potencia.

10 15. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según la reivindicación 14, caracterizado porque el punto medio de la fuente de alimentación es construido en el sistema eléctrico si no es accesible.

15 16. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$R_f = \frac{-xU_{DC}-U_{gnd-}}{U_{gnd-}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}, \text{ donde } U_{gnd-} \text{ es la componente de corriente}$$

continua del dispositivo leída en el momento de la falta en el polo negativo.

20

17. El sistema eléctrico con medios de detección, localización y protección de faltas a tierra, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la severidad de la falta a tierra en DC se estima como

$$R_f = \frac{(1-x)U_{DC}-U_{gnd+}}{U_{gnd+}} \cdot Re\{Z_{gnd}\}, \text{ donde } U_{gnd+} \text{ es la componente de corriente}$$

continua del dispositivo leída en el momento de la falta en el polo positivo.

25

18. Método de detección, localización y protección de faltas a tierra, que comprende al menos un convertidor parcial de potencia y un transformador que además comprende un primario y un secundario, **caracterizado** porque comprende conectar medios de detección y protección de faltas a

30

tierra que comprenden un dispositivo para la limitación de intensidad en caso de que se produzca una falta a tierra, entre un punto en un polo positivo de una fuente de alimentación que alimenta el sistema eléctrico, un punto en un polo negativo de la fuente de alimentación y un punto medio accesible de la fuente de alimentación, en donde las conexiones entre los puntos y el dispositivo de detección y protección de faltas a tierra se realiza mediante una pluralidad de interruptores conectados de manera secuencial y enclavada, y porque el método además comprende detectar una falta a tierra y localizar el lugar en el sistema eléctrico donde se produce dicha falta a tierra en base a la medida de la tensión y/o corriente en los medios de detección y protección de faltas a tierra.

19. Método de detección, localización y protección de faltas a tierra, según la reivindicación 18, caracterizado porque además comprende realizar al menos una de las siguientes etapas:

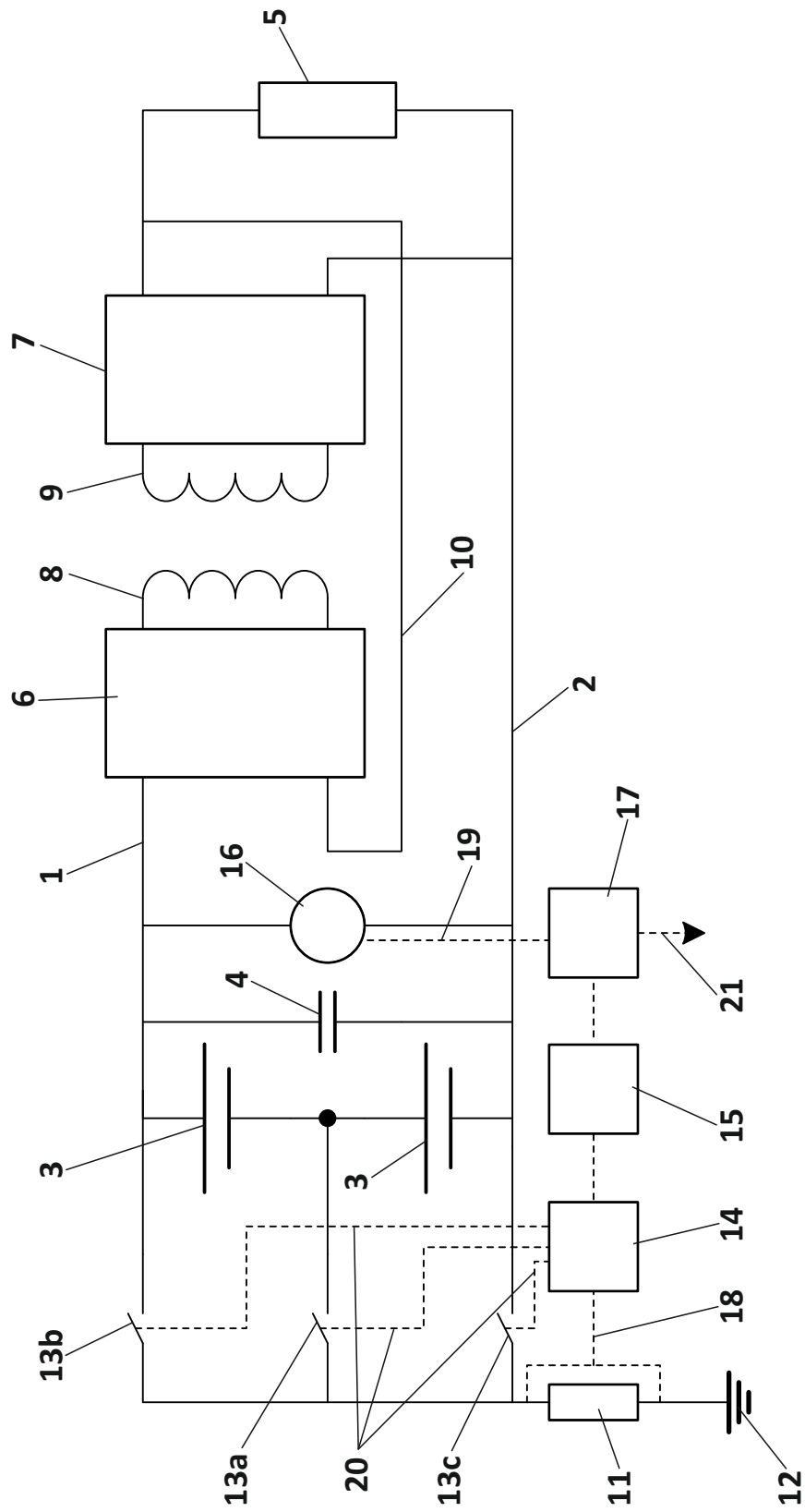
- determinar un estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
- variar el estado de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores de manera secuencial y enclavada,
- medida de las características eléctricas de la tensión y/o de corriente a través del dispositivo de detección y protección de faltas a tierra la impedancia en cada uno de los estados de conexión o desconexión de la pluralidad de interruptores;
- analizar la tensión y/o corriente medidas realizando una transformada en el dominio de la frecuencia que permita la cuantificación de uno o más armónicos de las medidas: a través de la impedancia, a través del convertidor parcial de potencia y a través del primario y secundario del transformador,
- comparar la tensión y/o corriente medidas, con un valor umbral preestablecido, y determinación de falta a tierra si la medida supera el valor umbral;

- localizar la parte del sistema eléctrico donde se ha producido la falta a tierra, dicha parte del sistema se determina como la zona que coincide con la tensión y/o corriente que divergen de dicho valor umbral;
- emitir una alarma con al menos la información de falta a tierra, la severidad y la localización en el sistema eléctrico.

20. Método de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 18 – 19, caracterizado porque la etapa de análisis de la tensión y/o corriente en la impedancia en el dominio de la frecuencia emplea una transformada de Fourier, y analiza los armónicos correspondientes al subsistema eléctrico conectado en ese momento.

21. Método de detección, localización y protección de faltas a tierra, según las reivindicaciones 18 – 20, caracterizado porque la severidad de la falta en un sistema eléctrico con un punto medio de la fuente de alimentación no accesible se estima como  $R_f = \frac{(x - \frac{1}{2})U_{DC}Re\{Z_{gnd}\} - U_{gndM}Re\{Z_{gnd}\} - U_{gndM}R/2}{U_{gndM}}$ , siendo R el valor de una de las resistencias que conforman el punto medio artificial.

22. Método de detección y protección de faltas a tierra según cualquiera de las reivindicaciones 18 a 21, caracterizado porque se implementa en el sistema eléctrico definido en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17.



**FIG. 1**

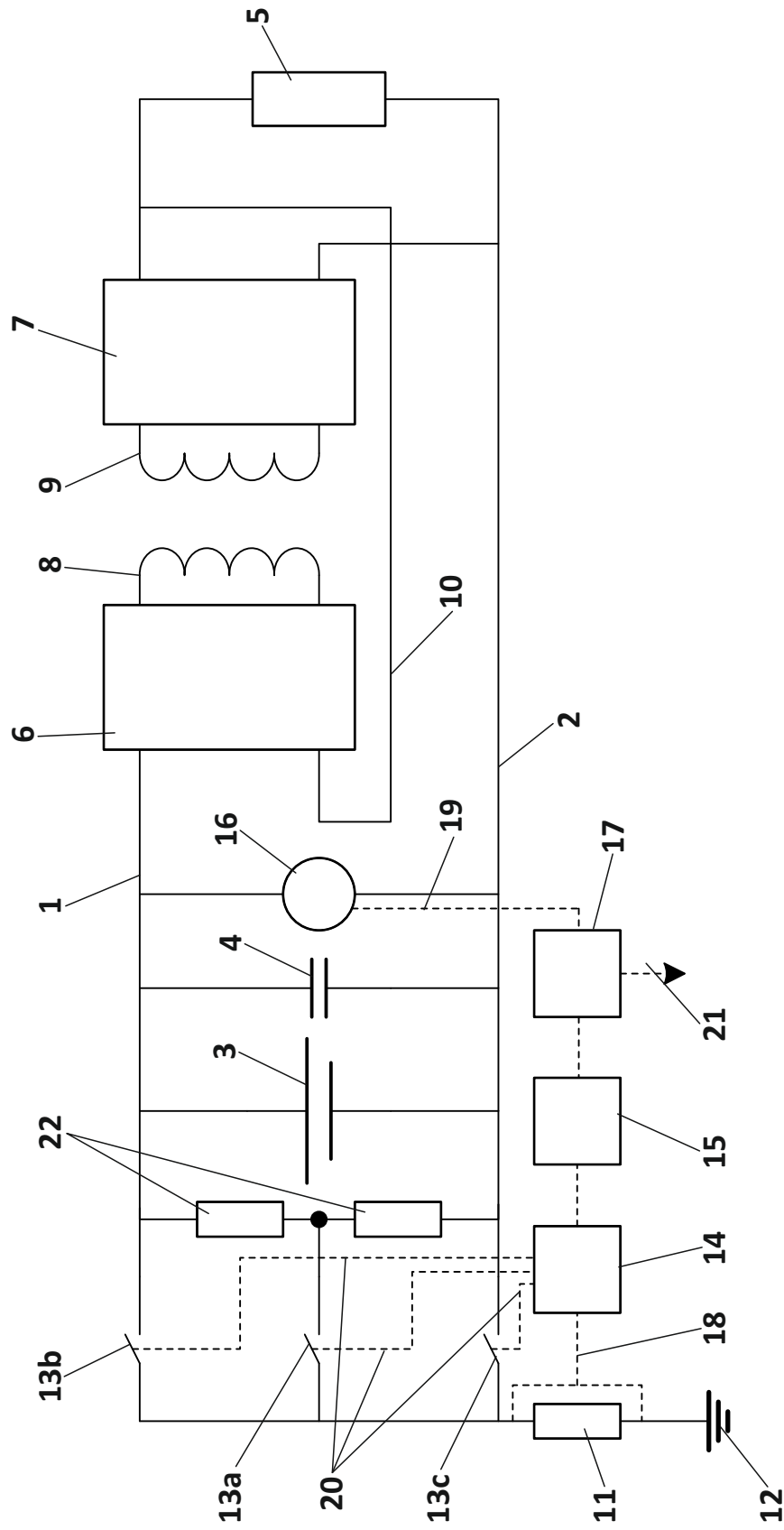
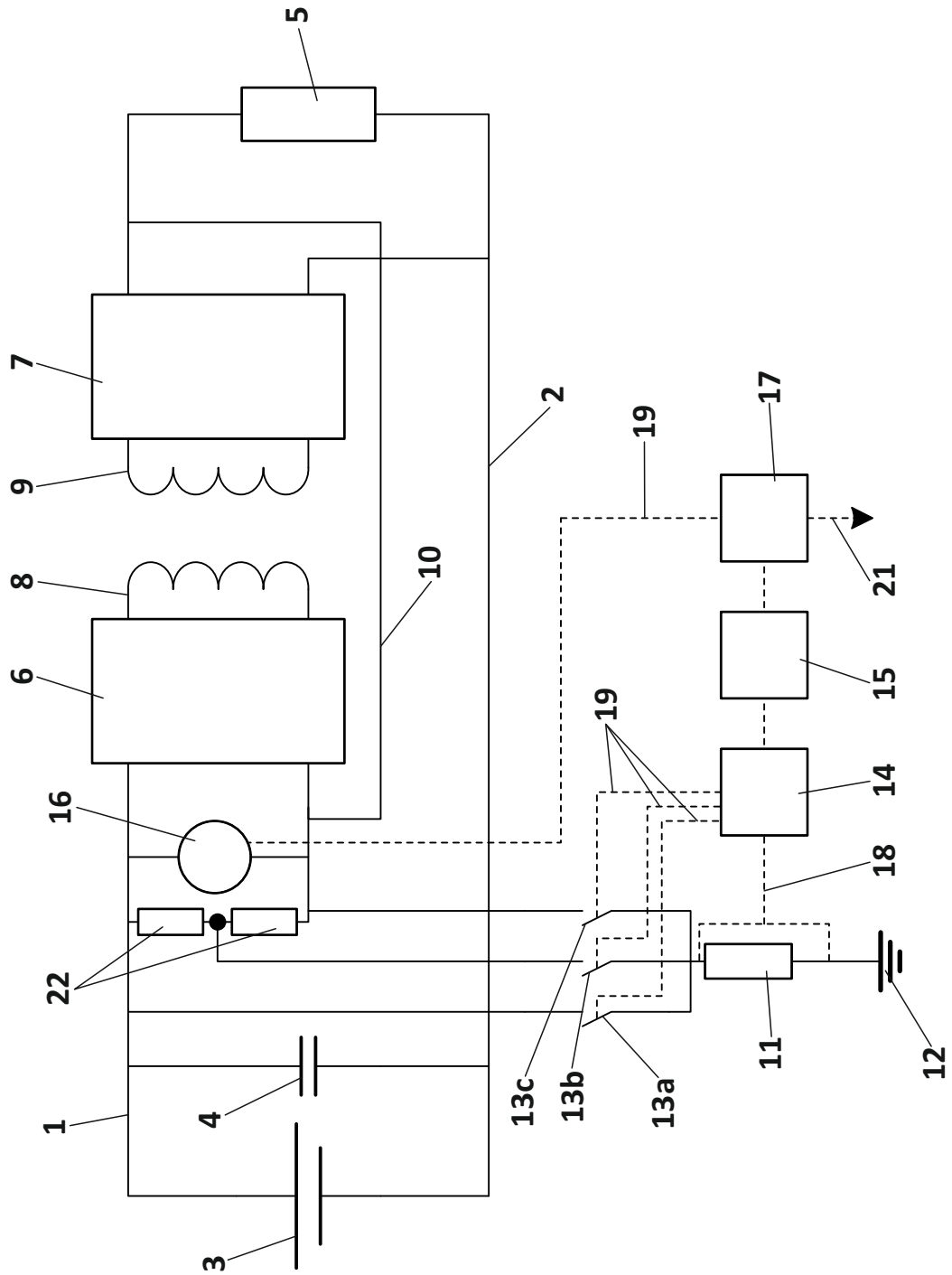


FIG. 2



**FIG. 3**



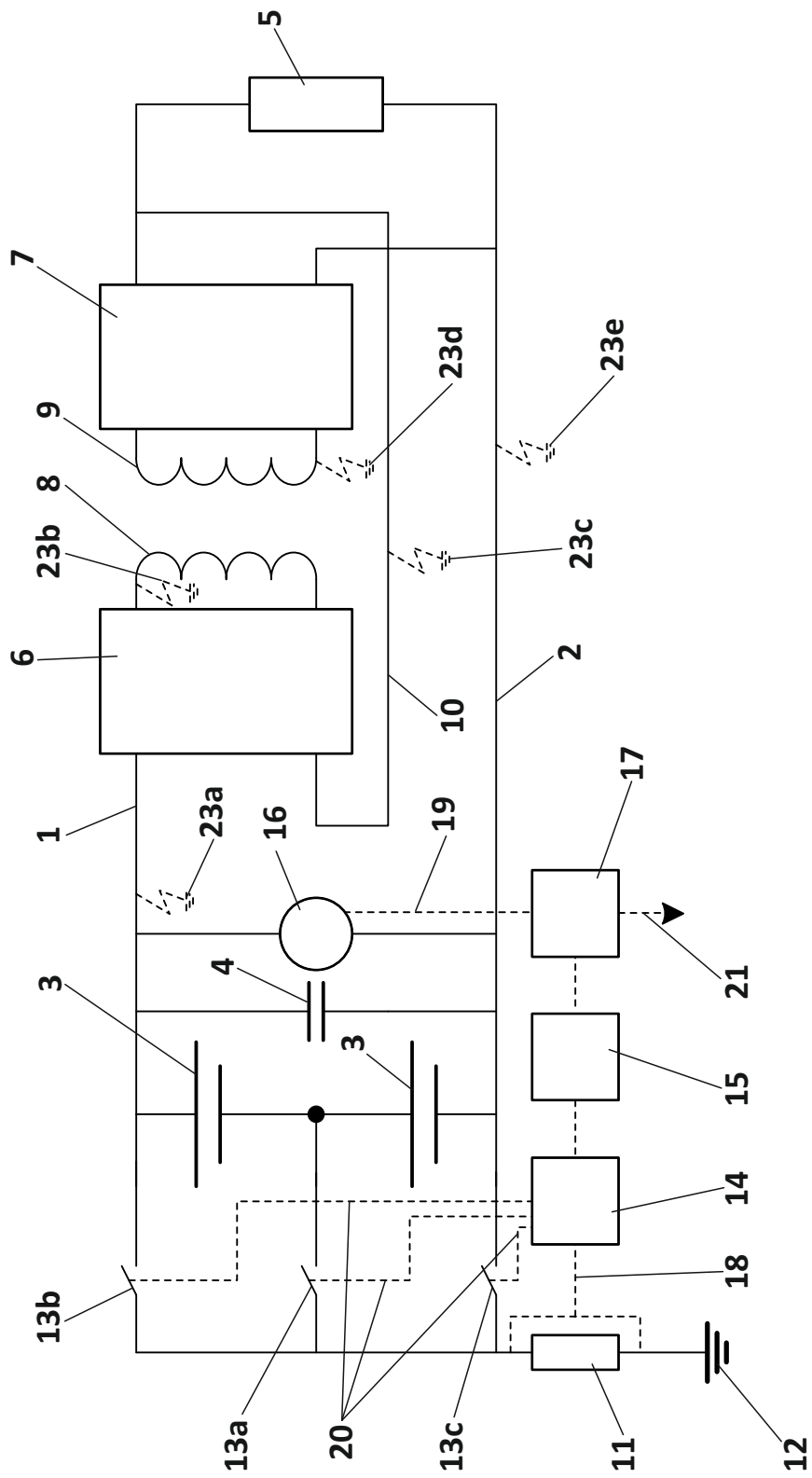
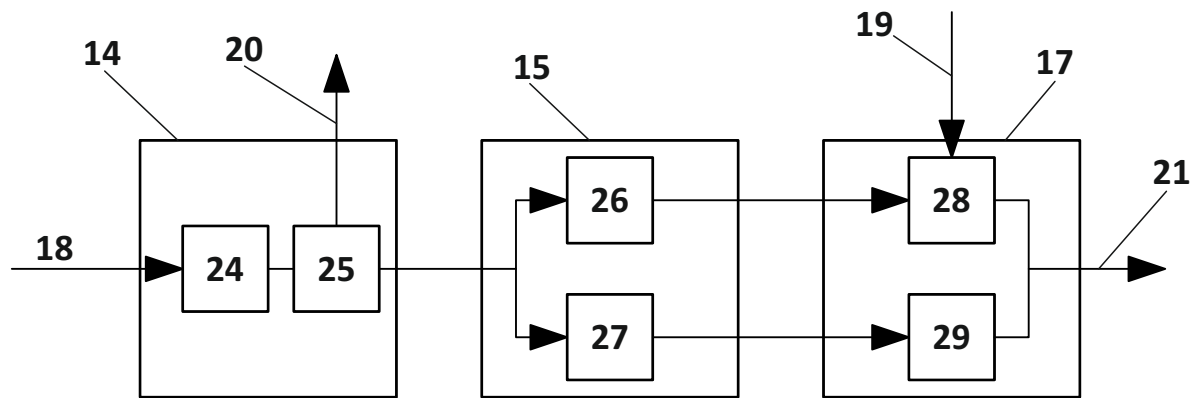
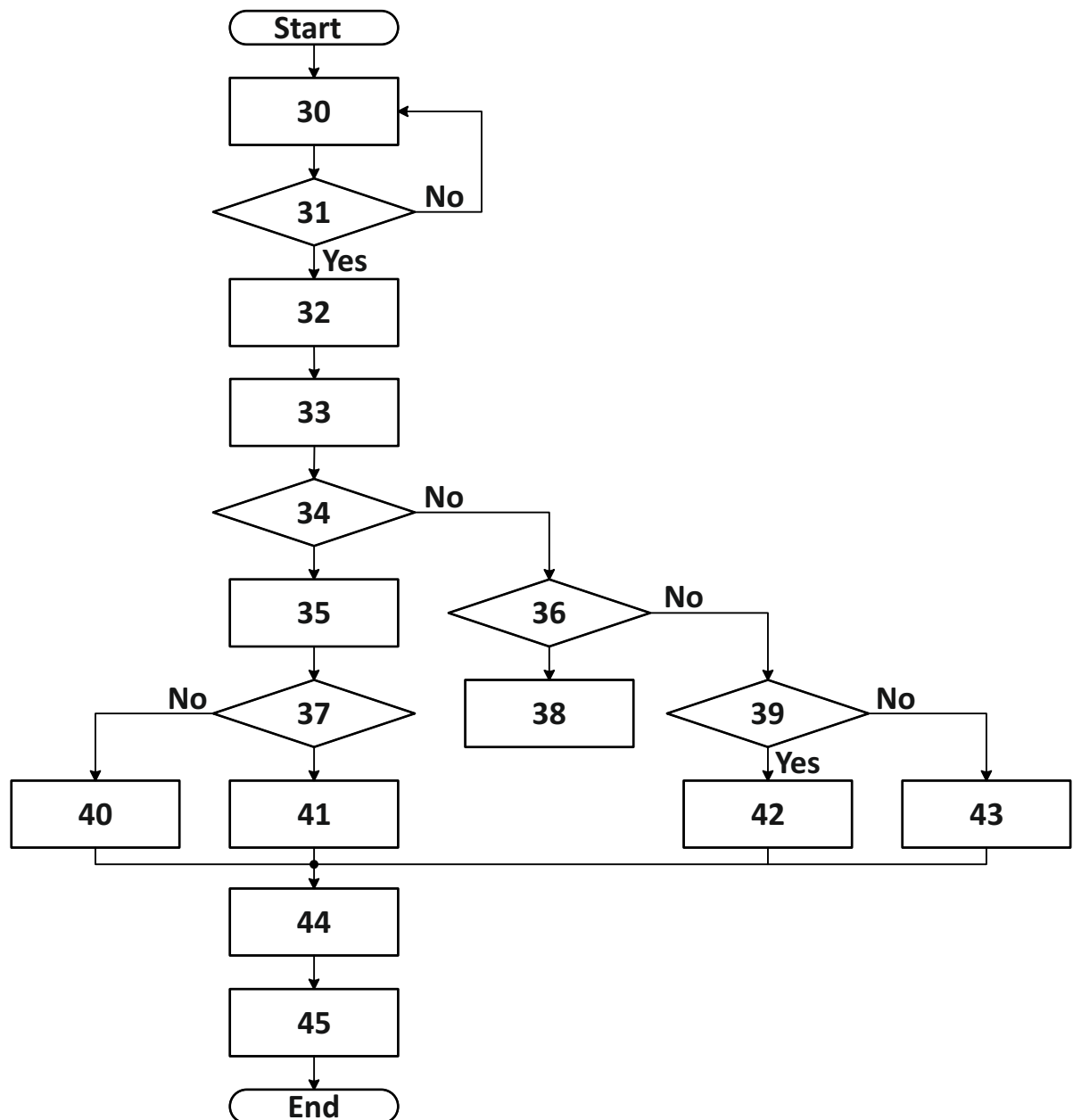


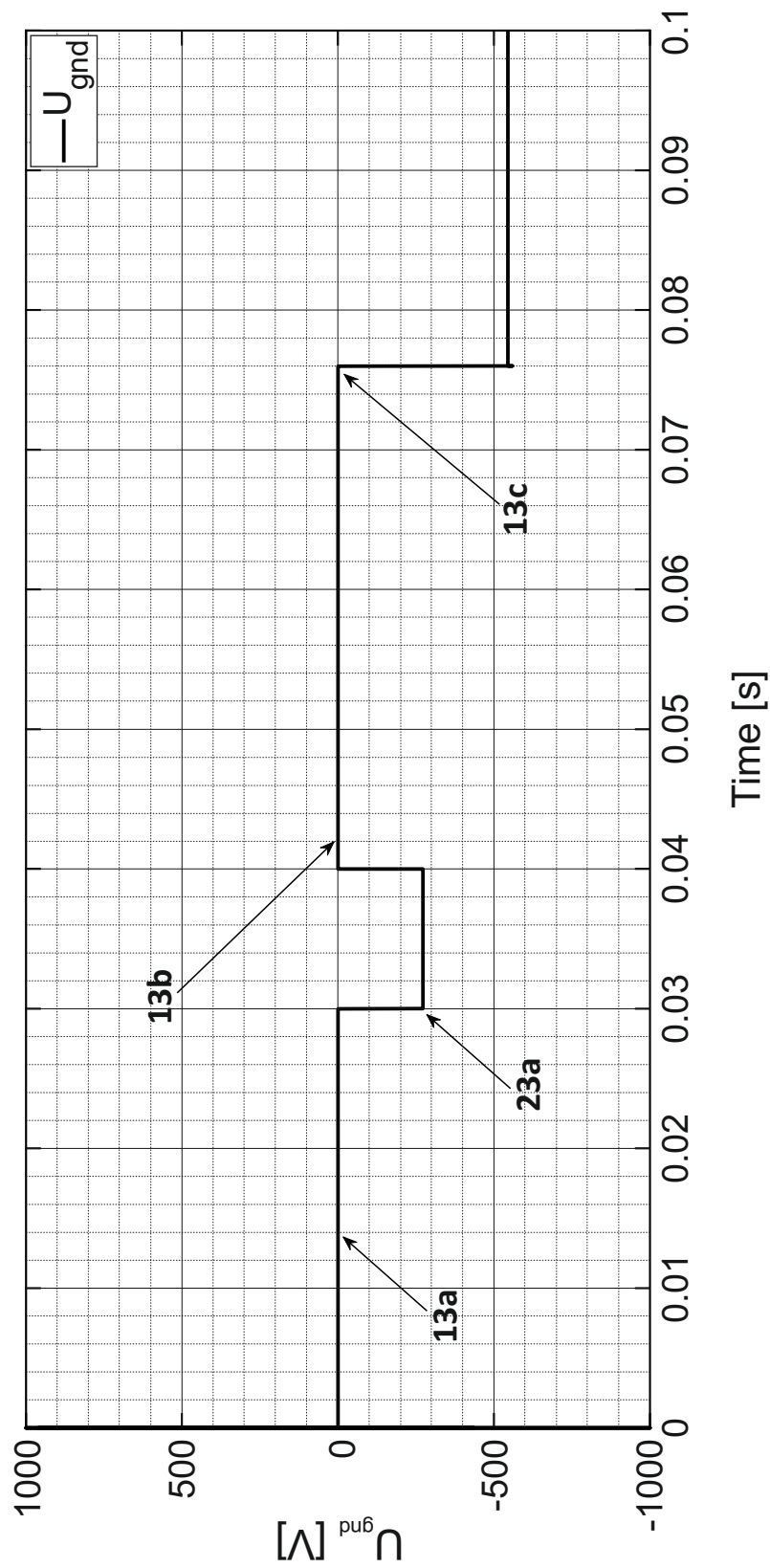
FIG. 4



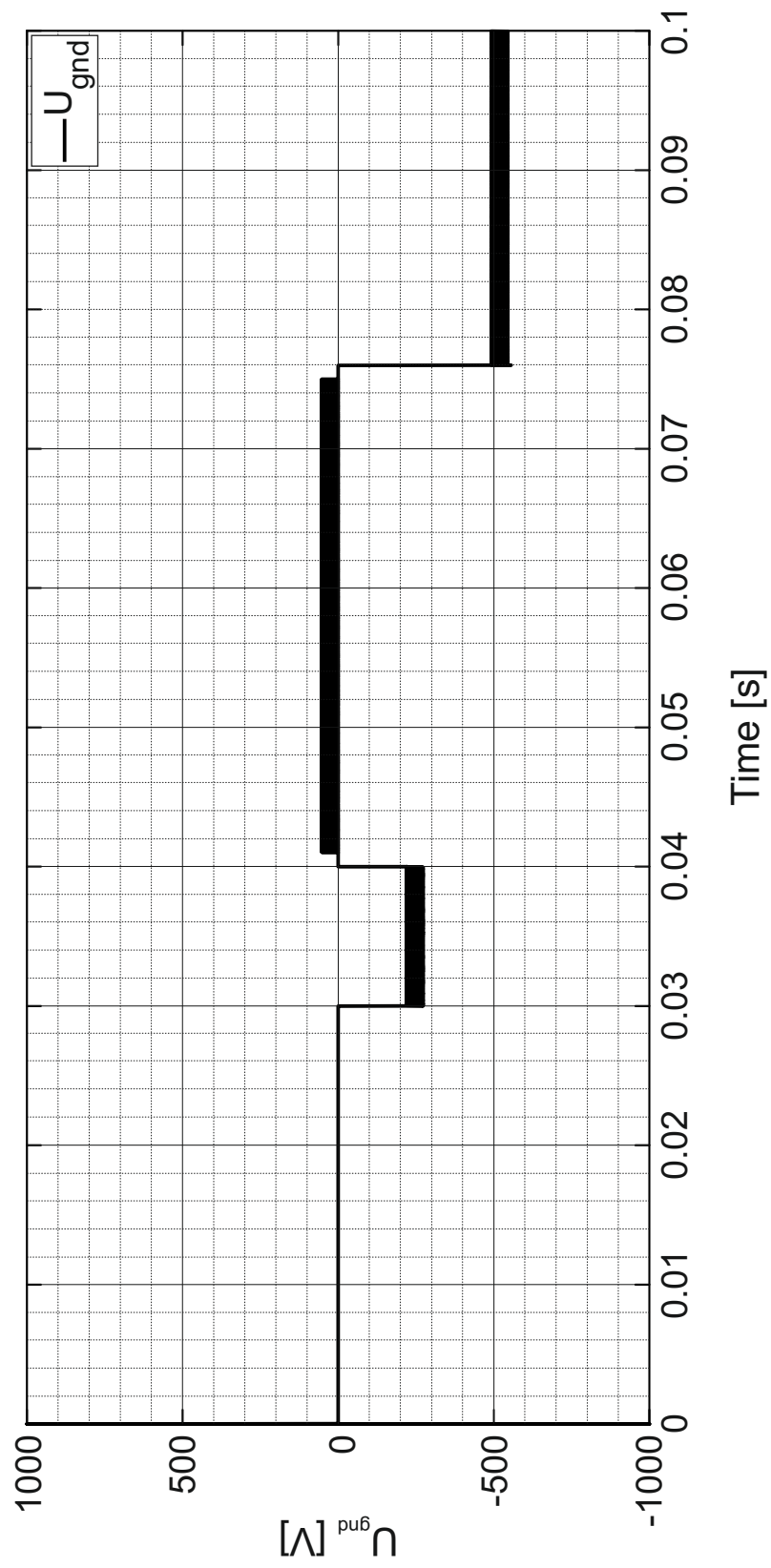
**FIG. 5**



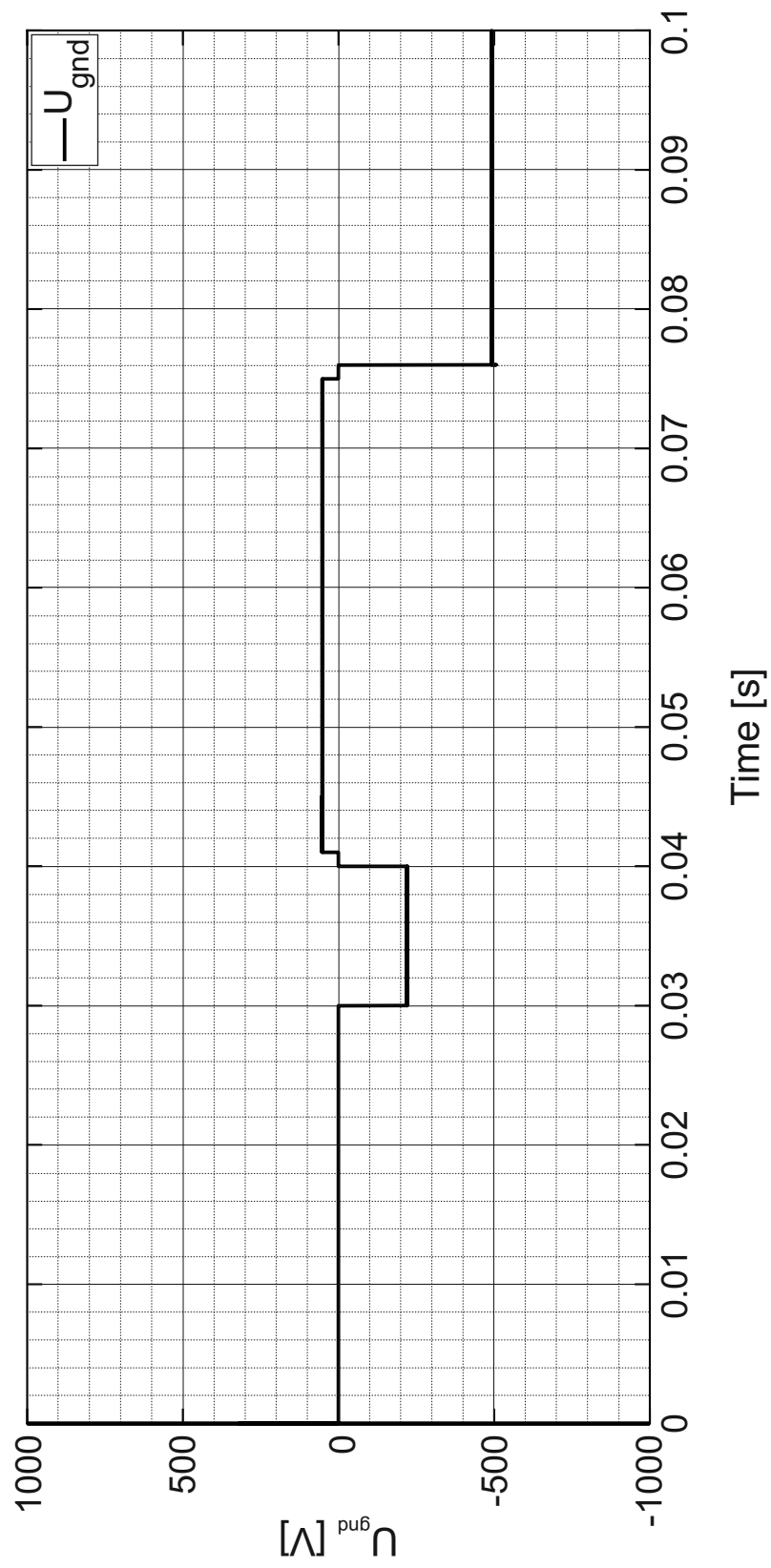
**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG. 9**

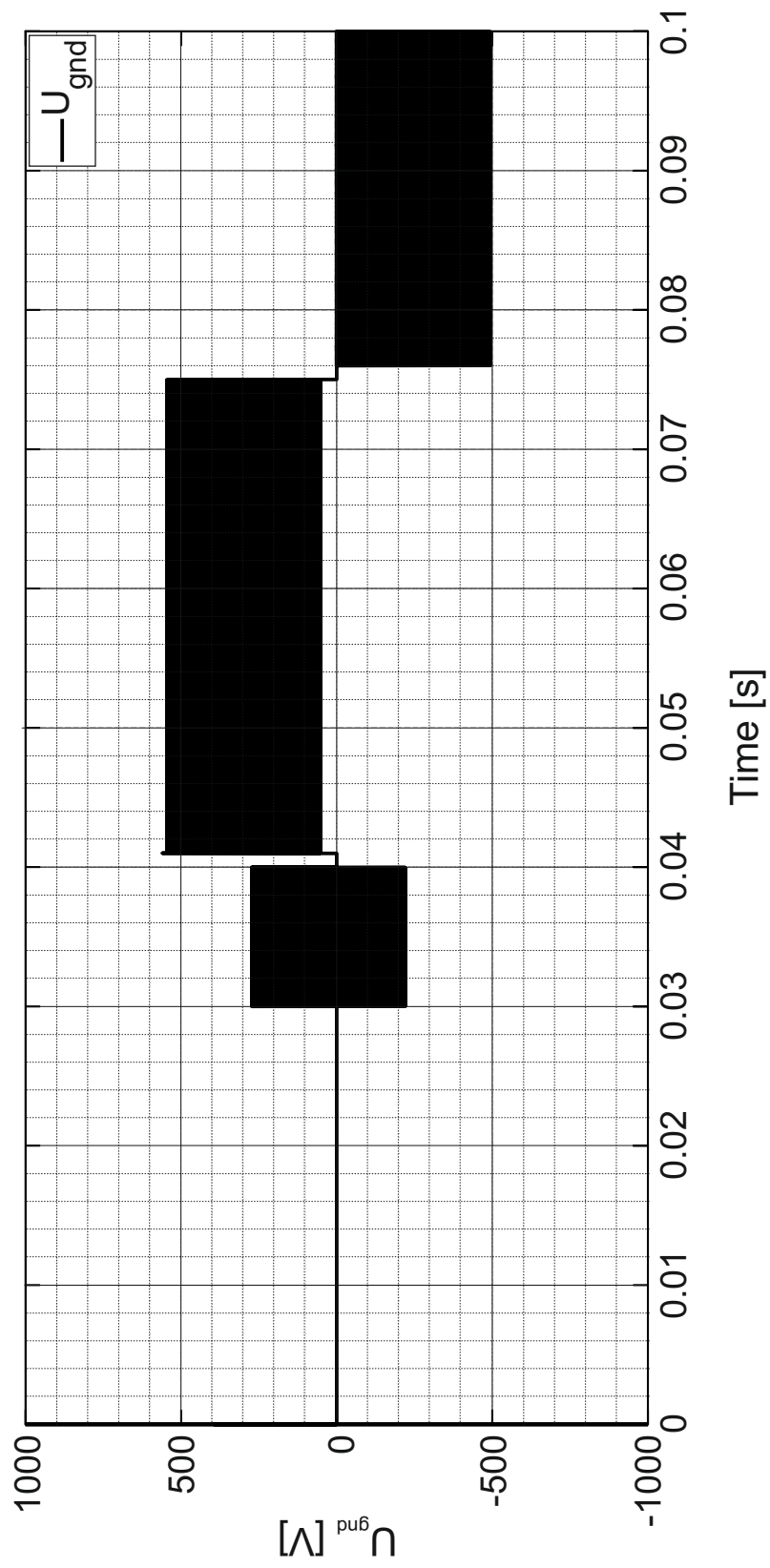
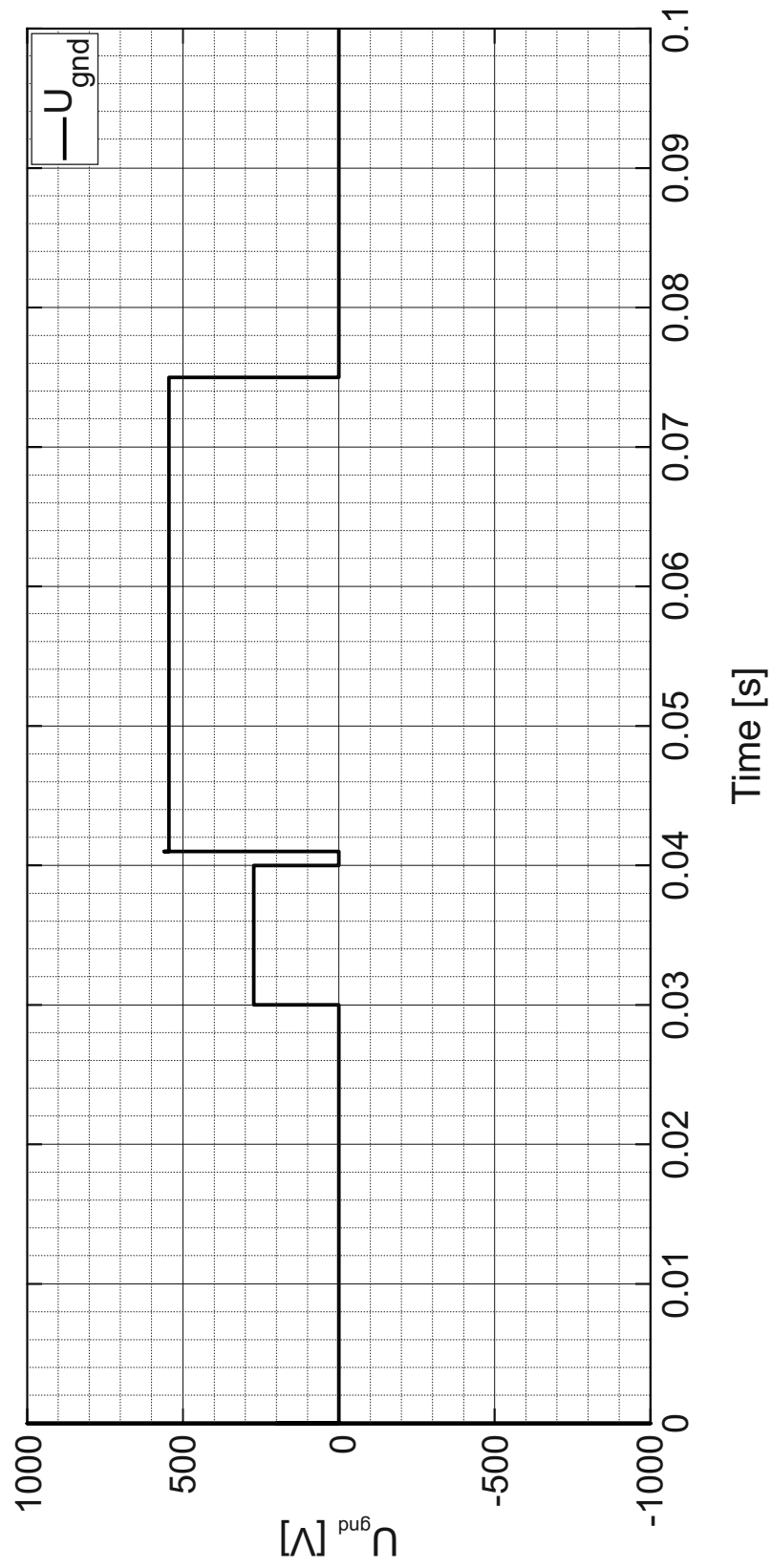


FIG. 10



**FIG. 11**



21 N.º solicitud: 202430482  
22 Fecha de presentación de la solicitud: 12.06.2024  
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
X	ES 2869451 B2 (UNIV POLITECNICA DE MADRID) 25/05/2022, título; resumen; Reivindicaciones 1, 3; figuras 1-2, elementos 7-13; página 7, líneas 13-15.	1-3, 9-18, 21-22
Y		4-8, 19-20
Y	ES 2798348 A1 (UNIV POLITECNICA DE MADRID) 10/12/2020, título; reivindicación 10.	4-8, 19-20
A	WO 2018035625 A1 (UNIV TECNICA FEDERICO SANTA MARÍA) 01/03/2018.	1-22
A	ES 2934620 A1 (UNIV POLITECNICA DE MADRID) 23/02/2023, reivindicación 1.	8
<div>Categoría de los documentos citados</div> <div><div>X: de particular relevancia</div><div>Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría</div><div>A: refleja el estado de la técnica</div></div> <div><div>O: referido a divulgación no escrita</div><div>P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud</div><div>E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud</div></div>		
<div>El presente informe ha sido realizado</div> <div><div><input checked="" type="checkbox"/> para todas las reivindicaciones</div><div><input type="checkbox"/> para las reivindicaciones nº:</div></div>		
Fecha de realización del informe 28.02.2025	Examinador J. Gómez-Escalonilla Torres	Página 1/2



CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**G01R27/18** (2006.01)  
**H02H3/16** (2006.01)  
G01R31/52 (2020.01)  
H02H9/08 (2006.01)

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

G01R, H02H

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

INVENES, EPODOC, INTERNET, NPL, WPI