

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 494 565**

21 Número de solicitud: 201290010

51 Int. Cl.:

H02H 7/16

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

07.09.2010

30 Prioridad:

08.09.2009 US 12/555,189

43 Fecha de publicación de la solicitud:

15.09.2014

71 Solicitantes:

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES,
INC. (100.0%)
2350 NE Hopkins Court
99163 Pullman US**

72 Inventor/es:

**SAMINENI, Satish y
LABUSCHAGNE, Casper A.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Aparato y procedimiento para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación**

57 Resumen:

Aparato y procedimiento para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación.

Se divulga un aparato y un procedimiento para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación. El aparato incluye un circuito de muestreo para el muestreo de señales de corriente o tensión asociadas con el banco de condensadores en derivación. Un microcontrolador está acoplado al circuito de muestreo y programado para medir un ángulo de fase de punto neutro compensado de la señal muestreada, y comparar el ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo. El procedimiento incluye el muestreo de una señal de corriente o tensión asociada con el banco de condensadores en derivación, la determinación de un ángulo de fase de punto neutro compensado, y la comparación del ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo.

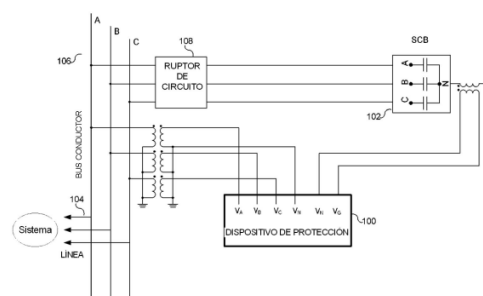


FIGURA 1

DESCRIPCIÓN

Aparato y procedimiento para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación

5 Antecedentes de la Invención

La presente invención se refiere, en general, a la protección de un sistema de energía eléctrica y, más concretamente, a un aparato y a un procedimiento para la identificación de una fase fallida en un banco de condensadores en derivación. La invención también se refiere a un aparato y a un procedimiento para la identificación de la posición del fallo (por ejemplo, la sección del banco) en un banco de condensadores en derivación sin conexión a tierra doble o un banco de condensadores en derivación en estrella doble.

Los sistemas públicos eléctricos o los sistemas de suministro eléctrico están diseñados para generar, transmitir y distribuir energía eléctrica a cargas. Para lograr esto, los sistemas de suministro eléctrico generalmente incluyen una variedad de elementos del sistema de suministro eléctrico, tales como generadores eléctricos, motores eléctricos, transformadores eléctricos, líneas de transmisión eléctrica, buses y condensadores, por citar unos pocos. En consecuencia, los sistemas de suministro eléctrico tienen que incluir también dispositivos y procedimientos de protección para proteger los elementos del sistema de suministro eléctrico de condiciones anormales tales como cortocircuitos eléctricos, sobrecargas, desviaciones de frecuencia, fluctuaciones de tensión, y similares.

Dichos dispositivos y procedimientos de protección actúan para aislar algún/algunos elemento(s) del sistema de suministro eléctrico de los restantes elementos del sistema de suministro eléctrico tras la detección de la condición anormal o un fallo en, o asociado con, el/los elemento(s) del sistema de suministro eléctrico.

La protección del sistema de suministro eléctrico se puede agrupar en seis tipos incluyendo: (1) generadores y elementos de transformador y generador (2) transformadores, (3) buses, (4) líneas (transmisión, subtransmisión y distribución), (5) equipamiento de utilización (motores, cargas estáticas), y (6) bancos de condensadores o reactores. En consecuencia, son necesarios una variedad de dispositivos de protección. Dichos dispositivos de protección pueden incluir diferentes tipos de relés de protección, protectores de sobretensión, saltos de arco y ruptores y reconectadores de circuito.

Los bancos de condensadores en derivación, en general, proporcionan soporte/compensación de energía reactiva capacitiva en sistemas de transmisión eléctrica de alta o baja tensión. Los bancos de condensadores en derivación, en general, comprenden una pluralidad de unidades de condensadores conectadas en serie/paralelo. Dentro de cada unidad de condensadores hay grupos de condensadores conectados en serie/paralelo, llamados elementos de condensador. Los elementos de condensador pueden ser con fusible (con fusible interno) o bien sin fusible. Los bancos de condensadores en derivación pueden ser con fusible o bien sin fusible. Los bancos de condensadores en derivación con fusible pueden ser con fusible externo o interno (fusibles dentro de cada unidad de condensadores).

En los bancos de condensadores en derivación con fusibles externos, los fusibles están montados externamente entre al menos una de las unidades de condensadores y un bus de fusibles del banco de condensadores. Si uno de los condensadores de una unidad de condensadores falla, se produce un incremento en la corriente y la tensión a través de los demás condensadores de la unidad de condensadores. Fallos múltiples en una pluralidad de condensadores de la unidad de condensadores hacen que se funda el fusible, interrumpiéndose la corriente en fallo. El fusible fundido también proporciona una identificación visual de la unidad de condensadores fallida. No hay indicación alguna del/de los elemento(s) de condensador fallido(s).

En los bancos de condensadores en derivación con fusibles internos, los fusibles están conectados a cada uno de los elementos de condensadores dentro de la unidad de condensadores. Si uno de los elementos de condensador falla, el fusible interrumpe el exceso de corriente y aísla el elemento de condensador fallido. Cuando el elemento de condensador fallido está aislado, hay un incremento en la tensión y la corriente a través de los otros condensadores conectados en paralelo en el mismo grupo de la unidad de condensadores. No hay indicación visual alguna de la(s) unidad(es) o del/de los elemento(s) de condensador de condensadores fallidos.

En una primera configuración de bancos de condensadores en derivación sin fusibles, las unidades de condensadores están conectadas en cadenas en serie entre fase y neutro. Los bancos de condensadores en derivación sin fusibles se aplican, en general, a sistemas que tienen tensiones mayores que aproximadamente 34,5 kV. El fallo de un condensador en una unidad de condensadores cortocircuita un grupo asociado con el condensador fallido. Cuando el cortocircuito aísla el grupo de condensadores en la unidad de condensadores, hay un incremento en la tensión y la corriente a través de los otros condensadores en la unidad de condensadores. No hay indicación visual alguna de la(s) unidad(es) o del/de los elemento(s) de condensadores fallido(s).

En una segunda configuración de bancos de condensadores en derivación sin fusibles, las unidades de condensadores están conectadas usando una conexión en serie/paralelo de las unidades de condensadores. Los

bancos de condensadores en derivación sin fusibles se aplican, en general, a sistemas que tienen tensiones menores que aproximadamente 34,5 kV. No hay indicación visual alguna de la(s) unidad(es) o del/de los elementos de condensadores fallidos.

- 5 Se desea que el tiempo de mantenimiento de los bancos de condensadores en derivación sea lo más corto posible. En consecuencia, es preferente que un fallo en una unidad de condensadores sea identificado lo antes posible. Se pueden usar dispositivos de protección para identificar fallos en unidades de condensadores. En aplicaciones de bancos de condensadores en derivación, un dispositivo de protección no sólo debe detectar la presencia de un fallo, sino que también debe determinar cuál de las tres fases del suministro eléctrico es la que falla.

10 Cuando el banco de condensadores en derivación está conectado a tierra, la fase fallida se encuentra determinando si existe un diferencial de tensión a través de cada fase. Sin embargo, la determinación de la fase fallida en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra es más difícil. En consecuencia, es un

15 objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo de protección que determine un fallo en una unidad de condensadores identificando la fase y sección fallidas en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra.

20 Estos y otros beneficios deseados de las realizaciones preferentes, incluyendo combinaciones de características de las mismas, de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción. Se debe entender, sin embargo, que un procedimiento o disposición aún podría ser adecuada para la invención reivindicada sin lograr todos y cada uno de estos beneficios deseados, incluyendo los recogidos en la siguiente descripción. Las reivindicaciones adjuntas, no estos beneficios deseados, definen la materia objeto de la invención. Cualquiera y todos los beneficios se derivan de las múltiples realizaciones de la invención, no necesariamente la invención en

25 general.

Sumario de la Invención

30 De acuerdo con un aspecto de la invención, se divulga un aparato y un procedimiento para la identificación de una fase fallida en al menos un banco de condensadores en derivación. El aparato se puede usar para monitorizar y proteger las disposiciones de condensadores que son con fusibles o sin fusibles. El aparato también se puede usar para las disposiciones de tipo estrella simple, tipo de doble estrella, tipo de puente en H, u otras comparables. El aparato incluye, en general, un circuito de muestreo para muestrear señales de corriente o tensión asociadas con el banco de condensadores en derivación. Se acopla un microcontrolador al circuito de

35 muestreo y se programa para medir un ángulo de fase de punto neutro compensado a partir de la señal muestreada, y comparar el ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo para identificar la fase y sección fallidas del banco de condensadores en derivación. El aparato puede proporcionar además una señal de alarma o control después de la identificación de la fase fallida.

40 De acuerdo con otro aspecto de la invención, la fase de referencia fija es el ángulo de fase de secuencia positiva. El aparato puede estar adaptado también para compensar desequilibrios fuera del banco de condensadores. Por ejemplo, se pueden utilizar obturadores para compensar dichos desequilibrios.

45 También se describe un procedimiento para la identificación de la fase y sección fallidas en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra que incluye las etapas de muestreo de señales de corriente o tensión asociadas con el banco de condensadores en derivación, determinación de un ángulo de fase de punto neutro compensado a partir de la señal muestreada, y comparación del ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo para identificar la fase fallida del banco de condensadores en derivación.

50 Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un dispositivo de protección para la identificación de una fase fallida en un banco de condensadores en derivación sin conexión a tierra.

55 La figura 2 es un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación de la figura 1 no tiene fusibles.

La figura 3 es un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación de la figura 1 tiene fusibles.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un dispositivo de protección para la identificación de una fase y sección fallidas en un banco de condensadores en derivación, no conectado a tierra, de doble estrella (al menos dos secciones).

65 La figura 5 es un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si los bancos de condensadores en derivación de la figura 4 no tienen fusibles.

La figura 6 es un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si los bancos de condensadores en derivación de la figura 4 tienen fusibles.

5 La figura 7 es un diagrama de bloques de una configuración del dispositivo de protección de las figuras 1 y 4.

La figura 8 es un diagrama lógico de la lógica de un dispositivo de protección que se puede utilizar para la identificación de una fase fallida en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición en estrella simple sin fusibles.

10

La figura 9 es un diagrama lógico de la lógica de un dispositivo de protección que se puede utilizar para la identificación de una fase fallida en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición de estrella simple con fusibles.

15 La figura 10 es un diagrama lógico de la lógica de un dispositivo de protección que se puede utilizar para la identificación de una fase y sección fallidas en al menos dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

20 La figura 11 es un diagrama lógico de la lógica de un dispositivo de protección que se puede utilizar para la identificación de una fase y sección fallidas en al menos dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella dotada con fusibles.

25 La figura 12 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase A en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición de estrella simple sin fusibles.

La figura 13 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase B en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición de estrella simple sin fusibles.

30 La figura 14 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase C en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una configuración de estrella simple sin fusibles.

La figura 15 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase A en el banco izquierdo de dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

35

La figura 16 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase A en el banco derecho de dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

40 La figura 17 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase B en el banco izquierdo de dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

45 La figura 18 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase B en el banco derecho de dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

50 La figura 19 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase C en el banco izquierdo de dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

55 La figura 20 es una captura de pantalla de un ejemplo que muestra la identificación de un fallo de fase C en el banco derecho de dos bancos de condensadores no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles.

Descripción detallada de las múltiples realizaciones de la presente invención

60 La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para la identificación de una fase fallida en un banco de condensadores en derivación. La invención también se refiere a un aparato y a un procedimiento para la identificación de la posición de un fallo (por ejemplo, la sección del banco) en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra doble o banco de condensadores en derivación en doble estrella.

65 La figura 1 es una ilustración de un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra que tiene una pluralidad de unidades de condensadores conectadas en una disposición en estrella simple. Un dispositivo de protección 100 puede estar adaptado para identificar la fase fallida en el banco de condensadores en derivación 102 no conectado a tierra. Como se ilustra, el dispositivo de protección 100 está acoplado operativamente al bus conductor 106 por medio de varios grupos de transformadores para monitorizar señales de tensión sinusoidales

primarias de la fase A, la fase B y la fase C. Asimismo, el dispositivo de protección 100 está acoplado operativamente al punto neutro del banco de condensadores por medio de un transformador para monitorizar la tensión neutra respecto a la tensión de tierra del banco.

- 5 En un sistema de suministro eléctrico equilibrado, la fase A, la fase B y la fase C tienen un cambio de fase de 120 grados. Por ejemplo, en condiciones equilibradas, las tres fases tienen ángulos de $\angle 0^\circ$, $\angle -120^\circ$, y $\angle 120^\circ$, respectivamente (asumiendo que la rotación de fases del sistema de suministro eléctrico es ABC).

10 El dispositivo de protección 100 determina si existe un fallo en el banco de condensadores en derivación 102 usando un procedimiento de protección de desequilibrio de la tensión neutra. Más específicamente, el dispositivo de protección 100 mide la tensión en el punto neutro, la tensión de secuencia cero en el bus conductor 106 y la tensión de secuencia positiva en el bus conductor 106. La tensión de secuencia cero medida representa el desequilibrio de la tensión del sistema. La tensión en el punto neutro medida representa el desequilibrio de la tensión del sistema y el desequilibrio inherente en el banco de condensadores. Con el fin de calcular el desequilibrio inherente en el banco de condensadores, el dispositivo de protección 100 resta la tensión de secuencia cero de la tensión en el punto neutro (asumiendo que las relaciones de transformación son unitarias, de lo contrario la tensión de secuencia cero se normaliza). Teniendo en cuenta este desequilibrio inherente, un fallo en el banco de condensadores dará lugar a una tensión neutra compensada (VNG). En condiciones normales, la magnitud de la tensión neutra compensada será cero. Sin embargo, un fallo en cualquiera de las fases dará lugar a una magnitud de tensión neutra compensada. Si existe una magnitud de tensión neutra compensada, entonces, el dispositivo de protección 100 usa el ángulo de fase de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) y el ángulo de fase de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor 106 que es una referencia para determinar qué fase tiene el fallo. El dispositivo de protección 100 puede estar adaptado para verificar el ángulo de fase de referencia de una señal de tensión y/o señal de corriente asociada, o cualquier transformación de la misma que incluya componentes alfa-beta-gamma o d-q-0 o componentes simétricos o cualquier derivada matemática de los mismos como suma, diferencia, producto, escalado, etc. de la señal de tensión y/o señal de corriente.

30 La figura 2 ilustra un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación 102 de la figura 1 no tiene fusibles. En la disposición de la figura 2, la rotación de fases del sistema es ABC. Si el banco de condensadores en derivación 102 no tiene fusibles y la magnitud de la tensión neutra compensada (VNG) no es cero, entonces el dispositivo de protección 100 compara el ángulo de fase de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) con el ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor 106. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C.

45 La figura 3 ilustra un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación 102 de la figura 1 tiene fusibles. Si el banco de condensadores en derivación 102 tiene fusibles y la magnitud de la tensión neutra compensada (VNG) no es cero, entonces, el dispositivo de protección 100 compara el ángulo de fase de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) con el ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor 106. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado 180° con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B. Si el dispositivo de protección 100 determina que el ángulo de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C.

55 El dispositivo de protección 100 puede incluir opcionalmente un obturador para compensar cualquier desequilibrio que no se produzca a partir de un fallo en el banco de condensadores. Por ejemplo, el dispositivo de protección 100 puede incluir un obturador de aproximadamente $\pm 15^\circ$ para compensar cualquier desequilibrio que no se produzca a partir de un fallo en el banco de condensadores.

60 Después de la identificación de una fase fallida en el banco de condensadores en derivación, el dispositivo de protección 100 puede adaptarse para proporcionar una alarma y/o datos para ser incluidos en un informe.

65 La figura 4 es una ilustración de dos partes de un banco de condensadores en derivación 202a, 202b no conectado a tierra que tiene una pluralidad de unidades de condensadores conectadas en una disposición en doble estrella. Un dispositivo de protección 200 puede estar adaptado para identificar la fase fallida en los bancos

de condensadores en derivación 202a, 202b no conectados a tierra. Como se ilustra, el dispositivo de protección 200 está acoplado operativamente por medio de varios grupos de transformadores para monitorizar señales de corriente sinusoidal primarias de la fase A, fase B y fase C. Asimismo, el dispositivo de protección 200 está acoplado operativamente al punto neutro del banco de condensadores por medio un transformador para monitorizar la corriente neutra del banco.

El dispositivo de protección 200 determina si existe un fallo en los bancos de condensadores en derivación 202a, 202b usando un procedimiento de protección de desequilibrio de corriente neutra. Más específicamente, el dispositivo 200 de protección mide la corriente neutra y la corriente de secuencia positiva. La corriente neutra medida representa un desequilibrio inherente en el banco de condensadores. En respuesta a este desequilibrio inherente permanente, un fallo en el banco de condensadores dará lugar a una corriente neutra compensada (ING). En condiciones normales, la magnitud de la corriente neutra compensada (ING) será cero. Sin embargo, un fallo en una cualquiera de las fases dará lugar a una magnitud de corriente neutra compensada. Si existe una magnitud de corriente neutra compensada, entonces, el dispositivo de protección utiliza el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) y el ángulo de fase de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) que es una referencia para determinar qué fase tiene el fallo. El dispositivo de protección 200 puede estar adaptado para verificar los ángulos de fase de referencia de una señal de tensión y/o señal de corriente asociada, o cualquier transformación de la misma que incluya componentes alfa-beta-gamma o d-q-0 o simétricos o cualquier derivada matemática de los mismos como suma, diferencia, producto, escalado, etc. de la señal de tensión y/o señal de corriente. Por ejemplo, el dispositivo de protección 200 puede estar adaptado para verificar el ángulo de fase y la magnitud de la corriente (I_N) en un punto neutro y la corriente (I_1) de secuencia positiva de la señal de corriente asociada como se ilustra en las figuras 5 y 6.

La figura 5 ilustra un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación 202 de la figura 4 no tiene fusibles. Si las partes 202a, 202b del banco de condensadores en derivación no tienen fusibles y existe un desequilibrio en las mismas, el dispositivo de protección 200 compara el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$). Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el banco de condensadores en derivación 202a. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 180° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el banco de condensadores en derivación 202b.

Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el banco de condensadores en derivación 202a. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el banco de condensadores en derivación 202b.

Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de fase positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el banco de condensadores en derivación 202a. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el banco de condensadores en derivación 202b.

La figura 6 ilustra un diagrama de ángulos de fase para diferentes desequilibrios si el banco de condensadores en derivación 202 de la figura 4 tiene fusibles. Si los bancos de condensadores en derivación 202a, 202b tienen fusibles y existe un desequilibrio en los mismos, el dispositivo de protección 200 compara el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$). Si el dispositivo 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el banco de condensadores en derivación 202b. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 180° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el banco de condensadores en derivación 202a.

Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el banco de condensadores en derivación 202b. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el banco de condensadores en derivación 202a.

Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el banco 202b de condensadores en derivación. Si el dispositivo de protección 200 determina que el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el banco de condensadores en derivación 202a.

El dispositivo de protección 200 puede incluir opcionalmente un obturador para compensar cualquier desequilibrio que no surja de un fallo en los bancos de condensadores 202a, 202b. Por ejemplo, el dispositivo de protección 200 puede incluir un obturador de aproximadamente $\pm 15^\circ$ para compensar cualquier desequilibrio que no surja de un fallo en los bancos de condensadores 202a, 202b.

Después de la identificación de una fase fallida en el banco de condensadores en derivación, el dispositivo de protección 200 se puede adaptar para proporcionar una alarma y/o incluirla en el informe.

La figura 7 es un diagrama de bloques de una configuración de ejemplo del dispositivo de protección 100 o 200 de las figuras 1 y 4. En general, el dispositivo de protección 100, 200 procesa cada una de las muestras 310 a, b, c de tensión o corriente sinusoidal de las fases A, B, y C proporcionadas por el grupo 312 a, b, c de transformadores de tensión o corriente para determinar los correspondientes ángulos y magnitudes de las fases A, B, y C. Más específicamente, las señales 310 a, b, c de tensión o corriente se filtran usando filtros 314 a, b, c y a continuación se digitalizan con un convertidor A/D 316 para formar corrientes de muestra de señales digitalizadas 318 adecuadas para su uso por un microcontrolador 320 (o matriz de puertas programables de campo -FPGA). El microcontrolador 320 procesa las corrientes de muestra de señales digitalizadas 318 para determinar si existe un desequilibrio en el banco de condensadores en derivación. Si existe un desequilibrio, el microcontrolador 320 identifica la fase fallida en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra.

Las instrucciones para procesamiento de las corrientes de muestras 318 se pueden almacenar en la memoria programable 322. La memoria programable 322 puede ser adaptada de manera tal que las instrucciones almacenadas en la misma se pueden adaptar como se desee. En un ejemplo, las instrucciones se pueden almacenar para el procesamiento de corrientes de muestras 318 en un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición en estrella simple no conectado a tierra, en el que el microcontrolador 320 determina el ángulo de fase de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) y el ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor 106 de estas corrientes 328 simples. De forma alternativa, las instrucciones pueden ser almacenadas para procesamiento de corrientes de muestras 318 en al menos dos partes de un banco de condensadores en derivación en una disposición de doble estrella no conectado a tierra, en el que el microcontrolador determina el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) y el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) de estas corrientes de muestras 318.

En otro ejemplo, las instrucciones se pueden almacenar para procesamiento de las corrientes de muestras 318 sobre la base de si el banco de condensadores en derivación tiene o no fusibles como se describe con respecto a las figuras 2 y 3 para un banco de condensadores en una disposición de estrella simple. De forma alternativa, las instrucciones se pueden almacenar para el procesamiento de las corrientes de muestras 318 sobre la base de si los bancos de condensadores en derivación tienen o no fusibles como se describe con referencia a las figuras 5 y 6 de al menos dos bancos de condensadores en una disposición de doble estrella.

En otro ejemplo, las instrucciones se pueden almacenar para el cálculo de transformaciones de las corrientes de muestras 318 de tensión o corriente que incluyen componentes de alfa, beta, gamma o d-q-0 o simétricos o cualquier derivado matemático como suma, diferencia, producto, escalado, etc. de estas transformaciones se pueden usar en otras funciones de control, automatización, monitorización o protección.

Después de la identificación de una fase fallida en el banco de condensadores en derivación, el microcontrolador se puede adaptar para proporcionar una alarma, datos para ser incluidos en un informe, y/o un informe que incluye datos asociados por medio de salidas binarias 324. Las instrucciones para alarma y/o informes se pueden almacenar en la memoria programable 322. También se pueden realizar otras funciones de control, automatización, monitorización o protección por medio de la salida binaria 324.

La figura 8 es un diagrama lógico de la lógica del dispositivo de protección que se puede usar para identificar la fase fallida de un banco de condensadores en derivación no conectado a tierra en una disposición en estrella simple y sin fusibles después de que se determina que existe un desequilibrio en el sistema. En esta disposición, el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) se compara con el ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor. Si el ángulo de fase de la tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con el ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A. Si el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B. Si el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe

un fallo en los condensadores asociados con la fase C.

La figura 9 es un diagrama lógico de la lógica del dispositivo de protección que se puede usar para identificar la fase fallida de un banco de condensadores en derivación en una disposición de estrella simple y dotada con fusibles después de que se determina que existe un desequilibrio en el sistema. En esta disposición, el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) se compara con el ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor. Si el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 180° con respecto al ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A. Si el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B. Si el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C.

La figura 10 es un diagrama lógico de la lógica del dispositivo de protección que se puede usar para identificar la fase fallida de al menos dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella no dotadas con fusibles una vez determinado que existe un desequilibrio en el sistema. En esta disposición, el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) se compara con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el primer banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 180° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el otro banco de condensadores. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el primer banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el otro banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el primer banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el otro banco de condensadores en derivación.

La figura 11 es un diagrama lógico de la lógica del dispositivo de protección que se puede usar para identificar la fase fallida en un primer y un segundo bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella con fusibles una vez determinado que existe un desequilibrio en el sistema. En esta disposición, el ángulo de fase de la corriente neutra positiva ($\angle_{NG}$) se compara con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$). Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está en fase con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el segundo banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 180° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase A en el primer banco de condensadores. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -120° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el segundo banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase B en el primer banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente 120° con respecto al ángulo de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el segundo banco de condensadores en derivación. Si el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) está desfasado aproximadamente -60° con respecto al ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$), existe un fallo en los condensadores asociados con la fase C en el primer banco de condensadores en derivación.

Ejemplo 1

Las figuras 12-14 ilustran ejemplos de la lógica del dispositivo de protección que se usó para identificar la fase fallida en un banco de condensadores en derivación con una disposición en estrella simple sin fusibles. El banco de condensadores en derivación incluía 5 cadenas por fase, en las que cada cadena tenía 12 unidades en serie y cada unidad tenía 6 elementos (o condensadores) en serie. Como se muestra en las figuras, se comparó el ángulo de fase de tensión neutra compensada ($\angle_{NG}$) con el ángulo de fase de tensión de secuencia positiva ($\angle_{1G}$) en el bus conductor. En esta disposición, la tensión de la fuente era de 230 kV y un transformador de potencial neutro midió el desequilibrio en el banco de condensadores en derivación. Como se muestra en la

figura 12, existía un fallo en los condensadores asociados con la fase A. Más específicamente, existía una magnitud de tensión neutra compensada de 38,3 V y una fase de tensión neutra compensada de aproximadamente $-0,5^\circ$. Como se muestra en la figura 13, existía un fallo en los condensadores asociados con la fase B. Más concretamente, existía una magnitud neutra compensada de 38,0 V y una fase de tensión neutra compensada de aproximadamente $-120,1^\circ$. Como se muestra en la figura 14, existía un fallo en los condensadores asociados con la fase C. Más específicamente, existía una magnitud neutra compensada de 38,3 V y una fase de tensión neutra compensada de aproximadamente $120,2^\circ$.

10 Ejemplo 2

Las figuras 15-20 ilustran ejemplos de la lógica del dispositivo de protección que se usó para identificar la fase fallida en dos bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra en una disposición de doble estrella sin fusibles. El banco de condensadores en derivación incluía 5 cadenas por fase en el banco izquierdo y 4 cadenas por fase en el banco derecho, en las que cada cadena tenía 12 unidades en serie y cada unidad tenía 6 elementos. Como se muestra en las figuras, se comparó el ángulo de fase de la corriente neutra compensada ($\angle_{NG}$) fue comparado con el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva ($\angle_{1G}$).

Como se muestra en la figura 15, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase A en el banco de condensadores en derivación izquierdo. Más concretamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 130,1 mA y un ángulo de fase de corriente neutra compensada de aproximadamente $-0,4^\circ$. Como se muestra en la figura 16, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase A en el banco de condensadores derecho. Más específicamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 162,7 mA y una fase de corriente neutra compensada de aproximadamente $179,6^\circ$. Como se muestra en la figura 17, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase B en el banco de condensadores izquierdo. Más específicamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 128,9 mA y una fase de la corriente neutra compensada de aproximadamente $-120,1^\circ$. Como se muestra en la figura 18, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase B en el banco de condensadores derecho. Más específicamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 161,2 mA y una fase de corriente neutra compensada de aproximadamente $60,0^\circ$. Como se muestra en la figura 19, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase C en el banco de condensadores izquierdo. Más específicamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 130,3 mA y una fase de corriente neutra compensada de aproximadamente $120,2^\circ$. Como se muestra en la figura 20, existía un fallo asociado con los condensadores de la fase C en el banco de condensadores derecho. Más específicamente, había una magnitud de corriente neutra compensada de 162,8 mA y una fase de corriente neutra compensada de aproximadamente $-59,8^\circ$.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a ciertos aspectos ilustrativos, se debe entender que esta descripción no se debe interpretar en un sentido limitativo. Más bien, se pueden hacer diversos cambios y modificaciones en las realizaciones ilustrativas sin apartarse del verdadero espíritu, características centrales y alcance de la invención, que incluyen las combinaciones de características que se divulgan individualmente o se reivindican en el presente documento.

Por ejemplo, aunque se muestra que las diferentes realizaciones implican bancos de condensadores en una disposición de estrella simple o doble estrella, el aparato y el procedimiento de la presente invención pueden aplicarse a otras disposiciones de bancos de condensadores que incluyen pero no se limitan a un puente en H que está conectado a tierra o no conectado a tierra, doble estrella no conectado a tierra con un transformador de tensión que mide la tensión entre neutros, doble estrella conectado a tierra con un transformador de corriente en cada neutro para medición del diferencial de corriente neutra, estrella simple no conectado a tierra con transformadores de tensión conectados en delta rota para medición de la tensión neutra, etc.

En otro ejemplo, las figuras 2-3 muestran la relación de fases si el ángulo de fase de referencia es un ángulo de fase de tensión de secuencia positiva. El ángulo de fase de referencia se puede verificar mediante una señal de tensión y/o señal de corriente asociada, o cualquier transformación de la misma que incluya componentes alfa-beta-gamma o d-q-0 o simétricos o cualquier derivado matemático de estos como la suma, diferencia, producto, escalado, etc. de la señal de tensión y/o señal de corriente. En base al tipo de ángulo de fase de referencia seleccionado, la relación de fase podrá cambiar. En un ejemplo, en vez de usar el ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva, se usa el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva que fluye hacia dentro del banco de condensadores. En esta disposición, la relación de fase se desviará en -90° (por ejemplo, en la figura 6, 0° , -120° , 120° están desviados en -90° a -90° , 150° , 30°).

En otro ejemplo, las figuras 5-6 muestran la relación de fase si el ángulo de fase de referencia es un ángulo de corriente de secuencia positiva. El ángulo de fase de referencia se puede verificar mediante una señal de tensión y/o señal de corriente asociada, o cualquier transformación de la misma que incluya componentes alfa-beta-gamma o d-q-0 o simétricos o cualquier derivado matemático de estos como suma, diferencia, producto, escalado, etc. de la señal de tensión y/o señal de corriente. En base al tipo de ángulo de fase de referencia seleccionado, la relación de fases podrá cambiar. En un ejemplo, en vez de usar el ángulo de fase de la corriente de secuencia positiva, se usa el ángulo de fase de la tensión de secuencia positiva en el bus. En esta

disposición, la relación de fase estará compensada en 90° (por ejemplo, en las figuras 10 y 11, 0° , 180° , -120° , 60° , 120° y -60° están compensados en 90° a 90° , -90° , -30° , 150° , -150° y 30°).

- 5 Además, se apreciará que cualquiera de dichos cambios y modificaciones será reconocido por los expertos en la técnica como un equivalente a uno o más elementos de las siguientes reivindicaciones, y estará cubierto por dichas reivindicaciones en el máximo grado permitido por la ley.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación, en un elemento de condensador de una fase de un banco de condensadores de, al menos, un primer banco y un segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, caracterizado por que el procedimiento comprende las etapas de:
 - muestrear una señal de corriente o tensión asociada con el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra,
 - determinar un ángulo de fase de punto neutro compensado de la señal muestreada, donde dicho ángulo de fase de punto neutro compensado tiene en cuenta un desequilibrio de corriente o de tensión inherente en los bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra, y
 - comparar el ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo para identificar la fase, de entre el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, que tiene el elemento de condensador fallido y para identificar el banco de condensadores en derivación, de entre el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, que incluye el elemento de condensador fallido.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado por que el ángulo de fase de referencia fijo es un ángulo de fase de secuencia positiva.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, caracterizado por que incluye además la etapa de determinar el ángulo de fase de secuencia positiva a partir de la señal muestreada.
4. El procedimiento de la reivindicación 2, caracterizado por que incluye además las etapas de:
 - determinar un ángulo de fase de secuencia cero a partir de la señal muestreada,
 - determinar un ángulo de fase de punto neutro, y
 - calcular la diferencia entre el ángulo de fase de punto neutro y el ángulo de fase de secuencia cero para determinar el ángulo de fase de punto neutro compensado.
5. El procedimiento de la reivindicación 2, caracterizado por que comprende además la etapa de calcular transformaciones de las muestras de señal.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además la etapa de proporcionar una señal de alarma después de identificar la fase que tiene el elemento de condensador fallido.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado por que comprende además la etapa de proporcionar una señal de control después de identificar la fase que tiene el elemento de condensador fallido.
8. Un aparato para identificar la localización de un fallo en un banco de condensadores en derivación de, al menos, un primer banco y un segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, caracterizado por que el aparato incluye:
 - un circuito de muestreo para el muestreo de señales de corriente o tensión asociadas con el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, y
 - un microcontrolador acoplado al circuito de muestreo, estando programado dicho microcontrolador para:
 - determinar un ángulo de fase de punto neutro compensado a partir de la señal muestreada, donde dicho ángulo de fase de punto neutro compensado tiene en cuenta un desequilibrio de corriente o de tensión inherente en los bancos de condensadores en derivación no conectados a tierra, y
 - comparar el ángulo de fase de punto neutro compensado con un ángulo de fase de referencia fijo para identificar la fase, de entre el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, que tiene el elemento de condensador fallido y para identificar el banco de condensadores en derivación, de entre el primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectados a tierra, que incluye el elemento de condensador fallido.
9. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que el ángulo de fase de referencia fijo es un ángulo de fase de secuencia positiva.

10. El aparato de la reivindicación 9, caracterizado por que el microcontrolador está programado además para medir un ángulo de fase de secuencia cero y un ángulo de fase de punto neutro, estando programado además dicho microcontrolador para determinar el ángulo de fase de punto neutro compensado como la diferencia entre el ángulo de fase de punto neutro y el ángulo de fase de secuencia cero.
- 5 11. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que el microcontrolador está programado además para calcular las transformaciones de las muestras de señal.
- 10 12. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que el microcontrolador está programado además para proporcionar una señal de alarma después de identificar la localización del fallo.
13. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que el microcontrolador está programado además para proporcionar una señal de control después de identificar la localización del fallo.
- 15 14. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que al menos uno del primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectado a tierra tiene fusibles.
15. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que al menos uno del primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectado a tierra está dispuesto en una disposición de doble estrella.
- 20 16. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que el microcontrolador está adaptado para compensar los desequilibrios fuera de los bancos de condensadores.
17. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que al menos uno del primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectado a tierra está dispuesto en una disposición de puente en H.
- 25 18. El aparato de la reivindicación 8, caracterizado por que al menos uno del primer y el segundo banco de condensadores en derivación no conectado a tierra no tiene fusibles.

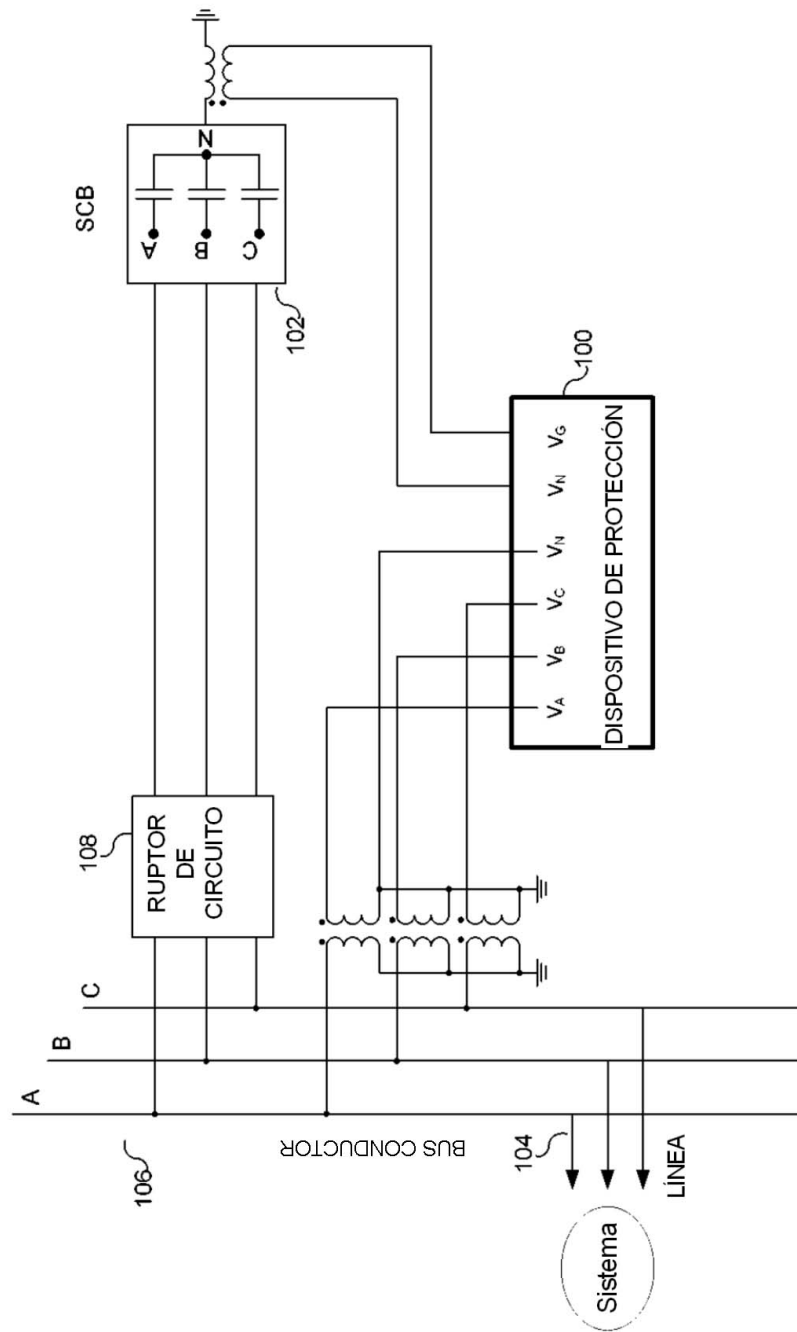


FIGURA 1

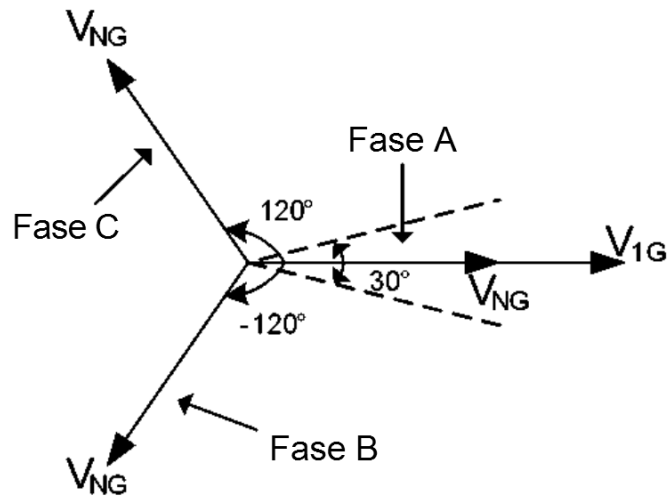


FIGURA 2

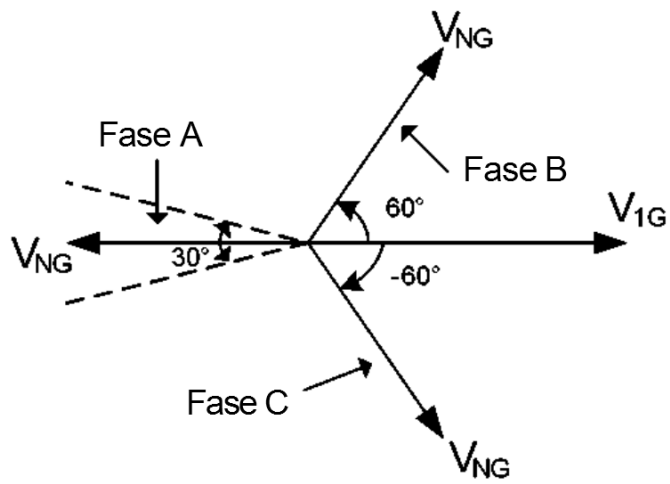


FIGURA 3

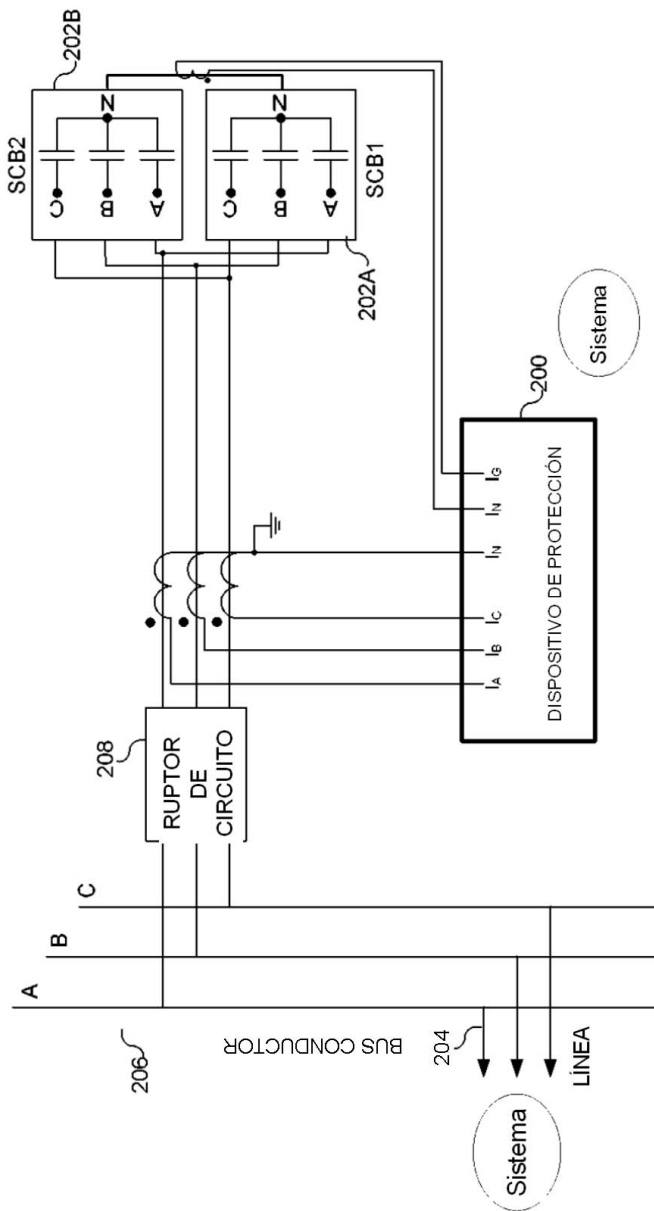


FIGURA 4

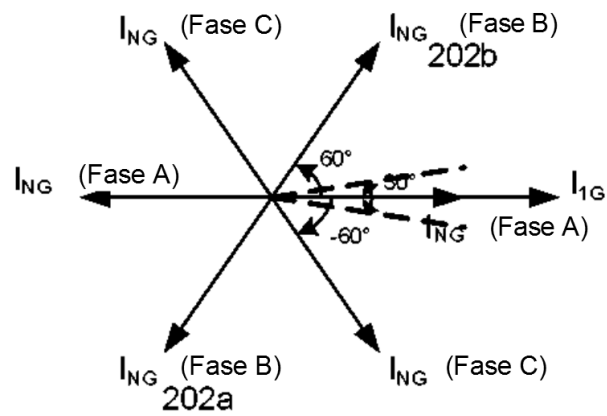


FIGURA 5

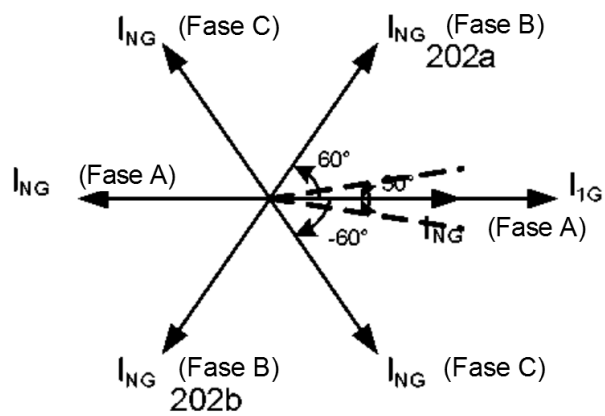


FIGURA 6

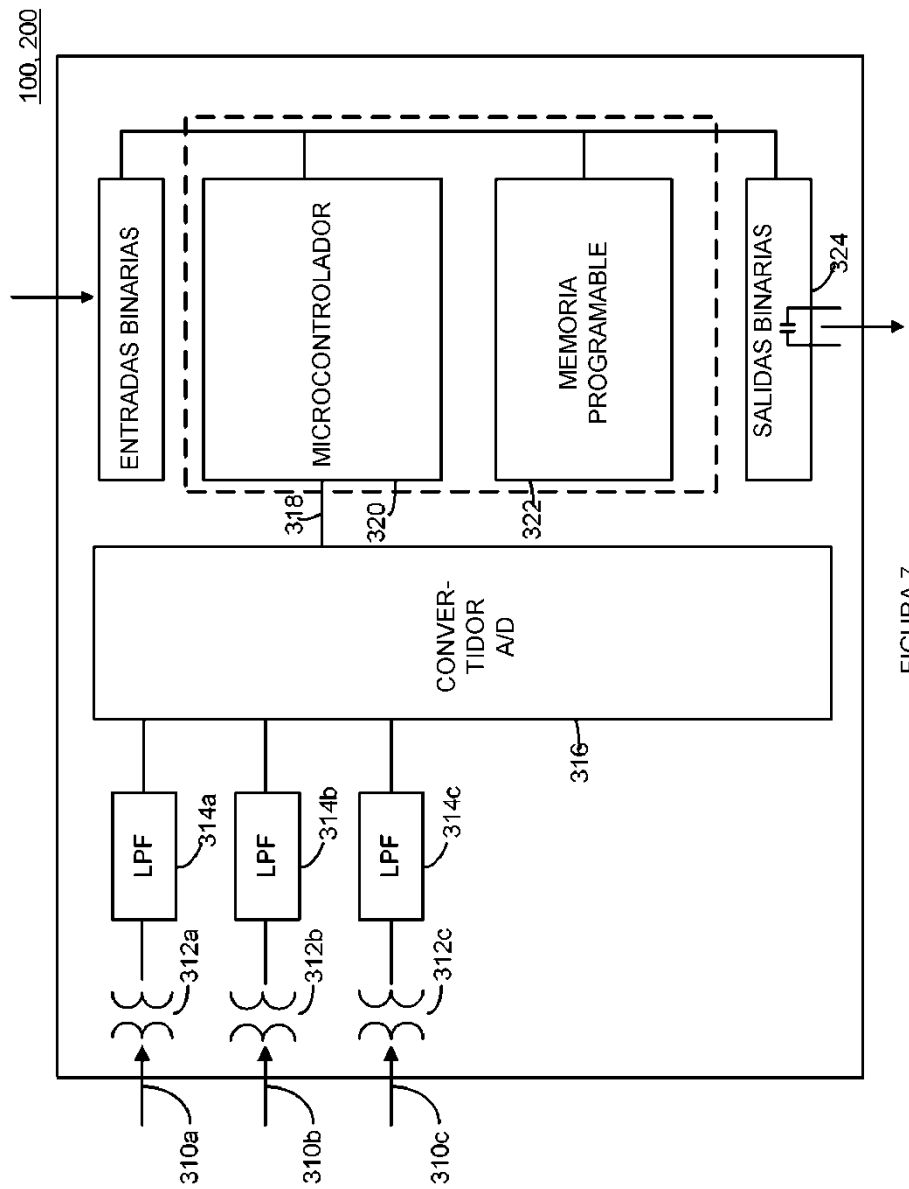


FIGURA 7

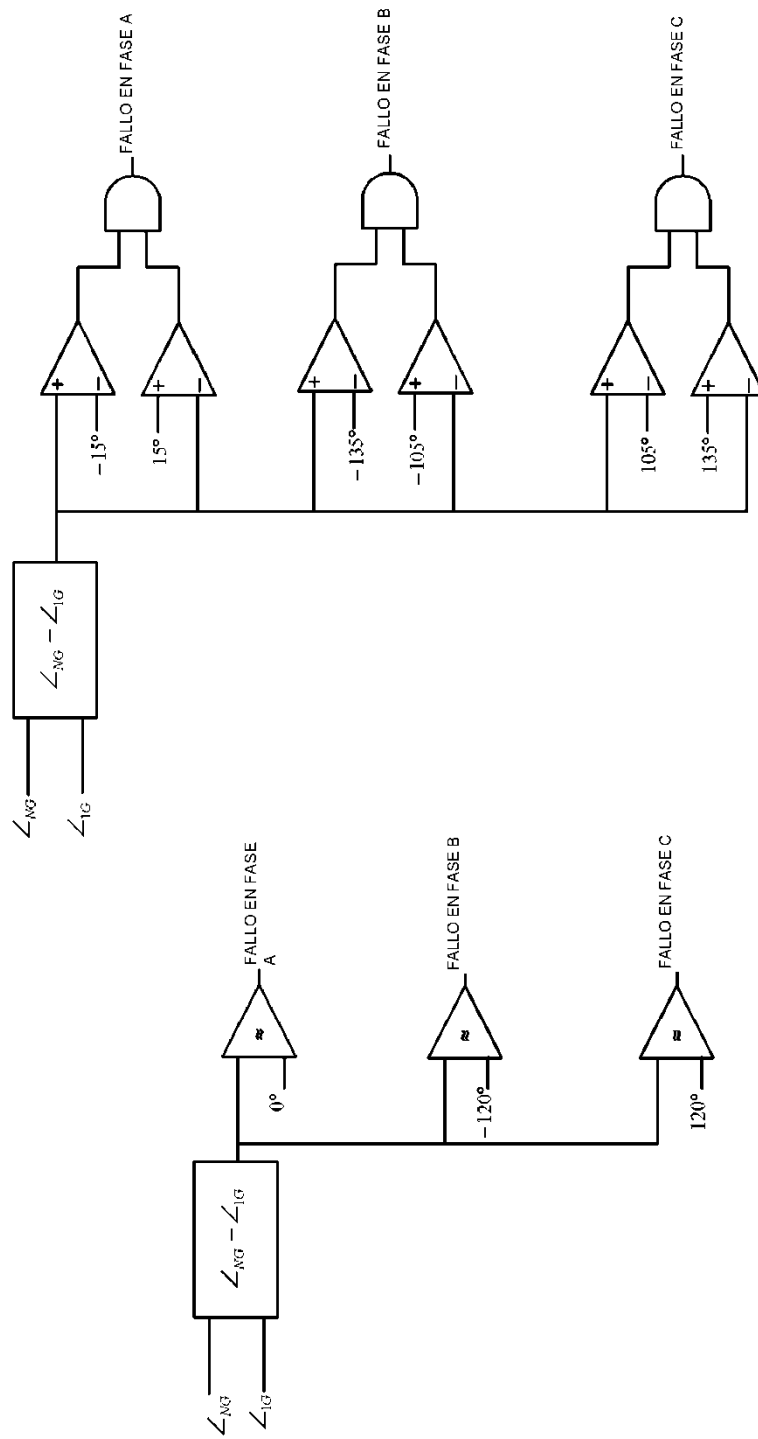


FIGURA 8B

FIGURA 8A

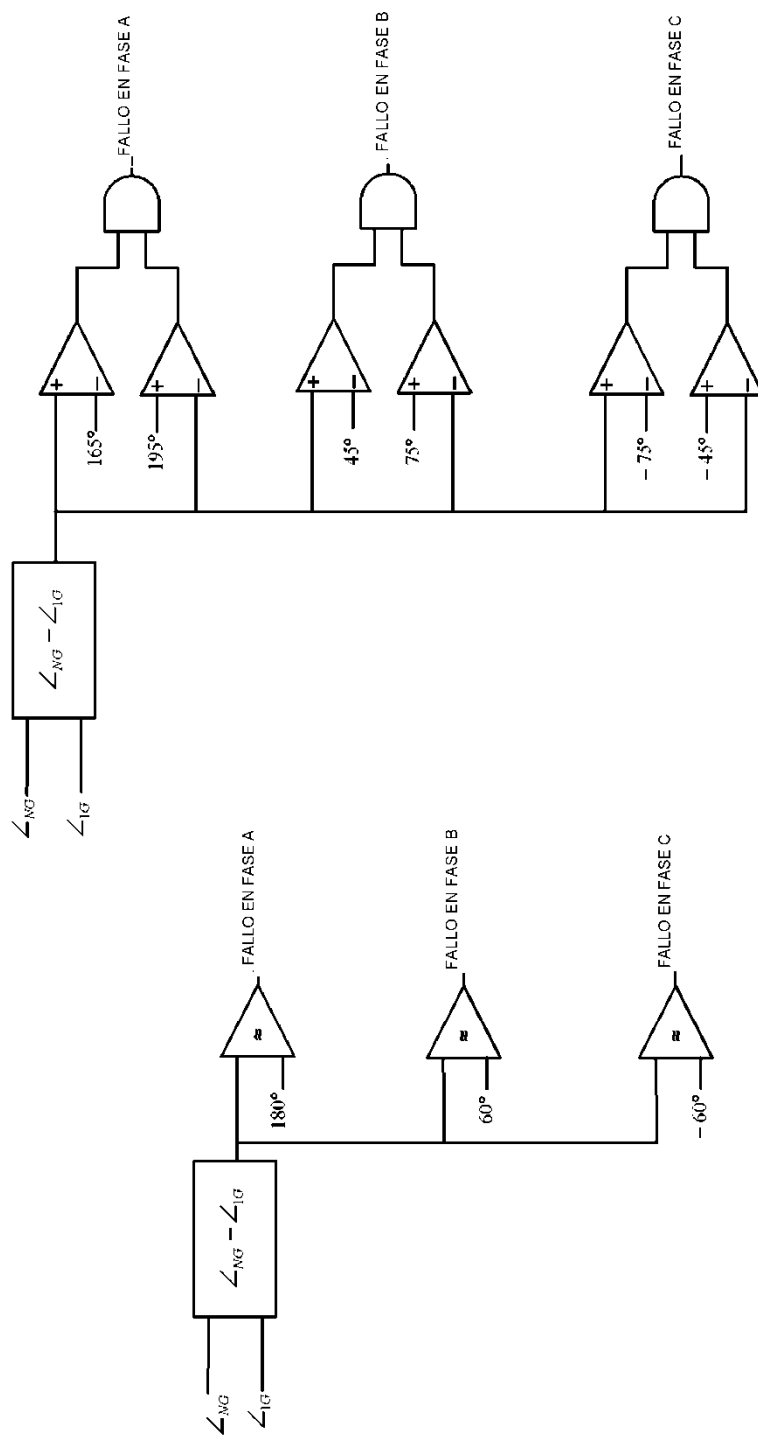
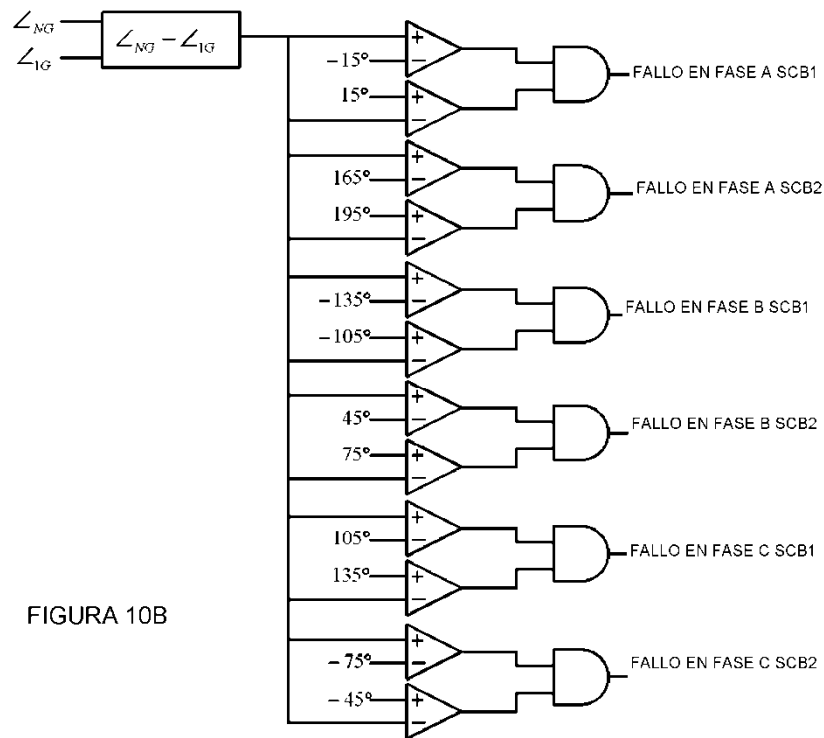
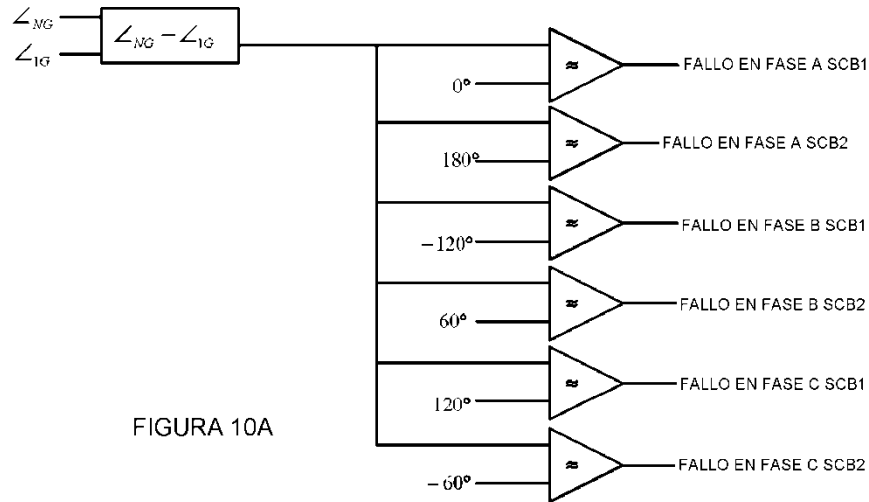


FIGURA 9B

FIGURA 9A



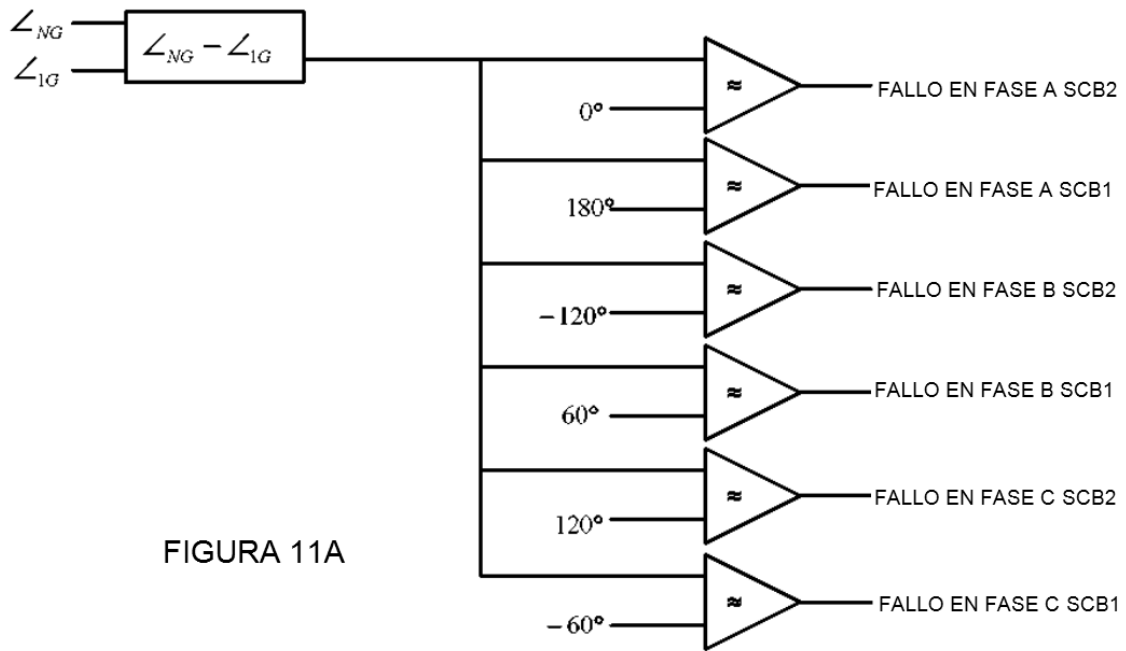


FIGURA 11A

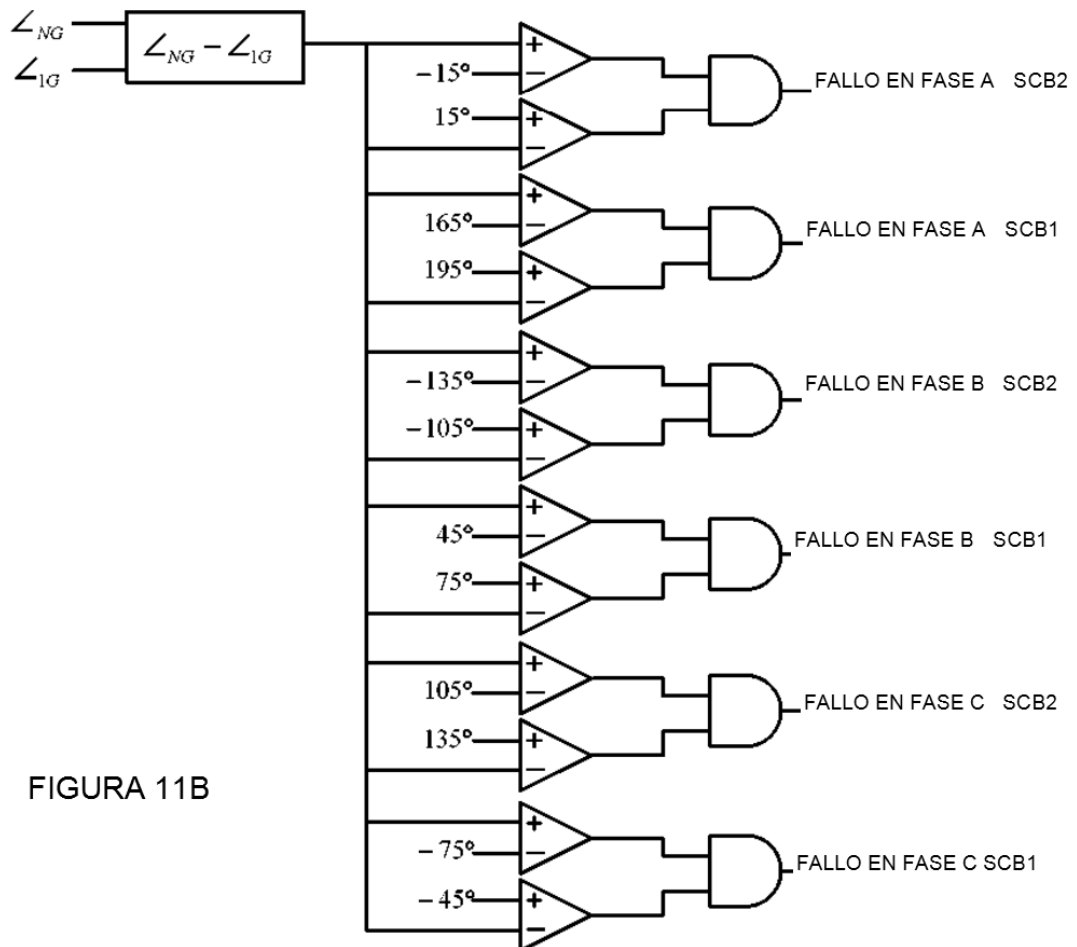


FIGURA 11B

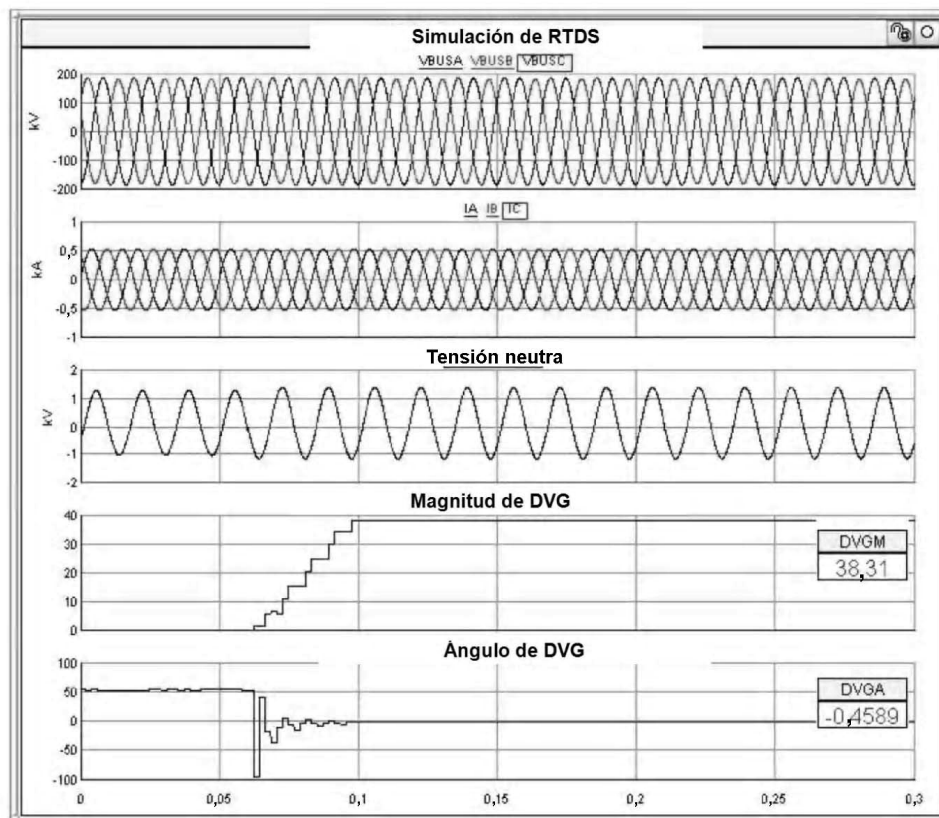


FIGURA 12

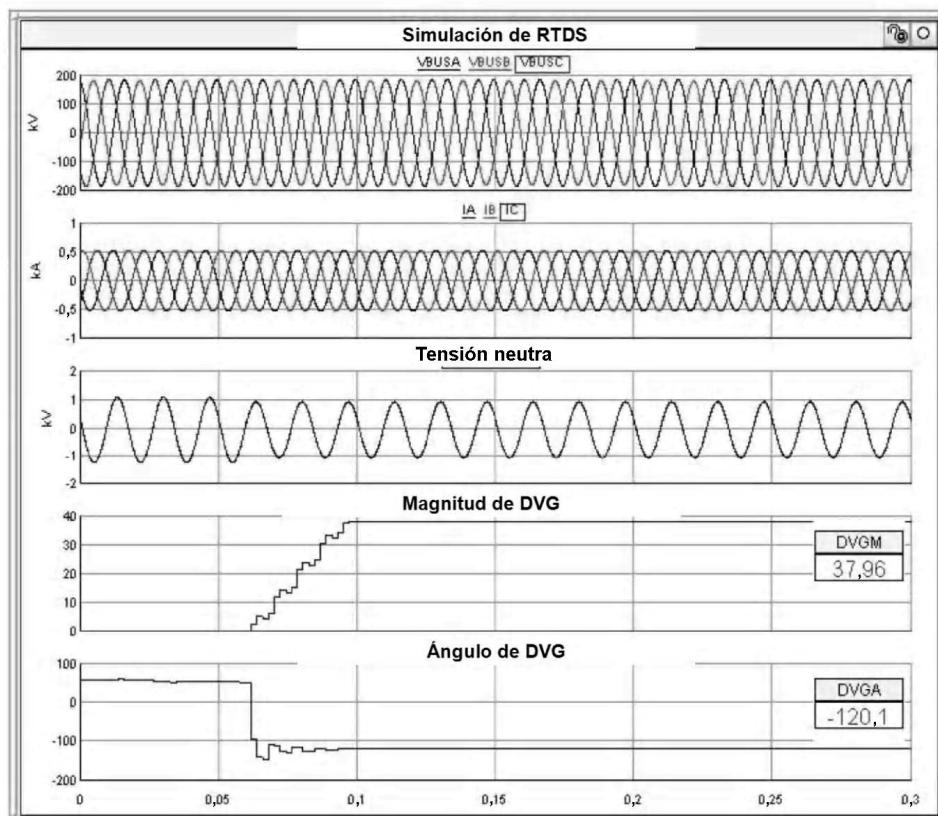


FIGURA 13

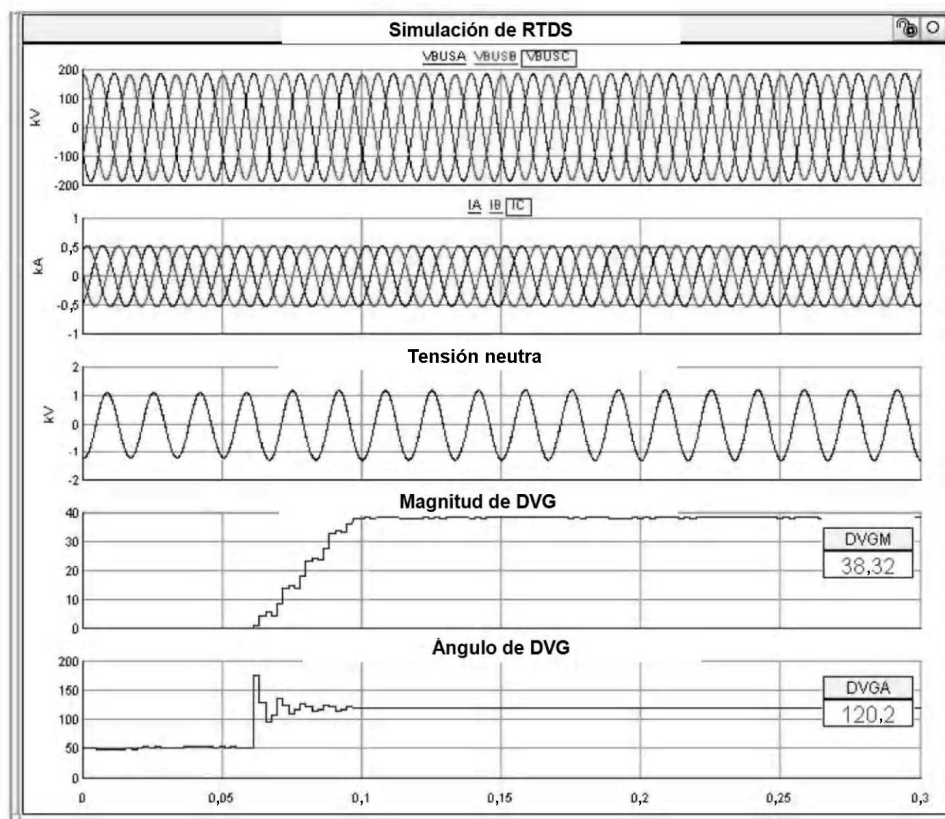


FIGURA 14

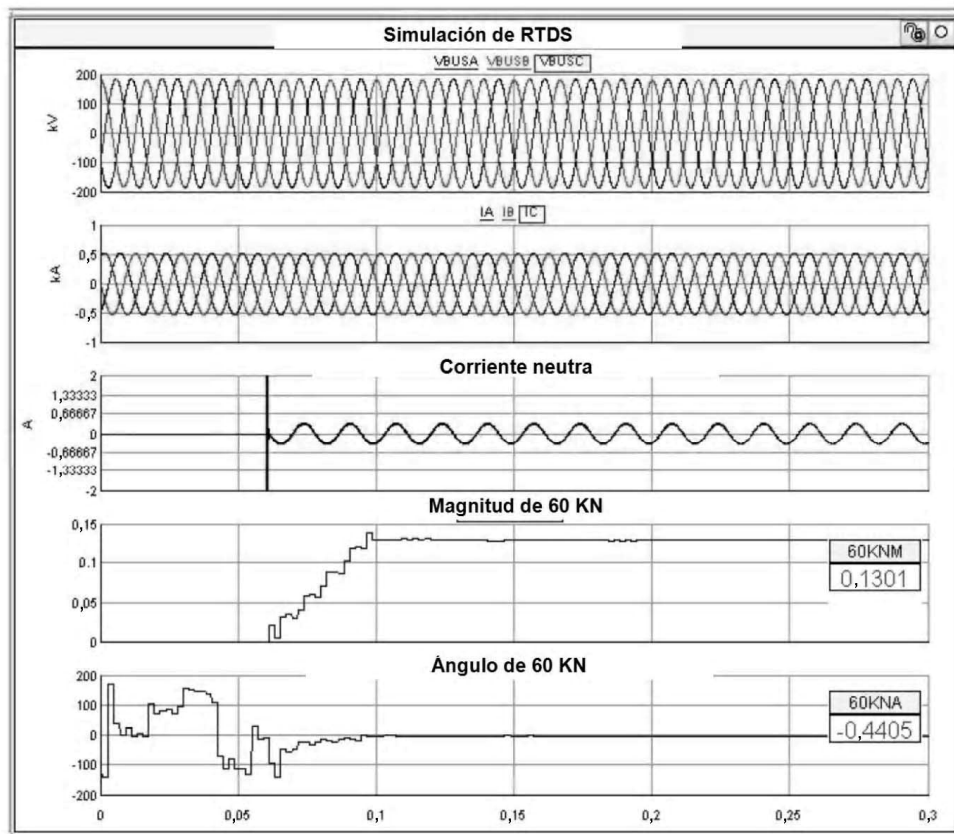


FIGURA 15

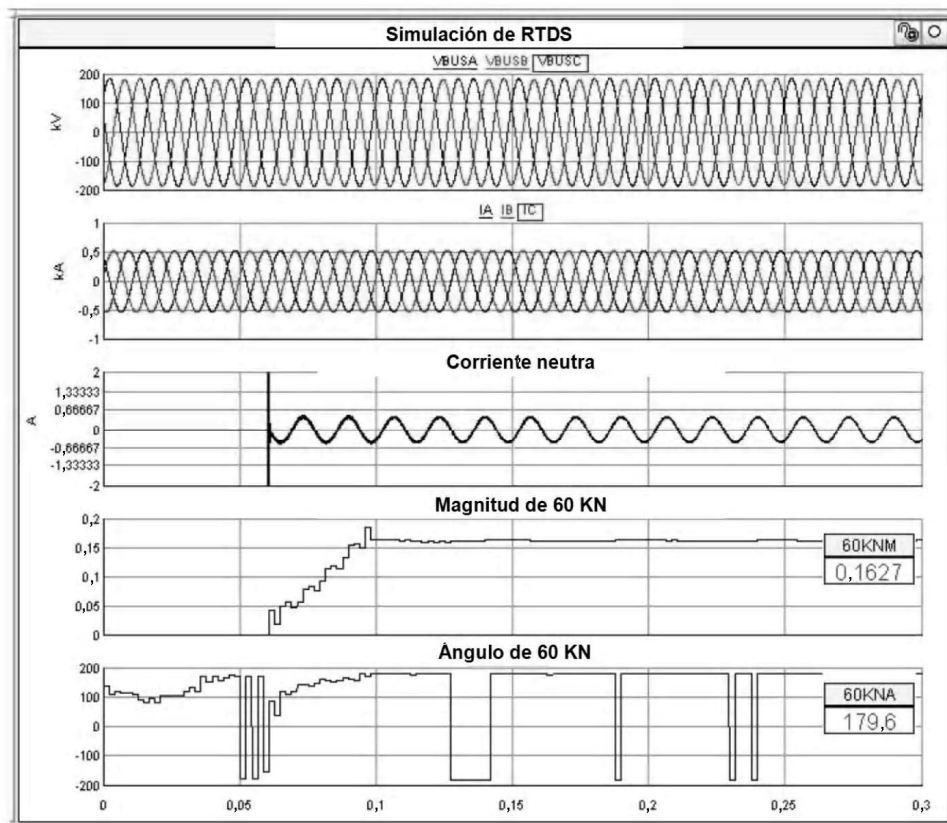


FIGURA 16

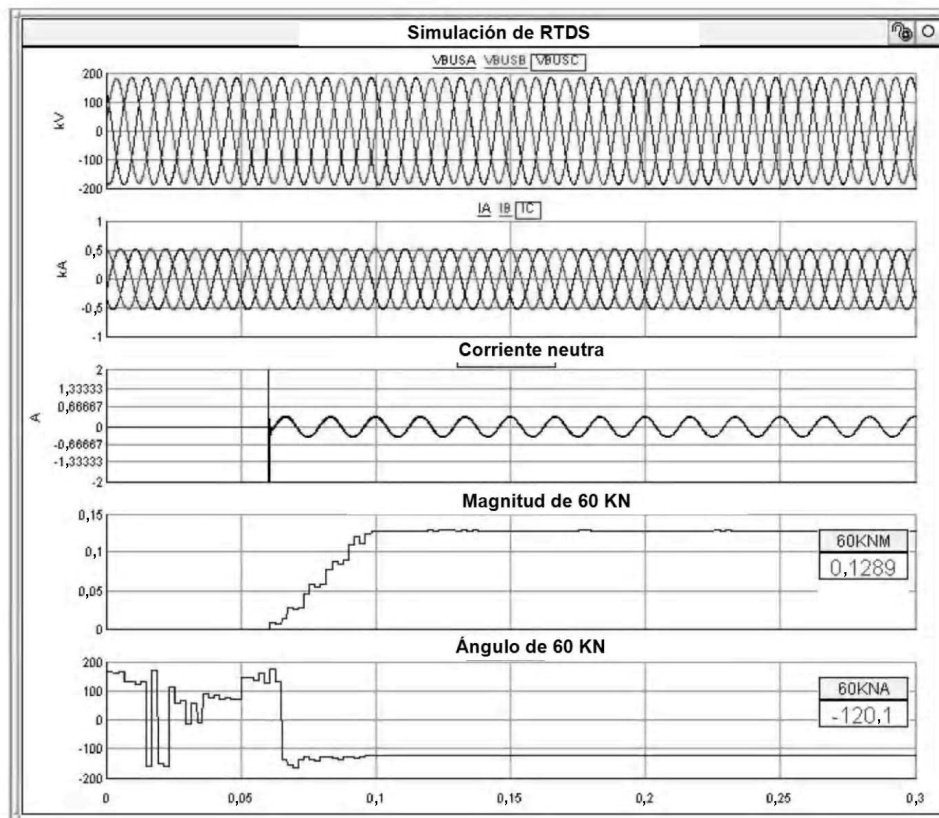


FIGURA 17

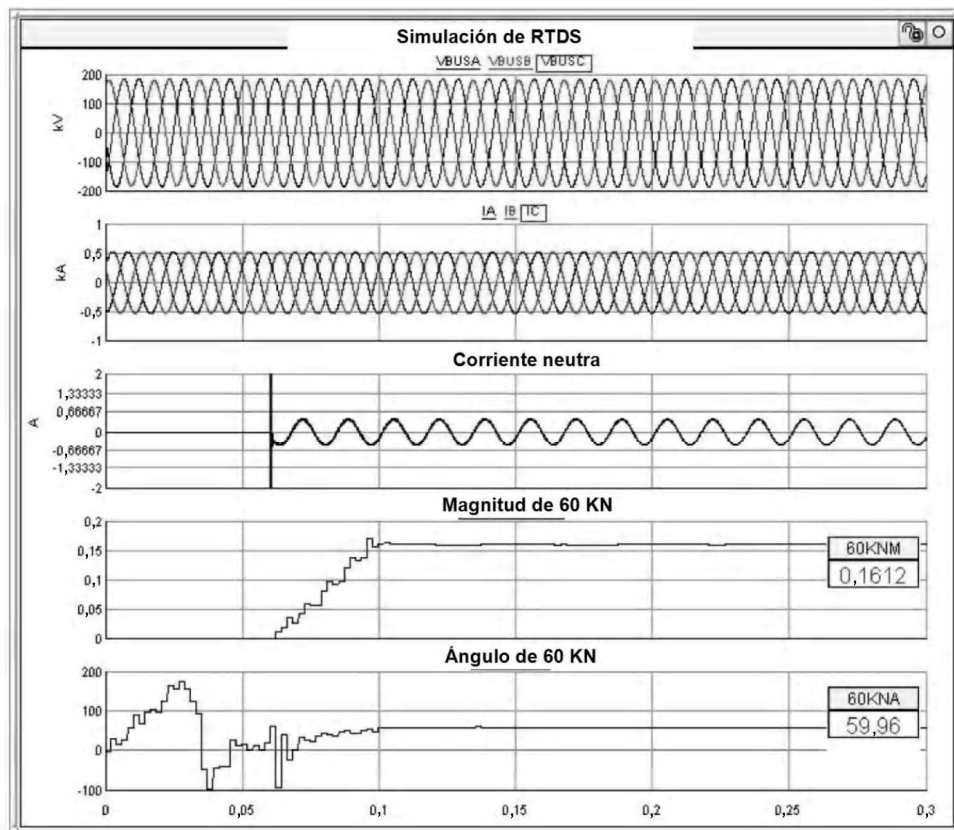


FIGURA 18

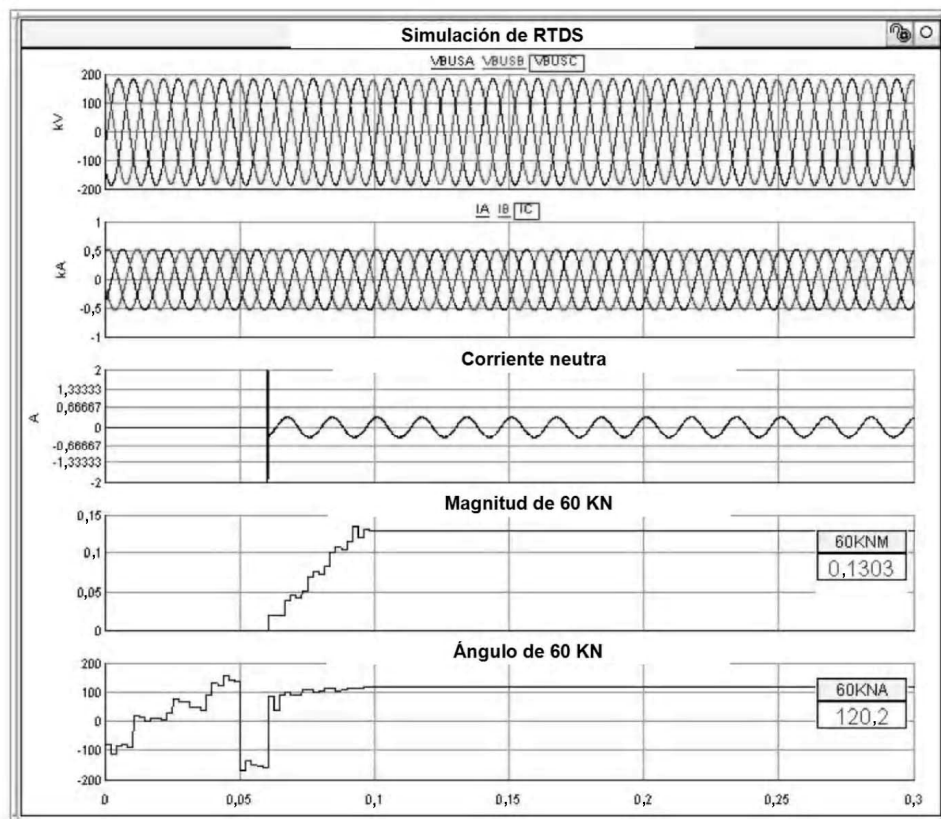


FIGURA 19

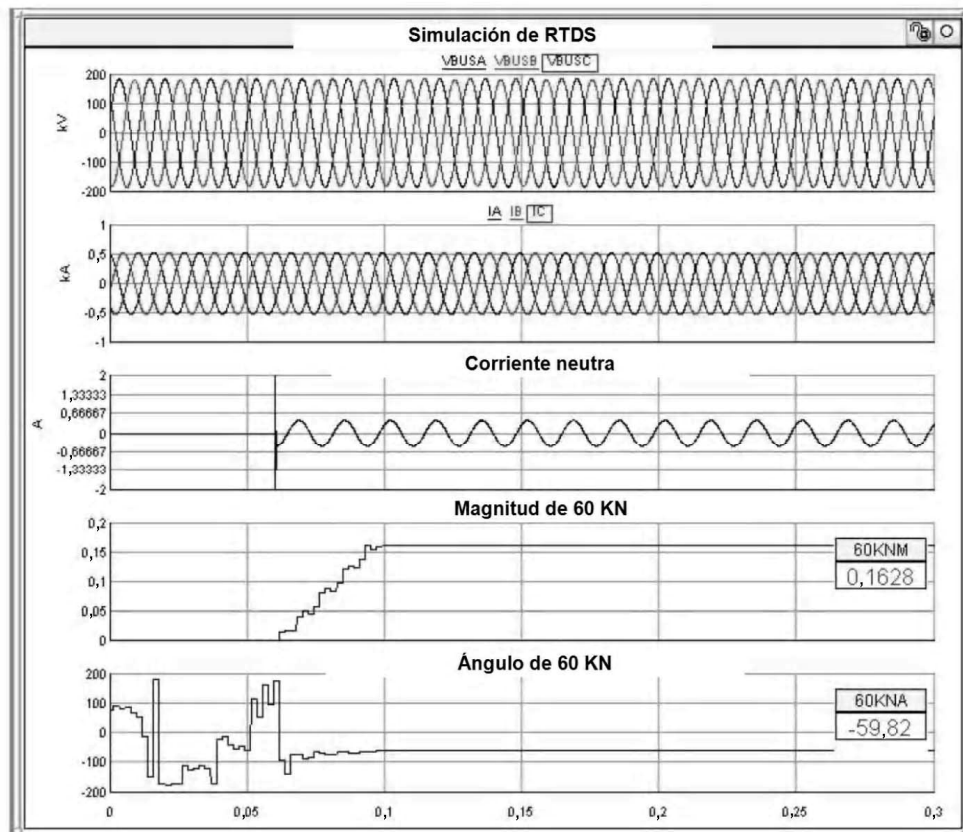


FIGURA 20