

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 954 104**

51 Int. Cl.:

G01R 1/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2012** **E 12183123 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 2570816**

54 Título: **Aparato y procedimiento para la detección de derivación de corriente mejorada**

30 Prioridad:

19.09.2011 US 201113235795

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

20.11.2023

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

WAGONER, ROBERT GREGORY y
SHEPARD, MARK EUGENE

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 954 104 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

Aparato y procedimiento para la detección de derivación de corriente mejorada

[0001] La presente divulgación se refiere en general a un derivador (*shunt*) de corriente para medir la corriente en un sistema eléctrico, tal como en un sistema de distribución eléctrica de energía renovable. La presente divulgación se refiere más en particular a un aparato para la detección de derivación de corriente mejorada en una amplia gama de frecuencias.

[0002] Los derivadores de corriente se han usado para medir corrientes altas en sistemas eléctricos, tales como sistemas eléctricos de energía solar y sistemas eléctricos de energía eólica. Un derivador de corriente típico incluye el equivalente eléctrico de una resistencia de bajo valor colocado en serie con un sistema eléctrico de modo que toda la corriente que se va a medir fluya a través del derivador de corriente. La resistencia del derivador típicamente es lo más baja posible de modo que el uso del derivador de corriente no afecte ni cambie las características del circuito. La caída de voltaje a través del derivador de corriente se mide para determinar la corriente que fluye a través del derivador.

[0003] El documento US 4 743 875 A divulga un derivador de corriente con un elemento de detección intercalado (*sandwiched*) entre dos placas conductoras. Este derivador, a su vez, está destinado a intercalarse entre los extremos de dos conductores a través de los que fluye la corriente que se va a medir.

[0004] Muchos derivadores de corriente tienen forma rectangular con conexiones de corriente separadas y conexiones de detección de voltaje. Un elemento de detección que tiene un ancho estrecho en relación con el derivador de corriente se acopla a menudo entre las conexiones de detección de voltaje para medir el voltaje a través del derivador de corriente. Un elemento de detección típico puede incluir un cable/conductor estrecho o una pista de tarjeta de circuito que está acoplado a un dispositivo de medición de voltaje para medir el voltaje a través del derivador de corriente. Véase, por ejemplo, el documento EP 2 169 412. Por ejemplo, la FIG. 1 ilustra un derivador de corriente 100 conocido de ejemplo para aplicaciones de corriente alta. El derivador de corriente 100 incluye terminales de corriente alta 110 que se pueden acoplar en serie con una carga a través de conexiones de terminales 112. El derivador de corriente 100 incluye una parte de derivación 120 que tiene una resistencia que es conocida con un alto grado de exactitud. El derivador de corriente 100 incluye además un par de terminales de detección 125 separados para medir el voltaje a través del derivador de corriente 100. Un elemento de detección 130 que comprende una pista estrecha dispuesta en una tarjeta de circuito 135 está acoplado entre los terminales de detección 125. El elemento de detección 130 está acoplado a una conexión de clavija 140 para acoplarse a un dispositivo de medición de voltaje adecuado. Como se muestra en la FIG. 1, el elemento de detección 130 tiene un ancho que es estrecho en relación con el derivador de corriente 100.

[0005] A bajas frecuencias, el voltaje de detección medido por un elemento de detección estrecho, tal como un cable/conductor estrecho o una pista estrecha en una tarjeta de circuito, depende de la corriente que fluye a través del derivador de corriente. Sin embargo, a frecuencias más altas, las corrientes de Foucault provocadas por el efecto pelicular (*skin effect*) pueden dar como resultado una distribución no uniforme del flujo de corriente a través del derivador de corriente. Más en particular, a medida que se incrementa la frecuencia de la corriente que fluye a través del derivador de corriente, una mayor parte de la corriente fluye a través de los bordes del derivador de corriente que en el medio o centro del derivador de corriente. Esto provoca que la caída de voltaje en los bordes del derivador de corriente sea diferente de la caída de voltaje en el centro del derivador de corriente.

[0006] Un elemento de detección estrecho, tal como un cable/conductor o una pista estrecha, típicamente solo considera una caída de voltaje en una parte del derivador de corriente. Por ejemplo, el elemento de detección 130 estrecho representado en la FIG. 1 medirá una caída de voltaje principalmente atribuible a la corriente que fluye a través del medio del derivador de corriente 100. Debido a que la distribución de corriente a través del derivador de corriente 100 variará a frecuencias más altas, las mediciones realizadas por un elemento de detección estrecho, tal como el elemento de detección 130 estrecho, pueden ser inexactas.

[0007] Por tanto, existe la necesidad de un aparato para la detección de derivación de corriente mejorada que dé como resultado una detección más exacta en una gama más amplia de frecuencias.

[0008] Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la puesta en práctica de la invención.

[0009] La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

[0010] Se pueden realizar variaciones y modificaciones a estos aspectos de ejemplo de la presente divulgación.

[0011] Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

La FIG. 1 proporciona una vista en perspectiva de un derivador de corriente de ejemplo conocido en la técnica anterior;

la FIG. 2 proporciona una vista en perspectiva de un derivador de corriente de ejemplo de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 3 proporciona una representación gráfica de datos de simulación para elementos de detección de anchos variables de acuerdo con un aspecto de ejemplo de la presente divulgación;

la FIG. 4 es un diagrama de bloques de un sistema eléctrico de energía solar de ejemplo; y

la FIG. 5 es un diagrama de bloques de un sistema eléctrico de energía eólica de ejemplo.

[0012] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, resultará evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, se pueden usar características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones como entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0013] En general, la presente divulgación está dirigida a un aparato mejorado para la detección de derivación de corriente. Un derivador de corriente de acuerdo con la presente divulgación incluye una parte conductora que se coloca en serie con un sistema eléctrico. El derivador de corriente incluye un elemento de detección que se usa para medir el voltaje a través de la parte conductora del derivador de corriente.

[0014] Se ha descubierto que la capacidad de un elemento de detección para medir con exactitud el voltaje a través de la parte conductora del derivador de corriente (y, por tanto, la corriente que fluye a través del derivador de corriente) en corrientes de frecuencia más alta se incrementa a medida que el ancho del elemento de detección se acerca al ancho de la parte conductora del derivador de corriente. Sin quedar vinculado a ninguna teoría particular de funcionamiento, se cree que la exactitud incrementada del elemento de detección es atribuible a un incremento en el coeficiente de acoplamiento entre el elemento de detección y la parte conductora del derivador a medida que el ancho del elemento de detección se acerca al ancho de la parte conductora del derivador.

[0015] En consecuencia, un aspecto particular de la presente divulgación está dirigido a un derivador de corriente que tiene un elemento de detección con un ancho incrementado en relación con el ancho de la parte conductora del derivador. Por ejemplo, en un modo de realización particular, el ancho del elemento de detección está dentro de aproximadamente un 20 % a aproximadamente un 100 % del ancho de la parte conductora del derivador de corriente, tal como dentro de aproximadamente un 40 % a aproximadamente un 100 % del derivador de corriente, tal como dentro de aproximadamente un 80 % a aproximadamente un 100 % del derivador de corriente, y todos los demás subintervalos entre ellos. De esta manera, la materia objeto de la presente divulgación proporciona una detección de derivación de corriente mejorada que da como resultado mediciones de voltaje (y por tanto de corriente) más exactas en una amplia gama de frecuencias.

[0016] La FIG. 2 ilustra un derivador de corriente 200 de acuerdo con un modo de realización de ejemplo de la presente divulgación. El derivador de corriente 200 incluye un par de terminales de corriente alta 210. Los terminales de corriente 210 están adaptados para colocarse en serie con un sistema eléctrico de modo que la corriente fluya a través del derivador de corriente 210. Los terminales de corriente 210 se pueden asegurar o acoplar mecánicamente al sistema eléctrico a través de una o más conexiones de terminales 212, tales como una conexión de tuerca/perno u otra conexión adecuada.

[0017] Los terminales de corriente 210 están compuestos por un material conductor y pueden tener una resistencia que es conocida con un alto grado de exactitud. En un modo de realización particular, los terminales de corriente 210 se pueden graduar para corrientes más altas, tales como hasta aproximadamente 1000 A. Los expertos en la técnica, que usen las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, deben entender que la presente divulgación no se limita a un derivador de corriente de cualquier capacidad nominal de corriente particular.

[0018] El derivador de corriente 200 incluye una parte de derivación conductora 220 acoplada entre los terminales de corriente 210. La parte de derivación conductora 220 incluye placas conductoras dispuestas entre los terminales de corriente 210. La parte de derivación conductora 220 está compuesta por un material conductor que tiene una resistencia conocida con un alto grado de exactitud. Cuando el derivador de corriente 200 está acoplado a un sistema eléctrico, la corriente fluye a través de la parte de derivación conductora 220 provocando una pequeña caída de voltaje a través de la resistencia conocida de la parte de derivación conductora 220. Esta caída de voltaje se puede medir y correlacionar con una corriente usando la resistencia conocida de la parte de derivación conductora 220 para proporcionar una medición de corriente de la corriente que fluye a través del derivador de corriente 200.

[0019] El derivador de corriente 200 incluye un par de terminales de detección 225 y un elemento de detección 230 dispuesto entre los terminales de detección 225. El elemento de detección 230 se usa para medir la caída de voltaje a través de la parte de derivación conductora 220. De acuerdo con un aspecto particular de la presente divulgación, el elemento de detección 230 incluye un conductor/cable que tiene un ancho W_2 que se acerca al ancho W_1 del derivador de corriente.

[0020] Como se analizará en detalle a continuación, esto incrementa el coeficiente de acoplamiento entre la parte de derivación conductora 220 y el elemento de detección 230, dando lugar a mediciones de voltaje mejoradas a través de la parte de derivación conductora 220 en una amplia gama de frecuencias.

[0021] El elemento de detección representado en la FIG. 2 incluye una pista conductora que está ubicada en una tarjeta de circuito 230 conectada mecánicamente a los terminales de detección 225. La tarjeta de circuito 235 está acoplada a los terminales de detección 225 de modo que el elemento de detección 230 recubre la parte de derivación conductora 220. En un modo de realización particular, el espacio vertical entre la tarjeta de circuito 235 y la superficie superior de la parte de derivación conductora 220 está entre aproximadamente 1,5 mm y aproximadamente 4,5 mm. Se proporciona una conexión de clavija 240 de modo que el elemento de detección 230 se pueda acoplar a un dispositivo de medición de voltaje.

[0022] Como se muestra en la FIG. 2, el elemento de detección 230 tiene un área de superficie que se acerca al área de superficie de la superficie superior de la parte de derivación conductora 220 y un ancho W_2 que se acerca al ancho W_1 del derivador de corriente 200. De esta manera, el elemento de detección 230 puede capturar campos generados por cualquier flujo de corriente incrementado en los bordes del derivador de corriente 200 a altas frecuencias, proporcionando mediciones de corriente mejoradas por el derivador de corriente 200.

[0023] Se realizaron simulaciones para un derivador de corriente construido de forma similar al derivador de corriente 200 representado en la FIG. 2. El ancho del derivador de corriente era aproximadamente de 110 mm. El ancho del elemento de detección se varió desde entre aproximadamente 2 mm a aproximadamente 100 mm. El espacio entre el elemento de detección y el derivador conductor era de aproximadamente 3 mm. La tabla 1 a continuación muestra la matriz de impedancia compleja para la parte de derivación conductora y el elemento de detección usando un solucionador de corriente de Foucault de Ansoft Maxwell a 100 KHz.

Tabla 1

Ancho del elemento de detección	Parte de derivación conductora R, L (ohm, nH)	Elemento de detección R, L (ohm, nH)	Mutuo R, L (ohm, nH)
2 mm	1,4216e-5, 18,586	0,0053679, 101,75	7,3489e-6, 16,837
4 mm	1,5172e-5, 18,561	0,0027366, 77,157	7,8493e-6, 16,844
8 mm	1,8585e-5, 18,490	0,0014957, 53,237	9,3776e-6, 16,847
16 mm	1,7996e-5, 18,502	0,00077659, 38,020	9,1316e-6, 16,842
32 mm	1,7622e-5, 18,502	0,00039533, 28,195	8,8194e-6, 16,839
100 mm	1,7637e-5, 18,504	0,00013226, 19,652	8,4617e-6, 16,704

[0024] La siguiente tabla 2 muestra los coeficientes de acoplamiento inductivo entre el elemento de detección y la parte de derivación conductora a 100 KHz. Estos valores son independientes de la corriente que fluye a través del derivador de corriente.

Tabla 2

Ancho del elemento de detección	Coef. de acoplamiento de parte de derivación conductora	Coef. de acoplamiento de elemento de detección	Coef. de acoplamiento mutuo
2 mm	1	1	0,38717
4 mm	1	1	0,44510
8 mm	1	1	0,53697
16 mm	1	1	0,63502
32 mm	1	1	0,73727
100 mm	1	1	0,87595

[0025] Como se muestra en la tabla 2, el coeficiente de acoplamiento entre el elemento de detección y la parte de derivación conductora se incrementa a medida que el ancho del elemento de detección se acerca al ancho del derivador de corriente. Estos resultados se representan gráficamente en la FIG. 3. La curva 305 muestra que ese coeficiente de acoplamiento entre la parte de derivación conductora y el elemento de detección se encuentra dentro de un intervalo de aproximadamente 0,6 a aproximadamente 1,0 cuando el elemento de detección recubre de aproximadamente un 20 % a aproximadamente un 100 % de la superficie superior de la parte de derivación conductora. El coeficiente de acoplamiento se encuentra dentro de un intervalo de aproximadamente 0,7 a aproximadamente 1,0 cuando el elemento de detección recubre de aproximadamente un 40 % a aproximadamente un 100 % de la superficie superior de la parte de derivación conductora. A este respecto, un incremento de un 20 % en la cobertura del área de superficie de aproximadamente un 20 % a aproximadamente un 40 % da como resultado un incremento de aproximadamente un 10 % en el coeficiente de acoplamiento entre el elemento de detección y la parte de derivación conductora.

[0026] El incremento en el coeficiente de acoplamiento permite que el elemento de detección capture mejor los campos generados por la corriente que fluye a través del derivador de corriente, incluso a frecuencias más altas donde fluye más corriente en los bordes del derivador de corriente. De esta manera, el aparato de acuerdo con aspectos de la presente divulgación proporciona una detección de derivación de corriente mejorada en una amplia gama de frecuencias. El derivador de corriente de acuerdo con los modos de realización de la presente divulgación se puede usar en asociación con una fuente de energía renovable, tal como un sistema eléctrico de potencia solar o un sistema eléctrico de potencia eólica. La FIG. 4 ilustra un sistema de distribución de potencia solar 400 de ejemplo. El sistema de distribución de potencia solar 400 incluye un conjunto PV 402 que suministra potencia a la red eléctrica 406 a través del convertidor de potencia solar 404. El convertidor de potencia solar 404 convierte la potencia de CC generada por el conjunto PV 402 en potencia de CA adecuada para su uso con la red eléctrica 406. El convertidor de potencia solar 404 ilustrado en la FIG. 4 es un convertidor de potencia solar de dos etapas que incluye un convertidor elevador de CC acoplado a un inversor CC-CA a través de un bus de CC. Uno o más derivadores de corriente 410 se pueden acoplar en serie con el conjunto PV 402 y el convertidor de potencia solar 404 para monitorizar la corriente que fluye desde el conjunto PV 402 al convertidor de potencia solar 404. Uno o más derivadores de corriente 410 se pueden acoplar en serie con el convertidor de potencia solar 404 y la red eléctrica 406 para monitorizar la corriente que fluye desde el convertidor de potencia solar 404 a la red eléctrica 406.

[0027] La FIG. 5 ilustra un sistema eléctrico de potencia eólica 500 de ejemplo. Durante el funcionamiento, el viento impacta en las palas 502 y las palas 502 transforman la energía del viento en un par de torsión rotatorio mecánico que acciona de forma rotatoria un eje lento. El eje lento acciona la multiplicadora 504 que posteriormente aumenta la baja velocidad de rotación del eje lento para accionar un eje rápido a una velocidad de rotación incrementada. El eje rápido acciona de forma rotatoria el rotor del generador 506. Un campo magnético giratorio se induce por el rotor del generador 506 y se induce un voltaje dentro del estator del generador 506. De esta manera, el generador 506 convierte la energía mecánica de rotación en una señal de energía eléctrica de corriente alterna (CA) trifásica sinusoidal. La potencia eléctrica asociada se proporciona a un convertidor de CA-CC-CA 508, que se usa para suministrar potencia a una red eléctrica 510. Uno o más derivadores de corriente 520 se pueden acoplar en serie con el generador 506 y el convertidor de CA-CC-CA 508 para monitorizar la corriente que fluye desde el generador 506 al convertidor de CA-CC-CA 508. Uno o más derivadores de corriente 520 también se pueden acoplar en serie con el convertidor de CA-CC-CA 508 y la red eléctrica 510 para monitorizar la corriente que fluye desde el convertidor de CA-CC-CA 508 a la red eléctrica 510.

[0028] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema y realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Se pretende que dichos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un derivador de corriente (200), que comprende:
 - 5 una parte conductora (220) que comprende placas conductoras que se extienden entre terminales de corriente (210), teniendo la parte conductora (220) una superficie superior que define un ancho; y
un elemento de detección (230) que recubre la superficie superior de dicha parte conductora (220);
10 recubriendo dicho elemento de detección (230) un 100 % del área de superficie de dicha parte conductora (220) de modo que el coeficiente de acoplamiento entre el elemento de detección (230) y la parte conductora (220) se incrementa a altas frecuencias donde la corriente incrementada fluye en los bordes del derivador de corriente (200).
- 15 2. El derivador de corriente (200) de la reivindicación 1, en el que dicho derivador de corriente (200) comprende un par de terminales de detección (125), dicho elemento de detección (230) acoplado entre dicho par de terminales de detección (125).
- 20 3. El derivador de corriente (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que dicho elemento de detección (230) comprende un conductor ancho dispuesto contiguo a la superficie superior de dicha parte conductora (220).
- 25 4. El derivador de corriente (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que dicho elemento de detección (230) está dispuesto en una tarjeta de circuito (235) conectada mecánicamente a dicho par de terminales de detección (125).
5. El derivador de corriente (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que dicho elemento de detección (230) comprende una pista conductora ubicada en dicha tarjeta de circuito (235).
- 30 6. El derivador de corriente (200) de la reivindicación 5, en el que dicha pista conductora está acoplada a una conexión de clavija (240) acoplable a un dispositivo de medición de voltaje.
7. El derivador de corriente (200) de cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en el que el espacio vertical entre dicha pista conductora y la superficie superior de dicha parte conductora (220) está en un intervalo de
35 aproximadamente 1,5 mm a aproximadamente 4,5 mm.
8. El derivador de corriente (200) de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el coeficiente de acoplamiento entre dicha pista conductora y dicha parte conductora (22) está en un intervalo de aproximadamente 0,7 a aproximadamente 1,0.
- 40 9. El derivador de corriente (200) de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, comprendiendo además dicho derivador de corriente (200) una conexión de clavija (240) acoplada a dicha pista conductora, dicha conexión de clavija (140) acoplable a un dispositivo de medición de voltaje.
- 45 10. El derivador de corriente (200) de cualquier reivindicación precedente, en el que el coeficiente de acoplamiento entre dicha parte conductora (220) y dicho elemento de detección (230) está en un intervalo de aproximadamente 0,7 a aproximadamente 1,0.

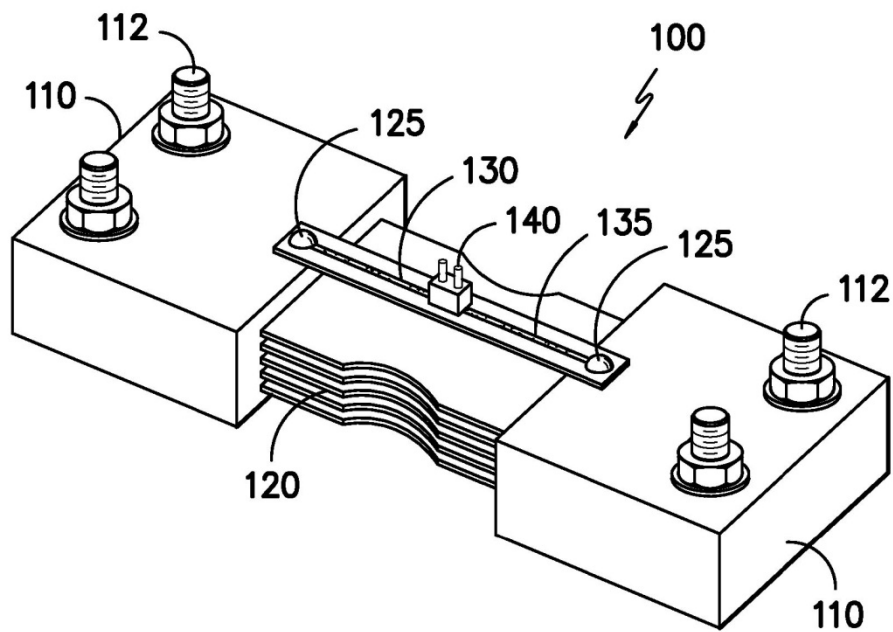


FIG. 1

TÉCNICA ANTERIOR

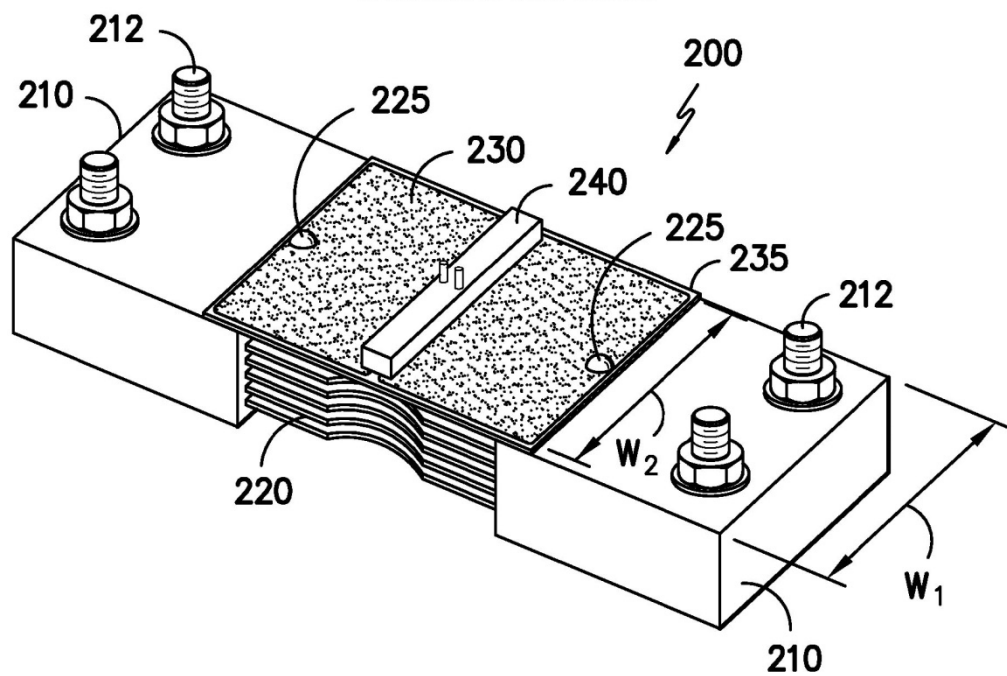


FIG. 2

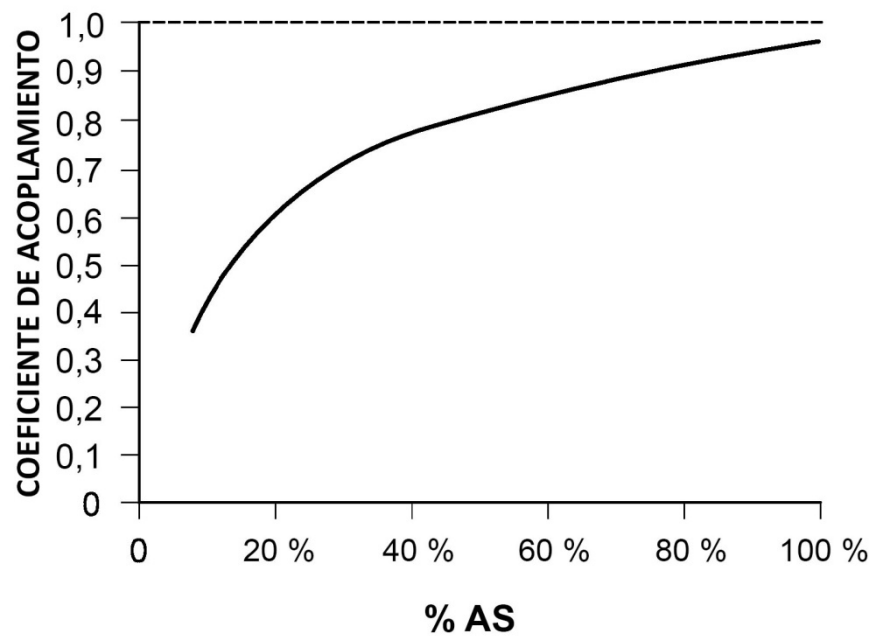


FIG. 3

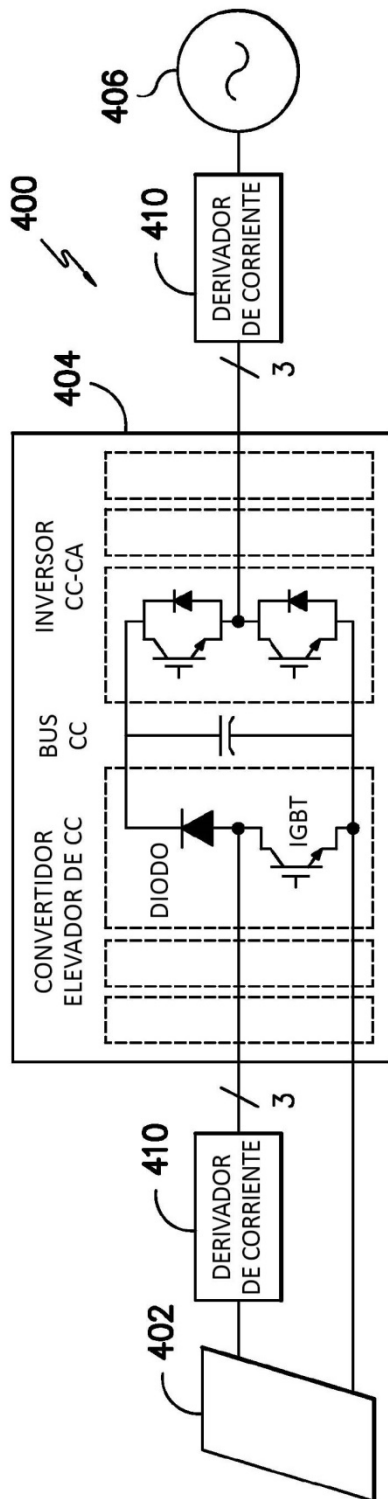


FIG. 4

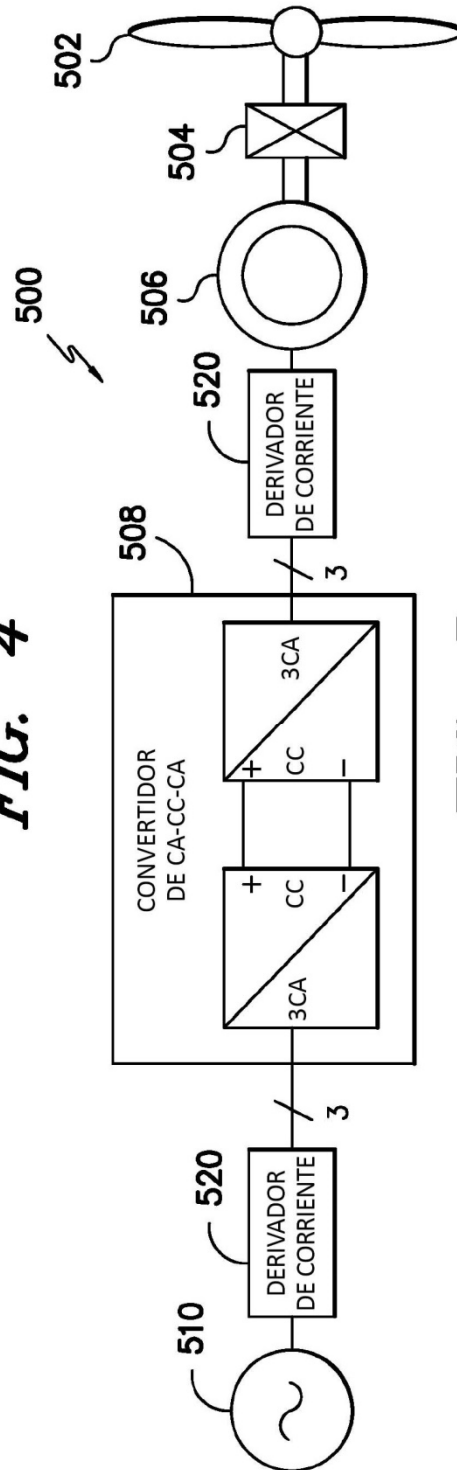


FIG. 5