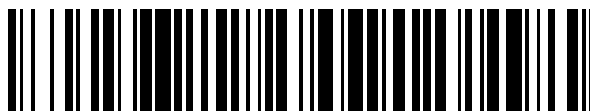


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 811**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02P 13/06 (2006.01)

H02J 3/12 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 5/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2014 PCT/EP2014/067330**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2015 WO15032598**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2014 E 14750734 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3042428**

54 Título: **Dispositivo y método para controlar la estabilidad de una red local con un transformador de circuito local regulable**

30 Prioridad:

03.09.2013 DE 102013109611

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

17.02.2020

73 Titular/es:

**MASCHINENFABRIK REINHAUSEN GMBH
(100.0%)
Falkensteinstrasse 8
93059 Regensburg, DE**

72 Inventor/es:

**BABIZKI, ALEXEI y
FENG, HAIJUN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 742 811 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

Dispositivo y método para controlar la estabilidad de una red local con un transformador de circuito local regulable

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para controlar la estabilidad de una red local con un transformador de circuito local regulable. En particular, la red local posee múltiples salidas, en la que cada una de las salidas comprende al menos un consumidor y/o al menos una planta de generación de energía descentralizada. Una barra colectora, que conecta las múltiples salidas de la red local, está conectada a un transformador de red local regulable, que también está conectado a la barra colectora a través de una línea eléctrica. A través de la barra colectora se prevé una medición de voltaje para la red local. Con un cambiador de tomas puede llevarse a cabo el ajuste de un voltaje de salida del transformador de circuito local.

Además, la presente invención se refiere a un método para controlar la estabilidad de una red local con un transformador de circuito local regulable.

15 La dirección del flujo de energía ya ha estado en la mira de los actores desde hace algún tiempo, ya que el flujo de energía puede cambiar en función de la situación actual de la red, de las condiciones climáticas, del consumo actual, así como del dimensionamiento de los alimentadores. Esto produce inevitablemente problemas con el mantenimiento del voltaje o daños en las bandas de tensión, que deben respetarse de acuerdo con la norma EN 50160. Las nuevas estructuras energéticas deben tener en cuenta este nuevo desarrollo y, si es necesario, compensarlo. Sin embargo, las redes concebidas en el pasado no han sido diseñadas para un flujo de energía bidireccional.

20 De acuerdo con la nueva directiva (VDE-AR-N 4105), que entró en vigencia en 2012, la potencia reactiva de los convertidores fotovoltaicos debe proporcionarse en función de la situación (potencia real alimentada). En consecuencia, tanto la potencia reactiva capacitiva como la inductiva desempeñan un papel cada vez más importante en la red de energía para el mantenimiento de la tensión. Hasta ahora, este punto no se ha considerado en ningún algoritmo de regulación.

25 Las redes eléctricas de la actualidad están dimensionadas en su modo de operación para el flujo de carga desde la planta de energía hasta el consumidor. Como regla general, la gestión de calidad en el operador de la red garantiza que se cumpla con los criterios de calidad para la calidad del voltaje de acuerdo con el documento DIN EN 50160 en todas las conexiones de consumo de la red respectiva.

30 La solicitud de patente alemana DE 10 2010 018 996 A1 describe un dispositivo y un método para medir la impedancia de red de una red de suministro eléctrico. En particular, en una red de suministro eléctrico en la que no hay o no está disponible un conductor de referencia. Al proporcionar una señal de excitación en diferentes fases encadenadas, se puede medir una señal de respuesta correspondiente. La impedancia de la red se calcula a partir de las diferentes señales de excitación y las diferentes señales de respuesta de las diferentes fases encadenadas.

35 En la solicitud de patente alemana DE 10 2011 108 255 A1 se puede encontrar un método para la regulación adaptativa de la tensión de alimentación en redes locales, en el que la energía eléctrica, en particular, en forma de energía solar y/o fotovoltaica puede ser alimentada y tomada por los consumidores. Para la regulación, se utiliza al menos un transformador, que se prevé entre una red de media tensión y una de baja tensión. Para llevar a cabo la regulación, se determinan diferentes variables de estado de al menos uno de los alimentadores/consumidores, como, por ejemplo, electricidad, voltaje, consumo, suministro de energía, pérdida de energía o similares, dentro de la red local respectiva. Estas variables de estado se transmiten por fase a un regulador, en particular, un regulador multivariable. El respectivo regulador compara estas variables de estado como valores de entrada con valores deseados / de referencia y genera al menos una variable de ajuste que se hace disponible para un transformador regulado electrónicamente. A través del transformador regulado electrónicamente, dentro de los niveles predefinibles de la variable de estado determinada en la respectiva red local se ajusta una tensión de red regulada que difiere que puede medirse en un punto predefinible de la red local.

40 La solicitud de patente europea EP 2 592 709 A1 describe un método para controlar la estabilidad de una red de bajo voltaje, en el que una red de bajo voltaje es alimentada por un transformador de circuito local con corriente eléctrica. En el transformador de circuito local, la media tensión se transforma en baja tensión. La red de bajo voltaje presenta una línea de alimentación principal, en la que la corriente eléctrica se conduce desde la línea de alimentación principal a través de un punto de ramificación de la red en al menos una línea de derivación, en la cual están/está conectado/s al menos un consumidor de energía (consumidor) y/o un generador de energía (alimentador). La línea de derivación con el consumidor y/o alimentador conectado a ella forma un área de red autosuficiente. En el punto de ramificación de la red, se dispone al menos un sensor en el que el punto de ramificación de la red ramifica la línea de derivación desde la línea de alimentación principal. Con el sensor es medido el flujo de corriente en la línea de derivación y/o el voltaje en la línea de derivación. Un consumo de corriente del consumidor desde la línea de derivación y/o una entrada de energía del alimentador en la línea de derivación y/o una entrada de corriente desde la línea de alimentación principal en la línea de derivación y/o la alimentación de la corriente eléctrica desde el transformador de circuito local en la red de baja tensión se basa en el flujo de corriente

determinado por el sensor y/o el voltaje detectado por el sensor regulado con la condición de que se evite una sobrecarga de la línea de derivación en el área de red y/o que se mantenga una banda de tensión en el área de red.

5 La solicitud de patente internacional WO 2011/076887 describe un método para la regulación de potencia dentro de un segmento de red de una red de tensión alterna que está provisto al menos temporalmente de al menos un sistema eléctrico de almacenamiento. El segmento de red está conectado a través de un transformador a un nivel de red superior de la red de tensión alterna, que funciona a un voltaje más alto que el segmento de red. Una fuente de alimentación del sistema eléctrico de almacenamiento en el segmento de red y/o una toma de energía del sistema eléctrico de almacenamiento del segmento de red tiene lugar en función de un parámetro operativo del segmento de red. Se prevé que también tenga lugar la fuente de alimentación en función de una diferencia de voltaje entre un voltaje de alimentación en un punto de alimentación del sistema eléctrico de almacenamiento y un voltaje de salida del transformador en un contacto conectado a la salida del transformador del lado del segmento.

15 El documento DE 10 2012 202273 A1 describe una disposición de transformador para la fuente de alimentación local. Esta disposición comprende un transformador para la conversión trifásica de un voltaje medio, que se suministra por medio de tres terminales de media tensión a partir del suministro supraregional de voltaje medio, a un voltaje bajo para el suministro de secciones de red local de una red local. El transformador está conectado del lado de entrada a los terminales de media tensión y del lado de salida con barras colectoras para la distribución de baja tensión. A partir de las barras colectoras, se encuentran las conexiones habituales a las secciones de red local, cada una de las cuales comprende una serie de hogares privados. Parte de los hogares tienen sistemas fotovoltaicos y, por lo tanto, pueden generar y retroalimentar la electricidad. Tanto el consumo de energía por parte de los hogares como la retroalimentación cambian el voltaje en partes de la sección de la respectiva red local. El cambio más evidente por lo general se encuentra en el punto de la sección de la red local más alejado de la disposición. La disposición incluye un dispositivo de control configurado para la medición trifásica de la corriente en las secciones de la red local y conectado para ello a las barras colectoras. El dispositivo de control mide el voltaje de una fase en las barras colectoras. Tanto el dispositivo de control como también el dispositivo para la medición de voltaje se llevan a cabo y disponen en la disposición, y se sirven para la medición solo en las conexiones y líneas allí existentes. Por lo tanto, no hay necesidad ni se prevé una conexión al exterior.

30 Con la ayuda de los resultados obtenidos de las simulaciones, se genera en el año la información requerida para la evaluación cuantitativa, como fluctuaciones de voltaje, corrientes y pérdidas en las líneas, así como la demanda de control (intensidad de conmutación y número de conmutaciones) del cambiador de tomas (On-Load Tap-Changer). Esta información aporta un claro valor añadido para las futuras estrategias de control, de este modo, se pueden mantener, por ejemplo, de manera mucho más efectiva los valores límite establecidos por las compañías de suministro de energía.

Es, por lo tanto, el objetivo de la presente invención proporcionar un dispositivo con el que se pueda mantener la estabilidad general del sistema de red local dentro de los valores límite predefinidos de una manera significativamente más eficaz, confiable y rentable.

40 Este objetivo se logra por medio de un dispositivo para controlar la estabilidad de una red local que comprende las características de la reivindicación 1.

Es, además, el objetivo de la presente invención proporcionar un método con el que se mantenga la estabilidad general del sistema de red local dentro de los valores límite predefinidos de una manera significativamente más eficaz, confiable y rentable.

Este objetivo se logra por medio de un método para controlar la estabilidad de una red local que comprende las características de la reivindicación 6.

50 La ventaja del dispositivo de acuerdo con la presente invención es que un dispositivo para la medición de la corriente, que está conectado a al menos un gran número de salidas y un dispositivo para la medición de voltaje, que está conectado a la barra colectora, están montados con una carcasa de transformador del transformador de circuito local. El dispositivo para la medición de corriente y el dispositivo para la medición de voltaje forman preferiblemente una unidad estructural. Del gran número de salidas, solo están conectadas al dispositivo para la medición de corriente las salidas críticas. En el caso de que el número de salidas críticas cambie en el transcurso del tiempo, el dispositivo para la medición de corriente debe ser reconfigurado. Esto puede tener lugar en un punto, a saber, en la carcasa del transformador o en la estación de red local. Además, en la carcasa del transformador también se instala un dispositivo de control con el dispositivo para la medición de corriente y el dispositivo para la medición del voltaje. Con el dispositivo de control, puede controlarse o ajustarse el cumplimiento de un límite de banda superior y un límite de banda inferior del voltaje en la red local. El dispositivo para la medición de corriente, el dispositivo para la medición de voltaje y el dispositivo de control forman un regulador de voltaje, que está conectado a un cambiador de tomas del transformador de red local para ajustar los niveles del transformador de red local.

65 El método de acuerdo con la presente invención para controlar la estabilidad de una red local se caracteriza por los siguientes pasos:

- Determinación de las salidas críticas de la red local;
- Determinación de la impedancia equivalente para cada salida crítica en el voltaje mínimo del nodo en el escenario emergente;
- Determinación de la impedancia equivalente para cada salida crítica en el voltaje máximo del nodo en el escenario emergente;
- Cálculo de la corriente compleja actual, en el que el cálculo se lleva a cabo para cada una de las salidas críticas de la red local;
- Cálculo de un voltaje de prueba;
- Control de un límite de banda superior y de un límite de banda inferior en función de una dirección de potencia aparente en un sistema de convención de signos pasivos del consumidor; y
- Cambio del voltaje en la red local por medio de que un cambiador de tomas ajusta una posición de toma en un transformador de circuito local, de modo que el voltaje en la red local permanezca dentro del límite de banda superior y del límite de banda inferior.

Un valor de voltaje se determina en un nodo crítico de las salidas críticas a partir del voltaje en una barra colectora y un aumento en el voltaje o una reducción en el voltaje. La medición del voltaje en la barra colectora, así como la medición de corriente en cada una de las salidas críticas se realizan en un dispositivo para la medición de corriente y en un dispositivo para la medición de voltaje en la carcasa del transformador.

A partir de los datos de la medición se calcula una potencia aparente de la salida crítica respectiva. Los datos de la medición se transmiten a un dispositivo de control, con el que se controla el cumplimiento del límite de banda superior y el límite de banda inferior del voltaje. Si se excede el límite superior de la banda o se está por debajo del límite inferior de la banda, el dispositivo de control dispone un ajuste de los niveles del transformador de circuito local.

Una clasificación de las salidas como salidas críticas de la red local puede caracterizarse cuando una gran alimentación o toma de energía, una longitud de una línea o cable de la respectiva salida o una alta impedancia de la línea o cable en la respectiva salida excede un umbral predefinido.

A continuación, la presente invención y sus ventajas se describirán en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. En estos se ilustra:

- La Figura 1A, una representación esquemática para el análisis de la reducción en el voltaje;
- la Figura 1B, una representación esquemática para el análisis del aumento en el voltaje;
- la Figura 2, una representación gráfica de la relación entre la impedancia y el voltaje de un límite superior de banda y un límite inferior de banda;
- la Figura 3, una representación esquemática del dispositivo para el control de la estabilidad de una red local;
- la Figura 4, un diagrama de flujo del método para controlar la estabilidad de una red local; y
- la Figura 5, Verificación de B_O y B_U de acuerdo con la potencia aparente actual (sistema de convención de signos pasivos del consumidor).

Para los mismos elementos o elementos equivalentes de la presente invención, se usan símbolos de referencia idénticos. Además, para una mayor claridad, solo se representan símbolos de referencia en las figuras individuales, que sean necesarios para la descripción de la respectiva figura. Las formas de realización representadas son sencillamente ejemplos de cómo se pueden diseñarse el dispositivo y el método de acuerdo con la presente invención.

La figura 1A muestra una representación esquemática para el análisis de la reducción en el voltaje y la figura 1B muestra una representación esquemática para el análisis del aumento en el voltaje. El algoritmo de control propuesto se trata de un método que tiene en cuenta tanto la potencia reactiva como también la real. En este caso, se diferencia la impedancia de red equivalente para el aumento y disminuir en el voltaje y se determina por separado para los dos casos teóricamente posibles (véanse las figuras 1A o 1B).

En el ejemplo que se muestra en la figura 1A y en la figura 1B, está conectado un consumidor 5 en la barra colectora 8 en el primer nodo 22₁. En el segundo nodo 22₂ también está conectado un consumidor 5 y una planta de generación de energía descentralizada 6. La barra colectora 8 está conectada a un transformador de circuito local regulable 10.

Este método puede explicarse con mayor exactitud con referencia al caso de una reducción en el voltaje (figura 1A) y el caso de un aumento en el voltaje (figura 1B). Al emplear las leyes de Kirchoff y la información adicional a partir de los nodos afectados 22₁ y 22₂, puede determinarse la impedancia equivalente Z_{eq}^{\min} en el caso de la reducción mínima en el voltaje y la impedancia equivalente Z_{eq}^{\max} en el caso del aumento máximo en el voltaje. Sobre la base

de la impedancia de red calculada Z_{eq}^{\min} o Z_{eq}^{\max} y de la corriente compleja determinada en la salida 4, se determina la reducción en el voltaje $\Delta \underline{u}$ o el aumento en el voltaje $\Delta \underline{u}$ entre la barra colectora 8 y el segundo nodo crítico 22₂. Una salida 4 se indica como crítica si hay una gran alimentación o toma de energía, si forma una larga línea o cable de la salida 4 o hay una gran impedancia de línea o cable en la respectiva salida 4.

5

La reducción en el voltaje $\Delta \underline{u}$ el aumento en el voltaje $\Delta \underline{u}$ se calcula a partir de la ecuación (1):

$$\Delta \underline{u} = \underline{u}_{SS} - \underline{u}_2 \quad (1)$$

10 En la que: \underline{u}_{SS} representa el valor de medición en la estación transformadora.

Para la reducción en el voltaje se aplican las ecuaciones (2) y (3):

$$\Delta \underline{u} = (\underline{I}_1 + \underline{I}_2) \times \underline{Z}_{eq}^- = (\underline{I}_1 + \underline{I}_2) \times \underline{Z}_1 + \underline{I}_2 \times \underline{Z}_2 \quad (2)$$

15

y

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{eq}^- &= \underline{Z}_1 + \frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_1 + \underline{I}_2} \times \underline{Z}_2 \\ |\underline{Z}_{eq}^-| &< |\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2| \end{aligned} \quad (3)$$

20 Para el aumento en el voltaje se aplican las ecuaciones (4) y (5):

$$-\Delta \underline{u} = (\underline{I}_2 - \underline{I}_1) \times \underline{Z}_{eq}^+ = (\underline{I}_2 - \underline{I}_1) \times \underline{Z}_1 + \underline{I}_2 \times \underline{Z}_2 \quad (4)$$

25

y

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{eq}^+ &= \underline{Z}_1 + \frac{\underline{I}_2}{\underline{I}_2 - \underline{I}_1} \times \underline{Z}_2 \\ |\underline{Z}_{eq}^+| &> |\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2| \end{aligned} \quad (5)$$

Para la reducción en el voltaje, se determina la corriente $\underline{I}_1 + \underline{I}_2$ en la salida 4 a partir de P y Q y también se mide \underline{u}_{SS} en la estación transformadora. Para un voltaje normal \underline{u}_2 en el segundo nodo 22₂, se aplica la ecuación (6).

30

$$\underline{u}_2 = \underline{u}_{SS} - \underline{Z}_{eq}^- (\underline{I}_1 + \underline{I}_2) \quad (6)$$

En la que se aplica:

$$\underline{Z}_{eq}^- = \frac{\underline{u}_{SS} - \underline{u}_2}{\underline{I}_1 + \underline{I}_2}$$

35

Para un voltaje mínimo \underline{u}_2^{\min} se aplica la ecuación (7)

$$\underline{u}_2^{\min} = \underline{u}_{SS} - \underline{Z}_{eq}^{\min} (\underline{I}_1 + \underline{I}_2) \quad (7)$$

40

En la que se aplica:

$$\underline{Z}_{eq}^{\min} = \frac{\underline{u}_{SS} - \underline{u}_2^{\min}}{\underline{I}_1 + \underline{I}_2}$$

De este modo resulta para la mayoría de las situaciones

$$\left| \underline{Z}_{eq}^- \right| < \left| \underline{Z}_{eq}^{\min} \right|$$

$$\left| \underline{u}_2^{\text{Prüf}} \right| = \left| \underline{u}_{SS} - \underline{Z}_{eq}^{\min} \times (\underline{I}_1 + \underline{I}_2) \right| < \left| \underline{u}_2 \right|$$

Para el aumento en el voltaje, se determina la corriente $I_2 - I_1$ en la salida 4 a partir de P y Q y también se mide \underline{u}_{SS} en la estación transformadora. Para un voltaje normal u_2 en el segundo nodo 22₂ (Figura 1B), se aplica la ecuación (8).

$$\underline{u}_2 = \underline{u}_{SS} + \underline{Z}_{eq}^+ (\underline{I}_2 - \underline{I}_1) \quad (8)$$

En la que se aplica:

$$\underline{Z}_{eq}^+ = \frac{\underline{u}_2 - \underline{u}_{SS}}{\underline{I}_2 - \underline{I}_1}$$

Para un voltaje máximo \underline{u}_2^{\max} en el segundo nodo 22₂ (Figura 1B), se aplica la ecuación (9).

$$\underline{u}_2^{\max} = \underline{u}_{SS} + \underline{Z}_{eq}^{\max} (\underline{I}_2 - \underline{I}_1) \quad (9)$$

En la que se aplica:

$$\underline{Z}_{eq}^{\max} = \frac{\underline{u}_2^{\max} - \underline{u}_{SS}}{\underline{I}_2 - \underline{I}_1}$$

De este modo resulta para la mayoría de las situaciones

$$\left| \underline{Z}_{eq}^+ \right| < \left| \underline{Z}_{eq}^{\max} \right|$$

$$\left| \underline{u}_{2+}^{\text{Prüf}} \right| = \left| \underline{u}_{SS} + \underline{Z}_{eq}^{\max} \times (\underline{I}_2 - \underline{I}_1) \right| > \left| \underline{u}_2 \right|$$

La figura 2 muestra una representación gráfica de la relación entre la impedancia Z y el voltaje U desde un límite de banda superior B_O y un límite de banda inferior B_U . El límite de banda superior B_O y el límite de banda inferior B_U dependen de un voltaje de referencia U_{Soll} . Si el voltaje de referencia U_{Soll} asciende, por ejemplo, a 400V, entonces el límite de banda superior B_O difiere, por ejemplo, en +2% y el límite de banda inferior B_U en -2% del voltaje de referencia U_{Soll} . Si el límite de banda superior B_O y el límite de banda inferior B_U se exceden o caen por debajo, la posición de toma del transformador de circuito local 10 se ajusta en consecuencia con el cambiador de tomas 14, de modo que se evite exceder o no alcanzar el límite de banda superior B_O o el límite de banda inferior B_U .

La figura 3 muestra una representación esquemática del dispositivo 1 para el control de la estabilidad de una red local 3. La red local 3 tiene un gran número de salidas 4₁, 4₂, ..., 4_M, en la que cada salida 4₁, 4₂, ..., 4_M comprende al

menos un consumidor 5 y/o al menos una planta de generación de energía descentralizada 6. Como una planta descentralizada de generación de energía 6 puede comprenderse un sistema fotovoltaico, una planta de biogás, etc. En la ilustración mostrada en la figura 3, en la primera salida 4_1 hay tres consumidores 5, de los cuales un consumidor 5 tiene como una planta descentralizada de generación de energía 6 un sistema fotovoltaico en el techo de la casa. La salida número M 4_M tiene dos consumidores 5 y una de las plantas descentralizadas de generación de energía independiente 6 de los consumidores 5 es también un sistema fotovoltaico. Con una barra colectora 8, el gran número de salidas $4_1, 4_2, \dots, 4_M$, están conectadas entre sí o interconectadas, y conectadas a un transformador de circuito local regulable 10. El transformador de circuito local 10 está conectado a la barra colectora 8 a través de un cable 11. Se prevé una medición de voltaje para la red local 3 y se conecta a un cambiador de tomas 14 para ajustar un voltaje de salida del transformador de circuito local 10. El transformador de circuito local 10 está alojado en una carcasa del transformador 20. Del mismo modo, están montados en la carcasa del transformador 20 un dispositivo 16 de medición de corriente, que está conectado al menos a una de las múltiples salidas $4_1, 4_2, \dots, 4_M$, y un dispositivo 18 para medición de voltaje, que está conectado a la barra colectora 8.

En la ilustración mostrada en la figura 3, se representan cuatro salidas $4_1, 4_2, 4_3$ y 4_M . En este caso, la segunda salida 4_2 y la tercera salida 4_3 , que parten del nodo 22, se indican como salidas críticas. La primera salida 4_1 y la cuarta salida 4_M que parten del nodo 23 se han evaluado como salidas no críticas y, por lo tanto, no se tienen en cuenta en el control de la estabilidad de la red local 3. Con el dispositivo 16 para la medición de corriente, se miden, por lo tanto, en la carcasa del transformador 20 solo la corriente I_2 de la segunda salida 4_2 y la corriente I_3 de la tercera salida 4_3 . De forma paralela, el dispositivo 18 mide el voltaje que se encuentra en la barra colectora 8. Las potencias aparentes S_2 y S_3 de las salidas 4_2 y 4_3 se calculan a partir de los datos de medición y a continuación, se transmiten a un dispositivo de control 24 con el que se controla el cumplimiento del límite de banda superior B_O y el límite de banda inferior B_U . El dispositivo 16 para la medición de corriente, el dispositivo 18 para la medición de voltaje y el dispositivo de control 24 forman un regulador de voltaje 26 para el ajuste de los niveles del transformador de circuito local 10.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo del método de acuerdo con la presente invención para controlar la estabilidad de una red local 3. Primero, tiene lugar la determinación 32 de las salidas críticas de la red local 3. Esto es seguido por una determinación 30 de la impedancia equivalente Z_{eq}^{\min} para cada salida crítica en el voltaje mínimo del nodo y una determinación 31 de la impedancia equivalente Z_{eq}^{\max} para cada salida crítica en el voltaje máximo del nodo. La determinación 30, 31 puede tener lugar por simulación o por medición en la red local real 3 a controlar. Un cálculo 33 por sistema por unidad (ver ecuación 10) de P y Q, se lleva a cabo para cada una de las salidas críticas de la red local 3 (sistema de convención de signos pasivos del consumidor).

$$\underline{I} = \frac{P - jQ}{u_{SS}} \quad (10)$$

A continuación de esto, se realiza un cálculo 34 de $u_2^{\text{Prüf}}$, en el que para la reducción en el voltaje se aplica $\left| \underline{u}_{2-}^{\text{Prüf}} \right| = \left| u_{SS} - Z_{eq}^{\min} \times \underline{I} \right|$ y para el aumento en el voltaje se aplica $\left| \underline{u}_{2+}^{\text{Prüf}} \right| = \left| u_{SS} - Z_{eq}^{\max} \times \underline{I} \right|$.

En función de la dirección de la potencia aparente, tiene lugar un control 35 del límite de banda superior B_O y del límite de banda inferior B_U . Si el límite de banda superior B_O y el límite de banda inferior B_U se exceden o caen por debajo, se lleva a cabo un cambio 36 del voltaje en la red local 3. Para este propósito, se ajusta en consecuencia la posición de toma del transformador de circuito local 10 por medio del cambiador de tomas 14, de modo que se evite exceder o no alcanzar el límite de banda superior B_O o el límite de banda inferior B_U . El cálculo de I siempre se lleva a cabo para lograr un ajuste actual de la tensión o el control de la estabilidad de la red local 3.

En el caso de que cambie la cantidad de salidas críticas en una red local existente, se llevan a cabo nuevamente los pasos 30 a 31. Del mismo modo, es necesario volver a configurar el dispositivo 1 de la Figura 3. Esto significa que debe lograrse la posibilidad de controlar y medir las salidas previamente clasificadas como no críticas. En estos métodos, las corrientes se miden en la carcasa del transformador 20 o la estación de red local en todas las salidas críticas calculadas de antemano o simuladas. En este caso, sin embargo, no se emplean sensores remotos costosos e inestables.

La figura 5 muestra el control (sistema de convención de signos pasivos del consumidor 40) de B_O y B_U en cuatro cuadrantes que se utilizan para la regulación del voltaje en función de la potencia aparente.

Listado de referencias

- 1 Dispositivo
- 3 Redes locales

ES 2 742 811 T3

	4, 4 ₁ , 4 ₂ , 4 _M	Salidas
	5	Consumidor
	6	Planta descentralizada de generación de energía independiente
	8	Barra colectora
5	10	Transformador de circuito local
	11	Cable
	12	Medición de corriente
	14	Cambiador de tomas
	16	Dispositivo para la medición de corriente
10	18	Dispositivo para la medición de voltaje
	20	Carcasa del transformador
	22, 22 ₁ , 22 ₂	Nodos críticos
	23	Nodos no críticos
	24	Dispositivo de control
15	26	Regulador de voltaje
	30	Determinación
	31	Determinación
	32	Determinación
	33	Cálculo
20	34	Cálculo
	35	Control
	36	Cambio
	40	Sistema de convención de signos pasivos del consumidor
	B _o	Límite de banda superior
25	B _u	Límite de banda inferior
	I	Corriente
	P	Potencia inductiva
	Q	Potencia capacitiva

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) para el control de la estabilidad de una red local (3), con

- un gran número de salidas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$), en la que cada salida ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) comprende al menos un consumidor (5) y/o al menos una planta de generación de energía descentralizada (6);
- con una barra colectora (8) que conecta el gran número de salidas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) entre sí;
- con un transformador de circuito local regulable (10), que también está conectado a la barra colectora (8) a través de una línea eléctrica (11), con la cual se proporciona una medición de voltaje (12) para la red local (3); y
- con un cambiador de tomas (14) para ajustar un voltaje de salida del transformador de circuito local (10);
- en el que un dispositivo (16) para la medición de corriente que está conectado a al menos una de las múltiples salidas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) y un dispositivo (18) para la medición de voltaje conectado a la barra colectora (8) están montados con una carcasa del transformador (20); caracterizado porque,
- del gran número de salidas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) solo se conectan salidas críticas para la medición de corriente con el dispositivo (16).

2. Dispositivo (1) según la reivindicación anterior, en donde

- una salida ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) se clasifica como una salida crítica si
 - una alimentación de energía en la salida respectiva excede un primer umbral predefinido; o
 - una toma de energía en la salida respectiva excede un segundo umbral predefinido; o
 - una longitud de una línea o de un cable de la salida respectiva excede un tercer umbral predefinido; o
 - una impedancia de la línea o del cable en la salida respectiva excede un tercer umbral predefinido.

3. Dispositivo (1) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde

- se instala un dispositivo de control (24) con el dispositivo (16) para la medición de corriente y el dispositivo (18) para la medición del voltaje en la carcasa del transformador (20), a través del cual se puede controlar el cumplimiento de un límite de banda superior (B_O) y de un límite de banda inferior (B_U).

4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde

- el dispositivo (16) para la medición de corriente, el dispositivo (18) para la medición de voltaje y el dispositivo de control (24) forman un regulador de voltaje (26), que está conectado a un cambiador de tomas (14) del transformador de red local (10) para ajustar los niveles del transformador de red local (10).

5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde

- el cambiador de tomas se construye de acuerdo con el principio de conmutación del reactor.

6. Método para controlar la estabilidad de una red local (3), que comprende los pasos

- Determinación (32) de las salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) de la red local (3);
- Determinación (30) de la impedancia equivalente para cada salida crítica en el voltaje mínimo en la red local (3) a controlar y regular;
- Determinación (31) de una impedancia equivalente para cada salida crítica en el voltaje máximo en la red local (3) a controlar y regular;
- Cálculo de la corriente actual para cada una de las salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) de la red local (3), en el que el cálculo se lleva a cabo para cada una de las salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) de la red local (3);
- Cálculo (34) de un voltaje de prueba;
- Control (35) de un límite de banda superior (B_O) y de un límite de banda inferior (B_U) en función de una dirección de potencia aparente en un sistema de convención de signos pasivos del consumidor (40); y
- Cambio (36) del voltaje en la red local (3) por medio de que un cambiador de tomas (14) ajusta una posición de toma en un transformador de circuito local (10), de modo que el voltaje en la red local (3) permanezca dentro del límite de banda superior (B_O) y del límite de banda inferior (B_U).

7. Método según la reivindicación 6, en donde

- un valor de voltaje se determina en cada nodo crítico (22) de las salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) a partir del voltaje en una barra colectora (8) y un aumento en el voltaje o una caída en el voltaje.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, en donde

- la medición del voltaje en la barra colectora (8), así como una medición de corriente en cada una de las salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) se lleva a cabo en la carcasa del transformador (20) con un dispositivo (16) para la medición de corriente y con un dispositivo (18) para la medición de voltaje.

5 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde

- las respectivas salidas críticas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) se calculan a partir de los datos de medición y se transmiten a un dispositivo de control (24) con el que se controla el cumplimiento del límite de banda superior (B_O) y el límite de banda inferior (B_U).

10

10. Método según la reivindicación 8, en donde

- si se excede el límite superior de la banda (B_O) o se está por debajo del límite inferior de la banda (B_U), el dispositivo de control (24) dispone un ajuste de los niveles del transformador de circuito local (10).

15

11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en donde

- una clasificación de las salidas ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) como salidas críticas de la red local (3) puede caracterizarse cuando una alimentación o toma de energía, una longitud de una línea o de un cable de la salida ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) o una impedancia de la línea o del cable en la respectiva salida ($4_1, 4_2, \dots, 4_M$) excede un umbral predefinido.

20

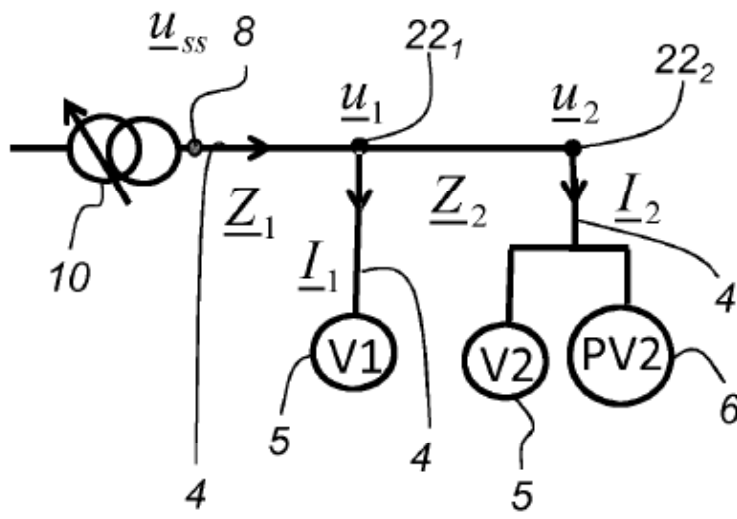


Fig. 1A

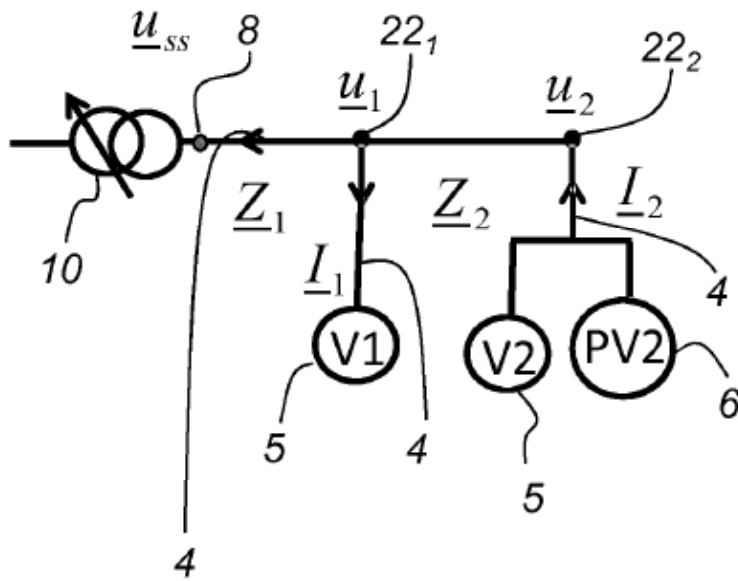


Fig. 1B

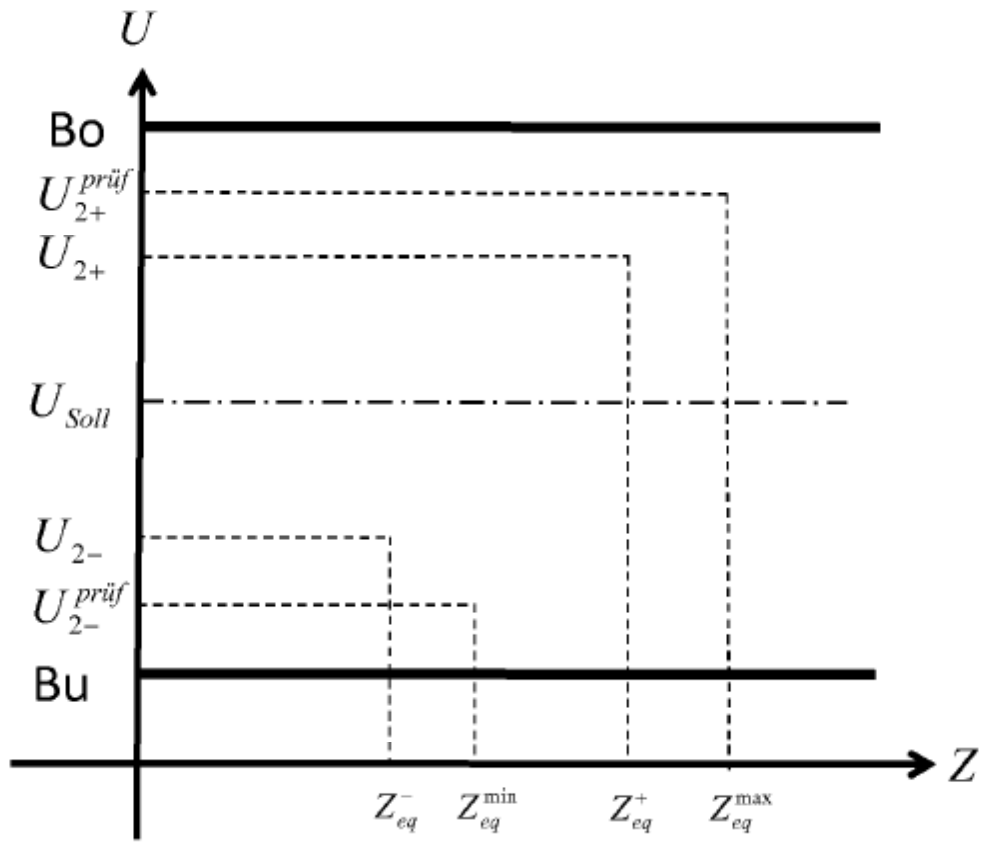


Fig. 2

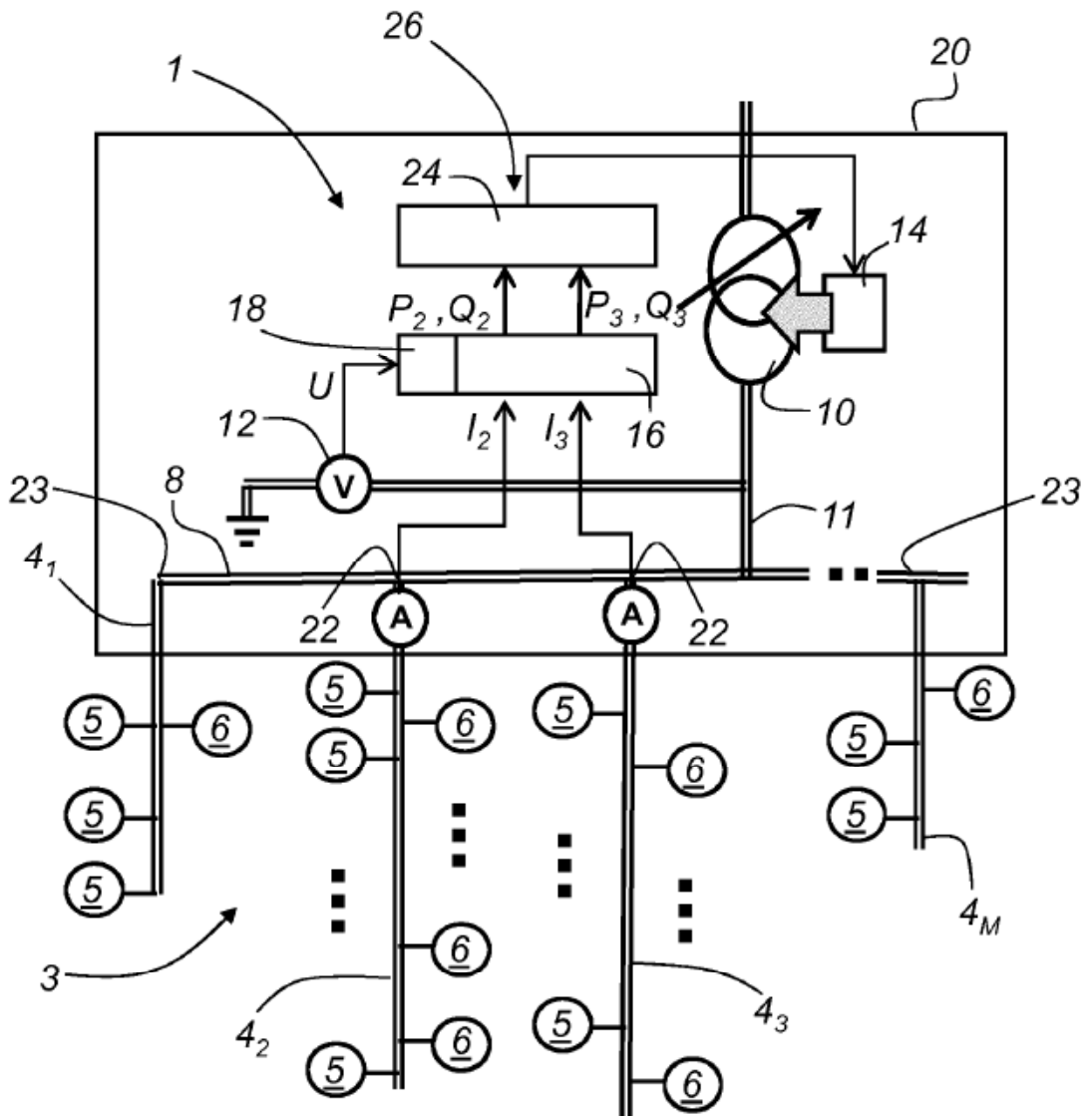


Fig. 3

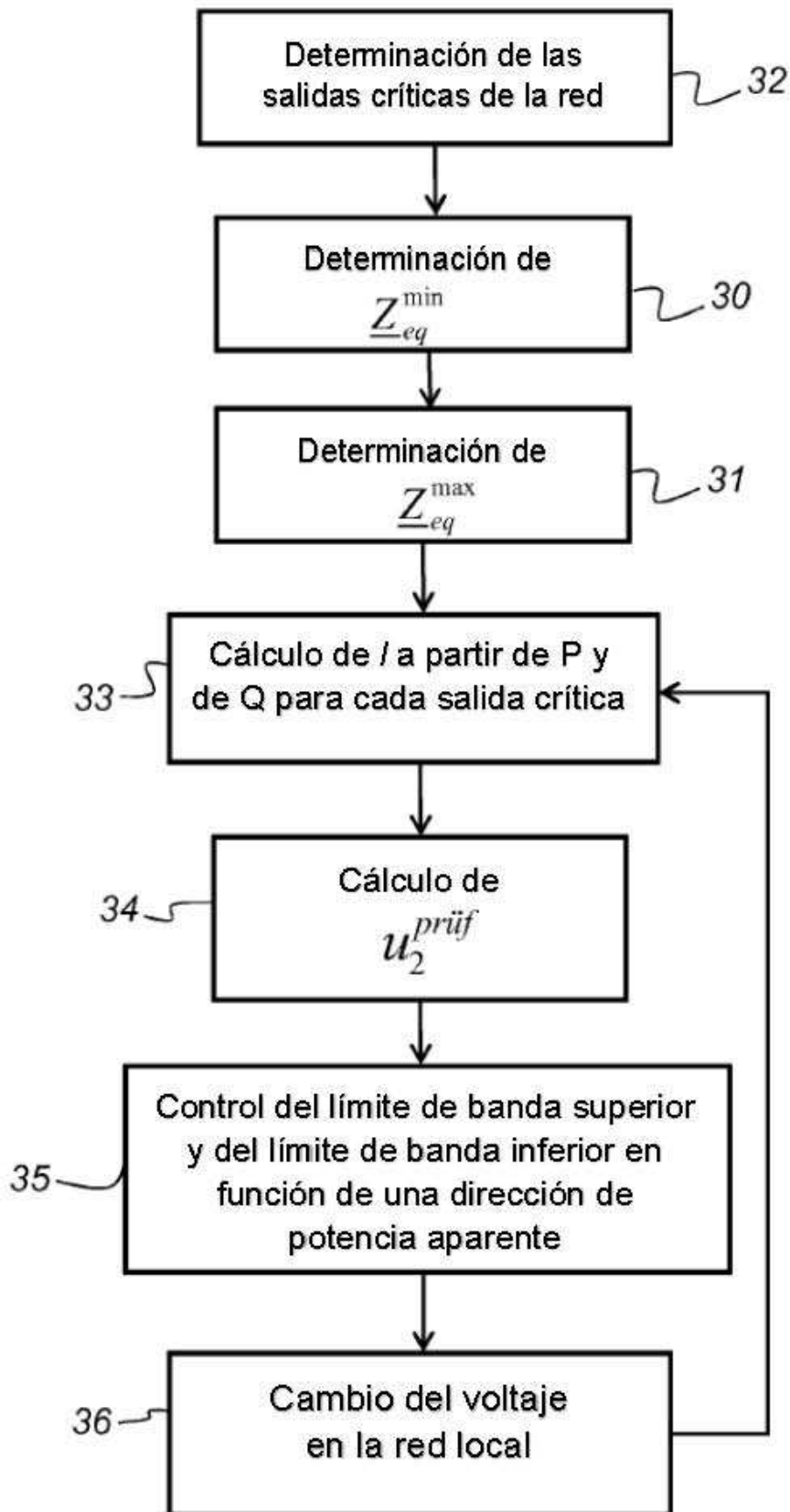


Fig. 4

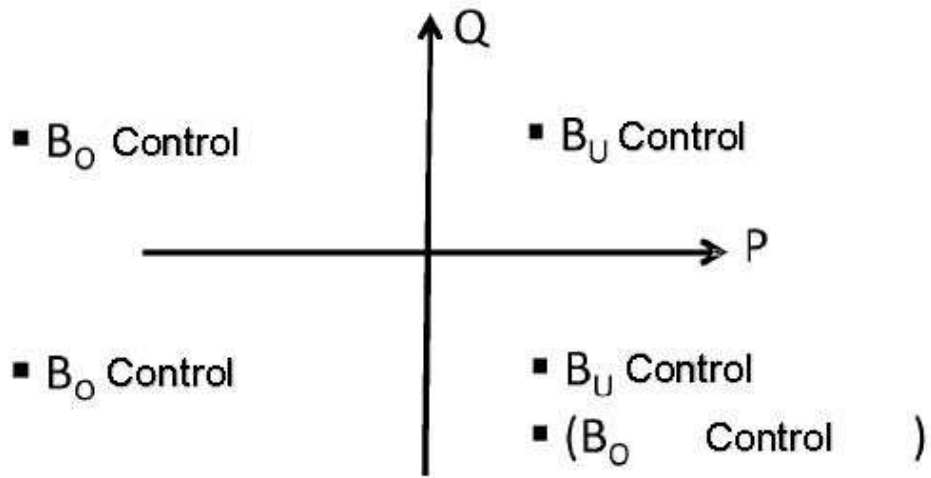


Fig. 5