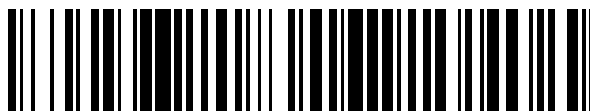


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 866 178**

51 Int. Cl.:

H02J 3/26 (2006.01)

H02J 3/08 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2016** **PCT/GB2016/052602**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.03.2017** **WO17032996**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2016** **E 16756779 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021** **EP 3338335**

54 Título: **Conmutador, sistema distribuidor y método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro**

30 Prioridad:

21.08.2015 GB 201514947

08.09.2015 GB 201515909

09.05.2016 GB 201608110

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.10.2021

73 Titular/es:

LOW CARBON ELECTRIC LIMITED (100.0%)

54 Farnborough Road, Sharples

Bolton, Lancashire BL1 7HJ, GB

72 Inventor/es:

CATON, MARTIN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 866 178 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

Conmutador, sistema distribuidor y método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un conmutador trifásico, a un sistema distribuidor trifásico que incluye un conmutador trifásico, y un método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico.

10

Antecedentes de la invención

En una red de distribución eléctrica de un sistema de energía trifásica, la energía se transmite y se distribuye mediante conductores eléctricos los cuales se denominan alimentadores y distribuidores. Un alimentador, alimenta energía de un punto de la red de distribución a otro, de manera que en cualquier intervalo de tiempo específico, cualquier corriente de fase particular será la misma en todos los puntos a lo largo de su longitud. Por el contrario, un distribuidor proporciona cargas y generadores monofásicos y/o polifásicos con conexiones eléctricas en puntos arbitrarios a lo largo de su longitud. Por lo tanto, en un intervalo de tiempo específico, la corriente de fase en un distribuidor puede no ser la misma en todos los puntos a lo largo de su longitud, debido a cargas distribuidas o generadores distribuidos que suministran y/o que absorben la corriente. Ejemplos de dichas cargas distribuidas o generadores distribuidos son viviendas residenciales, paneles solares, turbinas eólicas, cargas industriales, generadores comerciales, farolas o cualquier otra carga o generador eléctrico individual o agregado. En este tipo de red de distribución, las cargas distribuidas y los generadores distribuidos pueden alternar entre ser generadores netos y cargas netas en el tiempo. Por ejemplo, una vivienda residencial equipada con paneles solares podría ser un generador neto en las horas de luz y una carga neta en la noche cuando está oscuro. Por lo tanto, las corrientes de fase del distribuidor en este tipo de red de distribución eléctrica pueden fluir en cualquier dirección a lo largo de su longitud.

15

20

25

30

Las cargas o generadores, absorben o suministran corrientes a lo largo del distribuidor, lo cual da como resultado desequilibrios en las corrientes de fase las cuales impactan sobre las tensiones de fase a neutro. Estos desequilibrios dan como resultado, corrientes en trayectoria de retorno al punto de estrella común del: transformador para el caso de una red radial; o transformadores para el caso cuando la red se interconecta; lo cual resultará evidente para una persona experta en la técnica. La trayectoria de retorno, la cual también resultará evidente para una persona experta en la técnica, se denomina como un "conductor neutro" en la presente descripción.

35

Los documentos WO 2014/191692 A1, EP 0 567 801 A2, WO 2014/053989 A2 dan a conocer conmutadores que cambian de fase para que la secuencia de fase que proporcionan sea apropiada a las cargas que ellos alimentan, por ejemplo, para que los impulsos eléctricos que tienen (basados principalmente en máquinas de inducción) giren en la dirección correcta.

40

Resumen de la invención

De acuerdo con los aspectos de la invención, se proporciona aparatos y métodos como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

45

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un conmutador trifásico para que segmente un distribuidor trifásico en una red radial o interconectada, el conmutador trifásico que comprende: tres terminales del primer segmento; tres terminales del segundo segmento; y una pluralidad de componentes de interconexión de terminales dispuestos para configurarse selectivamente en al menos tres configuraciones, en donde, en una primera de las tres configuraciones, un primero de los terminales del primer segmento se acopla a un primero de los terminales del segundo segmento, un segundo de los terminales del primer segmento se acopla a un segundo de los terminales del segundo segmento y un tercero de los terminales del primer segmento se acopla a un tercero de los terminales del segundo segmento, y en una segunda de las tres configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento, el segundo de los terminales del primer segmento se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento y el tercero de los terminales del primer segmento se acopla al primero de los terminales del segundo segmento, y en una tercera de las tres configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento, el segundo de los terminales del primer segmento se acopla al primero de los terminales del segundo segmento y el tercero de los terminales del primer segmento se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento.

50

55

60

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema distribuidor trifásico que comprende: un distribuidor trifásico; circuitos de medición dispuestos para medir la tensión y/o la corriente asociada con cada fase del distribuidor; un procesador dispuesto para procesar las medidas proporcionadas por los circuitos de medición; y el conmutador trifásico, como se describió anteriormente, dispuesto entre los extremos del distribuidor trifásico, que segmenta de esta manera el distribuidor trifásico en un primer segmento acoplado a los terminales del primer segmento y un segundo segmento acoplado a los terminales del segundo segmento, en donde, el procesador se dispone para comunicarse con el controlador.

65

De acuerdo con un aspecto además de la invención, se proporciona un método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico que comprende, un distribuidor trifásico y al menos un conmutador trifásico que tiene terminales del primer segmento y terminales del segundo segmento, el al menos conmutador trifásico que incluye, un primer conmutador trifásico dispuesto entre los extremos del distribuidor trifásico, que segmenta de esta manera el distribuidor trifásico en un primer segmento adjunto a los terminales del primer segmento y un segundo segmento adjunto a los terminales del segundo segmento, el método que comprende: la determinación de valores combinados de corriente o tensión máxima en todos los segmentos para cada permutación permisible de la configuración del conmutador trifásico, en donde, en una primera de las tres configuraciones, un primero de los terminales del primer segmento se acopla a un primero de los terminales del segundo segmento, un segundo de los terminales del primer segmento se acopla a un segundo de los terminales del segundo segmento y un tercero de los terminales del primer segmento se acopla a un tercero de los terminales del segundo segmento, y en una segunda de las configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento, el segundo de los terminales del primer segmento se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento y el tercero de los terminales del primer segmento se acopla al primero de los terminales del segundo segmento, y en una tercera de las configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento, el segundo de los terminales del primer segmento se acopla al primero de los terminales del segundo segmento y el tercero de los terminales del primer segmento se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento; la comparación de la corriente combinada o los valores de tensión máxima en cada una de las configuraciones permitidas para determinar cuál de las configuraciones se desea que tenga uno de los valores de corriente combinada o tensión máxima más bajo; y la configuración del conmutador trifásico en la configuración deseada.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un método de ajuste de las tensiones de fase a neutro o del desequilibrio de la corriente en un sistema distribuidor trifásico como se describió anteriormente, el método que incluye la comparación de las tensiones de fase a neutro o los desequilibrios de la corriente en cada segmento, y en respuesta a la comparación, la configuración de al menos uno de dichos conmutadores trifásico en una de las tres configuraciones.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención y para mostrar cómo la misma puede llevarse en efecto, ahora se describirán solo a manera de ejemplo, modalidades específicas, métodos y procesos de acuerdo con la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

Las figuras 1A a 1F son diagramas de circuito esquemáticos de un conmutador trifásico para que segmente un distribuidor trifásico, cuando el conmutador está en diferentes configuraciones de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama de circuito esquemático detallado del conmutador trifásico de las figuras 1A a 1C, de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una primera modalidad de la presente invención;

La figura 4 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una segunda modalidad de la presente invención;

La figura 5 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una tercera modalidad de la presente invención;

La figura 6 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una cuarta modalidad de la presente invención;

La figura 7 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una quinta modalidad de la presente invención;

La figura 8 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una sexta modalidad de la presente invención;

La figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico de acuerdo con una modalidad de la presente invención;

La figura 10 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control de componentes de interconexión de terminales de acuerdo con una modalidad de la presente invención; y

La figura 11 es un diagrama de circuito esquemático detallado del conmutador trifásico de las figuras 1A a 1C, de acuerdo con otra modalidad de la presente invención.

La figura 12A y la figura 12B es una secuencia esquemática de diapositivas 1200 que muestran cómo puede controlarse una modalidad de los componentes de interconexión de terminales desde la posición del conmutador trifásico de la figura 1A a la posición del conmutador trifásico de la figura 1B.

5

Descripción detallada

10

La descripción detallada que se expone a continuación en relación con los dibujos adjuntos, pretende ser como una descripción de las modalidades preferidas de la invención actualmente, y no pretende representar las únicas formas en las cuales puede practicarse la presente invención. En los dibujos acompañantes, los números similares se usan para indicar elementos similares de principio a fin. Además, los términos "comprende", "que comprende" o cualquier otra variación de los mismos, se destinan a cubrir una inclusión no exclusiva, de manera que módulo, circuito, componentes del dispositivo, estructuras y etapas del método que comprenden una lista de elementos o etapas que no incluyen solo esos elementos, pero puede incluir otros elementos o etapas no enumeradas expresamente, o sean inherentes a dicho módulo, circuito, componentes del dispositivo o etapas. Un elemento o etapa precedida por "comprende ... a" no excluye, sin más limitaciones, la existencia de elementos idénticos o etapas adicionales que comprenden el elemento o etapa.

15

20

Con referencia ahora a las figuras 1A a 1F, se muestran diagramas de circuitos esquemáticos de diferentes configuraciones de un conmutador trifásico 100 para que segmente un distribuidor trifásico de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Como se muestra en cada una de las figuras 1A a 1F, el conmutador trifásico 100 incluye tres terminales del primer segmento 102, 104, 106 y tres terminales del segundo segmento 110, 112, 114. Hay una pluralidad de componentes de interconexión de terminales 120 dispuestos para configurarse selectivamente en al menos tres configuraciones como se ilustra en las figuras 1A a 1C.

25

Una primera de las tres configuraciones se muestra en la figura 1A y cuando en la primera de las tres configuraciones, un primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla a un primero de los terminales del segundo segmento 110. Un segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla a un segundo de los terminales del segundo segmento 112 y un tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla a un tercero de los terminales del segundo segmento 114. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta primera de las tres configuraciones con restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 1:

30

$(1 \ 2 \ 3)^T$ donde T denota una función de transposición.

35

Una segunda de las tres configuraciones se muestra en la figura 1B y cuando en la segunda de las tres configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta segunda de las tres configuraciones con restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 2:

40

$$(2 \ 3 \ 1)^T.$$

45

Una tercera de las tres configuraciones se muestra en la figura 1C y cuando en la tercera de las tres configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta tercera de las tres configuraciones con restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 3:

50

$(3 \ 1 \ 2)^T$. Las tres configuraciones vectoriales anteriores de 1 a 3 de las figuras asociadas 1A a 1C son configuraciones con restricciones en las cuales el conmutador trifásico 100 retiene la misma rotación de fase en los segmentos del distribuidor. Sin embargo, en las figuras 1D a 1F, las configuraciones proporcionan conmutadores sin restricciones, que permiten de esta manera, que la rotación de fase sea diferente en los segmentos del distribuidor. En la figura 1D se ilustra una primera configuración sin restricciones en la cual el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta primera de las tres configuraciones sin restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 4:

55

$$(2 \ 1 \ 3)^T.$$

60

En la figura 1E se ilustra una segunda configuración sin restricciones en la cual el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta segunda de las tres configuraciones sin restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 5:

65

$$(3 \ 2 \ 1)^T.$$

En la figura 1F se ilustra una tercera configuración sin restricciones en la cual el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. La configuración del componente de interconexión del terminal en esta tercera de las tres configuraciones sin restricciones se representa por la siguiente configuración vectorial 6:

$$(1 \ 3 \ 2)^T.$$

Con referencia a la figura 2, se ilustra un diagrama de circuito esquemático del conmutador trifásico 100, de acuerdo con una modalidad de la presente invención. En esta modalidad, el conmutador trifásico 100 se dispone para proporcionar únicamente las configuraciones con restricciones de las figuras 1A a 1C. La configuración del componente de interconexión del terminal en este conmutador trifásico 100 incluye un controlador 202 acoplado a los componentes de interconexión de terminales 120 por líneas de control y retroalimentación 204.

El controlador 202 se dispone para controlar selectivamente los componentes de interconexión de terminales 120 en las al menos tres configuraciones con restricciones de las figuras 1A a 1C. Como se muestra, los componentes de interconexión de terminales 120 son conmutadores controlados selectivamente y accionados por señales de comando generadas por el controlador 202 para proporcionar las tres configuraciones con restricciones. Sin embargo, en modalidades alternativas de la invención, los componentes de interconexión de terminales 120 pueden comprender conmutadores individuales, disyuntores electromecánicos, tiristores, transistores o dispositivos electrónicos de energía controlados selectivamente por un controlador para proporcionar las tres configuraciones con restricciones.

Con referencia a la figura 3, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 300 de acuerdo con una primera modalidad de la presente invención. El sistema distribuidor trifásico 300 incluye un distribuidor trifásico 302 que comprende tres conductores, cada uno asociado con una de las tres fases ($L1$, $L2$, $L3$) y un conductor neutro (N) asociado, todos, los cuales se acoplan en un extremo a un punto de referencia del sistema de energía 340.

El distribuidor trifásico 302 se particiona en dos segmentos, siendo estos, un primer segmento 320 y un segundo segmento 330. Hay un circuito de medición 304 dispuesto para medir la corriente asociada con cada fase $L1$, $L2$ y $L3$ del distribuidor 302. Un procesador 310 se dispone para procesar las medidas proporcionadas por los circuitos de medición 304 y comunicarse con el controlador 202. El conmutador trifásico 100 se dispone entre los extremos del distribuidor trifásico 302, que segmenta de esta manera el distribuidor trifásico 302 en el primer segmento 320, acoplado a los terminales del primer segmento 102, 104, 106, y el segundo segmento 330 acoplado a los terminales del segundo segmento 110, 112, 114. Además, el conmutador trifásico 100 se etiqueta con una variable vectorial única $X1$ en esta modalidad, la cual se usa para definir su representación vectorial de acuerdo con una particular de las seis configuraciones posibles.

En la modalidad de la figura 3, el circuito de medición 304 incluye amperímetros para la medición de la corriente en cada fase $L1$, $L2$ y $L3$ del distribuidor 302. Más específicamente, el circuito de medición 304 comprende circuitos de medición del primer segmento A1, A2, A3 dispuestos para medir la corriente en cada fase del primer segmento 320, que definen de esta manera un extremo del primer segmento del mismo, opuesto a los terminales del primer segmento 102, 104, 106. Además, el circuito de medición 304 comprende circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6 dispuestos para medir la corriente en cada fase del segundo segmento 330 adyacente a los terminales del segundo segmento 110, 112, 114.

El procesador 310 se acopla al circuito de medición 304 a través de una línea de comunicación y control 315, y se dispone para procesar las medidas proporcionadas por el circuito de medición 304 (A1, A2, A3, A4, A5, A6). El procesador 310 se dispone además para proporcionar señales de comando al controlador 202. Estas señales de comando mantienen la configuración de corriente del conmutador trifásico 100, o reconfiguran el conmutador trifásico 100 desde una de las tres configuraciones con restricciones a otra de las tres configuraciones con restricciones de las figuras 1A a 1C. Será evidente para una persona experta en la técnica que el conmutador trifásico 100 también puede reconfigurarse desde una de las tres configuraciones sin restricciones a otra de las tres configuraciones sin restricciones de las figuras 1D a 1F. También será evidente que el conmutador trifásico 100 puede reconfigurarse desde una de las seis configuraciones a otra de las seis configuraciones de las figuras 1A a 1D.

También se muestran cargas o generadores 350 que proporcionan corrientes que absorben o que suministran en diferentes puntos y en diferentes fases $L1$, $L2$, $L3$ del distribuidor. Las corrientes en el sistema 300 incluyen las corrientes del primer segmento $I_{1,1}$, $I_{1,2}$ y $I_{1,3}$ que fluyen a lo largo de las respectivas fases $L1$, $L2$ y $L3$ y se miden por los circuitos de medición del primer segmento A1, A2, A3. Otras corrientes asociadas con el primer segmento 320 son I_1 , I_2 , y I_3 que son el resultado de las cargas o generadores 350 a lo largo del primer segmento 320. Ahora se explican los subíndices iniciales de las variables de corriente mencionadas anteriormente. Donde hay dos números enteros presentes separados por una coma, por ejemplo I_{ij} , el primero (i) denota el segmento y el segundo (j) denota la fase como 1, 2 o 3. Cuando solo hay un número entero presente en el subíndice, este representa un único número entero de carga o del generador.

- Las corrientes en el sistema 300 también incluyen corrientes del segundo segmento $I_{2,1}$, $I_{2,2}$ y $I_{2,3}$ medidas por los circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6. Las corrientes del segundo segmento $I_{2,1}$, $I_{2,2}$ y $I_{2,3}$ son el resultado de las corrientes I_4 , I_5 , y I_6 proporcionadas por las cargas o generadores 350 a lo largo del segundo segmento 330. También se muestran las corrientes del conductor neutro (N) $I_{N,1}$ y $I_{N,2}$ como resultará evidente para una persona experta en la técnica. Los subíndices iniciales en las corrientes del conductor neutro tienen el siguiente significado, el primer carácter N define la variable como asociada con el conductor neutro; y el segundo carácter define el segmento al cual pertenece.
- Con referencia a la figura 4, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 400 de acuerdo con una segunda modalidad de la presente invención. El sistema distribuidor trifásico 300 incluye un distribuidor trifásico 302 que comprende, tres conductores, cada uno asociado con una de las tres fases ($L1$, $L2$, $L3$) y el conductor neutro (N) asociado, todos, los cuales se acoplan en un extremo al punto de referencia del sistema de energía 340. El sistema distribuidor trifásico 400 es similar al sistema distribuidor trifásico 300 y, por lo tanto, para evitar la repetición, solo se describirán las diferencias.
- El sistema distribuidor trifásico 400 incluye otro conmutador trifásico 100 dispuesto entre los extremos del segundo segmento 330, que segmenta de esta manera el segundo segmento 330 en un segundo segmento 430 y un tercer segmento 435. En esta modalidad, los circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6 se disponen para medir la corriente en cada conductor de fase del segundo segmento 430 adyacente a los terminales del segundo segmento del conmutador trifásico 100 que particiona el segundo segmento 330. Asimismo, las corrientes del segundo segmento $I_{2,1}$, $I_{2,2}$ y $I_{2,3}$ medidas por los circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6 ahora se asocian con el segundo segmento 430.
- El circuito de medición 304 comprende circuitos de medición del tercer segmento A7, A8, A9 dispuestos para medir la corriente en cada fase del tercer segmento 435 adyacente a los terminales del segundo segmento 110, 112, 114 del conmutador trifásico 100 que particiona el segundo segmento 330.
- El procesador 310 se acopla al circuito de medición 304 y se dispone para procesar las medidas proporcionadas por el circuito de medición 304 en cada uno de los segmentos 320, 430 y 435. El procesador 310 se dispone además para proporcionar señales de comando al controlador 202 de cada conmutador trifásico 100 en el sistema 400. Estas señales de comando instruyen a los controladores 202 para iniciar señales de comando que dan como resultado en la reconfiguración física de uno o ambos conmutadores trifásicos 100 desde una de las tres configuraciones con restricciones a otra de las tres configuraciones con restricciones de las figuras 1A a 1C.
- Las corrientes en el sistema 400 también incluyen corrientes del tercer segmento $I_{3,1}$, $I_{3,2}$ y $I_{3,3}$ medidas por los circuitos de medición del tercer segmento A7, A8, A9. Las corrientes del tercer segmento $I_{3,1}$, $I_{3,2}$ y $I_{3,3}$ son el resultado de las corrientes I_7 , I_8 , y I_9 proporcionadas por las cargas o generadores 350 a lo largo del tercer segmento 435. Cada uno de los conmutadores trifásicos 100 se etiqueta con las variables vectoriales únicas $X1$ y $X2$ en esta modalidad, las cuales se usan para definir su representación vectorial de acuerdo con una particular de las seis configuraciones posibles. También se muestran el conductor neutro (N), las corrientes $I_{N,1}$ y $I_{N,2}$ y $I_{N,3}$ como resultará evidente para una persona experta en la técnica. Otro punto que resultará evidente para una persona experta en la técnica, es que puede acoplarse un transformador en los extremos del tercer segmento 435 distante del conmutador trifásico 100 entre el segundo segmento 430 y el tercer segmento 435. Adicionalmente, otras modalidades pueden incluir además conmutadores trifásicos 100 que segmentan además el distribuidor trifásico 302 y podrían acoplarse transformadores además al distribuidor trifásico 302.
- Con referencia a la figura 5, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 500 de acuerdo con una tercera modalidad de la presente invención.
- El sistema distribuidor trifásico 500 es similar al sistema distribuidor trifásico 300 y, por lo tanto, para evitar la repetición, solo se describirán las diferencias. En esta ilustración, se muestran las impedancias del conductor de fase $Z_{1,1}$, $Z_{1,2}$, $Z_{1,3}$ para el primer segmento 320 y las impedancias del conductor de fase $Z_{2,1}$, $Z_{2,2}$, $Z_{2,3}$ para el segundo segmento 330. Además, se muestran las impedancias del conductor neutro $Z_{N,1}$, para el primer segmento 320 e impedancias $Z_{N,2}$, para el segundo segmento 320. Asimismo, en adición del circuito de medición 304 que comprende los amperímetros A1 a A6, hay un circuito de medición adicional 506 que son voltímetros V_{L1} , V_{L2} , y V_{L3} los cuales se acoplan entre conductores fase ($L1$, $L2$, $L3$) y neutro (N) en el extremo del punto de referencia del sistema de energía del primer segmento del distribuidor 320. Asimismo, los voltímetros V_{L1} , V_{L2} , y V_{L3} se acoplan al procesador 310. Ahora se explican los subíndices iniciales de las variables de impedancia mencionadas anteriormente. Donde hay dos números enteros separados por una coma, por ejemplo $Z_{i,j}$, el primero (i) denota el segmento y el segundo (j) denota la fase como 1, 2 o 3. Mientras que, el primer carácter en los subíndices iniciales de la impedancia del conductor neutro lo define como asociado con el conductor neutro cuando es una N, mientras, el segundo carácter en el subíndice define el segmento al cual pertenece.
- Con referencia a la figura 6, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 600 de acuerdo con una cuarta modalidad de la presente invención.
- El sistema distribuidor trifásico 600 es similar al sistema distribuidor trifásico 500 y, por lo tanto, para evitar la repetición, solo se describirán las diferencias. El sistema distribuidor trifásico 600 incluye otro conmutador trifásico 100 dispuesto

entre los extremos del segundo segmento 330, que segmenta de esta manera el segundo segmento 330 en un segundo segmento 430 y un tercer segmento 435. Cada uno de los conmutadores trifásicos 100 se etiqueta con las variables vectoriales únicas X_1 y X_2 en esta modalidad, las cuales se usan para definir su representación vectorial de acuerdo con una particular de las seis configuraciones posibles. En esta modalidad, los circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6, se disponen para medir la corriente en cada conductor de fase del segundo segmento 430 adyacente a los terminales del segundo segmento del conmutador trifásico 100 que particiona el primer segmento 320 y el segundo segmento 430. Asimismo, las corrientes del segundo segmento $I_{2,1}$, $I_{2,2}$ y $I_{2,3}$ medidas por los circuitos de medición del segundo segmento A4, A5, A6 ahora se asocian con el segundo segmento 430. El circuito de medición 304 comprende circuitos de medición del tercer segmento A7, A8, A9 dispuestos para medir la corriente en cada conductor de fase del tercer segmento 435 adyacente a los terminales del tercer segmento 110, 112, 114 del conmutador trifásico 100 que particiona el segundo segmento 330. Los circuitos de medición del tercer segmento A7, A8, A9 (amperímetros) se acoplan al procesador 310. Además, se muestran en esta ilustración las impedancias del conductor de fase $Z_{3,1}$, $Z_{3,2}$, $Z_{3,3}$ para el tercer segmento 435 y la impedancia del conductor neutro $Z_{N,3}$ para el tercer segmento 435.

Con referencia a la figura 7, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 700 de acuerdo con una quinta modalidad de la presente invención.

El sistema distribuidor trifásico 700 es similar al sistema distribuidor trifásico 500 y, por lo tanto, para evitar la repetición, solo se describirán las diferencias. En esta ilustración, el circuito de medición 506 que comprende dispositivos de medición de tensión V_{L1} , V_{L2} y V_{L3} , hay un circuito de medición adicional 506 los cuales son voltímetros V_1 , V_2 , y V_3 que se acoplan entre fases ($L1$, $L2$, $L3$) y conductores neutros (N) en el extremo del primer segmento adyacente al conmutador trifásico 100. Además, los voltímetros V_1 , V_2 , y V_3 se acoplan al procesador 310.

Será evidente que tanto para los sistemas 400 como 600, los dos conmutadores trifásicos 100 (un primer y un segundo conmutador trifásico) tienen nueve permutaciones de configuración posible. En una primera de las posibles configuraciones con restricciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114.

En una segunda de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110.

En una tercera de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112.

En una cuarta de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114.

En una quinta de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110.

- En una sexta de las configuraciones posibles, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112.
- En una séptima de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114.
- En una octava de las posibles configuraciones, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110.
- En una novena de las configuraciones posibles, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El primero de los terminales del segundo segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del tercer segmento 114. El segundo de los terminales del segundo segmento 104 se acopla al primero de los terminales del tercer segmento 110 y el tercero de los terminales del segundo segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del tercer segmento 112.
- Con referencia a la figura 8, se ilustra un diagrama de circuito esquemático de un sistema distribuidor trifásico 800 de acuerdo con una sexta modalidad de la presente invención.
- El sistema distribuidor trifásico 800 es similar al sistema distribuidor trifásico 700 y, por lo tanto, para evitar la repetición, solo se describirán las diferencias. El sistema distribuidor trifásico 800 incluye un conmutador trifásico adicional 100 dispuesto entre los extremos del segundo segmento 330, que segmenta de esta manera el segundo segmento 330 en un segundo segmento 430 y un tercer segmento 435. Cada uno de los conmutadores trifásicos 100 se etiqueta con las variables vectoriales únicas X_1 y X_2 en esta modalidad, las cuales se usan para definir su representación vectorial de acuerdo con una particular de las seis configuraciones posibles. También en esta ilustración, el circuito de medición 506 que comprende dispositivos de medición de tensión V_{L1} , V_{L2} , V_{L3} , V_1 , V_2 , y V_3 , hay un circuito de medición adicional 506, los cuales son voltímetros V_4 , V_5 , y V_6 que se acoplan entre conductores fase (L_1 , L_2 , L_3) y neutro (N) en el extremo del segundo segmento adyacente al conmutador trifásico adicional 100. Además, los voltímetros V_1 , V_2 , y V_3 se acoplan al procesador 310. Los subíndices iniciales en las variables de tensión V definen cada uno como único.
- Con referencia a la figura 9, hay un diagrama de flujo que ilustra un método 900 de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico mediante análisis de la corriente o la tensión de acuerdo con una modalidad de la presente invención. A manera de ejemplo, y sólo con propósitos de ilustración, se describirá el método 900 para una red radial con referencia a los sistemas 300 al 800 como se describió en la presente descripción. El método 900, se invoca típicamente en un bloque de decisión 910 en tiempos fijos, en un período de 24 horas dado, tanto para el análisis de la tensión o de la corriente, como: de 8 am a 5 pm para el análisis de tensión y de 5 pm a 9 am para el análisis de corriente; o de 7 am a 4 pm para el análisis de tensión y de 4 pm a 7 am para el análisis de corriente; o de 5 pm a 10 am para el análisis de corriente y de 10 am a 3,30 pm para el análisis de voltaje. Durante dichos tiempos cuando las corrientes de carga o del generador pueden variar considerablemente en los sistemas 300 a 800. Alternativamente, el método 900 puede invocarse en un bloque de decisión 910 en cualquier intervalo de tiempo predeterminado, ejemplos del cual incluye intervalos de tiempo de 7 minutos o intervalos en cada minuto o cada 600 minutos, 360 minutos, 30 segundos o cualquier otro intervalo de tiempo adecuado.
- En una modalidad, el método 900 puede invocarse en un bloque de decisión 910 si cualquier valor de tensión medido por los dispositivos de medición de tensión 506 mostrados en los sistemas 500 a 800, excede un valor predeterminado, ejemplos del cual incluye: 250 V, 253 V y 246 V. La decisión para realizar un análisis de tensión se toma en un bloque 915 si el método 900 se invocó durante un tiempo fijo para el análisis de tensión o debido a: una medición de voltaje que excede un valor predeterminado; o un cambio en las condiciones ambientales detectado por un dispositivo de medición apropiado en una ubicación próxima al distribuidor. Con respecto a las condiciones ambientales, ellas incluyen una o más

de la velocidad del viento o la luz solar. De cualquier otra manera, una decisión en el bloque de decisión 915 pasará por defecto a análisis de la corriente. En una modalidad además, el método 900 puede invocarse continuamente.

Ahora se describirá el método 900, el cual se invoca cuando se determina el análisis de la corriente por el procesador 310 en un bloque de decisión 915. Dentro de la explicación, se denominan a los conmutadores trifásicos individuales 100 mediante el uso de una variable vectorial única a partir de la siguiente secuencia: $X1; X2 \dots Xn$ donde n es un número entero igual al número de conmutadores trifásicos 100. El número entero n también define la proximidad de cada conmutador trifásico 100 al punto designado, como el punto de referencia del sistema de energía 340, donde el número entero 1 se usa para denotar el conmutador trifásico 100 que está más cerca de la referencia del sistema de energía y n se usa para representar el conmutador trifásico 100 que está más lejos de la referencia del sistema de energía. Cada una de las variables vectoriales $X1; X2 \dots Xn$ elementos se definen de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} X1 &= (X1_1 \quad X1_2 \quad X1_3)^T \\ X2 &= (X2_1 \quad X2_2 \quad X2_3)^T \\ &\vdots \\ Xn &= (Xn_1 \quad Xn_2 \quad Xn_3)^T \end{aligned}$$

ecuaciones (1) .

La notación usada en las ecuaciones (1) proporciona un medio para referirse a cada elemento de vector individual con un subíndice inicial, el cual define un elemento de vector específico.

El método de análisis de corriente implica un proceso de determinación de valores de corriente mediante el uso de la Ley de corrientes de Kirchoff en los sistemas 300 y 400 para cada posible permutación de configuraciones del conmutador trifásico 100, o configuraciones del conmutador trifásico combinado 100 cuando hay n conmutadores trifásicos 100. Inicialmente, durante la determinación del bloque 920, las corrientes de carga o del generador se calculan mediante el uso de medidas de corriente realizadas en la seleccionada de las configuraciones del conmutador trifásico 100. Mediante el uso del sistema 300 como ejemplo: cuando se selecciona la primera de las configuraciones con restricciones por el conmutador trifásico 100 que particiona los segmentos 320 y 330, las corrientes de carga o del generador 350 se calculan mediante el uso de la Ley de corrientes de Kirchoff de la siguiente manera:

$$I_1 = I_{1,1} - I_{2,1}; I_2 = I_{1,2} - I_{2,2}; I_3 = I_{1,3} - I_{2,3}; I_4 = I_{2,1}; I_5 = I_{2,2}; \text{ e } I_6 = I_{2,3} - \text{ ecuaciones (a) .}$$

Cuando se selecciona la segunda de las configuraciones con restricciones por el conmutador trifásico 100 que particiona los segmentos 320 y 330, las corrientes de carga o del generador 350 se calculan mediante el uso de la Ley de corrientes de Kirchoff de la siguiente manera:

$$I_1 = I_{1,1} - I_{2,2}; I_2 = I_{1,2} - I_{2,3}; I_3 = I_{1,3} - I_{2,1}; I_4 = I_{2,1}; I_5 = I_{2,2}; \text{ e } I_6 = I_{2,3} - \text{ ecuaciones (b) .}$$

Cuando se selecciona la tercera de las configuraciones con restricciones por el conmutador trifásico 100 que particiona los segmentos 320 y 330, las corrientes de carga o del generador 350 se calculan mediante el uso de la Ley de corrientes de Kirchoff de la siguiente manera:

$$I_1 = I_{1,1} - I_{2,3}; I_2 = I_{1,2} - I_{2,1}; I_3 = I_{1,3} - I_{2,2}; I_4 = I_{2,1}; I_5 = I_{2,2}; \text{ e } I_6 = I_{2,3} - \text{ ecuaciones (c) .}$$

Genéricamente, para el sistema 300, $X1$ se iguala a la representación vectorial de la seleccionada de las configuraciones del conmutador trifásico 100, y se aplica el siguiente conjunto de ecuaciones generales:

$$I_6 = I_{2,3}; I_5 = I_{2,2}; I_4 = I_{2,1}; I_3 = I_{1,3} - I_{2,X1}; I_2 = I_{1,2} - I_{2,X1}; \text{ e } I_1 = I_{1,1} - I_{2,X1} \text{ ecuaciones (2) .}$$

Genéricamente, para el sistema 400, las variables vectoriales $X1$ y $X2$ se igualan cada una a sus respectivas representaciones vectoriales que reflejan la seleccionada de sus configuraciones particulares del conmutador trifásico 100, y las corrientes de carga o del generador se calculan mediante el uso del conjunto de ecuaciones generales que se muestran más abajo:

$$I_9 = I_{3,3}; I_8 = I_{3,2}; I_7 = I_{3,1}; I_6 = I_{2,3} - I_{3,X2_3}; I_5 = I_{2,2} - I_{3,X2_2}; I_4 = I_{2,1} - I_{3,X2_1}; \\ I_3 = I_{1,3} - I_{2,X1_3} - I_{3,X2_{3n}}; I_2 = I_{1,2} - I_{2,X1_2} - I_{3,X2_{2n}}; \text{ e } I_1 = I_{1,1} - I_{2,X1_1} - I_{3,X2_{1n}} \text{ ecuaciones (3)}.$$

Genéricamente, para un sistema con entre tres y n conmutadores trifásicos 100, las variables vectoriales $X1, X2 \dots Xn$ se igualan cada una a sus respectivas representaciones vectoriales que reflejan la seleccionada de las configuraciones con restricciones del conmutador trifásico 100 (configuraciones vectoriales 1 a 3), y las corrientes de carga o del generador se calculan mediante el uso del siguiente conjunto de ecuaciones generales:

$$\begin{aligned} I_{3k} &= I_{k,3} \\ I_{3k-1} &= I_{k,2} \\ I_{3k-2} &= I_{k,1} \\ I_{3k-3} &= I_{k-1,3} - I_{k,Xn_3} \\ I_{3k-4} &= I_{k-1,2} - I_{k,Xn_2} \\ I_{3k-5} &= I_{k-1,1} - I_{k,Xn_1} \\ I_{3k-6} &= I_{k-2,3} - I_{k-1,Xn-1_3} - I_{k,Xn_{Xn-1_3}} \\ I_{3k-7} &= I_{k-2,2} - I_{k-1,Xn-1_2} - I_{k,Xn_{Xn-1_2}} \\ I_{3k-8} &= I_{k-2,1} - I_{k-1,Xn-1_1} - I_{k,Xn_{Xn-1_1}} \\ &\vdots \\ I_{3k-(3k-3)} &= I_{k-(k-1),3} - I_{k-(k-2),X1_3} - I_{k-(k-3),X2_{X1_3}} - \dots - I_{k-(k-k),Xn_{Xn-1_{X1_3}}} \\ I_{3k-(3k-2)} &= I_{k-(k-1),2} - I_{k-(k-2),X1_2} - I_{k-(k-3),X2_{X1_2}} - \dots - I_{k-(k-k),Xn_{Xn-1_{X1_2}}} \\ I_{3k-(3k-1)} &= I_{k-(k-1),1} - I_{k-(k-2),X1_1} - I_{k-(k-3),X2_{X1_1}} - \dots - I_{k-(k-k),Xn_{Xn-1_{X1_1}}} \end{aligned}$$

donde $k=n+1$
ecuaciones (4).

Las corrientes de carga o del generador para el sistema se usan luego por el procesador 310 para predecir conjuntos de corrientes de fase y de neutro que fluirían mediante los conductores del distribuidor 302 (L1, L2, L3 y N) en cada segmento, si se adoptó cada posible permutación de la configuración del conmutador trifásico 100. Sin embargo, para ayudar a la explicación de la determinación del proceso 920, a manera de ejemplo y solo con propósitos de ilustración, hay tres posibles configuraciones con restricciones del conmutador trifásico 100 las cuales ahora se describen para los sistemas 300 y 500.

Para los sistemas 300 y 500, en la primera de las tres configuraciones posibles, los terminales del primer segmento 102 se acoplan al primero de los terminales del segundo segmento 110. Un segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla a un segundo de los terminales del segundo segmento 112 y un tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla a un tercero de los terminales del segundo segmento 114.

Para los sistemas 300 y 500, en la segunda de las tres configuraciones posibles, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110.

Para los sistemas 300 y 500, en la tercera de las tres configuraciones posibles, el primero de los terminales del primer segmento 102 se acopla al tercero de los terminales del segundo segmento 114. El segundo de los terminales del primer segmento 104 se acopla al primero de los terminales del segundo segmento 110 y el tercero de los terminales del primer segmento 106 se acopla al segundo de los terminales del segundo segmento 112.

Para los sistemas del distribuidor 400, 600 u 800 con los segmentos 320, 430, 435 y con los conmutadores trifásicos 100 dispuestos para proporcionar solo las tres configuraciones con restricciones, el número de permutaciones de las configuraciones con restricciones del conmutador trifásico combinado 100 es 9. En general, para redes radiales e

interconectadas, el número de permutaciones del conmutador trifásico 100 o la configuración del conmutador trifásico combinado 100 para configuraciones con restricciones y sin restricciones es $3^{n-(t-1)}$ y $6^{n-(t-1)}$ respectivamente donde: n es el número de conmutadores trifásicos 100 conectados al sistema; t es el número de transformadores conectados al sistema; y $n \geq t$. Por lo tanto, el número de posibilidades de configuración del conmutador trifásico combinado 100 se reduce a medida que aumente el número de transformadores. Esta reducción de posibilidades se causa por el algoritmo del procesador 310, el cual solo considera como permisibles las permutaciones de configuraciones del conmutador trifásico combinado 100 que no dan como resultado el cruce de cualquiera de las fases del transformador con otras fases del transformador.

La explicación de la determinación del proceso 920 ahora continua para el sistema 300. Mediante el uso del sistema 300 como ejemplo: las corrientes de carga o del generador que se determinaron desde el conjunto relevante de ecuaciones (a) a (c) se usan para formar conjuntos de predicciones de corriente de fase y de neutro donde se encuentra un conjunto para cada configuración única y permitida del conmutador trifásico 100, donde para la primera de las configuraciones con restricciones, las predicciones de corriente de fase y de neutro se calculan de la siguiente manera:

$$I_{1,1}=I_1+I_4; \quad I_{1,2}=I_2+I_5; \quad I_{1,3}=I_3+I_6; \quad I_{2,1}=I_4; \quad I_{2,2}=I_5; \quad I_{2,3}=I_6; \\ I_{N1}=I_{1,1}+I_{1,2}+I_{1,3}; \quad \text{e} \quad I_{N2}=I_{2,1}+I_{2,2}+I_{2,3} \quad \text{ecuaciones (d)}.$$

Para la segunda de las configuraciones con restricciones, las predicciones de corriente de fase y de neutro se calculan de la siguiente manera:

$$I_{1,1}=I_1+I_5; \quad I_{1,2}=I_2+I_6; \quad I_{1,3}=I_3+I_4; \quad I_{2,1}=I_4; \quad I_{2,2}=I_5; \quad I_{2,3}=I_6; \\ I_{N1}=I_{1,1}+I_{1,2}+I_{1,3}; \quad \text{e} \quad I_{N2}=I_{2,1}+I_{2,2}+I_{2,3} \quad \text{ecuaciones (e)}.$$

Para la tercera de las configuraciones con restricciones, las predicciones de corriente de fase y de neutro se calculan de la siguiente manera:

$$I_{1,1}=I_1+I_6; \quad I_{1,2}=I_2+I_4; \quad I_{1,3}=I_3+I_5; \quad I_{2,1}=I_4; \quad I_{2,2}=I_5; \quad I_{2,3}=I_6; \\ I_{N1}=I_{1,1}+I_{1,2}+I_{1,3}; \quad \text{e} \quad I_{N2}=I_{2,1}+I_{2,2}+I_{2,3} \quad \text{ecuaciones (f)}.$$

Genéricamente para un sistema 300, las corrientes de carga o del generador que se determinaron desde las ecuaciones (2) se usan para formar conjuntos de predicciones de corriente de fase y de neutro donde se encuentra un conjunto para cada configuración única y permitida del conmutador trifásico 100. Las predicciones de corriente de fase y de neutro se representan mediante el uso de la variable I^* donde el superíndice inicial * denota que es una predicción. Por lo tanto, cada conjunto de corrientes se calcula con un único $X1$ representación vectorial aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones generales:

$$I_{2,1}^*=I_4; \quad I_{2,2}^*=I_5; \quad I_{2,3}^*=I_6; \quad I_{1,1}^*=I_1+I_{3+X1}; \quad I_{1,2}^*=I_2+I_{3+X1}; \quad I_{1,3}^*=I_3+I_{3+X1}; \\ I_{N1}^*=I_{1,1}+I_{1,2}+I_{1,3}; \quad \text{e} \quad I_{N2}^*=I_{2,1}+I_{2,2}+I_{2,3} \\ \text{ecuaciones (5)}$$

Para el sistema 500, las corrientes de carga o del generador que se determinaron desde las ecuaciones (3) se usan para encontrar conjuntos de corrientes de fase y de neutro donde se encuentra un conjunto para cada configuración única y permitida del conmutador trifásico combinado 100. Por lo tanto, un conjunto de corrientes se calcula con una combinación única de $X1$ y $X2$ representaciones vectoriales aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones generales:

$$I_{3,1}^*=I_7; \quad I_{3,2}^*=I_8; \quad I_{3,3}^*=I_9; \quad I_{2,1}^*=I_4+I_{6+X2}; \quad I_{2,2}^*=I_5+I_{6+X2}; \\ I_{2,3}^*=I_6+I_{6+X2}; \quad I_{1,1}^*=I_1+I_{3+X1}+I_{6+X2}; \quad I_{1,2}^*=I_2+I_{3+X1}+I_{6+X2}; \\ I_{1,3}^*=I_3+I_{3+X1}+I_{6+X2}; \quad I_{N1}^*=I_{1,1}+I_{1,2}+I_{1,3}; \\ I_{N2}^*=I_{2,1}+I_{2,2}+I_{2,3}; \quad \text{e} \quad I_{N3}^*=I_{3,1}+I_{3,2}+I_{3,3} \\ \text{ecuaciones (6)}$$

Para un sistema con n conmutadores trifásicos 100, las corrientes de carga o del generador que se determinaron desde las ecuaciones (4) se usan para encontrar conjuntos de corrientes de fase y de neutro donde se encuentra un conjunto para cada configuración única y permitida del conmutador trifásico 100. Por lo tanto, un conjunto de corrientes se calcula con una combinación única de $X1, X2 \dots Xn$ representaciones vectoriales mediante la aplicación de los siguientes conjuntos de ecuaciones generales para corrientes de fase y corrientes de neutro respectivamente:

$$\begin{aligned}
 I_{k,1}^* &= I_{3k-2} \\
 I_{k,2}^* &= I_{3k-1} \\
 I_{k,3}^* &= I_{3k} \\
 I_{k-1,1}^* &= I_{3k-5} + I_{3n+X2_1} \\
 I_{k-1,2}^* &= I_{3k-4} + I_{3n+X2_2} \\
 I_{k-1,3}^* &= I_{3k-3} + I_{3n+X2_3} \\
 I_{k-2,1}^* &= I_{3k-8} + I_{3(n-1)+X1_1} + I_{3n+X2_{X1_1}} \\
 I_{k-2,2}^* &= I_{3k-7} + I_{3(n-1)+X1_2} + I_{3n+X2_{X1_2}} \\
 I_{k-2,3}^* &= I_{3k-6} + I_{3(n-1)+X1_3} + I_{3n+X2_{X1_3}} \\
 &\vdots \\
 I_{k-(k-1),1}^* &= I_{3k-(3k-1)} + I_{3+X1_1} + I_{6+X2_{X1_1}} + \dots + I_{3n+Xn_{Xn-1 \dots X1_1}} \\
 I_{k-(k-1),2}^* &= I_{3k-(3k-2)} + I_{3+X1_2} + I_{6+X2_{X1_2}} + \dots + I_{3n+Xn_{Xn-1 \dots X1_2}} \\
 I_{k-(k-1),3}^* &= I_{3k-(3k-3)} + I_{3+X1_3} + I_{6+X2_{X1_3}} + \dots + I_{3n+Xn_{Xn-1 \dots X1_3}}
 \end{aligned}$$

donde $k=n+1$
ecuaciones (7) ;

y

$$\begin{aligned}
 I_{N1}^* &= I_{1,1} + I_{1,2} + I_{1,3} \\
 I_{N2}^* &= I_{2,1} + I_{2,2} + I_{2,3} \\
 I_{N3}^* &= I_{3,1} + I_{3,2} + I_{3,3} \\
 &\vdots \\
 I_{Nn}^* &= I_{n,1} + I_{n,2} + I_{n,3}
 \end{aligned}$$

ecuaciones (8)

Cada conjunto de corrientes de fase y de neutro calculadas mediante la aplicación de ecuaciones (5) a (8) son predicciones que el procesador 310 asocia con la permutación particular de la configuración del conmutador trifásico 100, o la combinación del conmutador trifásico combinado, la cual se define por el único conjunto de representaciones vectoriales que se usó para calcular las corrientes. Luego, la determinación de los valores de corriente en un bloque 920 está completa.

En un bloque 930, los conjuntos de predicciones de corriente de fase asociados con cada posible permutación del conmutador trifásico 100, o la configuración del conmutador trifásico combinado 100, se usan para calcular x valores de corriente combinados los cuales se asocian respectivamente con el mismo conmutador trifásico 100, o a la configuración

del conmutador trifásico combinado 100 como las predicciones de corriente de fase empleadas para calcular los mismos. Para este cálculo, x representa el número entero de segmento, el cual es válido en el intervalo $1 \leq x \leq n+1$ donde n es el número de conmutadores trifásicos 100. Los valores de corriente combinados se obtienen luego aplicando la siguiente fórmula:

$$\sqrt{(I_{x,1}-I_{x,2})^2} + \sqrt{(I_{x,1}-I_{x,3})^2} + \sqrt{(I_{x,2}-I_{x,3})^2}$$

donde $I_{x,1}$, $I_{x,2}$ y $I_{x,3}$ son magnitudes de corriente de fase
fórmula (1).

En una modalidad alternativa en un bloque 930, no se usa la fórmula (1) y se encuentran conjuntos de magnitudes de corriente neutra para cada uno de los segmentos y se usan en su lugar como los valores de corriente combinados.

El análisis de corriente continua en un bloque de proceso 940 donde se encuentra el valor de corriente combinado mínimo para el segmento particular que el procesador 310 se preconfigura para minimizar la corriente dentro. La configuración del conmutador trifásico 100, o la configuración del conmutador trifásico combinado 100, a la cual se asocia el valor combinado mínimo, se designa luego por el procesador 310 como la configuración deseada.

En un bloque de decisión 950, la configuración deseada determinada se compara con la configuración seleccionada del conmutador trifásico 100, o del conmutador trifásico combinado 100, y si ellas son iguales, el método 900 retorna al bloque de decisión 910. De cualquier otra manera el método 900 progresa al bloque de proceso 960 y envía una señal de control a un controlador 202 de conmutador trifásico 100 para cambiar su configuración, para que coincida con la especificada por la configuración deseada determinada en un bloque de proceso 940. Para el caso cuando haya más de un conmutador trifásico 100 instalado en el sistema, el procesador 310 envía la señal de comando para cambiar la configuración a un controlador 202 del conmutador trifásico 100, y espera luego por la confirmación del controlador 202, de que el cambio en la configuración fue un éxito. El procesador 310 no emite cualquier comando de cambio de configuración además, hasta que recibe la confirmación de un cambio exitoso en la configuración del controlador 202 al cual envió la última señal de orden de cambio de configuración. Tras la terminación del bloque 960, el método 900 retorna al bloque de decisión 910.

El método 900 se describirá ahora cuando se determina el análisis de tensión por el procesador 310 en un bloque de decisión 915. El proceso en un bloque 925 para el análisis de tensión es idéntico al proceso de análisis de corriente definido en un bloque 920 pero incluye una etapa de determinación de la tensión adicional que aplica la Ley de tensión de Kirchoff. Por lo tanto, para evitar la repetición, sólo se describe ahora la etapa de determinación de la tensión adicional llevado a cabo por el procesador 310.

Se calculó un conjunto de predicciones de corriente de fase y de neutro, aplicando las ecuaciones (d) a (f) para un sistema 500 el cual cubre todas las configuraciones permitidas del conmutador trifásico 100. Cada uno de estos conjuntos de predicciones de corriente de fase y de neutro se usa en la determinación de la tensión para encontrar conjuntos correspondientes de valores de tensión de carga o del generador. Las variables adicionales utilizadas en la determinación de la tensión son las impedancias del conductor interno de fase y neutro y los valores de la tensión se miden desde el circuito de medición 506. Mediante el uso del sistema 500 como ejemplo, para la primera de las configuraciones con restricciones, las predicciones de la tensión de carga o del generador, se calculan mediante el uso de los resultados de las ecuaciones de corriente de fase y de neutro correspondientes (d) de la siguiente manera:

$$V_1 = V_{L1} - (I_{L1} Z_{L1}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_2 = V_{L2} - (I_{L2} Z_{L2}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_3 = V_{L3} - (I_{L3} Z_{L3}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_4 = V_1 - (I_{2,1} Z_{2,1}) - (I_{N2} Z_{N2}); V_5 = V_2 - (I_{2,2} Z_{2,2}) - (I_{N2} Z_{N2}); y V_6 = V_3 - (I_{2,3} Z_{2,3}) - (I_{N2} Z_{N2}) - \text{ecuaciones (g)}.$$

Para la segunda de las configuraciones con restricciones, las predicciones de la tensión de carga o del generador, se calculan mediante el uso de los resultados de las ecuaciones de corriente de fase y de neutro correspondientes (e) de la siguiente manera:

$$V_1 = V_{L1} - (I_{L1} Z_{L1}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_2 = V_{L2} - (I_{L2} Z_{L2}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_3 = V_{L3} - (I_{L3} Z_{L3}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_5 = V_1 - (I_{22} Z_{22}) - (I_{N2} Z_{N2}); V_6 = V_2 - (I_{23} Z_{23}) - (I_{N2} Z_{N2}); \text{ y } V_4 = V_3 - (I_{21} Z_{21}) - (I_{N2} Z_{N2}) - \text{ecuaciones (h)} .$$

Para la tercera de las configuraciones con restricciones, las predicciones de la tensión de carga o del generador se calculan mediante el uso de los resultados de las ecuaciones de corriente de fase y de neutro correspondientes (f) de la siguiente manera:

$$V_1 = V_{L1} - (I_{L1} Z_{L1}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_2 = V_{L2} - (I_{L2} Z_{L2}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_3 = V_{L3} - (I_{L3} Z_{L3}) - (I_{N1} Z_{N1}); V_6 = V_1 - (I_{23} Z_{23}) - (I_{N2} Z_{N2}); V_4 = V_2 - (I_{21} Z_{21}) - (I_{N2} Z_{N2}); \text{ y } V_5 = V_3 - (I_{22} Z_{22}) - (I_{N2} Z_{N2}) - \text{ecuaciones (i)} .$$

Genéricamente para un sistema 500, se calcula un conjunto de tensiones para cada única posible pero permisible $X1$ representación vectorial, aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$V_1 = V_{L1} - I_{L1}^* Z_{L1} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_2 = V_{L2} - I_{L2}^* Z_{L2} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_3 = V_{L3} - I_{L3}^* Z_{L3} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_{3+X1} = V_1 - I_{2,X1}^* Z_{2,X1} - I_{N2}^* Z_{N2}; V_{3+X2} = V_2 - I_{2,X2}^* Z_{2,X2} - I_{N2}^* Z_{N2}; \text{ y } V_{3+X3} = V_3 - I_{2,X3}^* Z_{2,X3} - I_{N2}^* Z_{N2} - \text{ecuaciones (9)} .$$

Los I^* valores que se muestran en la ecuación (9) se calculan desde las ecuaciones (5) mediante el uso del mismo vector $X1$.

Genéricamente para un sistema 600, se calcula un conjunto de tensiones para cada combinación única posible pero permitida de $X1$ y $X2$ representaciones vectoriales, aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$V_1 = V_{L1} - I_{L1}^* Z_{L1} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_2 = V_{L2} - I_{L2}^* Z_{L2} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_3 = V_{L3} - I_{L3}^* Z_{L3} - I_{N1}^* Z_{N1}; V_{3+X1} = V_1 - I_{2,X1}^* Z_{2,X1} - I_{N2}^* Z_{N2}; V_{3+X2} = V_2 - I_{2,X2}^* Z_{2,X2} - I_{N2}^* Z_{N2}; V_{3+X3} = V_3 - I_{2,X3}^* Z_{2,X3} - I_{N2}^* Z_{N2}; V_{6+X2} = V_4 - I_{3,X2}^* Z_{3,X2} - I_{N3}^* Z_{N3}; V_{6+X2} = V_5 - I_{3,X2}^* Z_{3,X2} - I_{N3}^* Z_{N3}; \text{ y } V_{6+X2} = V_6 - I_{3,X2}^* Z_{3,X2} - I_{N3}^* Z_{N3} - \text{ecuaciones (10)} .$$

Los I^* valores que se muestran en la ecuación (10) se calculan desde las ecuaciones (6) mediante el uso de la misma combinación de $X1$ y $X2$ vectores.

Genéricamente, para un sistema con n conmutadores trifásicos 100, cada conjunto de tensiones se calcula para cada combinación única posible pero permitida de $X1, X2 \dots Xn$ representaciones vectoriales, aplicando el siguiente conjunto de ecuaciones generales:

$$\begin{aligned}
V_1 &= V_{L1} - I_{1,1}^* Z_{1,1} - I_{N1}^* Z_{N1} \\
V_2 &= V_{L2} - I_{1,2}^* Z_{1,2} - I_{N1}^* Z_{N1} \\
V_3 &= V_{L3} - I_{1,3}^* Z_{1,3} - I_{N1}^* Z_{N1} \\
V_{3+X1_1} &= V_1 - I_{2,X1_1}^* Z_{2,X1_1} - I_{N2}^* Z_{N2} \\
V_{3+X1_2} &= V_2 - I_{2,X1_2}^* Z_{2,X1_2} - I_{N2}^* Z_{N2} \\
V_{3+X1_3} &= V_3 - I_{2,X1_3}^* Z_{2,X1_3} - I_{N2}^* Z_{N2} \\
V_{6+X2_1} &= V_4 - I_{3,X2_1}^* Z_{3,X2_1} - I_{N3}^* Z_{N3} \\
V_{6+X2_2} &= V_5 - I_{3,X2_2}^* Z_{3,X2_2} - I_{N3}^* Z_{N3} \\
V_{6+X2_3} &= V_6 - I_{3,X2_3}^* Z_{3,X2_3} - I_{N3}^* Z_{N3} \\
&\vdots \\
V_{3n+Xn_1} &= V_{3n-2} - I_{k,Xn_1}^* Z_{k,Xn_1} - I_{Nk}^* Z_{Nk} \\
V_{3n+Xn_2} &= V_{3n-1} - I_{k,Xn_2}^* Z_{k,Xn_2} - I_{Nk}^* Z_{Nk} \\
V_{3n+Xn_3} &= V_{3n} - I_{k,Xn_3}^* Z_{k,Xn_3} - I_{Nk}^* Z_{Nk}
\end{aligned}$$

donde $k=n+1$

ecuaciones (11) .

También donde, los I^* valores que se muestran en la ecuación (11) se calculan desde las ecuaciones (7) y (8) mediante el uso de la misma combinación de $X1, X2 \dots Xn$ vectores.

Cada conjunto de valores de tensión calculados mediante la aplicación de ecuaciones (9) a (11) son predicciones que el procesador 310 asocia con la permutación particular de la configuración del conmutador trifásico 100, o combinación de conmutador trifásico combinado, el cual se define por el conjunto único de representaciones vectoriales que se usó para calcular el conjunto de predicciones de tensión. Luego, la determinación de los valores de tensión en un bloque 925 está completa.

Tenga en cuenta que toda la corriente (I y I^*), la tensión (V) y las variables de impedancia (Z) detalladas en la presente descripción en las ecuaciones (2) a (11) son números complejos.

Desde las ecuaciones (2) a (4) será evidente que un bloque de proceso 920 y 925 usan la medición de las corrientes de fase del distribuidor 302 en una seleccionada de las configuraciones del conmutador trifásico 100 y del conmutador trifásico combinado 100, para informar la determinación de corrientes de carga o del generador. Luego, el procesador 310 es capaz de predecir las corrientes de fase y de neutro (I^*) mediante la aplicación de las ecuaciones de relevancia [de acuerdo con el sistema] desde (5) hasta (8) para cada posible permutación de la configuración del conmutador trifásico 100 o del conmutador trifásico combinado 100, que concluye de esta manera la determinación de los valores de corriente en un bloque 920. La determinación del análisis de la tensión en un bloque 925 incluye el método de determinación de corriente descrito para un bloque 920 y usa las predicciones de corriente de fase y de neutro, para predecir los valores de tensión de carga o del generador (V) para cada permutación posible y permisible de la configuración del conmutador trifásico 100 o del conmutador trifásico combinado 100. Estas predicciones de tensión son encontradas por el procesador 310 mediante el uso de determinados valores de corriente de fase y de neutro (I^*) junto con: las tensiones medidas entre cada fase y el conductor neutro; y las impedancias del conductor interno de fase y neutro (Z) del distribuidor 302. Los valores de corriente y los valores de impedancia se aplican luego al conjunto de ecuaciones de relevancia [de acuerdo con el sistema] desde (9) a (11) para cada posible permutación de la configuración del conmutador trifásico 100 o del conmutador trifásico combinado 100, que concluye de esta manera el proceso del bloque 925.

En una modalidad alternativa, en un bloque 935 las tensiones se igualan a valores mínimos y en un bloque 935 se encuentra el mínimo máximo.

A continuación, se realiza un proceso de igualación de valores máximos en un bloque 935. En el bloque 935, los conjuntos de predicciones de tensión asociados con cada posible permutación del conmutador trifásico 100, o la configuración del conmutador trifásico combinado, se igualan a un único valor máximo. Este único valor máximo se asocia respectivamente con el mismo conmutador trifásico 100, o la configuración del conmutador trifásico combinado 100 como las predicciones de corriente de fase que se emplearon para calcular los mismos.

Luego, en un bloque de proceso 945 se encuentra el mínimo de los valores de tensión igualado en un bloque de proceso 935 y la configuración del conmutador trifásico 100, o la configuración del conmutador trifásico combinado 100, a la cual

se asocia el valor mínimo combinado, luego se designa por el procesador 310 como la configuración deseada. Luego, el bloque 950, y si es necesario el bloque 960, se implementan como se describió anteriormente en la presente descripción.

- 5 En una modalidad alternativa, el método 900 puede invocarse en un bloque de decisión 910, si cualquier valor de tensión medido por los dispositivos de medición de tensión 506 que se muestran en los sistemas 500 a 800, está más abajo de un valor predeterminado, ejemplos de los cuales incluyen: 216 V, 222 V y 201 V. En esta modalidad alternativa, el bloque de proceso 935 iguala a valores mínimos y el bloque de proceso 945 encuentra el valor mínimo máximo. El objetivo de esta modalidad alternativa es aliviar la caída de tensión inducida por la carga en un distribuidor.
- 10 Desde la descripción anterior, será evidente que el método 900 proporciona ajuste para el desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico. El método 900 proporciona la determinación (en los bloques 920 a 935) para la corriente combinada o los valores de tensión máximo en todos los segmentos del sistema para cada permutación permisible de la configuración del conmutador trifásico. Para un sistema 300 o 500, una primera de las tres configuraciones con restricciones es la configuración 1 (1 2 3)^T, una segunda de las tres configuraciones con
- 15 restricciones es la configuración 2 (2 3 1)^T y una tercera de las tres configuraciones con restricciones es la configuración 3 (3 1 2)^T. El método 900 proporciona luego (en los bloques 940 y 945) la comparación para los valores de tensión máximo o de corriente combinados en cada una de las configuraciones permitidas para determinar cuál de las configuraciones se desea que tenga el más bajo de los valores de tensión máxima o de corriente combinada; y la configuración del conmutador trifásico en la configuración deseada.
- 20 Con referencia a la figura 10, hay un diagrama de flujo que ilustra un método 1000 el cual se emplea por el controlador 202 para controlar componentes de interconexión de terminales, de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Solo con propósitos de ilustración, se describirá ahora el método 1000, como aplicado a modalidades donde los conmutadores que se controlan y accionan selectivamente por señales de comando, comprenden los componentes de
- 25 interconexión de terminales del conmutador 100 trifásico.
- Al recibir un comando de cambio de configuración desde el procesador 310 en el bloque de proceso 960, el método 1000 del controlador 202 se activa en un bloque de decisión 1010 para proceder a un bloque de proceso 1020. En un bloque de proceso 1020, el controlador 202 envía las señales de comando de actuación a los componentes de interconexión de
- 30 terminales para que se abran. En el bloque de decisión 1030, el controlador 202 detecta mediante las líneas de retroalimentación 204 todos los acoplamientos de conductor de fase de interconexión de terminales para detectar si ellos están abiertos y si ellos lo están, procede a un bloque de proceso 1040. De cualquier otra manera, el método 1000 retorna al bloque de proceso 1020.
- 35 En un bloque de proceso 1040, el controlador 202 envía las señales de comando de actuación a los componentes de interconexión de terminales 120 que forman la nueva configuración del conmutador trifásico 100. Luego, en un bloque de decisión 1050, el controlador 202 detecta todos los acoplamientos de interconexión de terminales para establecer si la nueva configuración del conmutador trifásico 100 se implementa con éxito por los componentes de interconexión de terminales 120 y si lo ha hecho, el controlador 202 procede a un bloque de proceso 1060. De cualquier otra manera, el
- 40 controlador 202 retorna a un bloque de proceso 1040.
- En un bloque de proceso 1060, el controlador 202 envía una confirmación al procesador 310 de que el cambio en la configuración del conmutador trifásico 100 ha sido exitoso y luego retorna a un bloque de decisión 1010.
- 45 En una modalidad alternativa para los sistemas 300, 400, 500, 600, 700 y 800, el proceso de determinación en los bloques 920 y 925 se logra por la selección físicamente de cada posible configuración de permutación del conmutador trifásico 100, y la medición de los valores de la corriente y la tensión, para la corriente y análisis de la tensión. En esta modalidad para el análisis de la corriente, el procesador 310 no predice los valores de corriente aplicando cualquier ecuación, sino que usa las medidas de corriente de los dispositivos de medición de corriente 304 A1 a A3(n+1), donde n es el número
- 50 de conmutadores trifásicos 100, el procesador 310 determina la configuración deseada por: la combinación de medidas; o la comparación de al menos dos medidas desequilibradas con al menos dos valores predeterminados o intervalos de valores almacenados en una tabla de consulta que iguala los valores almacenados a configuraciones específicas de conmutador trifásico o configuraciones del conmutador trifásico combinado cuando hay más de un conmutador trifásico 100. También en esta modalidad, pero para el análisis de la tensión, el procesador 310 no predice valores de tensión aplicando cualquier ecuaciones, sino que usa las medidas de tensión de los dispositivos de medición de tensión 506 V_{L1} , V_{L2} , V_{L3} , V_1 , $V_2 \dots V_{3n}$ donde n es el número de conmutadores trifásicos 100. De cualquier otra manera, en esta modalidad, el método 900 es el mismo que el descrito anteriormente.
- 55 En la figura 11 se ilustra un diagrama de circuito esquemático del conmutador trifásico 1100, de acuerdo con otra modalidad de la presente invención. En esta modalidad, el conmutador trifásico 1100 se dispone para proporcionar únicamente las configuraciones con restricciones de las figuras 1A a 1C. El conmutador trifásico 1100 es similar al conmutador trifásico 100 de la figura 2 y, por lo tanto, solo se describirán las diferencias. En esta modalidad, los componentes de interconexión de terminales 120 se conectan en paralelo con un respectivo dispositivo semiconductor 1110 los cuales se controlan y accionan selectivamente por señales de comando generadas por el controlador 202. El
- 60 dispositivo semiconductor 1110 puede ser una combinación de dos tiristores acoplados en paralelo dispuestos para conducir en direcciones opuestas o ellos pueden ser transistores de energía.
- 65

Este conmutador trifásico 1100 puede reemplazar al conmutador trifásico 100 en cualquiera de los sistemas 300 a 800 mencionados anteriormente y puede ampliarse para incluir las configuraciones sin restricciones. En operación, por ejemplo, durante la configuración en el bloque 960, la configuración del primer conmutador trifásico 1100 en la configuración deseada, el controlador 202 genera señales de comando a través de las líneas de control 204 para que se abran los conmutadores. Una vez que los conmutadores están abiertos, fluirán más corriente mediante los dispositivos semiconductores 1110. El controlador 202 detecta a través de líneas de retroalimentación 204 el estado abierto de los conmutadores. Una vez que se detecta el estado abierto para todos los conmutadores, el controlador 202 envía además una señal a través de las líneas de control 204 para que se abra el circuito de los dispositivos semiconductores 1110 (estado de circuito abierto). A continuación, los conmutadores seleccionados 120 y los correspondientes dispositivos semiconductores 820 se cierran por el controlador 202 que genera las señales requeridas a través de las líneas de control 204.

En la figura 12A y la figura 12B hay una secuencia de diapositivas esquemáticas que ilustran los acoplamientos del componente de interconexión del terminal del dispositivo 1100 que se controlan por un controlador 202 para hacer un cambio rápido de la configuración del conmutador trifásico de la figura 1A a 1B en una red de distribución de electricidad de 50 Hz. Los componentes de interconexión de terminales que se muestran en la figura representan los seis dispositivos semiconductores 1110 que forman los tres acoplamientos de interconexión de terminales de la figura 1A y 1B. Los componentes de interconexión de terminales 120 del dispositivo 1100 están en la posición abierta en toda la secuencia para permitir un cambio trifásico rápido el cual minimiza el desacoplamiento de la carga y la generación a ambos lados del conmutador trifásico 100.

La diapositiva 1 de la figura 12A muestra las posiciones del conmutador trifásico 100 que se cambian desde y hacia en la secuencia. En el lado izquierdo de la diapositiva 2, se muestran las trazas de corriente del distribuidor de CA las cuales representan las corrientes de fase que fluyen en el conmutador trifásico 100 mostrado en el lado derecho de la diapositiva. Las corrientes de fase del distribuidor cambian constantemente en el tiempo y, en otras modalidades, algunas corrientes de fase se invierten debido a la corriente que fluye en la dirección opuesta. Esta inversión de corriente se causa por las cargas y los generadores que alternan el estado entre ser generadores netos y cargas netas para el distribuidor en el tiempo.

Las diapositivas restantes de 3 a 6 en la figura 12A y las diapositivas de 7 a 9 en la figura 12B están en orden cronológico y se describirán ahora en detalle. La diapositiva 3 muestra los terminales 106 y 114 como desacoplados, cerca o en un punto de cruce por cero el cual ocurre en $t = 13,33$ ms. El uso de un punto de cruce por cero para la apertura de un componente de interconexión del terminal 1110, minimiza las tensiones colocadas en el componente de interconexión del terminal 1110 cuando se transiciona de un estado abierto a uno cerrado. Este cambio de estado, cerca o en el punto de cruce por cero se logra por el controlador 202 que detecta el punto de cruce por cero por el procesamiento de las medidas proporcionadas por el dispositivo de medición de corriente 304. Las trazas más finas que se muestran en las diapositivas 3 a 9 representan corrientes de fase que son aproximadamente iguales a cero. En las diapositivas 4 y 5 se muestran además desconexiones para los pares de terminales de 104 a 112 y 102 a 110 respectivamente. En las diapositivas 4 a 9 se muestra un registro del tiempo de desacoplamiento de cada terminal desde el punto de desconexión. Entre $t = 20$ ms y $t = 23,33$ ms, el controlador 202 procesa automáticamente las medidas de un dispositivo de medición de corriente 304 para determinar que la corriente es aproximadamente cero durante un período de tiempo predefinido el cual es inferior a 3,33 ms. En otras modalidades, este período de tiempo puede predefinirse a cualquier valor, por ejemplo, 10 ms, 5 ms o 13 s. La determinación de corriente aproximadamente cero por el controlador 202 para un período de tiempo predefinido, le permite establecer que los acoplamientos anteriores de 106 a 114, 104 a 112 y 102 a 110 están desacoplados en $t = 23,33$ ms, lo que le permite proceder de forma segura con el cambio rápido sin que cause una condición de falla de línea a línea. La diapositiva 6 muestra $t = 23,33$ ms donde el controlador 202 ha establecido el estado abierto de los componentes de interconexión de terminales que acoplan 106 a 114, 104 a 112 y 102 a 110, y el controlador 202 envía una señal a través de las líneas de control 204 al componente de interconexión del terminal 1110 para acoplar el terminal 106 al terminal 110 en o cerca del punto de cruce por cero el cual el controlador 202 determina por el procesamiento de las medidas de tensión del dispositivo 506. Más acoplamientos usan el mismo método y se muestran en las diapositivas 7 y 8 para los pares de terminales 104 a 114 y 102 a 112 respectivamente. La diapositiva 9 muestra la configuración resultante hasta $t = 60$ ms.

Ventajosamente, la presente invención alivia el problema de los desequilibrios de corrientes de fase o altas tensiones en distribuidores que conectan cargas o generadores al sistema de energía. Esto se logra, al menos parcialmente, por el monitoreo del procesador y el procesamiento de las medidas de los amperímetros y/o voltímetros del sistema, y luego la configuración del conmutador o conmutadores trifásicos 100 en la configuración deseada determinada.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema distribuidor trifásico, que comprende:
 un distribuidor trifásico que proporciona cargas y/o generadores monofásicos y/o polifásicos con conexiones eléctricas en puntos arbitrarios a lo largo del distribuidor trifásico 302;
 circuitos de medición (304) dispuestos para medir tensión y/o corriente, asociados con cada fase del distribuidor;
 un procesador (310) dispuesto para procesar las medidas proporcionadas por los circuitos de medición (304); y
 un conmutador trifásico (100) dispuesto entre los extremos del distribuidor trifásico que segmenta el distribuidor trifásico en un primer segmento (320), conectado con una carga o generador (350), y un segundo segmento (330), conectado con una respectiva carga o generador (350), en donde el conmutador trifásico (100) se dispone para conectar el primer segmento (320) y el segundo segmento (330) en serie, el conmutador trifásico (100) que comprende:
 tres terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320);
 tres terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330); y
 una pluralidad de componentes de interconexión de terminales (120) dispuestos para configurarse selectivamente en al menos tres configuraciones,
 en donde en una primera de las tres configuraciones un primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), un segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y un tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
 y en una segunda de las tres configuraciones el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), el segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
 y en una tercera de las tres configuraciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), el segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y al tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
 se segmenta de esta manera el distribuidor trifásico en el primer segmento (320) acoplado a los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) y el segundo segmento (330) acoplado a los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
 en donde el circuito de medición (304) comprende un circuito de medición (304) del primer segmento (320) dispuesto para medir uno o más de tensión, corriente de cada fase del primer segmento (320) y corriente neutra.
2. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el circuito de medición (304) comprende un circuito de medición (304) del segundo segmento (330) dispuesto para medir uno o ambos de tensión y corriente de cada fase del segundo segmento (330) adyacente a los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) del conmutador trifásico (100) o a los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) del conmutador trifásico (100).
3. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en donde una o más de:
 las medidas proporcionadas por el circuito de medición (304) del primer o segundo segmento (330) se combinan por el procesador (310) como medidas combinadas y se comparan con otras medidas combinadas, medidas en diferentes configuraciones del conmutador trifásico (100) o configuraciones del conmutador trifásico combinado (100), para determinar cuál de las configuraciones del conmutador trifásico (100) o las configuraciones del conmutador trifásico combinado (100), es una configuración deseada la cual tiene el valor más bajo de los valores máximos de tensión o valores de corriente combinada o corriente neutra; o el más alto de los valores mínimos de tensión; y
 las medidas desequilibradas proporcionadas por el circuito de medición (304) del primer o segundo segmento (330) se comparan por el procesador (310) con uno o más valores almacenados, para determinar cuál de las configuraciones del conmutador trifásico (100) o de las configuraciones del conmutador trifásico combinado (100), es la configuración deseada; y
 los valores de corriente neutra medidos por circuitos de medición (304) en el primer o segundo segmento (330) se comparan con otros valores de corriente neutra medidos en diferentes configuraciones del conmutador trifásico (100) o configuraciones del conmutador trifásico combinado (100), para determinar cuál de las configuraciones del conmutador trifásico o de las configuraciones del conmutador trifásico combinado (100) es la configuración deseada.
4. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en donde uno o ambos de:
 los componentes de interconexión de terminales (120) comprenden uno o más conmutadores, disyuntores electromecánicos, tiristores, transistores o dispositivos electrónicos de energía; y
 al menos algunos de los componentes de interconexión de terminales (120) comprenden conmutadores mecánicos, cada uno en paralelo con un dispositivo semiconductor respectivo.

5. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, en donde:
el procesador (310) se dispone para comunicarse con un controlador (202); y
el controlador se acopla a los componentes de interconexión de terminales (120) y se dispone para controlar selectivamente los componentes de interconexión de terminales (120) en al menos tres configuraciones.
6. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 4 o 5, en donde el controlador se dispone para controlar selectivamente los componentes de interconexión de terminales (120) por:
enviar señales de comando de actuación a los componentes de interconexión de terminales (120) para que se abran;
el procesamiento de las señales indicativas del estado de los componentes de interconexión de terminales (120) abiertos y cerrados, para determinar que los componentes de interconexión de terminales (120) están abiertos; y
enviar, cuando se determina que los componentes de interconexión de terminales (120) están abiertos, una señal de comando de actuación a los componentes de interconexión de terminales (120) para que se cierren, para proporcionar una de las al menos tres configuraciones.
7. El sistema distribuidor trifásico, como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, dispuesto para configurarse selectivamente en tres configuraciones sin restricciones, que permite de esta manera la conmutación de rotaciones de fase,
en donde, en una primera de las configuraciones sin restricciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330). El segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
y en una segunda de las configuraciones sin restricciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330). El segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330),
y en una tercera de las configuraciones sin restricciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (102, 104, 106) del segundo segmento (330), el segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330).
8. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en cualquier reivindicación anterior, que comprende un segundo conmutador trifásico (100) dispuesto entre los extremos del segundo segmento (330), que segmenta de esta manera el segundo segmento (330) en un segundo segmento (430) y un tercer segmento (435), conectado con una carga o generador (350) respectivo, en donde el segundo conmutador trifásico (100) conecta el segundo segmento (430) y el tercer segmento (435) en serie.
9. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 5 o cualquier reivindicación dependiente en la misma, en donde:
el controlador se dispone para no cambiar una configuración de los componentes de interconexión de terminales (120) cuando una medición de al menos el primer o segundo circuito de medición de segmento (304, 506) está más abajo de un valor predeterminado.
10. El sistema distribuidor trifásico como se reivindicó en la reivindicación 4 o 5 o cualquier reivindicación dependiente de la misma, en donde el controlador se dispone para minimizar el desacoplamiento de carga y la generación a ambos lados del conmutador trifásico (100) por comenzar a controlar selectivamente los componentes de interconexión de terminales (120) para cambiar de la configuración seleccionada de las al menos tres configuraciones a una diferente de las tres configuraciones menos por:
enviar una señal de comando de actuación a un componente de interconexión del terminal cerrado para que se abra;
el procesamiento de una señal indicativa del estado del componente de interconexión del terminal para determinar que el componente de interconexión del terminal está abierto, que establece de esta manera, que un terminal se desacopla con éxito de la red de distribución; y
enviar, cuando se establezca que un terminal se desacopla de la red de distribución, una señal de comando de actuación a otro componente de interconexión del terminal para cerrar con el fin de acoplar dicho terminal desacoplado a la red de distribución y proporcionar un primero de tres acoplamientos de la configuración diferente de las al menos tres configuraciones.
11. Un método de ajuste del desequilibrio de la corriente o de las tensiones de fase a neutro en un sistema distribuidor trifásico que comprende, un distribuidor trifásico que proporciona cargas monofásicas y/o polifásicas y/o generadores con conexiones eléctricas en puntos arbitrarios a lo largo del distribuidor trifásico (302) y en al menos un conmutador trifásico (100) que segmenta el distribuidor trifásico en un primer segmento (320) y un segundo

segmento (330) que tiene terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) y terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), el al menos un conmutador trifásico (100) que incluye, un primer conmutador trifásico (100) dispuesto entre los extremos del distribuidor trifásico, que segmenta de esta manera, el distribuidor trifásico en un primer segmento (320), conectado con una carga o generador (350), adjunto a los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) y un segundo segmento (330), conectado con una respectiva carga o generador (350), adjunto a los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), en donde el primer conmutador trifásico (100) conecta el primer segmento (320) y el segundo segmento (330) en serie, el método que comprende: determinar la tensión máxima o tensión mínima o valores de corriente combinados o corriente neutra en al menos un segmento para cada permutación permisible de la configuración del conmutador trifásico (100), en donde en una primera de las tres configuraciones, un primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), un segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y un tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla a un tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), y en una segunda de las configuraciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), el segundo de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), y en una tercera de las configuraciones, el primero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al tercero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330), el segundo uno de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al primero de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y el tercero de los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) se acopla al segundo de los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330); comparar los valores de corriente combinada, corriente neutra, tensión máxima o tensión mínima en al menos un segmento del sistema en cada una de las configuraciones permitidas para determinar cuál de las configuraciones es una configuración deseada la cual tiene el más bajo de los valores de tensión máxima o valores de corriente combinada o corriente neutra; o el más alto de los valores mínimos de tensión; y la configuración del conmutador trifásico (100) en la configuración deseada.

12. El método como se reivindicó en la reivindicación 11, en donde la determinación se caracteriza por uno o ambos de:
medir los valores de tensión y/o corriente para cada fase cuando el conmutador trifásico (100) está en una de las configuraciones seleccionadas; y
calcular la corriente o los valores de tensión de fase a neutro para cada fase para las configuraciones no seleccionadas mediante el uso de los resultados de la medición; o
en donde la determinación se caracteriza por:
medir los valores de corriente o tensión de fase a neutro para cada fase cuando el conmutador trifásico (100) está en una de las configuraciones seleccionadas;
cambiar a cada una de las otras configuraciones; y
medir los valores de tensión y/o corriente para cada fase, para cada una de las otras configuraciones;
opcionalmente la medición se caracteriza por medir al menos un valor de corriente en el conductor neutro.
13. El método como se reivindicó en la reivindicación 11 o 12, en donde el al menos un conmutador trifásico (100) incluye un segundo conmutador trifásico (100) dispuesto entre los extremos del segundo segmento (330), que segmenta de esta manera el segundo segmento (330) en un segundo segmento (430) y un tercer segmento (435), conectados con una respectiva carga o generador (350), en donde el segundo conmutador trifásico (100) conecta el segundo segmento (430) y el tercer segmento (435) en serie, en donde la determinación comprende la determinación de los valores de corriente combinada o corriente neutra en al menos un segmento, valores de tensión máxima o valores de tensión mínima para todas las permutaciones del primer conmutador trifásico (100) combinado con las configuraciones del segundo conmutador trifásico (100).
14. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 11 a la 13, en donde uno de:
el método se invoca a momentos fijos cada día;
el método se invoca a intervalos de tiempo predeterminados; o
el método se invoca debido a una medición de tensión que excede un valor predeterminado.
15. El método como se reivindicó en cualquiera de las reivindicaciones 11 a la 14, en donde antes de la configuración, el método incluye una etapa de apertura de todos los acoplamientos entre los terminales (102, 104, 106) del primer segmento (320) y los terminales (110, 112, 114) del segundo segmento (330) y luego se realiza el proceso de configuración; opcionalmente el conmutador trifásico (100) comprende conmutadores cada uno en paralelo con un respectivo dispositivo semiconductor, y en donde la etapa de apertura comprende:
abrir los conmutadores;
detectar que los conmutadores están abiertos; y
controlar los dispositivos semiconductores a un estado de circuito abierto.

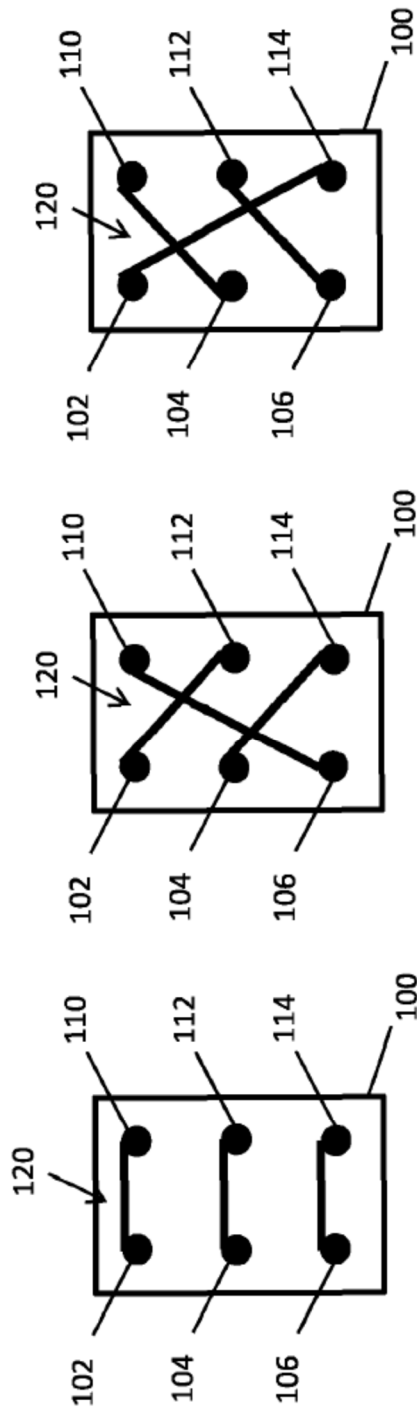


Figure 1A

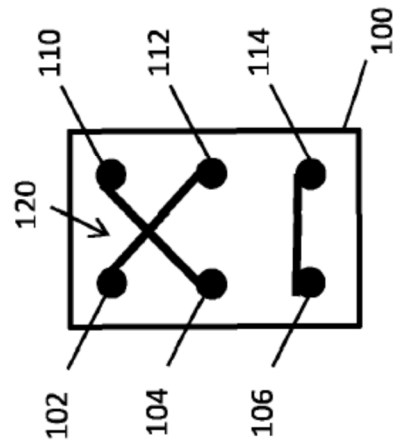


Figure 1D

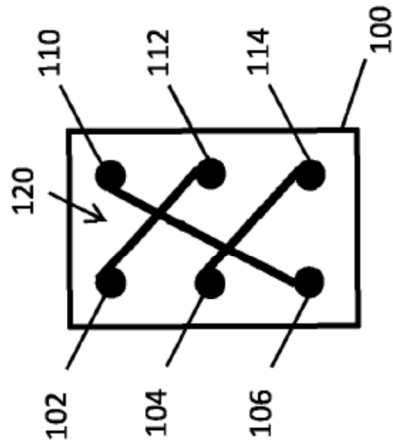


Figure 1B

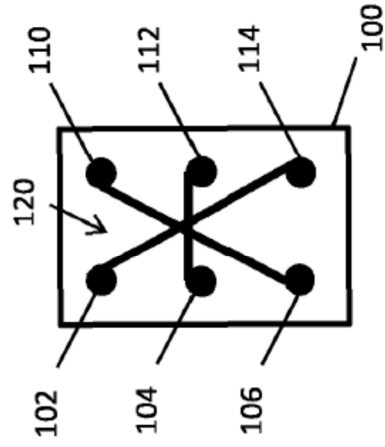


Figure 1E

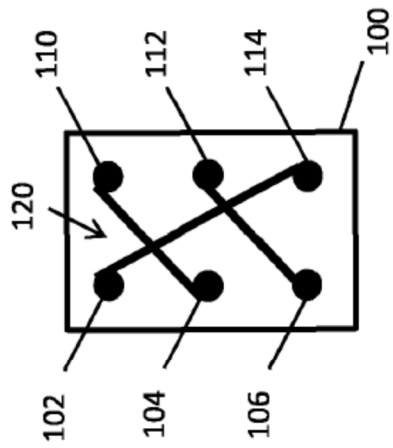


Figure 1C

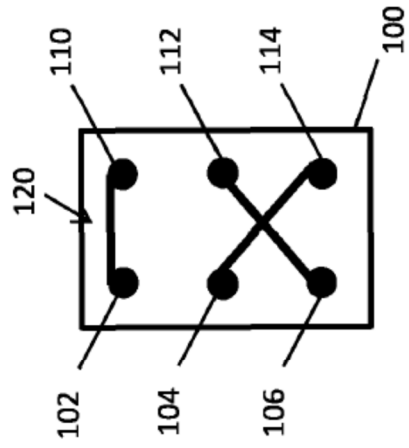


Figure 1F

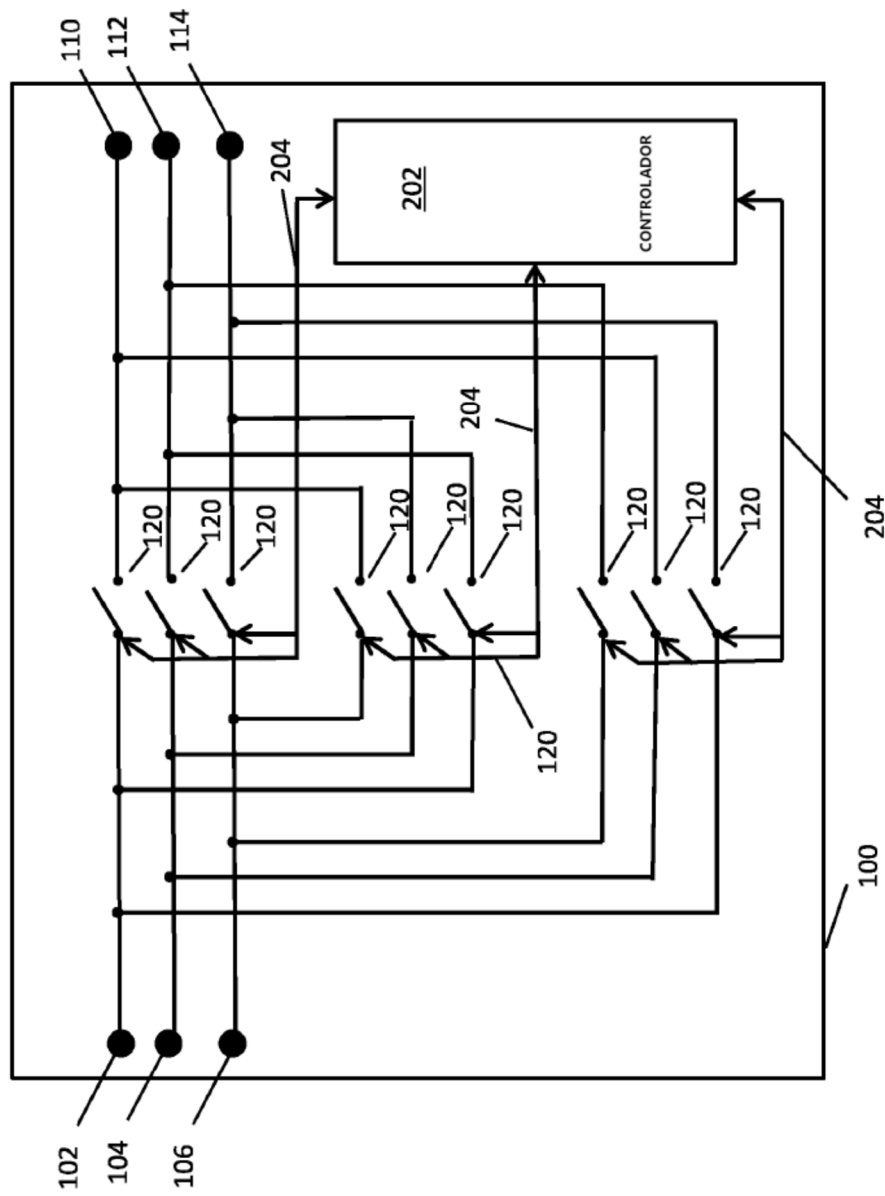


Figura 2

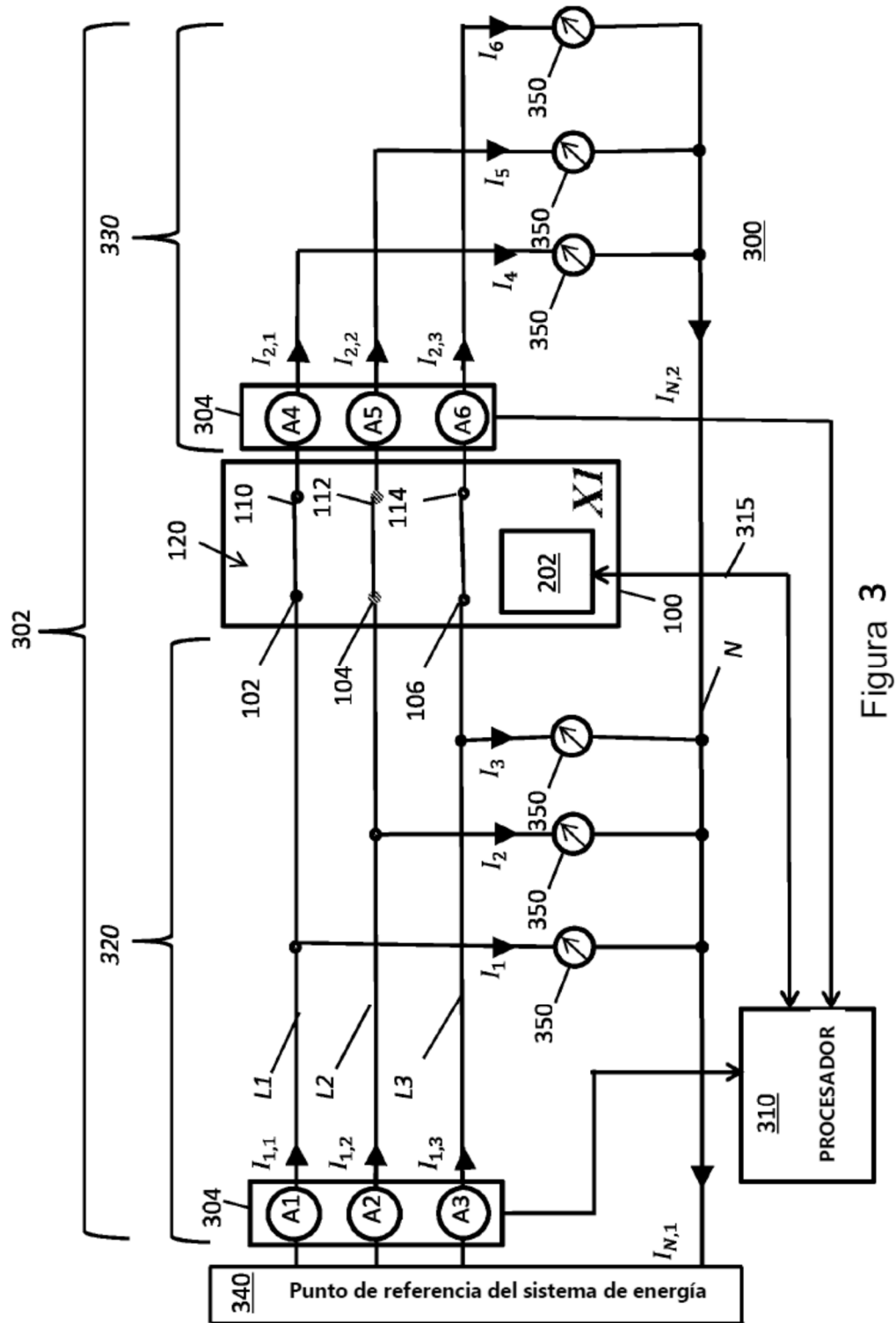


Figura 3

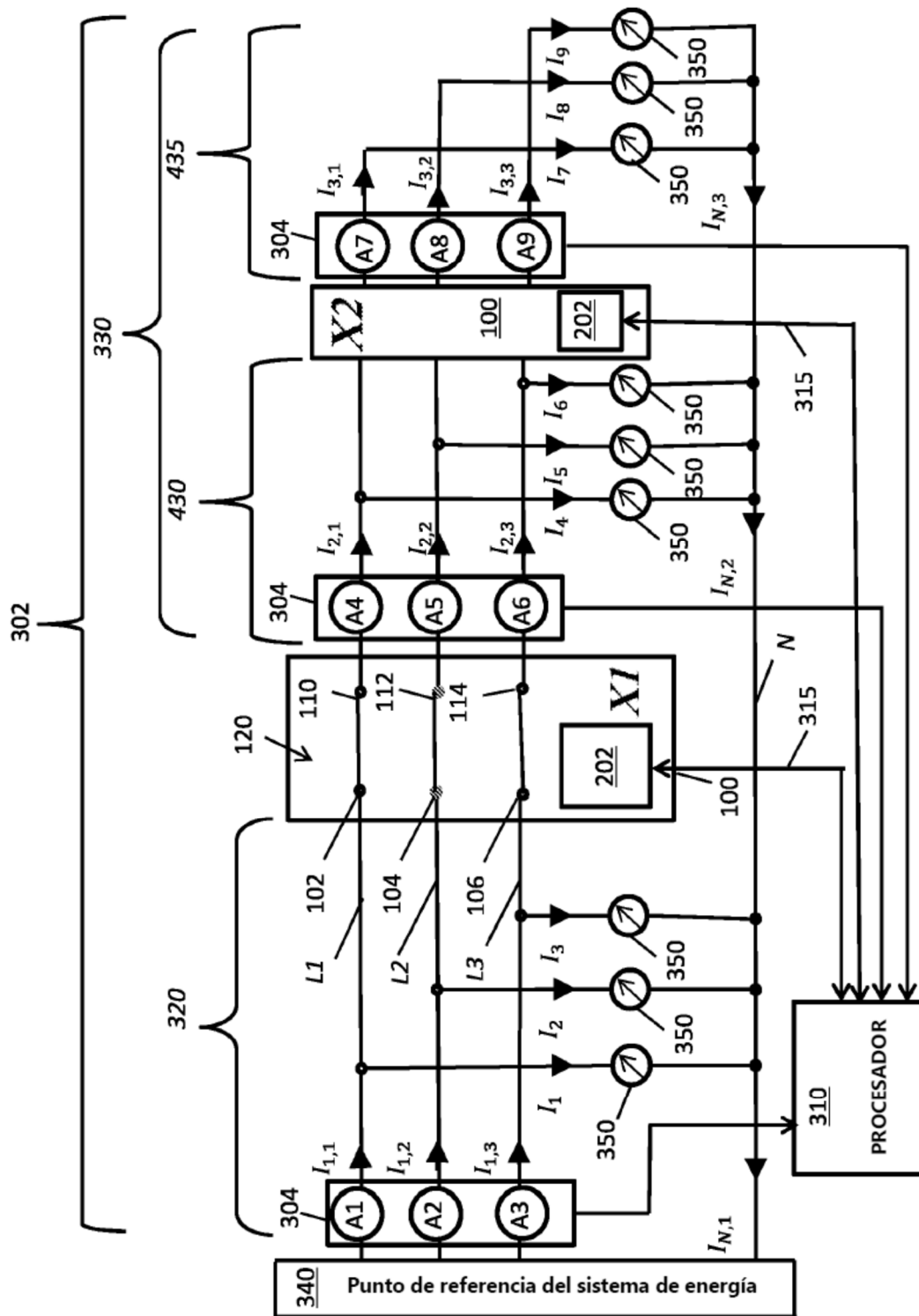


Figura 4

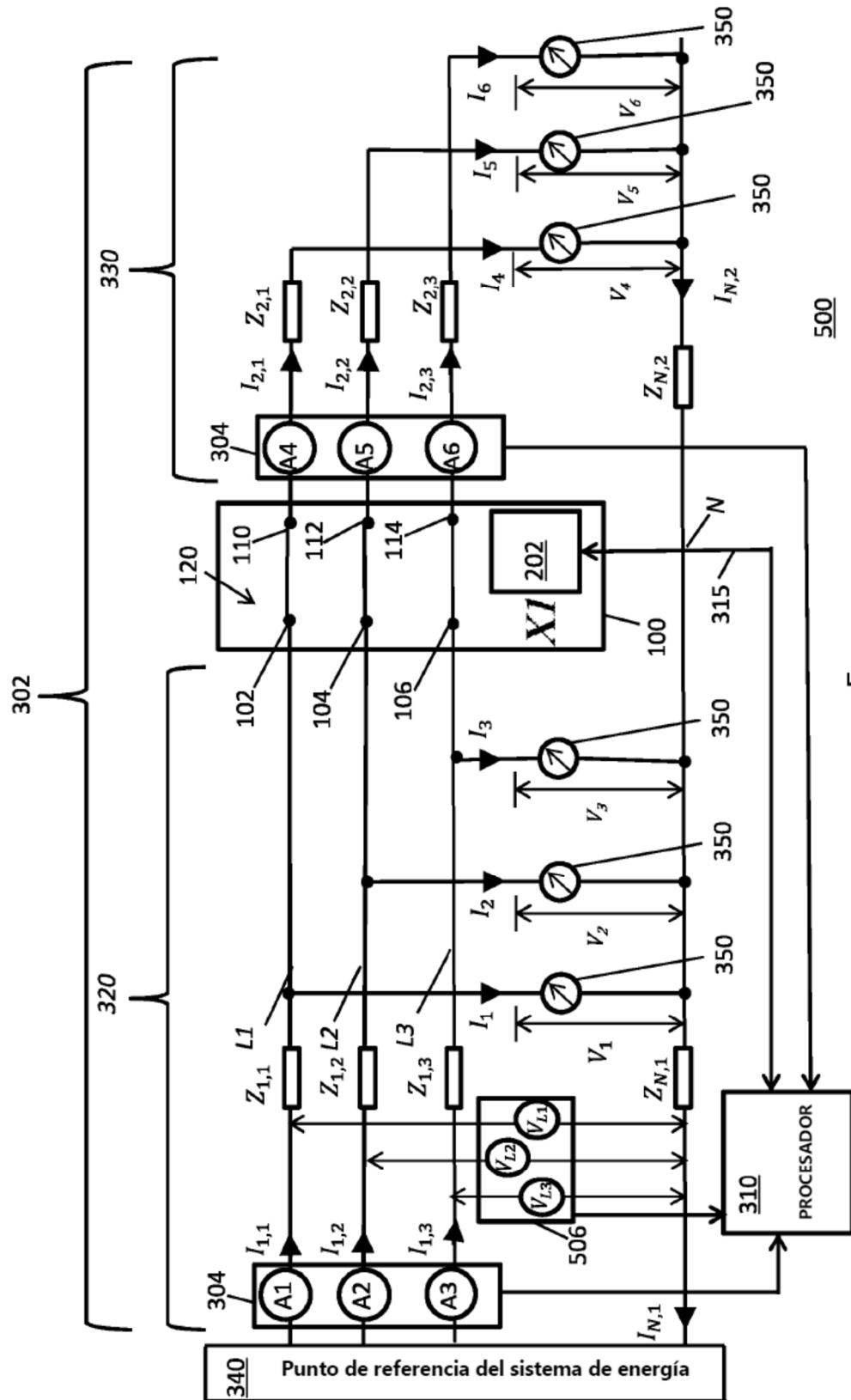
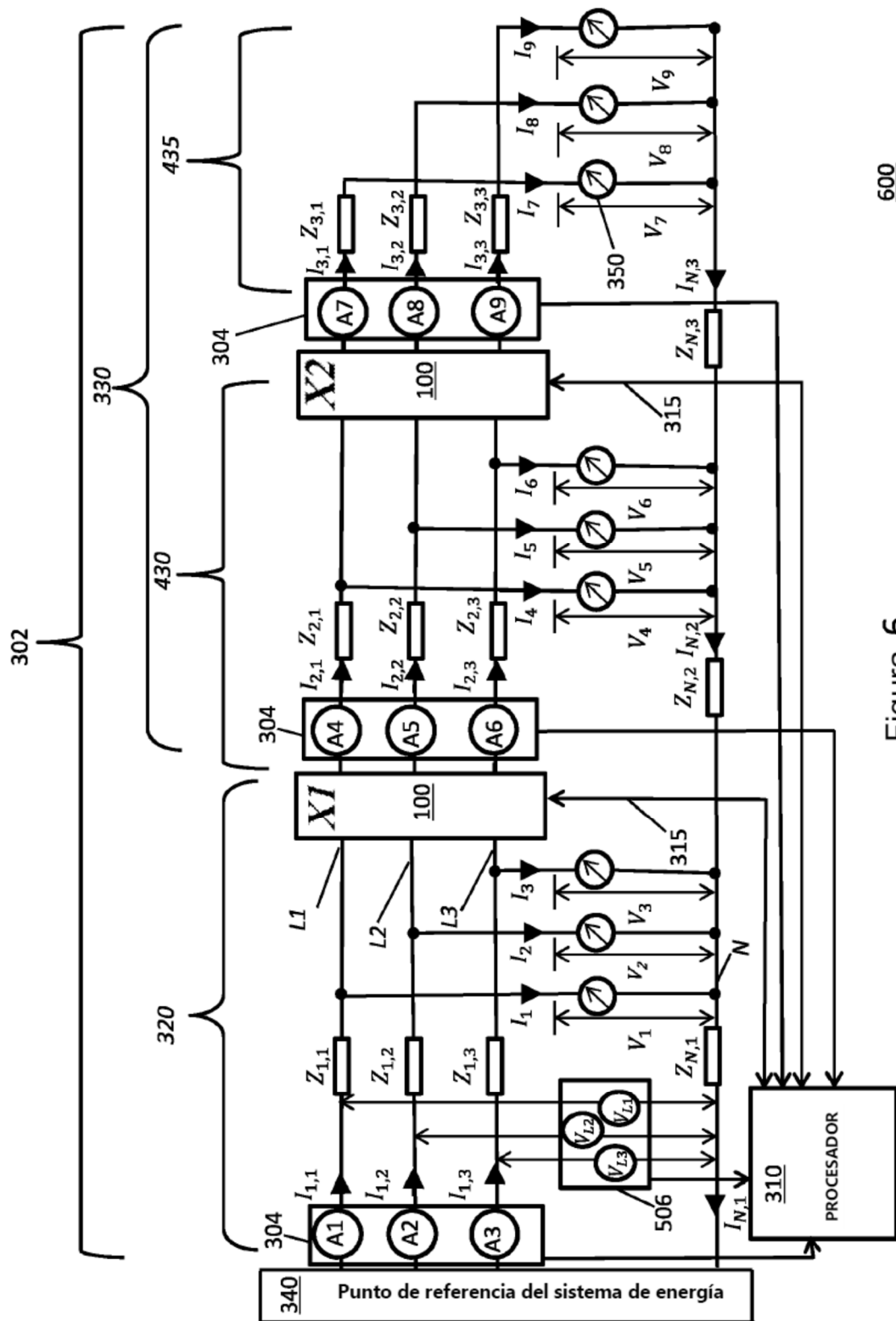


Figura 5



600

Figura 6

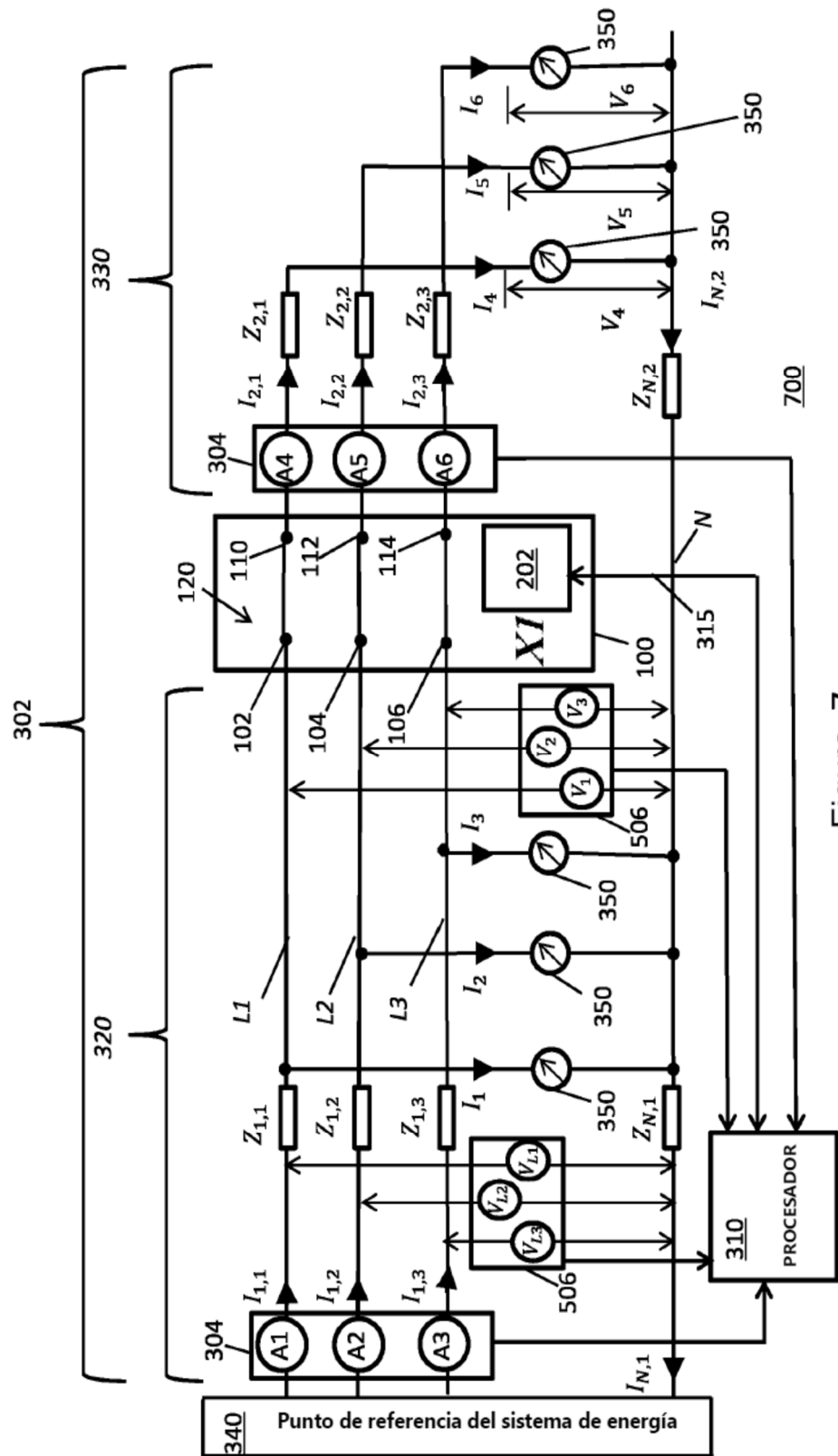


Figura 7

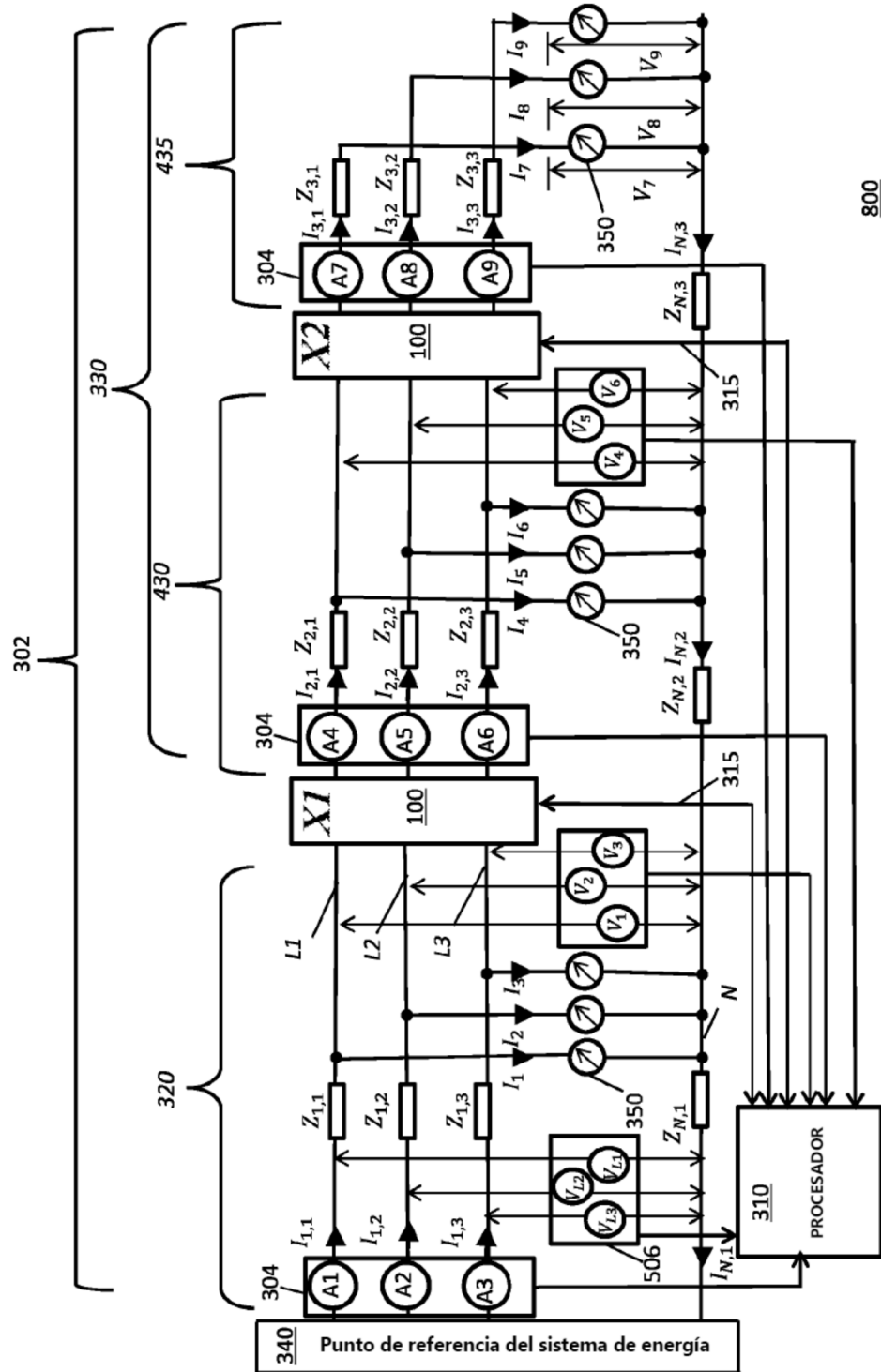


Figura 8

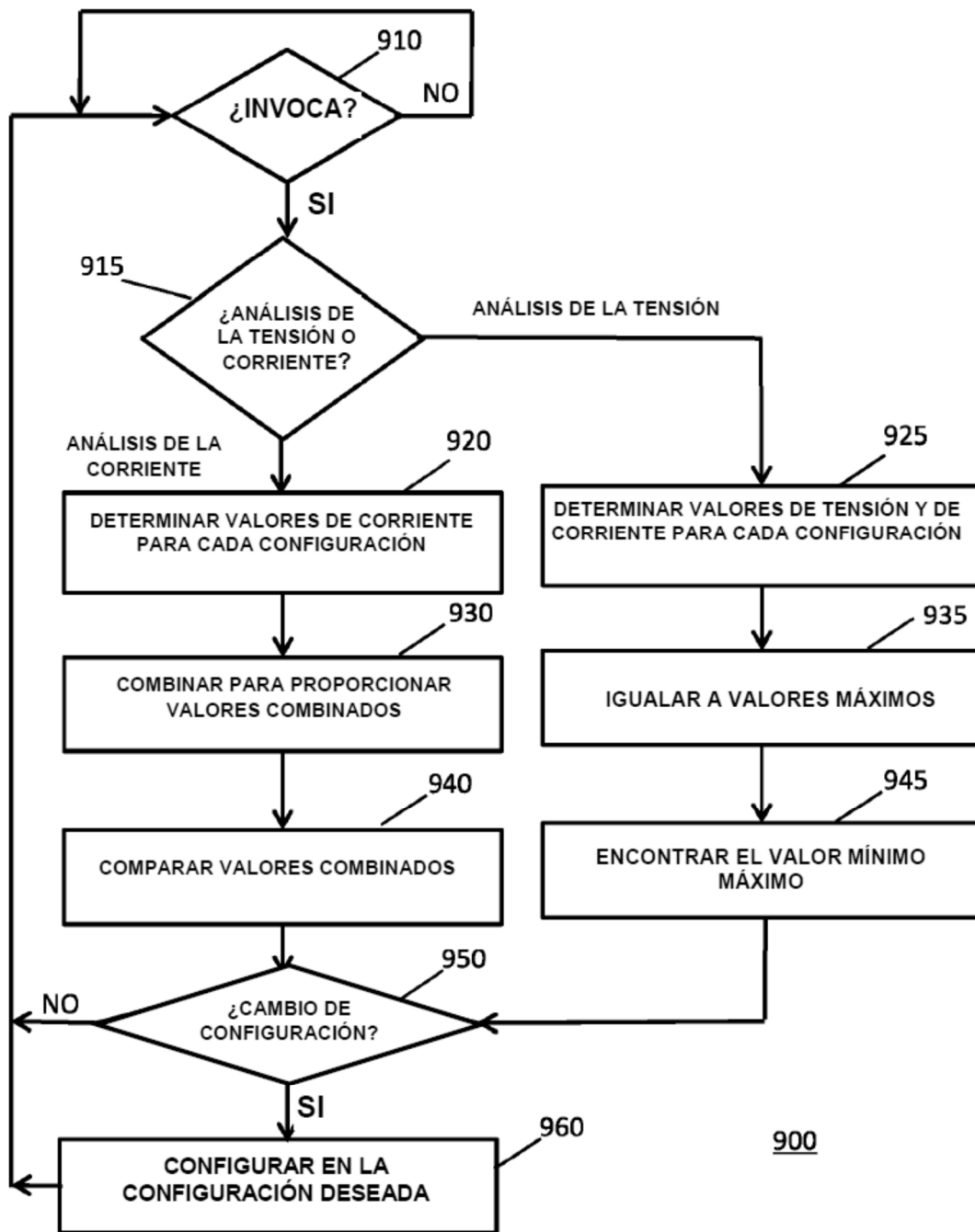


Figura 9

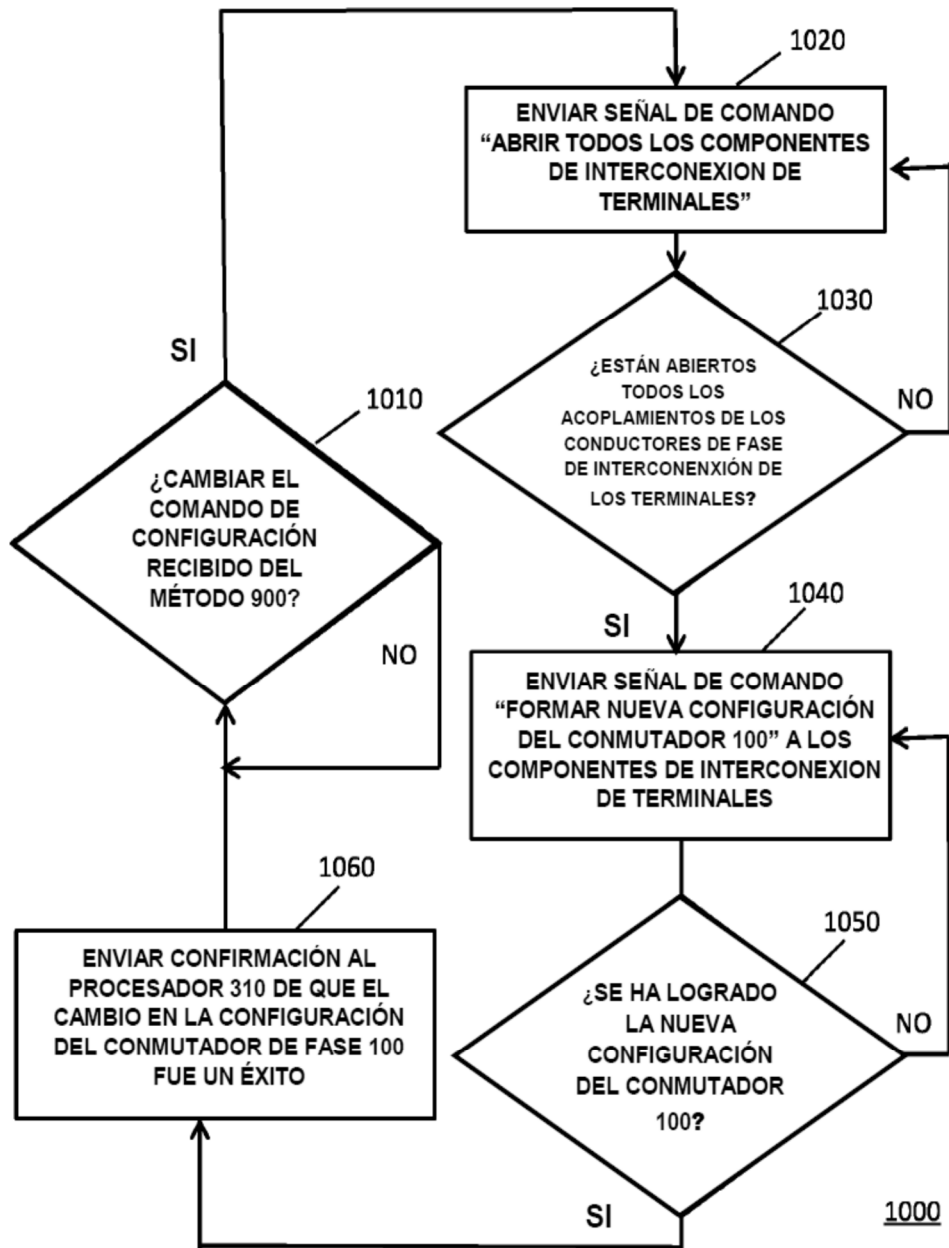


Figura 10

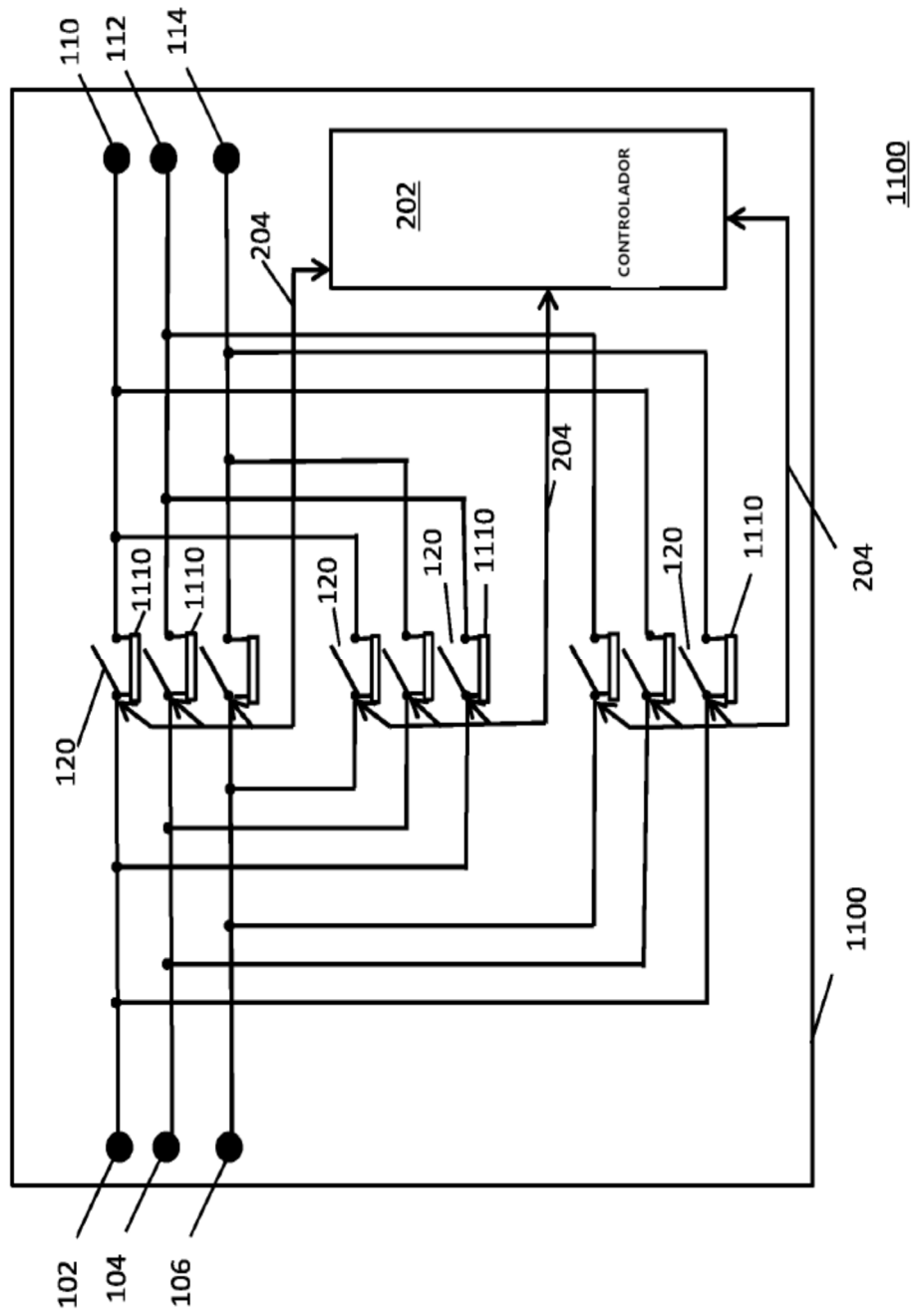


Figura 11

1. Cambio de Fase de un Conmutador Trifásico 100

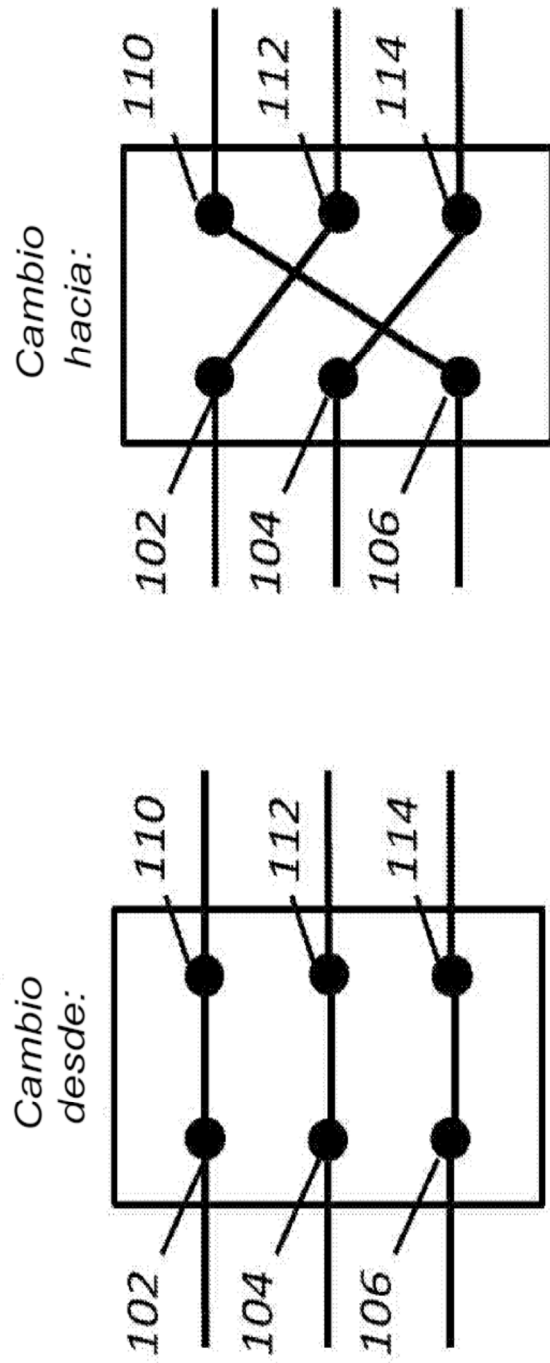


Figura 12A

1200

2. Distribuidor de Corrientes en un Conmutador Trifásico

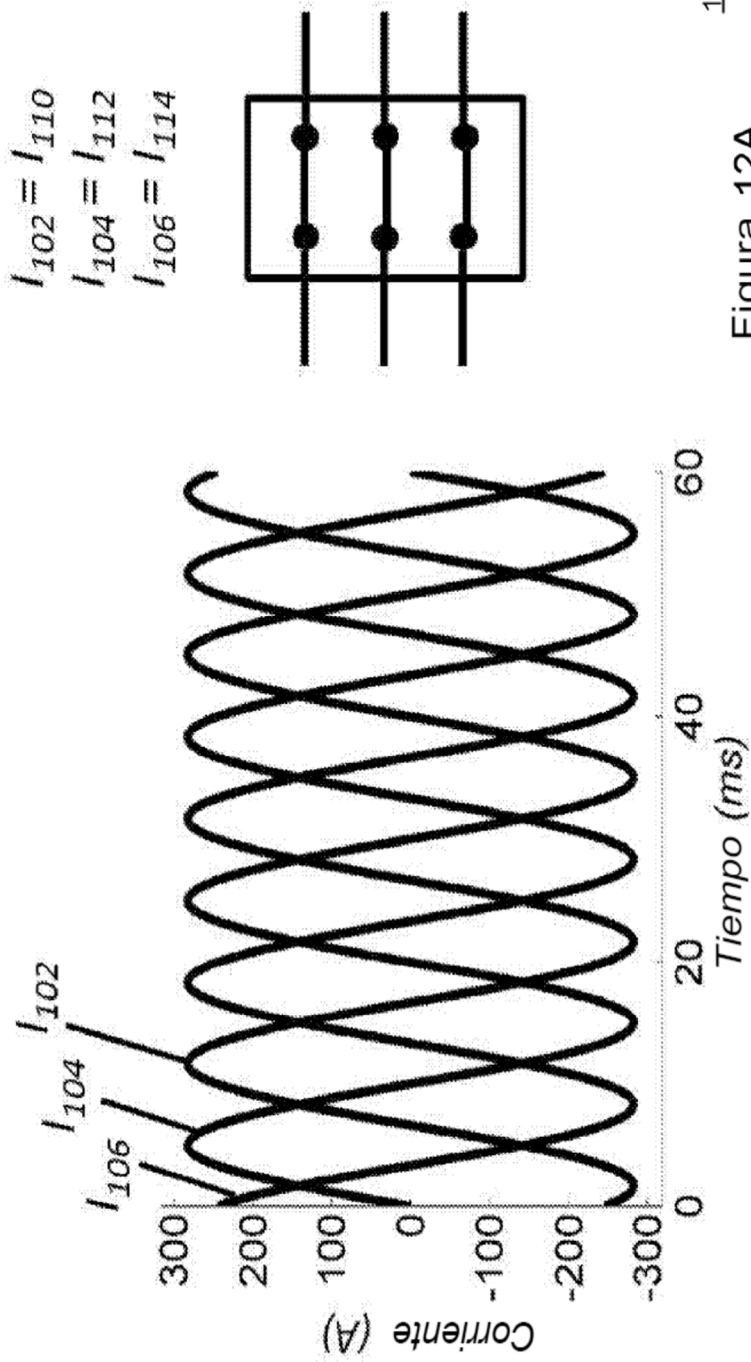


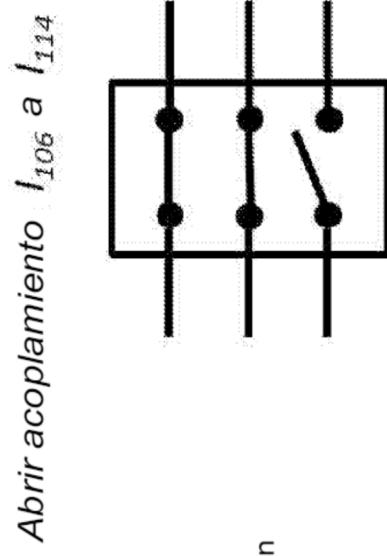
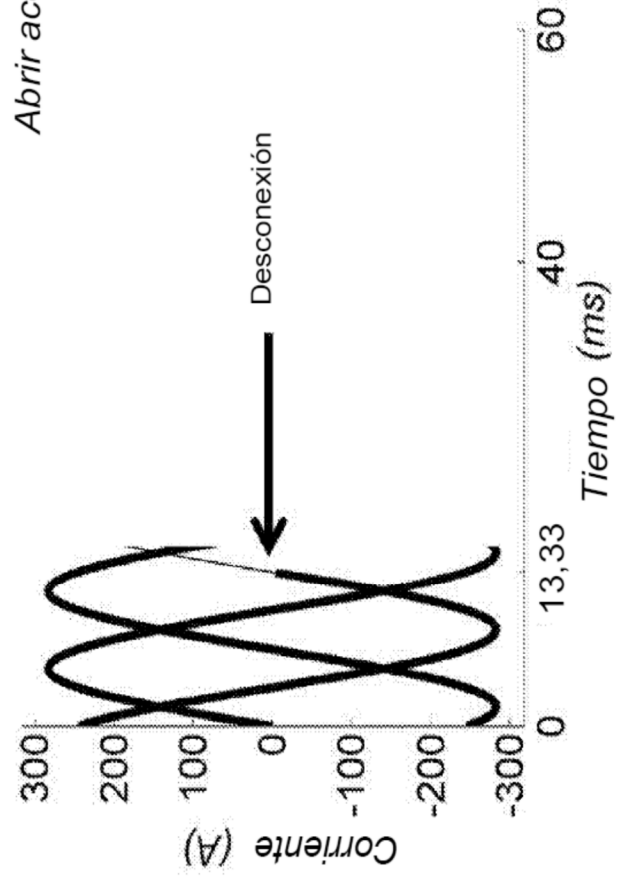
Figura 12A

1200

3.

Comienza el cambio

$t=13,33\text{ ms}$



1200

Figura 12A

4. Durante el cambio $t=16,66\text{ ms}$

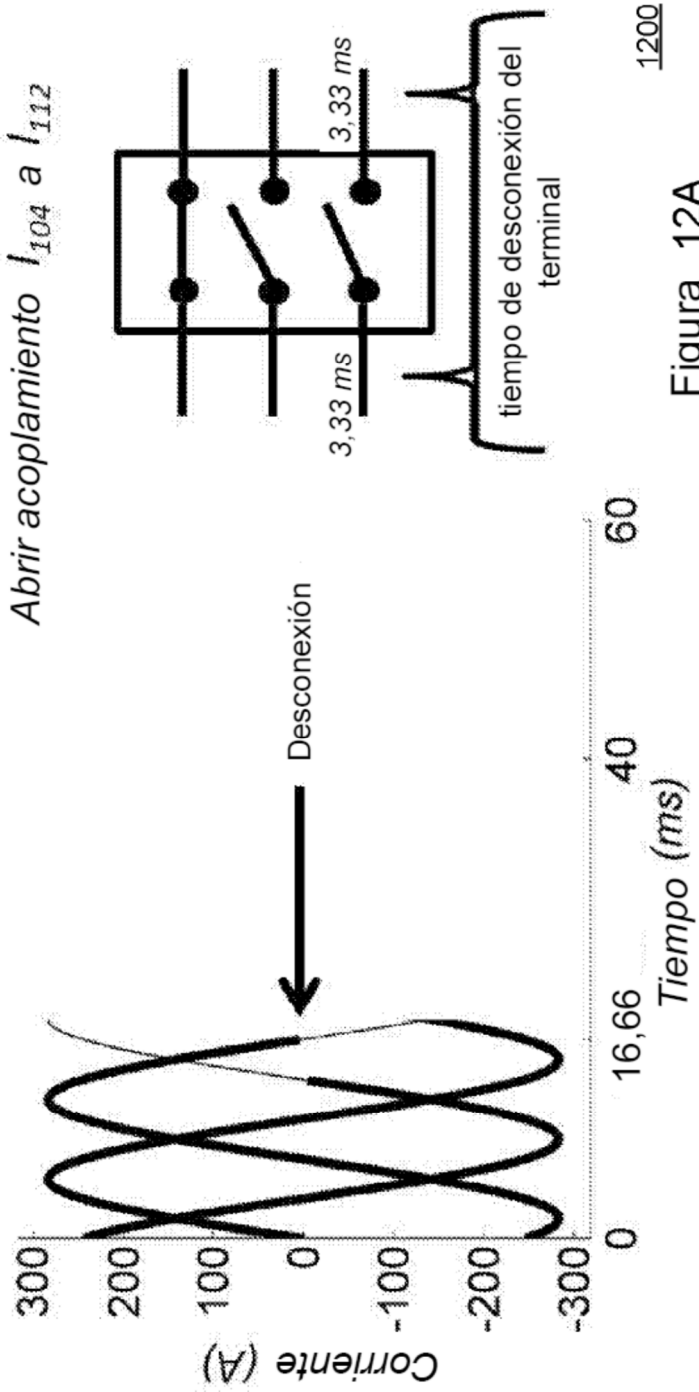


Figura 12A

5. Durante el cambio $t=20\text{ ms}$

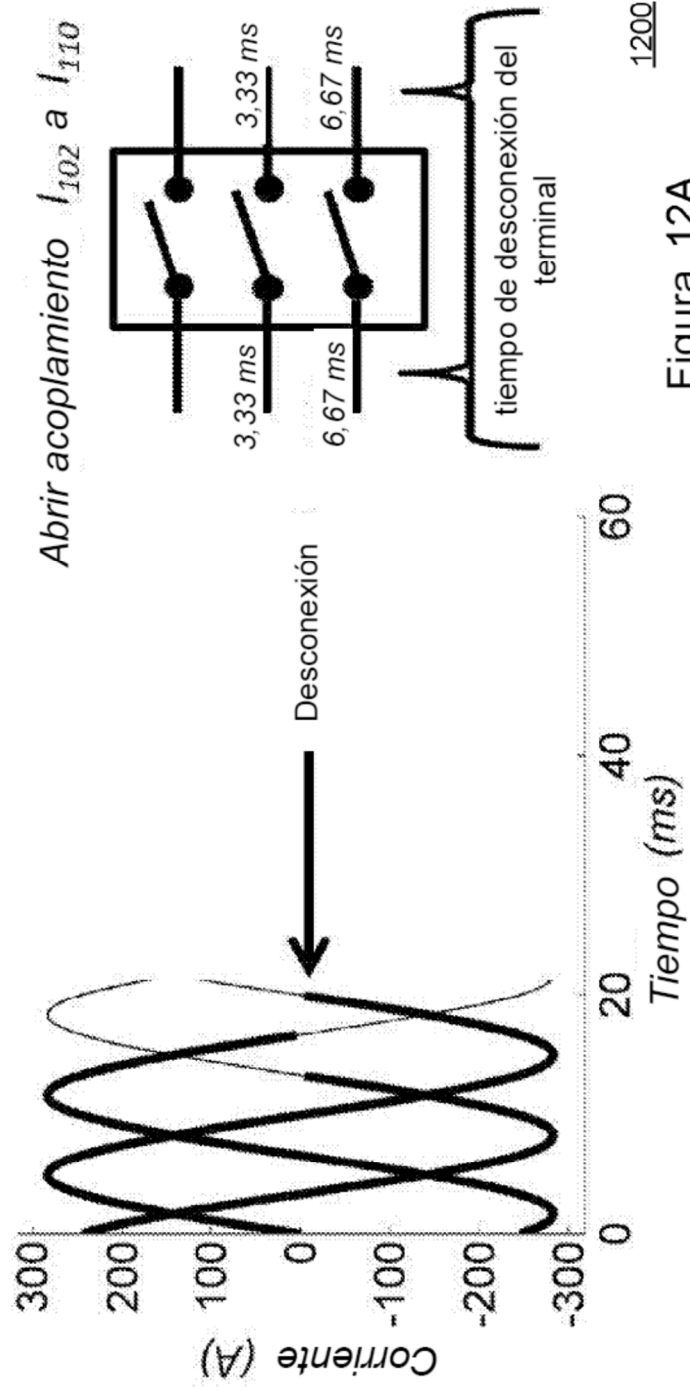


Figura 12A

6.

Durante el cambio

$t=23,33\text{ ms}$

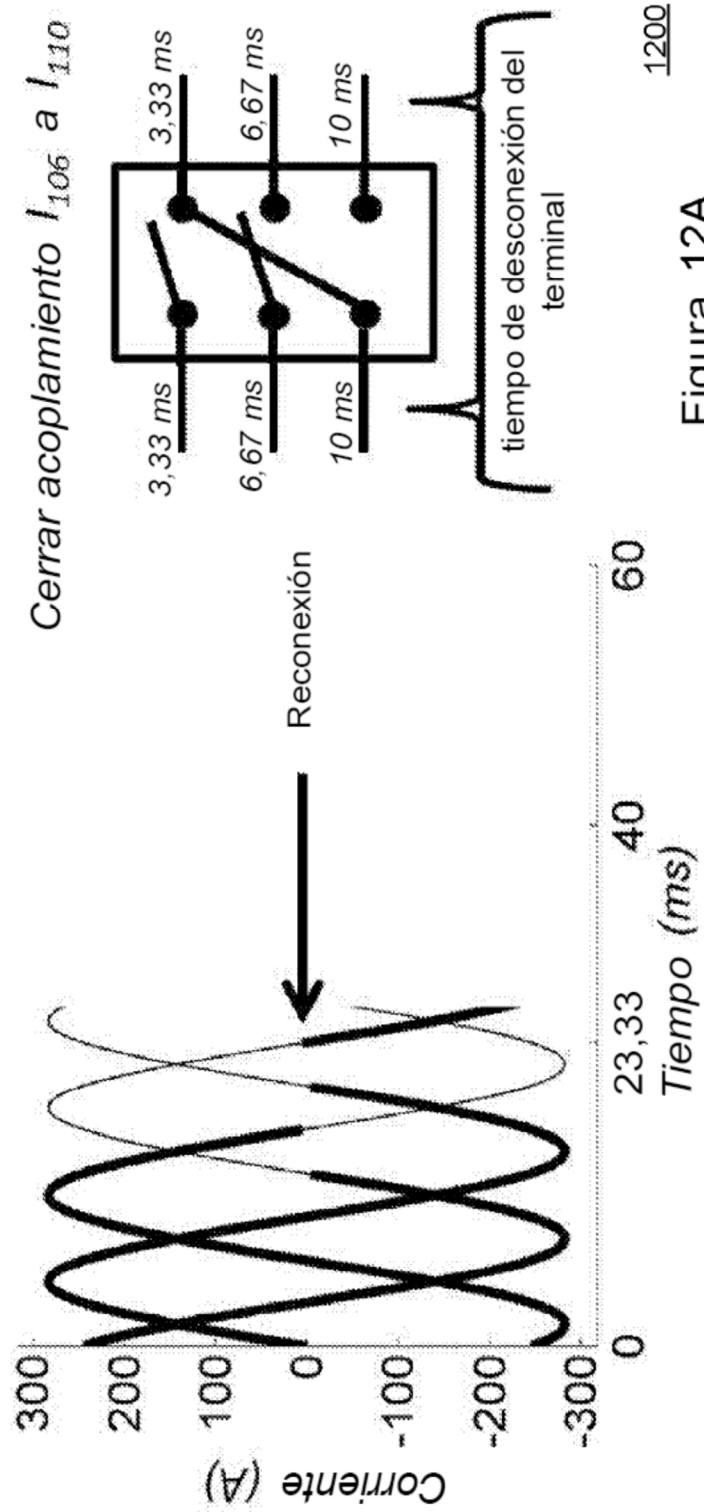


Figura 12A

1200

7. *Durante el cambio* $t=26,66\text{ ms}$

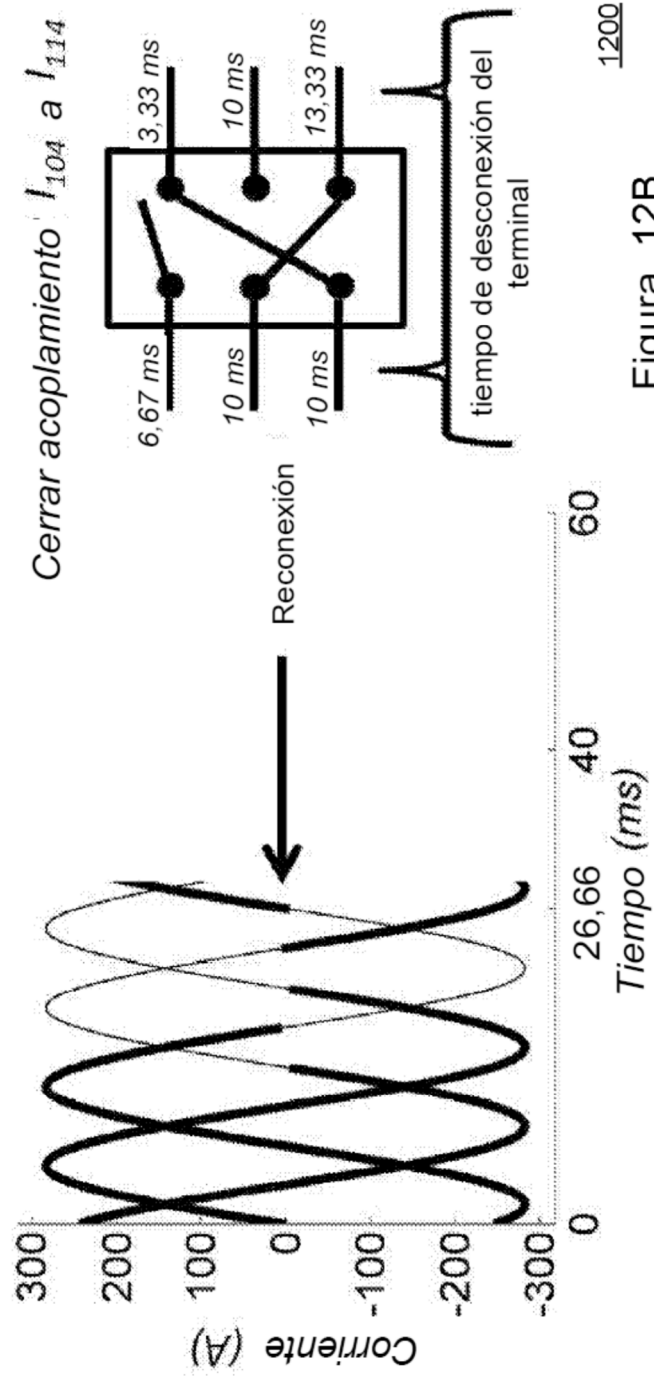


Figura 12B

8. *Durante el cambio* $t=30\text{ ms}$

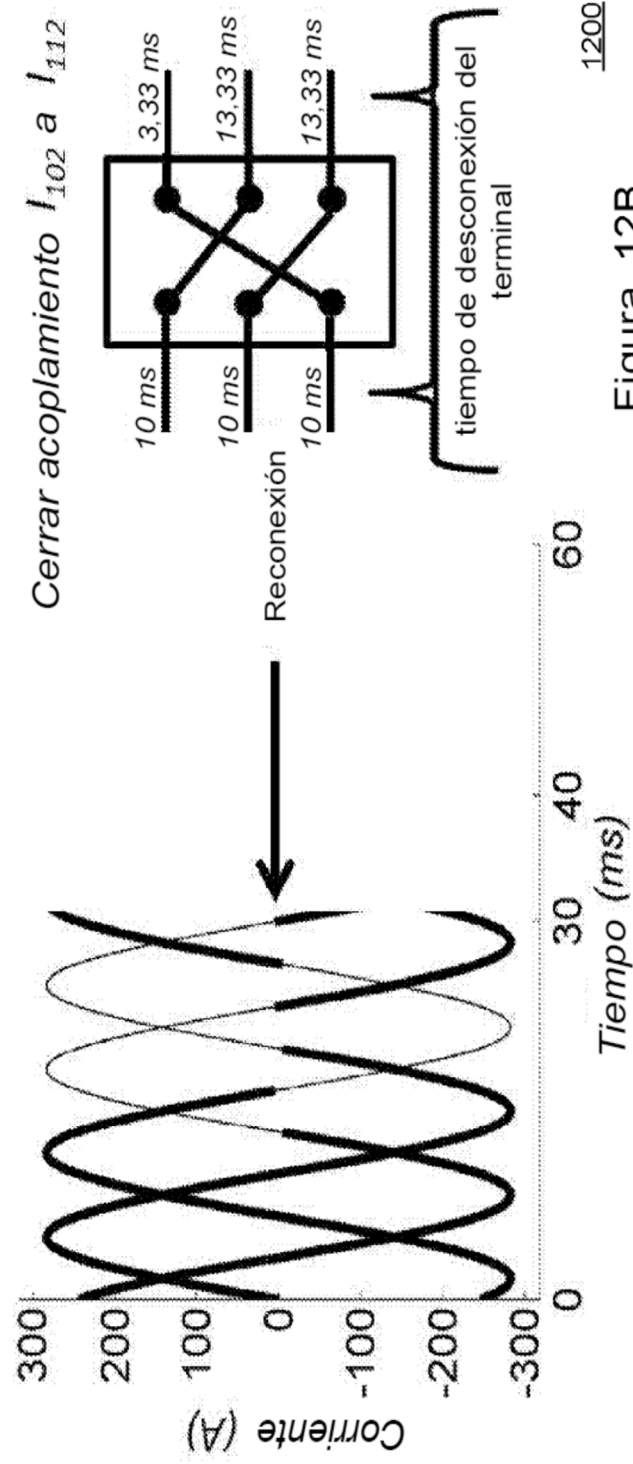
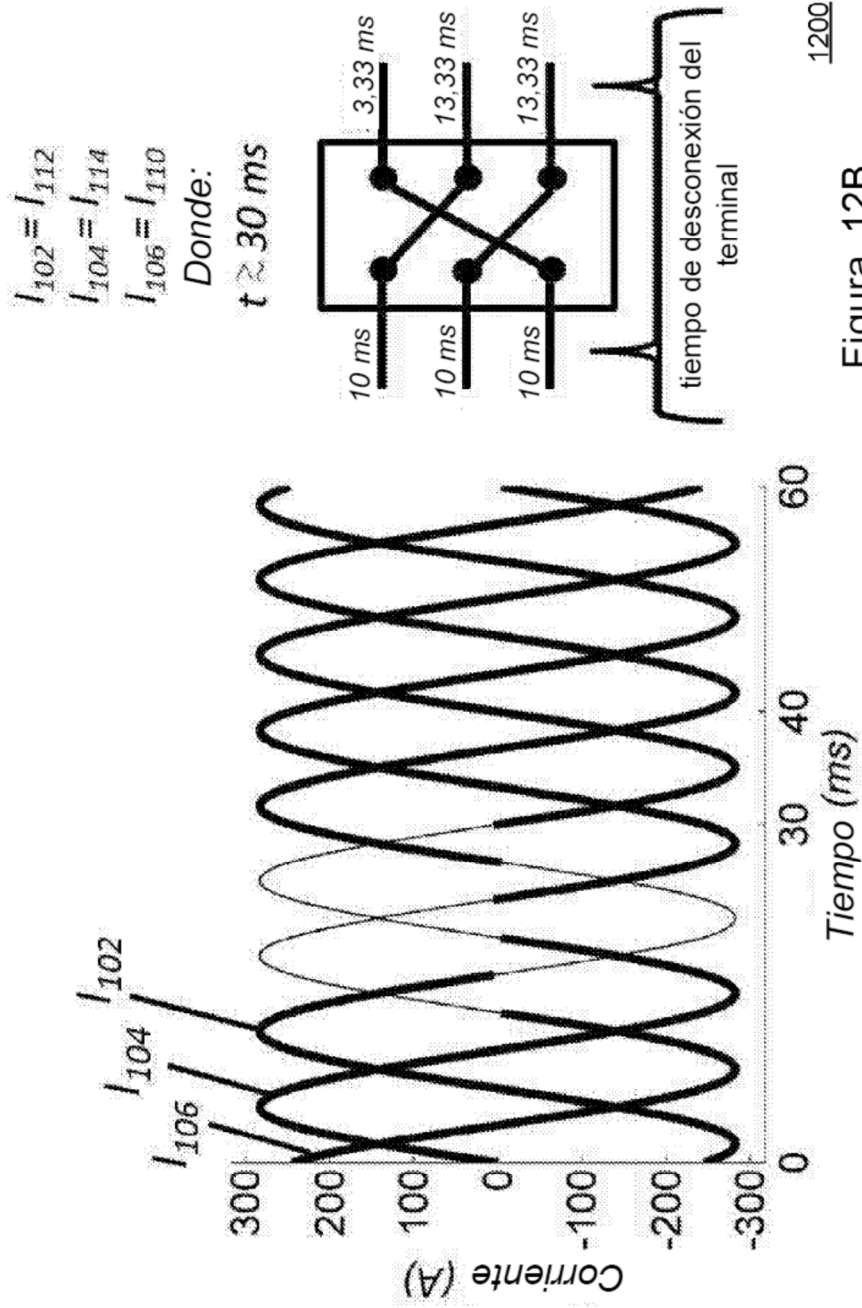


Figura 12B

1200

9. Cambio completo



1200

Figura 12B