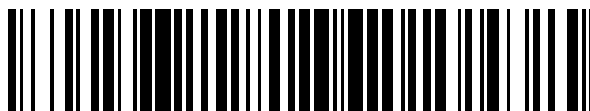


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 609**

51 Int. Cl.:

H02J 3/26 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.11.2007 PCT/EP2007/009906**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2009 WO09059628**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2007 E 07819833 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2208274**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de un compensador de potencia reactiva**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.06.2019

73 Titular/es:
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Strasse 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:
**GERNER, ANDREAS y
WERNER, ARMIN**

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 717 609 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

Procedimiento para la regulación de un compensador de potencia reactiva

La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de un compensador de potencia reactiva que está conectado a una línea de tensión alterna que presenta múltiples fases, en el que para cada fase se registra una tensión real que cae en esta y a partir de las tensiones reales se calcula una parte real de sistema inverso, y en el que un circuito de regulación suprime la parte real de sistema inverso, determinando un bucle de regulación por reacción, con la ayuda de parámetros de ajuste, el grado de la supresión de la parte real de sistema inverso.

Un procedimiento de este tipo ya se conoce de la práctica permanente en el ámbito de la transmisión y distribución de energía y se aplica por ejemplo en relación con la regulación de un llamado compensador estático de Var (SVC / "Static Var Compensator"). Un SVC sirve generalmente para la estabilización y la simetrización de las tensiones en una red de distribución de energía. Para ello, inductancias o capacitancias se conectan a la red en conexión paralela por medio de unidades de conmutación adecuadas. Como unidades de conmutación están previstos especialmente conmutadores semiconductores que impiden o permiten el flujo de corriente a través de dicha inductancia o capacitancia. Por lo tanto, con la ayuda de un SVC es posible suprimir mediante la simetrización de las tensiones de fase un llamado sistema inverso.

La figura 1 muestra esquemáticamente un procedimiento para la regulación de un SVC, con el que se puede suprimir o se puede permitir parcialmente un sistema inverso. Para ello, sensores de tensión registran la tensión que cae en las fases y proporcionan valores de medición de tensión de fase $v_{1,2}$, $v_{2,3}$, $v_{3,1}$. Los valores de medición de tensión de fase $v_{1,2}$, $v_{2,3}$, $v_{3,1}$ obtenidos de esta manera se suministran a una unidad de generación de tensión diferencial 1 que en su salida proporciona tensiones diferenciales Δv_{D12} , Δv_{D23} y Δv_{D31} .

Las tensiones diferenciales pueden calcularse de distintas maneras. Solo a modo de ejemplo, cabe mencionar la desviación del valor de medición de tensión de fase de un valor central, promediado a través de las tres fases, de la tensión de fase. Además, a la unidad de generación de tensión diferencial 1 se suministra una tensión de referencia v_{rev} que igualmente es de relevancia en la determinación de las tensiones diferenciales. Por ejemplo, el valor medio de los valores de medición de tensión de fase se compara con la tensión de referencia, conectándose a todas las fases la diferencia calculada durante ello. Las tensiones diferenciales obtenidas de esta manera se suministran respectivamente a formadores de diferencia 2 que proporcionan en su salida la diferencia entre las tensiones diferenciales Δv_D y la salida de un bucle de regulación por reacción 3 obteniendo tensiones diferenciales corregidas Δv_{12} , Δv_{23} y Δv_{31} . El bucle de regulación por reacción 3 aún se describirá en detalle más adelante.

Las tensiones diferenciales Δv corregidas se suministran respectivamente a un regulador de tensión 4 que proporciona en su salida magnitudes de regulación de potencia reactiva Q_{reg12} , Q_{reg23} y Q_{reg31} que son convertidas por respectivamente una unidad de conversión 5 en valores de susceptancia B_{12} , B_{23} y B_{31} . Los valores de susceptancia B_{12} , B_{23} y B_{31} o la magnitud de regulación de potencia reactiva Q_{reg} sirven de magnitud de regulación del SVC. Si la salida del bucle de regulación por reacción 3 es igual a cero para todas las fases, la regulación hace que una caída de tensión en la fase 1 y tensiones constantes en las fases 2 y 3 tengan como consecuencia un valor de tensión diferencial Δv_{12} negativo. El valor de tensión diferencial Δv_{12} negativo genera en el lado de salida del regulador de tensión 4 una mayor magnitud de regulación de potencia reactiva $Q_{reg1,2}$ que para las fases restantes 2 y 3. Por el SVC, en comparación con las fases restantes, se produce - según el punto de trabajo del SVC - una alimentación incrementada de potencia reactiva capacitiva, o a una alimentación reducida de potencia reactiva inductiva, de manera que se compensa la caída de tensión en la fase 1. De esta manera, se suprime el sistema inverso. El sistema inverso es calculado por una unidad de cálculo de sistema inverso 6 que igualmente es aprovisionada de los valores de medición de tensión de fases v_{12} , v_{23} y v_{31} y que se visualiza a un usuario.

Sin embargo, un procedimiento de regulación de este tipo sin la acción de un bucle de regulación por reacción 3 es susceptible a errores. Si por ejemplo se produce el fallo total de una fase individual de la línea de distribución de energía conectada, ya no es posible la supresión del sistema inverso sin interrumpir totalmente la transmisión de energía. Por lo tanto, el bucle de regulación por reacción 3 sirve para la limitación de la supresión del sistema inverso. Para ello, con la ayuda de un adicionador 7 y de un formador de cociente 8, en primer lugar, se forma el valor medio de los valores de susceptancia, siendo determinados con la ayuda del formador de diferencia 9 valores de susceptancia diferencial ΔB_{12} , ΔB_{23} y ΔB_{31} . A continuación, dichos valores de susceptancia diferencial se suministran a un regulador de reacción 10 que en su salida proporciona tensiones diferenciales de regulación por reacción Δv_{B12} , Δv_{B23} y Δv_{B31} que se suministran respectivamente al formador de diferencia 2 como segunda magnitud de entrada. Cada regulador de reacción 10 está limitado hacia arriba y hacia abajo por una limitación superior y una limitación inferior que se definen por medio de una unidad de definición de limitación 11. Mediante el ajuste de las limitaciones superiores e inferiores que además son iguales para todas las fases, se puede ajustar el grado de la supresión del sistema inverso.

Por ejemplo, si los límites de cada regulador de reacción 10 se ajustan a cero, se anula la acción del bucle de regulación por reacción 3. La supresión del sistema inverso se permite sin obstáculo ni limitación. En cambio, si los

límites de cada regulador se ajustan a infinito, ya no se produce ninguna supresión del sistema inverso. El sistema inverso se permite tal como es. No se produce ninguna simetrización de las tensiones de fase.

5 El procedimiento de regulación conocido tiene la desventaja de que las limitaciones superior e inferior de los reguladores de reacción 10 deben ser introducidas a mano, es decir, por ejemplo por el personal de un puesto de control. Esto, sin embargo, es complicado y puede conducir a daños especialmente en caso de descuidos del personal operario.

10 Por el documento EP0471106A1 se dieron a conocer un procedimiento y un dispositivo para la simetrización de una red de tensión alterna, por ejemplo, de una red de a bordo de un avión. Aquí, las tensiones de las tres fases de la red de a bordo se registran mediante sensores de medición y, por medio de transformaciones de coordenadas, se convierten en magnitudes indicadoras estáticas no rotatorias para el sistema directo así como para el sistema inverso. La regulación subsiguiente suprime el sistema inverso, de manera que en la red de a bordo queda puesta a disposición una distribución de tensión simétrica.

15 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento del tipo mencionado al principio, con el que sea posible un ajuste, sustancialmente independiente del personal operario, del sistema inverso admisible como máximo.

La invención consigue este objetivo porque una unidad comparadora compara la parte real de sistema inverso con una parte teórica de sistema inverso y, en función de la comparación, establece los parámetros de ajuste.

20 Según la invención, se proporciona una unidad comparadora que hace posible un ajuste automático del sistema inverso admisible como máximo. Con la ayuda de una lógica interna implementada en la unidad comparadora se determinan parámetros de ajuste con los que se puede definir el grado de supresión del sistema inverso o, dicho de otra manera, de la parte real de sistema inverso. Incluso en caso de un derrumbe de tensión en solo una fase de la línea de transmisión de energía, a la que está conectado el compensador estático de Var, de esta manera es posible un control estable del compensador estático de Var en el marco de la invención, sin necesidad de personal operario para vigilar el compensador estático de Var.

25 De manera ventajosa, para cada tensión real se genera una señal diferencial Δv_D que corresponde a una desviación de la tensión real de la o de las de otras fases. A cada señal diferencial se conecta una señal de salida de un bucle de regulación por reacción bajo recuperación de una señal de entrada de regulador. Las señales de entrada de regulador se aplican en la entrada de un regulador del circuito de regulación, cuyas señales de salida determinan el modo de acción del compensador de potencia reactiva. En el marco de la invención, el compensador de potencia reactiva es por ejemplo un compensador estático de Var que ya se ha descrito al principio.

30 Convenientemente, las señales de salida del regulador $Q_{reg,B}$ son las señales de entrada de valor real del bucle de regulación por reacción.

35 De manera ventajosa, el bucle de regulación por reacción convierte las señales de entrada de valor real, por medio de un regulador de reacción, en las señales de salida mencionadas del bucle de regulación por reacción, limitando los parámetros de ajuste el regulador de reacción.

Según una variante conveniente a este respecto, los parámetros de ajuste forman limitaciones superiores e inferiores para el regulador de reacción. Por las limitaciones superior e inferior existe una posibilidad de ajuste especialmente sencilla y económica.

40 Según una variante preferible del procedimiento según la invención, la unidad comparadora proporciona parámetros de ajuste que impiden la supresión del sistema inverso, cuando la parte del sistema inverso es inferior a la parte teórica de sistema inverso. Es decir que es admisible cierta distribución asimétrica de la tensión, pero la asimetría de la red de distribución de energía es menor si se proporcionan por ejemplo limitaciones superior e inferiores máximas como parámetros de ajuste para el regulador de reacción. Con las limitaciones máximas se permite el sistema inverso.

45 En cambio, cuando la parte real de sistema inverso corresponde a la parte teórica de sistema inverso, la unidad comparadora proporciona de manera ventajosa parámetros de ajuste con los que el circuito de regulación no actúa contra una disminución de la parte real de sistema inverso en la red de distribución de energía y al mismo tiempo se impide un incremento de la parte real de sistema inverso más allá de la parte teórica de sistema inverso. Esto se realiza mediante la selección adecuada de las limitaciones superior e inferior del regulador de reacción. Cuando la parte real de sistema inverso alcanza dentro del marco de las desviaciones admisibles la parte teórica de sistema inverso, el valor integrador actual del regulador se usa por ejemplo como límite superior o inferior, según el signo, poniéndose a cero respectivamente el otro valor límite. Si el valor integrador es negativo, este se usa como límite inferior y viceversa.

Cuando la parte real de sistema inverso es superior a la parte teórica de sistema inverso, la unidad comparadora modifica de manera conveniente los parámetros de ajuste, de tal forma que la parte real de sistema inverso se reduce hasta que sea inferior o igual a la parte teórica de sistema inverso. Según una realización conveniente, el valor integrador actual del regulador de reacción por ejemplo se almacena una sola vez y, según su signo, se usa como limitación superior e inferior para el regulador de reacción. Igualmente, respectivamente el otro límite se pone a cero. A continuación, el valor límite más alto se reduce, es decir, se mueve hacia cero, hasta que el valor real del sistema inverso corresponda al valor teórico.

Otras realizaciones convenientes y ventajas de la invención son objeto de la siguiente descripción de ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a las figuras del dibujo, remitiendo los signos de referencia idénticos a componentes de acción idéntica o pasos de procedimiento idénticos, mostrando

la figura 1 una representación esquemática de un procedimiento de regulación para un compensador de potencia reactiva o un compensador estático de Var y

la figura 2 un procedimiento según la invención en una representación esquemática.

La figura 1 ya se ha descrito anteriormente en relación con el estado de la técnica, de manera que aquí no son necesarios más detalles al respecto.

La figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de realización según la presente invención. En la figura 2, al contrario de la figura 1, está representada en detalle la unidad de generación de tensión diferencial 1. La unidad de generación de tensión diferencial 1 representada a título de ejemplo comprende para cada una de las fases conectadas dos formadores de diferencia conectados en serie. La tensión diferencial Δv_{D12} se calcula por tanto según $\Delta v_{D12} = v_{31} + v_{23} - 2v_{12}$. Para Δv_{D23} es válido: $\Delta v_{D23} = v_{12} + v_{31} - 2v_{23}$. De manera correspondiente, para Δv_{D31} es válido: $\Delta v_{D31} = v_{23} + v_{12} - 2v_{31}$. Además, un valor de medición de punto medio de tensión media v_{med} se deduce de una tensión de referencia v_{ref} por medio de un formador de diferencia obteniendo una desviación de tensión total Δv . Dicha desviación de tensión total Δv se conecta individualmente a cada fase, de manera que la tensión en total se mantiene constante. En la salida del formador de diferencia 2 correspondiente vuelve a resultar la tensión diferencial corregida Δv_{12} , Δv_{23} y Δv_{31} para cada fase.

Al contrario del procedimiento representado en la figura 1, según el ejemplo de realización de la invención, representado en la figura 2, cada regulador de reacción 10 está conectado a una unidad comparadora 12, de manera que la unidad comparadora 12 se alimenta con el valor integrador correspondiente del regulador de reacción 10 como señal de entrada. Otra señal de entrada para la unidad comparadora 12 es la salida de la unidad de cálculo de sistema inverso 6 que pone a disposición una parte real de sistema inverso. Además, en la figura 2 se puede ver una unidad de selección de valor teórico de sistema inverso 13 que alimenta la unidad comparadora 12 con una parte teórica de sistema inverso. La unidad comparadora 12 compara la parte real de sistema inverso con la parte teórica de sistema inverso y define en función de la comparación las limitaciones superiores e inferiores del regulador de reacción 10, tal como se indica mediante las flechas que discurren de la unidad comparadora 12 al regulador de reacción 10.

Cuando la parte real de sistema inverso es inferior a la parte teórica de sistema inverso, las limitaciones superiores e inferiores del regulador de reacción 10 correspondiente se ponen a los valores máximos posibles respectivamente. Los valores máximos son facilitados a la unidad comparadora 12 de manera conveniente como parámetros por el usuario del procedimiento, de manera que el sistema inverso se permite completamente y es posible la formación de un sistema inverso. En cambio, cuando la parte real de sistema inverso es igual a la parte teórica de sistema inverso en el marco de los intervalos de tolerancia, el valor integrador actual se almacena una sola vez. Si el valor integrador es negativo, se usa como limitación inferior del regulador de reacción 10. En cambio, si el valor integrador es positivo, se usa como limitación superior del regulador de reacción. Respectivamente la otra limitación se pone a cero. De esta manera, se impide un aumento de la parte real de sistema inverso, mientras que los integradores del regulador de reacción 10 pueden moverse hacia cero, cuando se reduce la parte real de sistema inverso en la red de distribución de energía. El SVC mismo por tanto no genera ninguna asimetría de red.

En cambio, cuando la parte real de sistema inverso es superior a la parte teórica de sistema inverso, los valores integradores actuales se almacenan una sola vez y se usan, en función del signo, como límite superior o inferior, poniéndose a cero respectivamente el otro límite. A continuación, se comienza con la reducción de las limitaciones no puestas a cero, hasta que las partes reales vuelvan a ser inferiores a o situados en el intervalo de los valores teóricos.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la regulación de un compensador de potencia reactiva que está conectado a una línea de tensión alterna que presenta múltiples fases, en el que para cada fase se registra una tensión real (v_{12} , v_{23} y v_{31}) que cae en esta y a partir de las tensiones reales (v_{12} , v_{23} y v_{31}) se calcula una parte real de sistema inverso, y en el que un circuito de regulación suprime la parte real de sistema inverso, determinando un bucle de regulación por reacción (3) con la ayuda de parámetros de ajuste el grado de la supresión de la parte real de sistema inverso, **caracterizado por que**
- una unidad comparadora (12) compara la parte real de sistema inverso con una parte teórica de sistema inverso y, en función de la comparación, establece los parámetros de ajuste,
 - 10 - el bucle de regulación por reacción (3) sirve para la limitación de la supresión del sistema inverso,
 - el bucle de regulación por reacción (3) presenta reguladores de reacción (10) que presentan respectivamente un integrador y que hacia arriba y hacia abajo están limitados por una limitación superior y una limitación inferior,
 - mediante el ajuste de las limitaciones superiores e inferiores se ajusta el grado de la supresión del sistema inverso,
 - 15 - los parámetros de ajuste forman las limitaciones superiores e inferiores para el regulador de reacción (10), y
 - cuando la parte real de sistema inverso es superior a la parte teórica de sistema inverso, los valores integradores actuales de los reguladores de reacción (10) se usan, en función del signo, como limitación superior o inferior, poniéndose a cero respectivamente la otra limitación.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** para cada tensión real (v_{12} , v_{23} y v_{31}) se genera una señal diferencial (Δv_{D12}) que corresponde a una desviación de la tensión real de al menos una tensión real (v_{12} , v_{23} y v_{31}) de otra fase, a cada señal diferencial (Δv_{D12} , Δv_{D23} y Δv_{D31}) se conecta una señal de salida (Δv_{B12} , Δv_{B23} y Δv_{B31}) del bucle de regulación por reacción (3) obteniendo una señal de entrada de regulador (Δv_{12} , Δv_{23} y Δv_{31}), las señales de entrada de regulador (Δv_{12} , Δv_{23} y Δv_{31}) se aplican en la entrada de un regulador (4) del circuito de regulación, cuyas señales de salida (Q_{reg}) determinan el modo de acción del compensador de potencia reactiva.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado por que** las señales de salida ($Q_{reg,B}$) del regulador (4) son las señales de entrada de valor real del bucle de regulación por reacción (3).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que** el bucle de regulación por reacción (3) convierte las señales de entrada de valor real ($Q_{reg,B}$), por medio del regulador de reacción (10), en las señales de salida (Δv_B) mencionadas del bucle de regulación por reacción (3), limitando los parámetros de ajuste el regulador de
- 30 reacción (10).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cuando la parte real de sistema inverso es inferior a la parte teórica de sistema inverso, la unidad comparadora proporciona parámetros de ajuste que impiden la supresión del sistema inverso.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cuando la parte real de sistema inverso corresponde a la parte teórica de sistema inverso, la unidad comparadora proporciona parámetros de ajuste con los que el circuito de regulación no actúa contra una disminución de la parte real de sistema inverso y al mismo tiempo se impide un incremento de la parte real de sistema inverso más allá de la parte teórica de sistema inverso.
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cuando la parte real de sistema inverso es superior a la parte teórica de sistema inverso, la unidad comparadora modifica los parámetros de ajuste, de tal forma que la parte real de sistema inverso se reduce hasta que sea inferior o igual a la parte teórica de sistema inverso.

FIG 1
(Estado de la técnica)

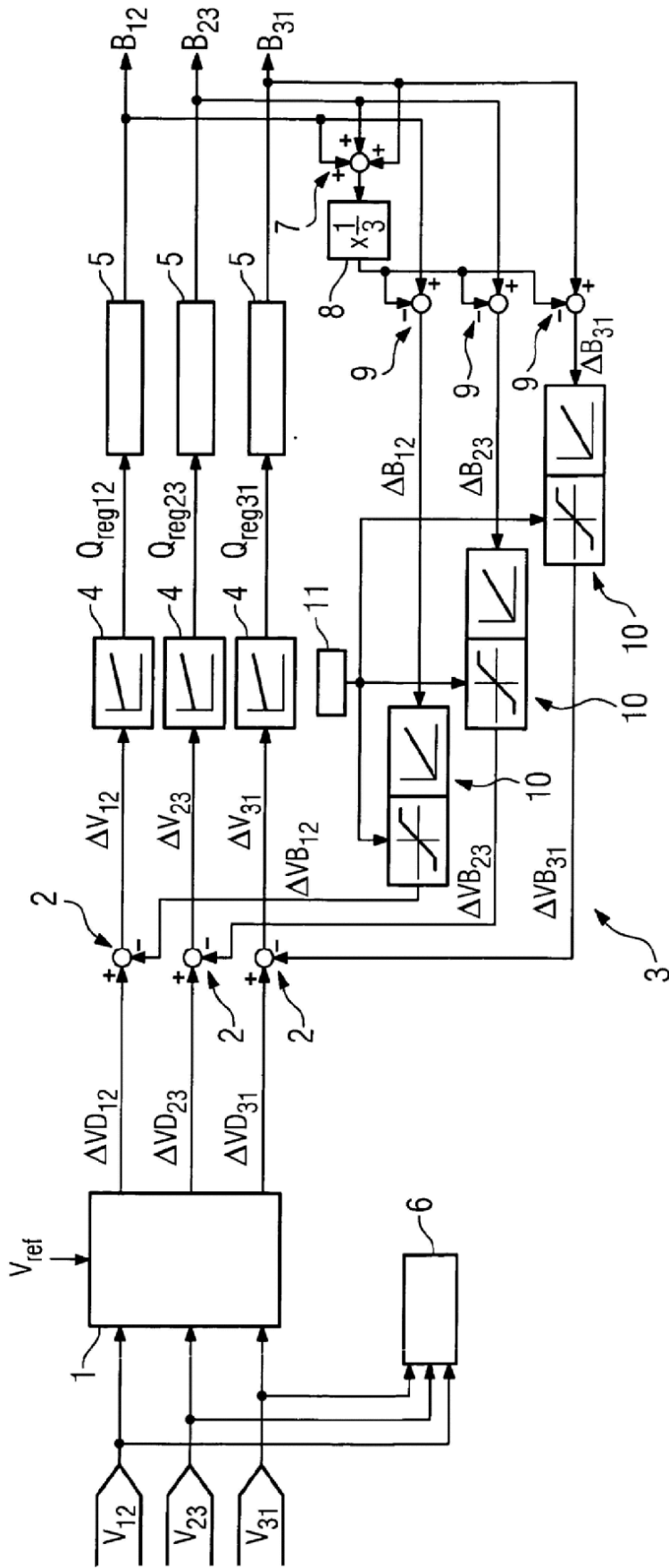


FIG 2

