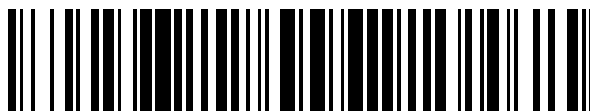


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 848**

51 Int. Cl.:

H02J 3/06 (2006.01)

H02J 3/16 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2015** **E 15152153 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020** **EP 2930812**

54 Título: **Gestión de potencia reactiva**

30 Prioridad:

09.04.2014 DE 102014005168

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

17.11.2020

73 Titular/es:

**RWE DEUTSCHLAND AG (100.0%)
Kruppstrasse 5
45128 Essen, DE**

72 Inventor/es:

**GAUL, ARMIN, DR.-ING. y
HAMMERSCHMIDT, TORSTEN, DR.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 793 848 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

Gestión de potencia reactiva

5 El objeto se refiere a un procedimiento, un dispositivo de control, así como un sistema para la gestión de potencia reactiva en una red eléctrica de baja tensión. Preferiblemente se realiza en concreto una gestión de flujos de potencia reactiva. Esto se puede hacer concretamente en la red de baja o de media tensión.

10 Debido al objetivo político dado de la transición energética, las instalaciones de generación descentralizadas son promovidas cada vez más. Estas incluyen especialmente instalaciones de energía eólica, instalaciones de biomasa, instalaciones hidroeléctricas, instalaciones fotovoltaicas, así como instalaciones de energía marina y geotérmicas, todas las cuales permiten la generación de corriente alternativa, además de las instalaciones que funcionan con combustibles fósiles y combustibles nucleares.

Los instalaciones de generación descentralizadas mencionadas, así como otras (en lo que sigue a veces denominadas centrales eléctricas), son operadas por suscriptores dentro de una red de distribución, preferiblemente una red de baja tensión. Tales instalaciones generan energía eléctrica a partir de otros recursos energéticos.

15 Sin embargo, como antes deben cumplirse requisitos estrictos con respecto a la calidad del voltaje que se va a suministrar; en particular el voltaje de red para los suscriptores conectados a la baja tensión solo puede fluctuar dentro de una banda de voltaje muy estrecha de por ejemplo $\pm 10\%$ en torno al voltaje nominal de 400 V o 230 V. Además de inyectar energía, los suscriptores también pueden ser receptores de energía eléctrica y la inyección y la obtención de un suscriptor fluctúan independientemente una de la otra. Estas fluctuaciones en la obtención y en la inyección son desafíos importantes para los operadores de red, que están obligados a garantizar siempre la calidad de voltaje mencionada en las conexiones de red de los suscriptores.

El documento US 2013/0161951 A1 da a conocer un procedimiento para la determinación de un rango de limitación de voltaje que define un rango de voltaje de referencia de turbinas eólicas para una turbina eólica con el fin de controlar un voltaje de salida en un terminal de salida de la turbina eólica.

25 El documento EP 1 906 505 A1 muestra un convertidor para una red de suministro que presenta un relación teórica entre la tensión de red y la potencia activa o potencia reactiva que presenta una zona sin influencia dependiente de una impedancia de red de la red de suministro.

El documento EP 2 693 588 A1 muestra un sistema para el control de una red de suministro.

30 El documento DE 10 2011122 580 A1 describe un procedimiento para operar una red electrónica de suministro que presenta un transformador, en el que el transformador transforma el voltaje desde un nivel de voltaje superior con un primer voltaje nominal, que está permitido sobrepasar en el funcionamiento de red hasta un voltaje máximo permitido.

El artículo "Increasing Grid Transmission Capacity and Power Quality by a new Solar Inverter Concept and Inbuilt Data Communication" de Peter Esslinger y Rolf Witzmann describe un procedimiento en el cual se emplea potencia reactiva que es generada por inversores solares para elevar la eficacia y la calidad de la red.

35 La presentación "Smart Distribution Systems for a Low Carbon Energy Future Workshop" de Mark McGranaghan de 6- 9 de junio de 2011 en Frankfurt, muestra el desarrollo en el ámbito de redes inteligentes.

El documento US 5,760,492 describe un sistema de control para un sistema de transmisión y distribución de potencia con varias unidades que suministran y reciben energía distribuidas y que contienen, respectivamente, una unidad de control y están dispuestas en una línea de distribución de corriente.

40 El documento DE 10 2011 012 695 A1 da a conocer un procedimiento para mantener la estabilidad de la red en una red eléctrica de suministro. A la red de suministro están conectados a través de un primer punto de conexión de red un proveedor de red y a través de un segundo punto de conexión de red un transformador variable.

45 Es conocido que debido a los cambios de carga entre la obtención y la inyección de energía, así como por la volatilidad de ambas, se producen oscilaciones del voltaje de red. Sin embargo, el voltaje de red no debe salir del rango predeterminado. No obstante, con el aumento de la generación descentralizada, las amplitudes de estas fluctuaciones aumentan, de modo que a partir de un punto determinado, que es diferente para cada red de distribución y cada nivel de red, puede ser necesario expandir la red para conectar otras instalaciones de generación descentralizadas. En el pasado, las redes de distribución existentes estaban diseñadas únicamente para las fluctuaciones de voltaje resultantes de las fluctuaciones en la obtención de energía y no para las fluctuaciones causadas adicionalmente por la generación descentralizada.

50 Además de expandir la red, en el caso de una alta generación descentralizada, la obtención de potencia reactiva de los suscriptores ofrece la posibilidad de atenuar las elevaciones de voltaje asociadas a la inyección y, por tanto, permite la conexión de otros generadores descentralizados inicialmente sin expansión o refuerzo de la red.

- 5 Es sabido que los suscriptores en una red de suministro, en particular en las redes de media y baja tensión, pueden implementar flujos de potencia reactiva prefijados. También se sabe que en un punto de transferencia entre el nivel de media tensión y el nivel de baja tensión, en particular en la zona de un transformador de red local, puede tener lugar una compensación de potencia reactiva. La compensación de potencia reactiva se realiza así habitualmente a través del nivel de red aguas arriba, en particular a través de las centrales eléctricas conectadas a la red de distribución.
- 10 Sin embargo, la compensación de potencia reactiva, que está predefinida por el estado de técnica, rara vez conduce a resultados satisfactorios en caso de inyección variable a través de instalaciones de generación descentralizadas. Además, la cuestión de la ubicación de la generación de potencia reactiva y el cumplimiento de especificaciones de potencia reactiva en el punto de transferencia a un operador de red aguas arriba no se tiene en cuenta en las soluciones conocidas. Los generadores descentralizados regulan la potencia reactiva exclusivamente sobre la base de valores medidos locales sin una instancia de optimización general.
- 15 Por esta razón, el contenido se basa en el objeto de regular el perfil de voltaje a lo largo de un tramo de línea de una red de baja tensión mediante la variación del flujo de potencia reactiva.
- 20 Para llevar a cabo este objeto se propone concretamente un procedimiento según la reivindicación 1, un dispositivo de control según la reivindicación 10, así como un sistema según la reivindicación 11.
- 25 Concretamente se realiza una mejora u optimización del perfil de voltaje en la red de baja tensión, teniendo en cuenta la topología de red actual y/o un perfil de voltaje medido o interpolado y/o las posibilidades de variar automáticamente los flujos de potencia reactiva de suscriptores individuales o de todos los suscriptores en etapas de tiempo discretas. En particular, por un dispositivo de control central asignado a una parte de red, por ejemplo a una instalación de generación, es determinada la potencia reactiva que obtiene o inyecta un suscriptor dependiendo de las magnitudes de entrada de la optimización, y es transmitida al suscriptor.
- 30 En concreto, preferentemente para cada instalación de generación descentralizada en el ámbito de red considerado se calcula un valor decisivo de un flujo de potencia reactiva. El objetivo es mejorar el perfil de voltaje en una red de baja tensión, eventualmente optimizarlo. Para ello, en una red de baja tensión el objetivo principal es garantizar siempre el mantenimiento del rango de voltaje a ser posible en todos los puntos de conexión de suscriptores, ya sean aquellos con una instalación de generación o también consumidores puros. Luego, preferiblemente se intenta además maximizar la distancia del voltaje real en los puntos de conexión de los suscriptores desde los límites de las bandas de voltaje. En este caso, se intenta preferiblemente aumentar la suma de todas las distancias de todos los suscriptores respecto a los límites de la banda de voltaje manteniendo la banda de voltaje, preferiblemente maximizarla. El óptimo se alcanzaría entonces cuando el voltaje en todos los suscriptores estuviera exactamente en el medio entre el límite superior e inferior de la banda de voltaje. Como regla general este óptimo no se puede conseguir. Esta optimización se lleva a cabo preferiblemente teniendo en cuenta sobre todo la topología de una red de baja tensión.
- 35 Además se tienen en cuenta sobre todo las posibilidades técnicas de cada instalación de generación individual. Para ello se lleva a cabo una medición distribuida de magnitudes eléctricas, preferiblemente de un voltaje de red. Sin embargo, también es posible medir localmente de forma alternativa o acumulativa tanto los flujos de potencia activa como los de potencia reactiva. Para este propósito pueden estar dispuestos dispositivos de medición a lo largo de la red de baja tensión, que miden el voltaje actual en la ubicación respectiva. Los valores medidos pueden ser proporcionados a la central.
- 40 Un dispositivo de control recibe información sobre las magnitudes eléctricas medidas desde los dispositivos de medición y realiza una optimización de la banda de voltaje para una red de baja tensión respectiva, en particular para un área de red determinada. En primer lugar, es evaluada la información sobre las magnitudes eléctricas recibidas. Con ayuda de las magnitudes eléctricas recibidas y el conocimiento de la topología de la red de baja tensión, el dispositivo de control puede calcular el perfil de voltaje en la red de distribución.
- 45 En particular, además de las magnitudes eléctricas medidas, las posiciones relativas o absolutas de los dispositivos de medición que se encuentran dentro de un tramo de línea son transmitidas igualmente al dispositivo de control o son almacenadas en el dispositivo de control por preajuste/programación. Además, la topología de la red es conocida dentro de una central, en particular mediante preajuste/programación por parte de un operador de red.
- 50 El dispositivo de control conoce la topología de red actual, preferiblemente mediante transferencia automática de datos desde un sistema del operador de red. Además de los puntos de medición y los datos de medición transmitidos desde allí, esta sirve como variable de entrada para la determinación del perfil de voltaje.
- De esta manera, el perfil de voltaje puede ser determinado en toda la línea o en el área de la red bajo consideración. Los valores no medidos en las ubicaciones de los suscriptores pueden determinarse mediante el cálculo y, por tanto, el curso del voltaje entre los puntos de medición puede interpolarse.
- 55 Las posiciones de los suscriptores y las posibilidades técnicas de las instalaciones de generación descentralizadas - incluidas las eventualmente existentes dependencias de la potencia reactiva - de la inyección de potencia activa actual - también se pueden dar a conocer al dispositivo de control automáticamente o una vez durante la puesta en marcha mediante preajuste o programación.

Una red de distribución puede entenderse concretamente como una red de baja tensión que está dispuesta detrás de un transformador de red local. En particular, una red de distribución es una red de este tipo, que es alimentada con una red de nivel superior mediante separación galvánica a través de un transformador.

5 A la información recibida sobre la magnitud eléctrica se le asigna una posición del dispositivo de medición local dentro de una red de baja tensión. Por tanto se conoce la posición del dispositivo de medición dentro de la red de distribución. Esto hace posible calcular el perfil de voltaje a lo largo de los tramos de línea de la red de distribución, en particular interpolar entre los puntos de medición.

10 Sobre la base de los valores medidos, así como de la posición de los valores medidos, se crea un perfil de voltaje a lo largo de los tramos de línea de la red de baja tensión, teniendo en cuenta en particular también la topología de red actual.

Es posible así interpolar valores entre magnitudes eléctricas medidas localmente. Así, a cada magnitud eléctrica medida se le puede asignar una posición dentro de la red de baja tensión o tramo de distribución y se puede realizar una interpolación a lo largo de la red de baja tensión o tramo de distribución, de modo que se pueda crear un curso de voltaje.

15 Para mejorar el perfil de voltaje, en particular para evitar valores de voltaje en los puntos de conexión de red de suscriptores que se sitúen fuera de una banda de voltaje predeterminada, con base en el perfil de voltaje calculado se realiza la determinación de un valor de potencia reactiva para al menos un suscriptor en el tramo de línea o en el área de la red en consideración. Esto puede hacerse teniendo en cuenta las posibilidades transmitidas o preestablecidas o parametrizadas previamente por el suscriptor. Los suscriptores para los que existe un canal de comunicación
20 adecuado son informados del valor calculado de potencia reactiva (inyección u obtención) que es óptimo para el tramo de línea o toda la red en consideración, el cual tiene en cuenta las posibilidades técnicas del suscriptor. Este valor es implementado preferentemente de inmediato por los suscriptores de forma automática.

25 Asimismo se puede tener en cuenta la siguiente consideración. En el sistema de contador del consumidor puede ser consignada tanto una potencia reactiva inductiva captada por el suscriptor como una potencia reactiva capacitiva emitida por el suscriptor.

30 Se puede asignar a cada suscriptor un valor de potencia reactiva, en particular un valor del flujo de potencia reactiva. A través de una central es posible dinámicamente y teniendo en cuenta la topología de la red, determinar los flujos exactos de potencia reactiva al menos en zonas de la red y así mejorar la capacidad de la red, en particular los picos de voltaje causados por una mayor inyección de potencia activa son reducidos mediante la obtención de potencia reactiva regulada adecuadamente en el tiempo, de modo que se puede inyectar una potencia mayor de corriente activa generada de forma descentralizada sin violar los límites de la banda de voltaje.

35 Con la ayuda del cambio dinámico de los valores de potencia reactiva en función de los valores de voltaje medidos, la topología de la red y las posibilidades técnicas de los suscriptores, se intenta en particular que todos los voltajes en el tramo de línea/área de red considerado en los lugares a los que los suscriptores están conectados se mantengan dentro de la banda de voltaje permisible.

40 Manteniendo este primer objetivo de optimización, la obtención de potencia reactiva o la inyección de potencia reactiva en la red aguas arriba es optimizada a un valor que puede ser predeterminado externamente por el dispositivo de control. Se intenta así optimizar, en particular minimizar, la transmisión de potencia reactiva a través del transformador entre los niveles de red, preferiblemente entre el nivel de media tensión y el nivel de baja tensión. Entonces, el transformador se puede usar para la transmisión de más potencia activa.

Cuando se calculan los valores de potencia reactiva para los suscriptores, a continuación se intenta limitar el flujo de potencia reactiva dentro de un tramo de línea/red de distribución al mínimo necesario para influir en el voltaje a fin de reducir las pérdidas debidas a las corrientes reactivas.

45 Con la ayuda de la monitorización concreta y el control de los flujos de potencia reactiva es posible expandir la capacidad de red existente para la transmisión de potencia activa en determinados casos, ya que las restricciones de banda de voltaje se levantan o expanden.

50 Puesto que el valor del flujo de potencia reactiva para un suscriptor es determinado dependiendo del perfil de voltaje actual respectivo, se puede evitar que se produzcan inestabilidades dentro del tramo de línea o el área de red debido a flujos de potencia reactiva de los suscriptores regulados de forma descentralizada, posiblemente en direcciones opuestas.

La potencia reactiva inducida obtenida adicionalmente por generadores al final de la red para la reducción del voltaje puede ser inyectada por generadores al comienzo del tramo/cerca del punto de conexión de red respecto al nivel de voltaje superior (por ejemplo, cerca de la estación de red local en la baja tensión).

55 Por tanto, los valores de potencia reactiva requeridos por el operador de red aguas arriba pueden ser ajustados en el punto de conexión de las redes con respecto a la red aguas arriba. Las pérdidas de red se pueden minimizar con

respecto a las inyecciones reguladas localmente de forma autónoma mediante las especificaciones de potencia reactiva (inyecciones y captaciones) controladas de forma óptima.

5 Según un ejemplo de realización se propone que se determine un perfil de voltaje a lo largo de la red de baja tensión y/o el tramo de línea en función de al menos dos magnitudes medidas localmente. Se prefiere aquí que el perfil de voltaje sea interpolado entre las dos magnitudes medidas localmente, con preferencia linealmente y/o teniendo en cuenta el perfil de red. Esto da como resultado un curso preferiblemente continuo y constante del voltaje entre los puntos de medición, a partir del cual puede ser derivado el perfil de voltaje en la central.

10 Las magnitudes eléctricas son medidas en cada caso a intervalos, preferiblemente cada minuto, cada cuarto de hora, cada media hora o incluso cada segundo. Las magnitudes eléctricas medidas pueden ser transmitidas de forma inalámbrica y por cable, en particular puede realizarse una comunicación por línea eléctrica o una comunicación a través de una red de radio celular. El perfil de voltaje puede ser actualizado dinámicamente en la central. Dependiendo del perfil de voltaje calculado en cada caso se pueden comunicar a los suscriptores nuevas especificaciones para los valores de potencia reactiva. Esta transmisión puede tener lugar en correspondencia con la transmisión de las magnitudes eléctricas medidas.

15 Preferiblemente se realiza un ajuste dinámico del perfil de voltaje para evitar rupturas del voltaje en los suscriptores de la banda de voltaje predeterminada. La banda de voltaje fluctúa preferiblemente +/- 10 % en torno a un voltaje nominal.

20 Dado que el valor del flujo de potencia reactiva para un suscriptor puede determinarse dependiendo del perfil de voltaje actual en cada caso, puede evitarse que se produzcan inestabilidades dentro del tramo de línea o de la red de distribución debido a flujos de potencia reactiva de los suscriptores regulados en sentido contrario.

25 Según un ejemplo de realización se propone que el valor del flujo de potencia reactiva del suscriptor sea determinado adicionalmente dependiendo de la posición del suscriptor. Se propone concretamente que se utilice la posición del dispositivo de medición para calcular el perfil de voltaje a lo largo del tramo de línea. Dependiendo del perfil de voltaje será determinado el valor de potencia reactiva para al menos uno de los suscriptores. Es relevante aquí en qué posición dentro del tramo de línea/red de distribución está dispuesto el suscriptor, es decir, dónde en el curso del tramo de línea es provocado el flujo de potencia reactiva por el suscriptor para poder ajustar este con respecto a una obtención de potencia reactiva.

30 Los suscriptores y los dispositivos de medición pueden estar conectados a la red de distribución en diferentes ubicaciones. Los dispositivos de medición y los suscriptores pueden, por tanto, dispersarse espacialmente y estar dispuestos alejados uno de otro en la red de distribución. Debido a que al calcular el perfil de voltaje se tiene en cuenta la ubicación de los dispositivos de medición, se puede calcular el perfil de voltaje a lo largo de toda la red de distribución con ayuda de una interpolación o de otra estimación. Por tanto, en cada punto de la red de distribución es conocido un valor de voltaje eventualmente calculado, en tanto que también en cada punto de conexión de un suscriptor es conocido el valor de voltaje actual de allí. Conociendo este valor de voltaje, para un suscriptor que opera una instalación generadora puede determinarse si este debe inyectar potencia reactiva o debe captar potencia reactiva y, eventualmente también la cantidad de potencia reactiva. Como resultado, el perfil de voltaje se suaviza preferiblemente, en particular el voltaje cambia de tal manera que las especificaciones respecto a la banda de voltaje permisible se cumplan en todas las conexiones de suscriptor.

40 Según un ejemplo de realización, el valor de potencia reactiva que se determina corresponde al factor de desplazamiento $\cos \varphi$ o también llamado factor de potencia de oscilación base. En una primera aproximación, este corresponde al cociente entre la potencia activa de oscilación base y la potencia aparente de oscilación base. Dependiendo de si $\cos \varphi$, esto es en particular la separación entre la potencia activa y aparente, es positivo o negativo, se realiza la determinación de un flujo de potencia reactiva capacitiva o inductiva entre el suscriptor y la red de distribución.

45 De acuerdo con un ejemplo de realización se propone que los valores del flujo de potencia reactiva sean determinados de tal manera que la potencia reactiva inductiva obtenida lejos de un punto de conexión de red sea superpuesta por la potencia reactiva inductiva inyectada en un punto de conexión de red. Al menos una compensación parcial de las potencias reactivas tiene lugar dentro de la red de baja tensión, es decir, en cada caso en el lado de baja tensión de un punto de conexión de red. En particular, se intenta hacer que el equilibrio de potencia reactiva a lo largo del tramo de suscriptor sea lo más neutro posible, en particular por compensación de los flujos de potencia reactiva inductiva y capacitiva entre los respectivos suscriptores y la red de baja tensión.

55 Para poder determinar el perfil de voltaje, el voltaje debe medirse al menos en algunas posiciones de la red de baja tensión. Estas posiciones, en las que los dispositivos de medición registran las magnitudes eléctricas, deben ser conocidas. Por este motivo, el dispositivo de control recibe desde un dispositivo de medición información sobre una posición relativa y/o absoluta del dispositivo de medición en la red de baja tensión. Además, en el dispositivo de control se puede recibir una identificación inequívoca del dispositivo de medición. Esta se utiliza para la asignación de los valores medidos al dispositivo de medición respectivo. La posición, así como la identificación, pueden transmitirse con

activación automática o manual cuando el suscriptor se instala por primera vez. También la posición de un dispositivo de medición en el dispositivo de control puede ser programada o mantenida manualmente.

5 La transmisión, en particular la información sobre las magnitudes eléctricas medidas, la información sobre la posición del suscriptor, así como la identificación del suscriptor, se realizan de forma inalámbrica o por cable. La otra comunicación entre el suscriptor y la central, esto es en particular la información sobre los flujos de potencia reactiva, también tiene lugar correspondientemente. En este caso, las redes de área amplia, como por ejemplo las redes celulares, tales como las redes de telefonía móvil, son particularmente adecuadas para transmitir la información correspondiente. Sin embargo, también es posible una transmisión por medio de comunicación a través de línea eléctrica o similar.

10 Al igual que el dispositivo de medición, también el suscriptor puede enviar al dispositivo de control una información sobre su posición relativa y/o absoluta en la red de baja tensión. Esta información puede ser recibida en el dispositivo de control. También en el dispositivo de control se puede recibir una identificación inequívoca del suscriptor. Con la ayuda de la identificación inequívoca, la información de posición, así como la información transmitida a continuación a los suscriptores relativa al valor del flujo de potencia reactiva, puede ser asignada al suscriptor.

15 En particular, es posible que el suscriptor envíe información sobre su potencia activa máxima y/o su potencia reactiva inductiva y/o capacitiva máxima, que pueden ser recibidas por parte del dispositivo de control. Esta información puede ser emitida por los suscriptores activada de forma automática o manual y recibida en el dispositivo de control, en particular en caso de una primera instalación. También es posible programar/parametrizar al menos esta información del suscriptor en el dispositivo de control, en particular mediante el mantenimiento manual de los conjuntos de datos.

20 Lo mismo se aplica al dispositivo de medición. La información puede recibirse en el dispositivo de control o ser parametrizada allí, es decir, mantenerse manualmente.

De acuerdo con un ejemplo de realización se propone que sea recibida de un suscriptor información sobre una dependencia del consumo/salida de potencia activa respecto a la potencia reactiva capacitiva o inductiva.

25 Otro aspecto es un dispositivo de control según la reivindicación 10. Este dispositivo de control (anteriormente también denominado central) opera como una instancia de nivel superior y recibe los valores medidos, crea el perfil de voltaje a partir de los mismos y, dependiendo del perfil de voltaje actual en cada caso, transmite información a los suscriptores sobre sus flujos de potencia reactiva teóricos, esto es su consumo o emisión de energía reactiva nominal. Esta información sirve a los suscriptores para ajustar sus flujos de potencia reactiva y, por tanto, contribuir al logro de los objetivos mencionados anteriormente.

30 Otro objeto es un sistema con un dispositivo de control correspondiente y al menos un suscriptor, configurado para recibir valores de potencia reactiva desde el dispositivo de control y para regular un flujo de potencia reactiva en correspondencia con el valor de potencia reactiva recibido.

35 Un dispositivo de medición en tal sistema puede ser por ejemplo un medidor inteligente. También es posible que los inversores, que generalmente están presentes en cualquier caso en las instalaciones generadoras, puedan medir el voltaje de red y otras magnitudes eléctricas de la red y, por tanto, puedan servir como sensores de medición. Además es posible que puedan ser utilizadas también como dispositivos de control estaciones de carga para cargar vehículos eléctricos.

El objeto se explica con más detalle a continuación con referencia a un dibujo que muestra ejemplos de realización. En el dibujo muestran:

40 Fig. 1: una red de distribución con diferentes tramos de línea;

Fig. 2a: el curso de un perfil de voltaje teniendo en cuenta la inyección de potencia activa;

Fig. 2b: el curso de un perfil de voltaje según la figura 2a con compensación de potencia reactiva.

45 La figura 1 muestra una red de distribución de baja tensión 2 con tres tramos de línea 2a - 2c. La red de distribución de baja tensión 2 está conectada a una red de media tensión 6 a través de un transformador de red local 4. En el transformador de red local 4 está dispuesto un dispositivo de control 8. Hay que señalar aquí que el dispositivo de control 8 también puede estar dispuesto alejado del transformador de red local 4.

50 El dispositivo de control 8 se comunica, por ejemplo por radio, por ejemplo a través de una red de telefonía móvil, con al menos algunos de los suscriptores 10a-i representados. También existe comunicación entre el dispositivo de control 8 y los dispositivos de medición 12a-f, preferiblemente también a través de una red de área amplia, por ejemplo, una red de telefonía móvil y/o Internet. Naturalmente, las propiedades de los dispositivos de medición 12 individuales o de los suscriptores 10 individuales descritas a continuación también pueden aplicarse de forma análoga a otros dispositivos de medición 12 o suscriptores 10.

En el ejemplo mostrado, varios suscriptores 10a-i están conectados a cada tramo de línea 2a, b, c. En particular, los suscriptores 10a, 10b y 10c están conectados al tramo de línea 2a, los suscriptores 10d, 10e y 10f al tramo de línea

2b y los suscriptores 10g, 10h y 10i al tramo de línea 2c. En el tramo de línea 2a, los suscriptores 10a y 10c pueden tener, por ejemplo una instalación generadora que puede inyectar tanto potencia activa como potencia reactiva en el tramo de línea 2a, así como captar potencia reactiva.

5 A lo largo del tramo de línea 2a están dispuestos los dispositivos de medición 12a, 12b, a lo largo del tramo de línea 2b los dispositivos de medición 12c y 12d y los dispositivos de medición 12e y 12f están dispuestos a lo largo del tramo de línea 2c, pudiendo estar dispuestos estos por ejemplo en manguitos, en cajas terminales dentro de la línea o en conexiones domésticas, medidores inteligentes, estaciones de carga, inversores de instalaciones de generación o similares.

10 Cuando se instalan los dispositivos de medición 12a, 12b, estos pueden transmitir su posición local al dispositivo de control 8. También es posible que la posición del dispositivo de medición 12a, 12b sea parametrizada en el dispositivo de control 8 introduciendo manualmente su posición, preferiblemente relativa, a lo largo del tramo de línea 2a. Durante la instalación, el dispositivo de medición 12a, 12b también transmite una identificación inequívoca con la que es posible una comunicación determinada entre el dispositivo de medición respectivo 12a, 12b y el dispositivo de control 8.

15 Los suscriptores 10a y 10c, que comprenden una instalación de generación, en particular una instalación fotovoltaica, están conectados al tramo de línea 2a a través de un inversor. En la primera instalación el inversor puede transmitir al dispositivo de control 8 por ejemplo una posición preferiblemente absoluta, por ejemplo, coordenadas geográficas, tales como coordenadas GPS, y una identificación inequívoca. Sin embargo, la posición también se puede introducir en el dispositivo de control 8. Además, es posible que el inversor instalado en el suscriptor 10a informe adicionalmente al dispositivo de control 8 de su potencia activa máxima, así como de su capacidad de potencia reactiva inductiva y capacitiva.

También es posible que esta información se introduzca en el dispositivo de control 8, esto es sea parametrizada. Además, es posible que el inversor tenga una dependencia entre el flujo de potencia reactiva y potencia activa, que igualmente se da a conocer al dispositivo de control 8, preferiblemente es transmitida desde el inversor.

25 El tramo de línea 2b comprende los suscriptores 10d-f. El suscriptor 10f es, por ejemplo, un suscriptor con una instalación fotovoltaica, en la que está conectado por ejemplo un medidor inteligente 12d. El medidor inteligente 12d actúa como un dispositivo de medición. Lo mismo se aplica al medidor inteligente 12c, que está dispuesto en el suscriptor 10d. El proceso de instalación se lleva a cabo de acuerdo con lo descrito anteriormente para el tramo de línea 2a.

30 Finalmente, en el tramo de línea 2c, por ejemplo en el suscriptor 10g, está instalada una instalación fotovoltaica e igualmente en el suscriptor 10i. Como dispositivos de medición sirven, por ejemplo, el inversor 12e del suscriptor 10g y una estación de carga 12f dispuesta en el tramo de línea 2c. Aquí también el proceso de instalación se lleva a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito para 2a.

35 Cómo optimizar la utilización de la red, en particular optimizar la corriente activa que puede fluir a través de la red sin dejar una banda de voltaje permisible, se discutirá por ejemplo en el perfil de voltaje en el tramo de línea 2a de acuerdo con la Fig. 2a.

En la figura 2a está representado el voltaje U a lo largo del tramo de línea 2a. En particular está representado el perfil de voltaje o el curso de voltaje. Además, las posiciones de los suscriptores 10a-c, así como del dispositivo de medición 12a y 12b, están representadas en la figura 2a a lo largo del tramo de línea 2a. La abscisa representa, por ejemplo, el voltaje nominal U_0 , que en Alemania es por ejemplo de 400 voltios en la baja tensión.

40 En primer lugar se tratará la situación en la que en los suscriptores 10a y 10c es inyectada potencia activa y el consumo del suscriptor 10b es insignificante. El perfil de voltaje corresponde al de la línea discontinua 14. Con ayuda del dispositivo de medición 12a puede ser registrado el valor medido $14'$ y con ayuda del dispositivo de medición 12b puede ser registrado el valor medido $14''$. Además, en el transformador 4 puede ser registrado el valor medido $14'''$. El curso de voltaje se calcula en el dispositivo de control 8 a partir de los valores medidos $14'-14'''$. Para ello, en el dispositivo de control 8 se tiene en cuenta la topología de la red, es decir, el curso del tramo de línea 2a, en el presente caso, esta es una línea con una sección transversal constante y, por tanto, una resistencia constante. Esto hace posible interpolar linealmente los valores de medición $14'-14'''$ en zonas con la misma carga de corriente, de modo que es calculado un curso de voltaje 14 lineal por sectores a lo largo del tramo de línea 2a. Se puede reconocer que el voltaje en el suscriptor 10c solo puede aumentar ligeramente debido a la generación descentralizada adicional en el tramo de línea 2a antes de que se alcance el límite superior de la banda de voltaje.

45 Para contrarrestar esto, es posible por ejemplo que la instalación fotovoltaica del suscriptor 10c extraiga potencia reactiva inductiva del tramo de línea 2a y, por tanto, actúe como consumidor de energía reactiva. Este consumo de energía reactiva conduce a una disminución del voltaje a lo largo del tramo de línea 2a. El voltaje teórico en el tramo de línea 2a causado únicamente por la extracción de potencia reactiva está representado con la línea de puntos 16.

55 Al superponer los flujos de corriente activa y reactiva, los perfiles de voltaje 14 y 16 también se superponen para formar el curso de voltaje 18 que se produce ahora en el tramo de línea.

El dispositivo de control 8 conoce que el suscriptor 10c obtiene potencia reactiva y recibe nuevos valores medidos 18', 18" y 18'''. Conociendo la posición, tanto del suscriptor 10c como del dispositivo de medición 12a y 12b, es calculado en el dispositivo de control 8 el curso de voltaje real 18 a lo largo del tramo de línea 2a. Se puede reconocer que el voltaje U en el suscriptor 10c está ahora a una distancia mayor del límite superior de la banda de voltaje y se situará por primera vez dentro del rango permitido si la generación descentralizada aumenta aún más. Conociendo el curso de la línea, así como la posición del dispositivo de medición 12a, 12b y de los suscriptores 10a y 10c, el dispositivo de control 8 también puede configurar una inyección de la potencia reactiva en el suscriptor 10a, de tal manera que la potencia reactiva obtenida por el suscriptor 10c se inyecte directamente al tramo de línea 2a y, por tanto, sea compensada. Por consiguiente, no es necesario obtener esta potencia reactiva de otros tramos de línea 2b y 2c o de la red aguas arriba.

Otro ejemplo de configuración resulta en el tramo de línea 2b. Aquí, por ejemplo, los suscriptores 10a-c pueden representar una carga que extrae potencia activa del tramo de línea 2b. En el suscriptor 10f se encuentra concretamente una instalación generadora, no obstante esta no inyecta actualmente corriente activa debido a la situación del clima. El curso del voltaje resultante es la línea discontinua 26 representada en la figura 2b. Esta resulta de las mediciones con los dispositivos de medición 12c y 12d, que transmiten los valores medidos 26' y 26" al dispositivo de control 8.

El perfil de voltaje 26 es calculado en el dispositivo de control 8 a partir de los valores medidos 26', 26" transmitidos. Aquí es decisivo que la posición relativa de los dispositivos de medición 12c y 12d en el curso del tramo de línea 2b sea conocida en el dispositivo de control 8. Además, la posición relativa del suscriptor 10f es conocida en el dispositivo de control 8. Utilizando esta información, así como información relativa a la topología de la red, en particular al curso del tramo de línea 2b, es posible calcular el perfil de voltaje 26, eventualmente por interpolación. En el ejemplo que se muestra, la obtención de potencia activa por el suscriptor 10d-f conduce en primer lugar a un voltaje que ya está en el borde inferior del rango de voltaje para el suscriptor 10f. Una obtención de más potencia activa conduciría a que el voltaje en el suscriptor 10f abandona la banda de voltaje.

Sin embargo, para permitir que la potencia activa que el suscriptor 10f pueda obtener sea mayor, se propone que el dispositivo de control 8, en función del perfil de voltaje 26 obtenido, determine que el suscriptor 10f inyecte adicionalmente potencia reactiva. Un comando de control correspondiente es transmitido al suscriptor 10f.

En resumen, esto conduce a que se establezca el perfil de voltaje real 28. Aquí, en los puntos de medición 12c y 12f son registrados los valores medidos 28' o 28''. Estos valores medidos 28' y 28'' son transmitidos al dispositivo de control 8 y junto con el valor de medición 28" puede ser calculado el curso del voltaje 28. Se puede constatar con el curso del voltaje 28 que no hay violación de la banda de voltaje permisible.

En otro momento del día o en otro día, la situación climática puede haber mejorado y, al mismo tiempo el consumo de energía activa en los suscriptores 10d-f puede ser menor, de modo que la corriente de carga de los suscriptores 10d-f puede ser completamente asumida por la instalación de generación del suscriptor 10f. Esto da como resultado el curso de voltaje 27, en el que no se requiere inyección de potencia reactiva para minimizar las pérdidas de corriente en el tramo de línea 2b.

Con ayuda de la extracción de potencia reactiva controlada es posible aumentar los límites de capacidad de la red. Aquí, tanto la posición como la topología del tramo de línea 2b son conocidos centralmente en el dispositivo de control 8.

Finalmente se explica otra situación para el tramo de línea 2c en la que solo en el suscriptor 10g está disponible una instalación de generación, por ejemplo una instalación fotovoltaica. Además, son conocidos los dispositivos de medición 12e y 12f junto con su posición. Estos dos dispositivos de medición 12e, 12f transmiten sus valores medidos al dispositivo de control 8, en particular a través del voltaje medido. Dependiendo de los valores medidos y transmitidos, el curso del perfil de voltaje es calculado en el dispositivo de control 8, teniendo en cuenta la posición del dispositivo de medición 12e, 12f.

Teniendo en cuenta la especificación de la banda de voltaje permisible son comunicadas al suscriptor 10g informaciones de si la potencia reactiva debe ser obtenida o inyectada. Dado que, en particular, con una inyección de potencia reactiva que se encuentre cerca de la estación de red local en el tramo de línea 2b no está influido el tramo de línea completo por un flujo de potencia reactiva, esta instalación de generación es particularmente adecuada para compensar los flujos de energía reactiva de otros tramos de línea o para proporcionar potencia reactiva para la red de media tensión 6 aguas arriba.

Con la ayuda del procedimiento concreto y el dispositivo de control concreto es posible, teniendo en cuenta la posición del dispositivo de medición, así como la del suscriptor, calcular un perfil de voltaje a través de un tramo de línea y, dependiendo de la posición del suscriptor y del perfil de voltaje, comunicar al suscriptor informaciones sobre flujos de potencia reactiva inductiva y capacitiva, para que se optimice la utilización de la red.

Por la disponibilización de potencia reactiva, en particular al comienzo de un tramo de línea como está representado para los suscriptores 10a y 10g, es posible reducir la compensación de potencia reactiva dentro del transformador de red local al proporcionar potencia reactiva a través del nivel de media tensión 6. Como resultado, el transformador 4 o

sus devanados se pueden usar para la transmisión de más potencia activa, ya que no hay que transmitir potencia reactiva o solo hay que transmitir menos potencia reactiva a través del transformador 4 a los tramos de línea 2a-c para una compensación de la potencia reactiva.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control de un flujo de potencia reactiva en una red eléctrica de baja tensión mediante un dispositivo de control (8), en el que
- 5 - el dispositivo de control (8) recibe al menos dos magnitudes eléctricas medidas localmente, en particular voltajes de red medidos localmente y/o potencias activas y/o reactivas medidas localmente, desde dispositivos de medición (12a-f) respectivos conectados a un tramo de línea de la red de distribución,
- el dispositivo de control (8) asigna las magnitudes eléctricas obtenidas localmente a una posición de los dispositivos de medición (12a-f) locales,
- 10 - por el dispositivo de control (8) es creado un perfil de voltaje (26) a lo largo del tramo de línea como función de las magnitudes eléctricas medidas localmente y de las posiciones relativas de los dispositivos de medición (12a-f),
- por el dispositivo de control (8) es determinado un valor de potencia reactiva para al menos un suscriptor en el tramo de línea como función del perfil de voltaje (26), caracterizado
- por que por el dispositivo de control (8) son determinados dos valores de potencia reactiva, de tal modo que potencia reactiva obtenida lejos de un punto de conexión de red es superpuesta por potencia reactiva inyectada en la zona de un punto de conexión de red,
- 15 - de tal modo que una transmisión de potencia reactiva a través de un transformador entre la red de baja tensión y una red de media tensión (6) es optimizada a un valor que puede ser predeterminado externamente en un dispositivo de control (8).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que las magnitudes eléctricas medidas localmente son interpoladas por el dispositivo de control a través del curso del tramo de línea.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el valor de potencia reactiva del suscriptor es determinado adicionalmente por el dispositivo de control en función de la posición del suscriptor y/o el valor de potencia reactiva del suscriptor es determinado adicionalmente en función del perfil de voltaje (26) obtenido.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el valor de la potencia reactiva es calculado por el dispositivo de control como factor de desplazamiento $\cos \varphi$, en particular un cociente entre la potencia activa y la potencia aparente en el suscriptor respectivo, de modo que potencia reactiva inductiva o capacitiva puede ser obtenida o inyectada.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dos valores de potencia reactiva son ajustados por el dispositivo de control adicionalmente en función de una potencia reactiva que se ajusta en el punto de transferencia de red.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una información sobre una posición relativa y/o absoluta del dispositivo de medición (12a-f) en el tramo de línea es recibida por el dispositivo de control desde un dispositivo de medición (12a-f) y/o por que una identificación inequívoca es recibida por el dispositivo de control desde un dispositivo de medición (12a-f), en particular cuando el dispositivo de medición (12a-f) se instala por primera vez son recibidas por el dispositivo de control la posición y/o la identificación.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la información respecto a una posición relativa y/o absoluta del suscriptor en el tramo de línea es recibida por el dispositivo de control desde un suscriptor y/o por que una identificación inequívoca es recibida por el dispositivo de control desde un suscriptor y/o informaciones sobre una potencia activa máxima y/o una potencia reactiva inductiva y/o capacitiva máxima es recibida por el dispositivo de control, en particular por que la posición y/o la identificación y/o las informaciones de potencia activa/reactiva son recibidas por el dispositivo de control cuando el suscriptor se instala por primera vez.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las informaciones relativas a una dependencia del consumo/salida de potencia activa respecto a la potencia reactiva capacitiva o inductiva es recibida de un suscriptor.
- 45 9. Dispositivo de control configurado para el control de un flujo de potencia reactiva en una red eléctrica de baja tensión, que comprende,
- medios de recepción configurados para recibir al menos dos magnitudes eléctricas medidas localmente, en particular voltajes de red medidos localmente y/o potencias activas y/o reactivas medidas localmente desde dispositivos de medición (12a-f) respectivos conectados a un tramo de línea de la red de distribución,
- 50 - medios de computación configurados para la asignación de las magnitudes eléctricas obtenidas localmente a una posición de los dispositivos de medición (12a-f) locales, para crear un perfil de voltaje (26) a lo largo del tramo de línea dependiendo de las magnitudes eléctricas medidas localmente y de las posiciones relativas de los dispositivos de

medición (12a-f), y para determinar un valor de potencia reactiva para un suscriptor (10a-i) en el tramo de línea dependiendo del perfil de voltaje (26), caracterizado

5 - por que son determinados dos valores de potencia reactiva por el dispositivo de control (8), de tal modo que la potencia reactiva obtenida lejos de un punto de conexión de red es superpuesta por la potencia reactiva inyectada en la zona de un punto de conexión de red, de tal modo que

- una transmisión de potencia reactiva a través de un transformador entre la red de baja tensión y una red de media tensión (6) es optimizada a un valor que puede ser predeterminado externamente por el dispositivo de control (8).

10 10. Sistema para el control de un flujo de potencia reactiva en una red de distribución eléctrica con al menos un dispositivo de control (8) de acuerdo con la reivindicación 9, al menos un suscriptor (10a-i) configurado para recibir valores de potencia reactiva del dispositivo de control (8) y para regular un flujo de potencia reactiva, así como con al menos un dispositivo de medición (12a-f) para medir una magnitud eléctrica y para transmitir la magnitud eléctrica medida al dispositivo de control (8).

11. Sistema según la reivindicación 10, caracterizado por que el dispositivo de medición (12a-f) es un medidor inteligente, un inversor de un suscriptor (10a-i) o una estación de carga para vehículos eléctricos.

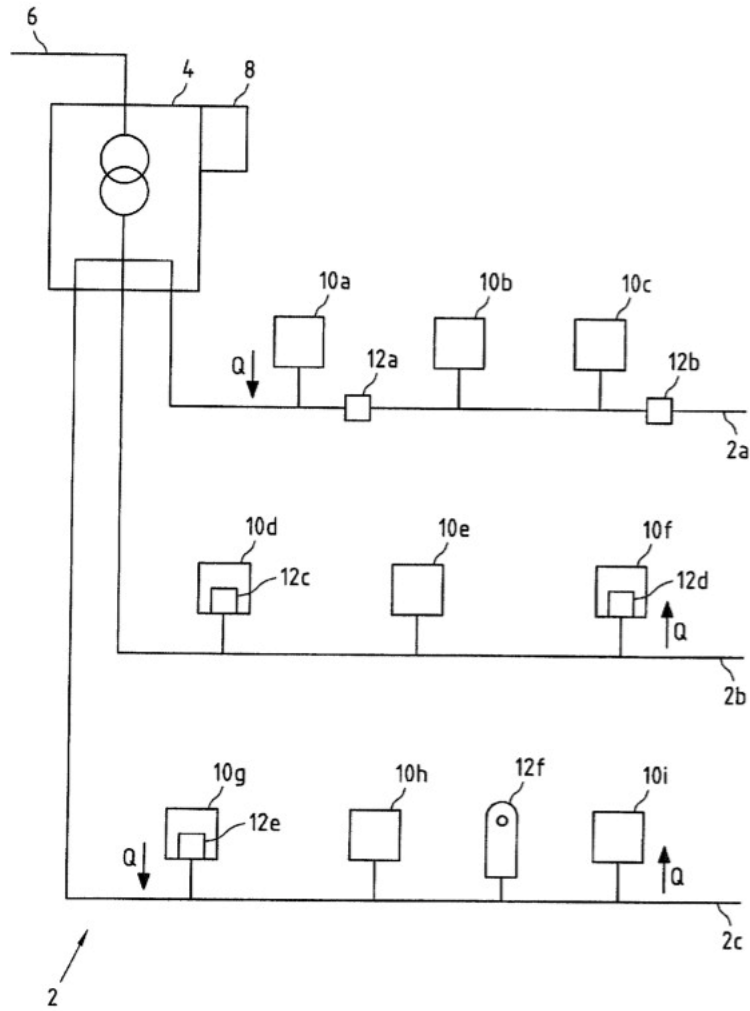


Fig.1

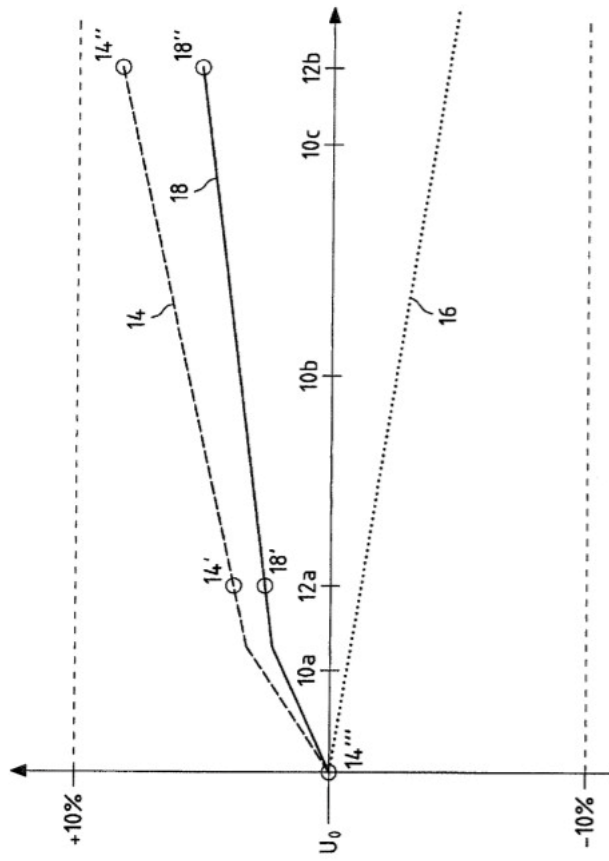


Fig.2a

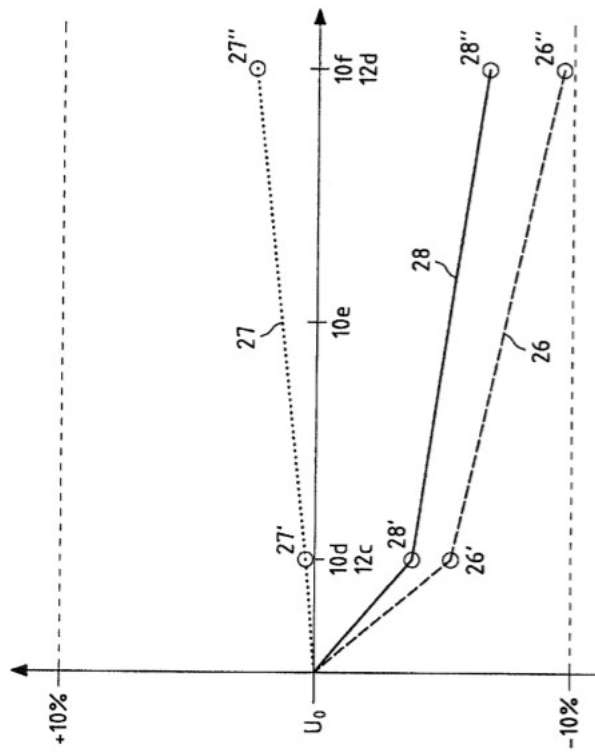


Fig.2b