

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 899**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2011 PCT/EP2011/056658**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12146277**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2011 E 11717579 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2689511**

54 Título: **Procedimiento y distribución para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a una red de tensión alterna**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.10.2017

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HERNANDEZ MANCHOLA, ALVARO, JOSE y
AUGSBURGER, FRIEDEMANN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 638 899 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 y distribución para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a una red de tensión alterna.

5 Procedimiento y distribución para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a una red de tensión alterna. Se sabe obtener energía eléctrica por medio de una central eólica y suministrar esta energía a través de un tramo de transmisión de energía a una red eléctrica de tensión alterna. Además, la central eólica puede tratarse de un único aerogenerador o de varios aerogeneradores, que forman entonces un llamado parque eólico. La transferencia de energía a la red de tensión alterna se lleva a cabo por un punto de acoplamiento común, designado también como PCC (point of common coupling). Una distribución tal se trata en la DE102008048258. Este documento muestra, en el sentido del texto de la reivindicación 1, un procedimiento para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a través de un tramo de transmisión de energía a una red de tensión alterna por un punto de acoplamiento común del tramo de transmisión de energía y la red de tensión alterna, en el que - se detecta la tensión a la salida de la central eólica y se alimenta al regulador selector de tomas y - en función del nivel de la tensión detectada por el regulador selector de tomas, en un transformador de alimentación dispuesto en el tramo de transmisión de energía y provisto de tomas, las tomas son ocupadas de tal forma, que a la salida de la central eólica aparezca una tensión, que conduzca a una tensión predefinida en el punto de acoplamiento común.

En lo que respecta al suministro de energía eléctrica en un punto de acoplamiento, el respectivo gestor de la red de tensión alterna establece requisitos respecto a la calidad de la energía eléctrica suministrada, que se han de cumplir por parte de la central eólica. Entre ellos se incluyen, entre otros, que desde la central eólica se tiene que abastecer el punto de acoplamiento de potencia reactiva. Estos requisitos se han cumplido hasta ahora por medio de instalaciones de compensación de la potencia reactiva, que presentan inductancias y capacidades conectables y son muy costosas. La invención se basa en el objeto de especificar un procedimiento para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a través de un tramo de transmisión de energía a una red de tensión alterna por un punto de acoplamiento común, con el que en el suministro de energía eléctrica con comparativamente menor coste pueda proporcionarse la potencia reactiva respectivamente demandada en el punto de acoplamiento. La presente invención resuelve el objeto mediante un procedimiento y una distribución correspondientes a las reivindicaciones independientes. Otras configuraciones conformes a la invención se revelan mediante las reivindicaciones dependientes.

La solución de este objeto se aprecia en un procedimiento para el suministro eléctrico desde una central eólica a través de un tramo de transmisión de energía a una red de tensión alterna por un punto de acoplamiento común del tramo de transmisión de energía y la red de tensión alterna, en el que se detecta la tensión en el punto de acoplamiento y se alimenta a un regulador selector de tomas; aparte de esto se detecta la tensión a la salida de la central eólica y se alimenta al regulador selector de tomas; en función del nivel de las tensiones detectadas el regulador selector de tomas en un transformador de alimentación dispuesto en el tramo de transmisión de energía y provisto de tomas ocupa las tomas de tal manera que a la salida de la central eólica aparezca una tensión, que conduzca a una tensión predefinida en el punto de acoplamiento común.

La ventaja fundamental del procedimiento consiste en que - en función de las demandas de potencia reactiva - se las apaña sin una instalación de compensación de la potencia reactiva o con una relativamente pequeña y con ello poco costosa. El procesamiento de la tensión detectada en el punto de acoplamiento en el regulador selector de tomas puede realizarse en el procedimiento de diferentes formas. Se estima como especialmente favorable para la obtención de una regulación estable, que la tensión detectada en el punto de acoplamiento se controle partiendo de en cuál de varios rangos de tensión predefinidos se encuentra, y según el resultado de este control por medio de un selector de área de varios selectores de área asignados a cada rango de tensión de la tensión en el punto de acoplamiento para la tensión de salida en la central eólica se estimule un regulador selector de tomas de tal forma que la tensión a la salida de la central eólica se halle en el rango de tensión del respectivo selector de área. Se estima especialmente ventajoso que se usen selectores de área con rangos de tensión, mutuamente adyacentes todos dentro de una curva característica que describe la dependencia de la tensión a la salida de la central eólica de su potencia reactiva. Esta curva característica la preddefine el respectivo gestor de la red de tensión alterna individualmente para cada punto de acoplamiento; mediante la selección antes indicada de los selectores de área es posible un fácil ajuste a las diferentes circunstancias. Más favorablemente se utilizan tres selectores de área, porque este número parece suficiente para la mayoría de casos de aplicación. La invención se basa además en el objeto de proponer una distribución para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a través de un tramo de transmisión de energía a una red de tensión alterna por un punto de acoplamiento común, con la que pueda generarse con relativamente bajo coste la potencia reactiva a proporcionar respectivamente en el punto de acoplamiento.

Para resolver este objeto sirve una distribución para el suministro de energía eléctrica desde una central eólica a través de un tramo de transmisión de energía a una red de tensión alterna por un punto de acoplamiento común del tramo de transmisión de energía y la red de tensión alterna, en el que una entrada de tensión de un regulador selector de tomas está conectada a través de un dispositivo detector de tensión con el punto de acoplamiento común

5 y otra entrada de tensión del regulador selector de tomas se conecta a través de otro dispositivo detector de tensión a la salida de la central eólica; una salida del regulador selector de tomas está conectado con un transformador de alimentación dispuesto en el tramo de transmisión de energía y provisto de tomas, cuyas tomas, en función del nivel de las tensiones detectadas por el regulador selector de tomas, son ocupadas de tal forma que a la salida de la central eólica aparezca una tensión, que conduzca a una tensión predefinida en el punto de acoplamiento común. Una distribución tal se caracteriza especialmente porque se apaña sin una instalación de compensación de la potencia reactiva o sólo precisa una pequeña, porque solo mediante medidas de regulación puede generarse la potencia reactiva respectivamente demandada.

10 En una ordenación favorable, el regulador selector de tomas muestra en la distribución módulos de selección conectados al un dispositivo detector de tensión, que controlan la tensión detectada en el punto de acoplamiento partiendo de en cuál de varios rangos de tensión predefinidos se encuentra; aguas abajo de los módulos de selección se disponen selectores de área para la tensión de salida en la central eólica, y aguas abajo de los selectores de área se dispone un regulador selector de tomas, que según el resultado del control en los módulos de selección se estimula a través de los selectores de área de forma que la tensión a la salida del aerogenerador se encuentre en el rango de tensión del respectivo selector de área.

15 En la distribución, los selectores de área cubren rangos de tensión, todos mutuamente adyacentes dentro de una curva característica que describe la dependencia de la tensión a la salida de la central eólica de su potencia reactiva, con lo que - como se ha citado ya antes en relación con la explicación del procedimiento – se posibilita un fácil ajuste a diversas especificaciones del gestor de las redes de tensión alterna.

20 Ventajosamente hay en la distribución tres selectores de área. Para la aclaración adicional de la invención se representan en la

Fig. 1 un ejemplo de ejecución de la distribución conforme a la invención con un regulador selector de tomas, en la

Fig. 2 un diagrama de bloques del regulador selector de tomas conforme a la Fig. 1, en la

25 Fig. 3 una curva característica ejemplar para la demanda de potencia reactiva en un punto de acoplamiento y en la

Fig. 4 curvas características de dos aerogeneradores.

30 La distribución de suministro de energía eléctrica 1 representada en la Figura 1 presenta una primera central eólica 2 con un gran número de aerogeneradores 3 y otra central eólica 4 con otros aerogeneradores 5; las instalaciones eólicas 2 y 4 forman por consiguiente un parque eólico, cuyos aerogeneradores 3 ó 5 individuales hace rotar el viento, donde se produce una corriente eléctrica. Un parque eólico tal se dispone a menudo en el mar, porque allí el viento sopla frecuentemente y de manera relativamente uniforme. Cada una de ambas centrales eólicas 2 ó 4 está conectada a una barra colectora 6 ó 7, que se encuentra respectivamente a una tensión U_s de por ejemplo 33kV. Ambas barras colectoras 6 o 7 están conectadas a través de respectivamente un tramo de transmisión de energía 8 ó 9 con un punto de acoplamiento común 10 con una red de suministro eléctrico 11, representada sólo esquemáticamente, en tierra. Cada uno de ambos tramos de transmisión de energía 8 o 9 tiene un cable submarino 12 o 13, al que se conecta un transformador de alimentación 14 o 15, situado generalmente en tierra.

40 Tal y como muestra además la Figura 1, a cada uno de los transformadores de alimentación 14 ó 15 se le asigna un regulador selector de tomas 16 ó 17. Cada uno de ambos reguladores selectores de tomas 16 ó 17 está conectado con su una entrada 18 ó 19 a través de un dispositivo detector de tensión 20 ó 21 de cualquier construcción con el punto de acoplamiento común 10, que se encuentra a una tensión U_k de por ejemplo 155 kV; respectivamente otra entrada 22 ó 23 del regulador selector de tomas 16 ó 17 está conectado a través de respectivamente otro dispositivo detector de tensión 24 ó 25 de cualquier construcción con las barras colectoras 6 ó 7. Cada uno de los reguladores selectores de tomas 16 ó 17 está conectado con su salida 26 ó 27 con un dispositivo de ajuste no representado a fondo para las tomas del respectivo transformador de alimentación 14 ó 15.

45 De la Figura 1 se desprende asimismo que una barra colectora 6 está conectada a través de una línea también con el transformador de alimentación 15 y la otra barra colectora 7 está también conectada a través de otra línea con el transformador de alimentación 15.

50 En la Figura 2 se muestra la construcción de un regulador selector de tomas 30 en forma de diagrama de bloques; cada uno de ambos reguladores selectores 16 ó 17 según la Figura 1 puede estar ejecutado tal y como se muestra en la Figura 2 y se describe a continuación más a fondo.

Tal y como muestra la Figura 2 detalladamente, el regulador selector de tomas 30 está conectado a través de un dispositivo detector de tensión 31 por ejemplo conforme al dispositivo detector de tensión 20 ó 21 conforme a la Figura 1 con el punto de acoplamiento común 10, representado aquí a diferencia de la Figura 1 sólo esquemáticamente.

5 En el dispositivo detector de tensión 31 no sólo se mide la tensión en el punto de acoplamiento común 10, sino que también se lleva a cabo una digitalización de los valores detectados, que de esta forma se alimentan a un primer módulo de selección 32 del regulador selector de tomas 30. Este primer módulo de selección 32 produce en su salida 33 una señal de sí S1j, cuando la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10 sea ejemplarmente mayor que 1,05, donde en este contexto se usa una tensión normalizada, referida a la tensión nominal. Se formará, por consiguiente, la señal S1j, cuando la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10 sea mayor que 1,05. En este caso se activará un selector de área 34 posterior, con el que se predetermina un determinado rango de la tensión Us en la barra colectora 6 ó 7 (comp. Figura 1). El rango se define mediante la tensión Ukmin y Ukmax1, donde tanto Ukmax como también Ukmin1 son valores relativamente altos. A la salida 35 del selector de área 34 aparece por consiguiente una señal, cuando la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10 cumpla la condición citada inicialmente, o sea, sea relativamente grande.

Si en el módulo de selección 32 se indica que la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10 no es suficiente para las condiciones definidas en el módulo de selección 32, entonces se forma una señal S1n y en otro módulo de selección 36 posterior se analiza si la tensión normalizada es mayor que 1 ejemplarmente, pero menor que 1,05. Si este fuera el caso, entonces se produciría en una salida 37 del otro módulo de selección 36 una señal S2j y con ella se estimularía otro selector de área 38 posterior, que cubriera un rango de la tensión Uk en la barra colectora 6 o 7 entre los valores Ukmax21 y Ukmin2. En este caso se formaría una señal de salida B1j a la salida 39 del otro selector de área 38.

Si el otro módulo de selección 36 constata que no se cumple el rango de tensión para él definido de la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10, entonces se produce en su salida 40 una señal S2n, que estimula un selector de área adicional 41; este selector de área adicional 41 se define para un rango de tensión de Ukmin3 a Ukmax3 de la tensión en la barra colectora 6 o 7. En este caso se emite a la salida 42 del selector de área adicional 41 una señal B3j.

De la Figura 2 se puede deducir además que las salidas 35, 39 y 42 de los tres selectores de área 34, 38 y 41 se llevan en conjunto a una entrada 44 de un bloque de toma de decisiones 45, conectado con otra entrada 46 a través de otro dispositivo detector de tensión 47 correspondientemente al otro dispositivo detector de tensión 24 conforme a la Figura 1 con la barra colectora 6, representada aquí de nuevo sólo esquemáticamente. En el bloque de toma de decisiones 45 se controla constantemente, si la tensión Us en la barra colectora 6 ó 7 se encuentra dentro del rango predeterminado con los selectores de área 34, 38 y 41. Si este no fuera el caso, entonces se produciría una señal de salida, con la que en un ajustador de tomas 48 se modificaría el ajuste de las tomas no mostradas del transformador de alimentación 14 ó 17. El resultado es una tensión Us en la barra colectora 6, debido a la que los aerogeneradores 3 o 5 se ajustan de forma que en el punto de acoplamiento común 10 se origine una tensión predeterminada, que corresponda a las especificaciones del gestor de la red de tensión alterna 11, como se aclara a continuación aún detalladamente.

Si el bloque de decisiones 45 llegara a la conclusión de que la tensión Us en la barra colectora 6 se encuentra en el rango de tensión seleccionado respectivamente por medio de los selectores de área 34, 38, y 41, entonces se producirá a su salida 47 una señal Aj, en relación a la cual se mantendrá la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10.

En la Figura 3 se muestra un diagrama, en el que el factor de potencia P se da a través de la tensión Uk en el punto de acoplamiento común 10. Una curva característica 50 abarca zonas, que se hallan tanto a la derecha como a la izquierda del factor de potencia 1. Además, las zonas situadas a la izquierda del factor de potencia 1 indican el estado, en que los aerogeneradores 3 o 4 (comp. Fig. 1) están sub-excitados, mientras que las zonas a la derecha del factor de potencia 1 describen los casos, en los que los aerogeneradores 3 o 4 están sobreexcitados. La curva característica 50 representa además una curva característica, que representa ejemplarmente una curva característica predeterminada por un gestor de la red de tensión alterna 11. Los aerogeneradores tienen que operarse, por consiguiente, de forma que la tensión Uk produzca en el punto de acoplamiento común 10, en función de la potencia reactiva suministrada, un punto de operación, que se encuentre dentro de la curva característica 50.

Fundamental para la comprensión del procedimiento conforme a la invención o del funcionamiento de la distribución conforme a la invención es la Figura 4, en la que se representan en un diagrama – tensión normalizada Ukn en la barra colectora 6 o 7 a través de la potencia normalizada emitida Qn (la zona a la izquierda del "0" designa el estado sub-excitado y la zona a la derecha del "0", el estado sobreexcitado de los aerogeneradores) – dos curvas características 51 y 52 para dos tipos diferentes de aerogeneradores. Resulta evidente que cada una de ambas curvas características 51 ó 52 tiene zonas, en las que la emisión de potencia reactiva inductiva o capacitiva está limitada a través de la potencia normalizada Qn. Si se considera por ejemplo la curva característica 51, entonces se

5 deduce que una emisión de potencia reactiva capacitiva es posible esencialmente sólo en el rango de tensión normalizado por encima de aproximadamente 1,05 y una potencia reactiva capacitiva e inductiva Q_n entre los valores de tensión normalizada U_{kn} y 1,05, cuando se tienen en cuenta ambas curvas características 51 y 52. Por debajo de la tensión normalizada U_{kn} de 1 puede generarse, considerando ambas curvas características 51 y 52, sólo potencia reactiva inductiva.

10 La invención aprovecha este conocimiento, en el que por medio de los selectores de área 35, 38 y 41 antes descritos (comp. Figura 2) se seleccionan respectivamente los rangos de tensión de la tensión U_s en la barra colectora 6 o 7, que sea necesaria respecto de la puesta a disposición de una calidad prescrita del suministro de energía en el punto de acoplamiento común 10. Así muestra la Figura 4 muy claramente, que con tensiones normalizadas U_{sn} mayores de 1,05 en la barra colectora 6 según la curva característica 51 sólo se puede generar potencia reactiva capacitiva. En el rango entre 1 y 1,05 de la tensión normalizada U_{kn} , la dimensión de la generación de potencia reactiva capacitiva está ya reducida, mientras que para valores de la tensión normalizada U_{kn} por debajo de 1 puede generarse potencia reactiva inductiva primaria. A través de la regulación o ajuste de la tensión U_k en las barras colectoras 6 ó 7 se puede producir pues respectivamente un estado de excitación de los aerogeneradores, que satisfaga los requisitos de potencia reactiva en el punto de acoplamiento común 10, sin que para ello tengan que preverse instalaciones de compensación de la potencia reactiva.

15 Cuando en casos particulares no baste esta regulación, entonces tendrán que emplearse también instalaciones de compensación de la potencia reactiva, pero estas pueden fabricarse mucho menores y, por tanto, con gasto considerablemente menor de lo que sería posible sin empleo de la invención.

20

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el suministro de energía eléctrica de una central eólica (2,3) a través de un tramo de transmisión de energía (8, 9) a una red de tensión alterna (11) por un punto de acoplamiento común (10) del tramo de transmisión de energía (8, 9) y la red de tensión alterna (11), en el que

- 5 • la tensión (Uk) se detecta en el punto de acoplamiento (10) y se suministra a un regulador selector de tomas (16, 17),
- la tensión (Us) a la salida de la central eólica (2, 3) se detecta y se suministra al regulador selector de tomas (16, 17) y
- 10 • en función del nivel de las tensiones detectadas (Uk, Us) por el regulador selector de tomas (16, 17), en un transformador de alimentación (14, 15) dispuesto en el tramo de transmisión de energía (8, 9) y provisto de tomas, las tomas son ocupadas de tal forma que a la salida de la central eólica (2, 3) aparezca una tensión (Us), que conduzca a una tensión predeterminada (Uk) en el punto de acoplamiento común (10),

en donde

- 15 • la tensión (Uk) detectada en el punto de acoplamiento (10) se controla respecto a en cual de varios rangos de tensión predeterminados (Ukmin1-Ukmax1, Ukmin2-Ukmax2, Ukmin3-Ukmax3) se encuentra, y
- conforme al resultado de este control por medio de un selector de área (34, 38, 41) de varios selectores de área (34, 38, 41), asociados a cada rango de tensión (Ukmin1-Ukmax1, Ukmin2-Ukmax2, Ukmin3-Ukmax3) de la tensión en el punto de acoplamiento (10), para la tensión de salida (Us) en la central eólica (2, 3) el regulador selector de tomas (14, 15) se carga de forma que la tensión (Uk) a la salida de la central eólica (2, 3) se halle en el rango de
- 20 tensión (Ukmin1-Ukmax1, Ukmin2-Ukmax2, Ukmin3-Ukmax3) del respectivo selector de área (34, 38, 41).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizada porque

- se utilizan selectores de área (34, 38, 41) con rangos de tensión (Ukmin1-Ukmax1, Ukmin2-Ukmax2, Ukmin3-Ukmax3), todos mutuamente adyacentes dentro de una curva característica que describe la dependencia de la tensión (Us) a la salida de la central eólica (2, 3) de su potencia reactiva (Qn).

25 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque

- se emplean tres selectores de área (34, 38, 41).

4. Distribución (1) para el suministro de energía eléctrica de una central eólica (2, 3) a través de un tramo de transmisión de energía (8, 9) a una red de tensión alterna (11) por un punto común de acoplamiento (10) del tramo de transmisión de energía (8, 9) y la red de tensión alterna (11), en la que

- 30 • una entrada de tensión (18, 19) de un regulador selector de tomas (16, 17) está conectado a través de un dispositivo detector de tensión (20, 21) con el punto común de acoplamiento (10),
- otra entrada de tensión (22, 23) del regulador selector de tomas (16, 17) está conectada a través de otro dispositivo detector de tensión (22, 23) a la salida (6, 7) de la central eólica (2, 3),
- 35 • una salida (26, 27) del regulador selector de tomas (16, 17) está conectada con un transformador de alimentación (14, 15) dispuesto en el tramo de transmisión de energía (8, 9) y provisto de tomas, cuyas tomas son ocupadas en función del nivel de las tensiones detectadas (Uk, Us) por el regulador selector de tomas (16, 17) de tal forma que a la salida de la central eólica (2, 3) aparezca una tensión (Us), que conduzca a una tensión predeterminada (Uk) en el punto de acoplamiento común (10),
- 40 • el regulador selector de tomas (16, 17) tiene módulos de selección (32, 36) conectados al un dispositivo detector de tensión (20, 21), que controlan la tensión (Uk) detectada en el punto de acoplamiento (10) respecto a en cual de varios rangos de tensión predeterminados (Ukmin1-Ukmax1, Ukmin2-Ukmax2, Ukmin3-Ukmax3) se encuentra, y
- selectores de área (34, 38, 41) para la tensión de salida (Us) en la central eólica (2, 3) están dispuestos aguas abajo de los módulos de selección (32, 36), y
- 45 • un ajustador de tomas (48) se dispone aguas abajo de los selectores de área (34, 38, 41), que, conforme al resultado del control en los módulos de selección (32, 36), se carga a través de los selectores de área (34, 38, 41)

de forma que la tensión (U_s) a la salida de la central eólica (2, 3) se halle en el rango de tensión (U_{kmin1} - U_{kmax1} , U_{kmin2} - U_{kmax2} , U_{kmin3} - U_{kmax3}) del respectivo selector de área (34, 38, 41).

5. Distribución según la reivindicación 4, caracterizada porque

- los selectores de área (34, 38, 41) cubren rangos de tensión (U_{kmin1} - U_{kmax1} , U_{kmin2} - U_{kmax2} , U_{kmin3} - U_{kmax3}), todos mutuamente adyacentes dentro de una curva característica que describe la dependencia de la tensión (U_s) a la salida de la central eólica (2, 3) de su potencia reactiva (Q_n).

6. Distribución según la reivindicación 4 o 5, caracterizada porque

- hay tres selectores de área (34, 38, 41).

FIG 1

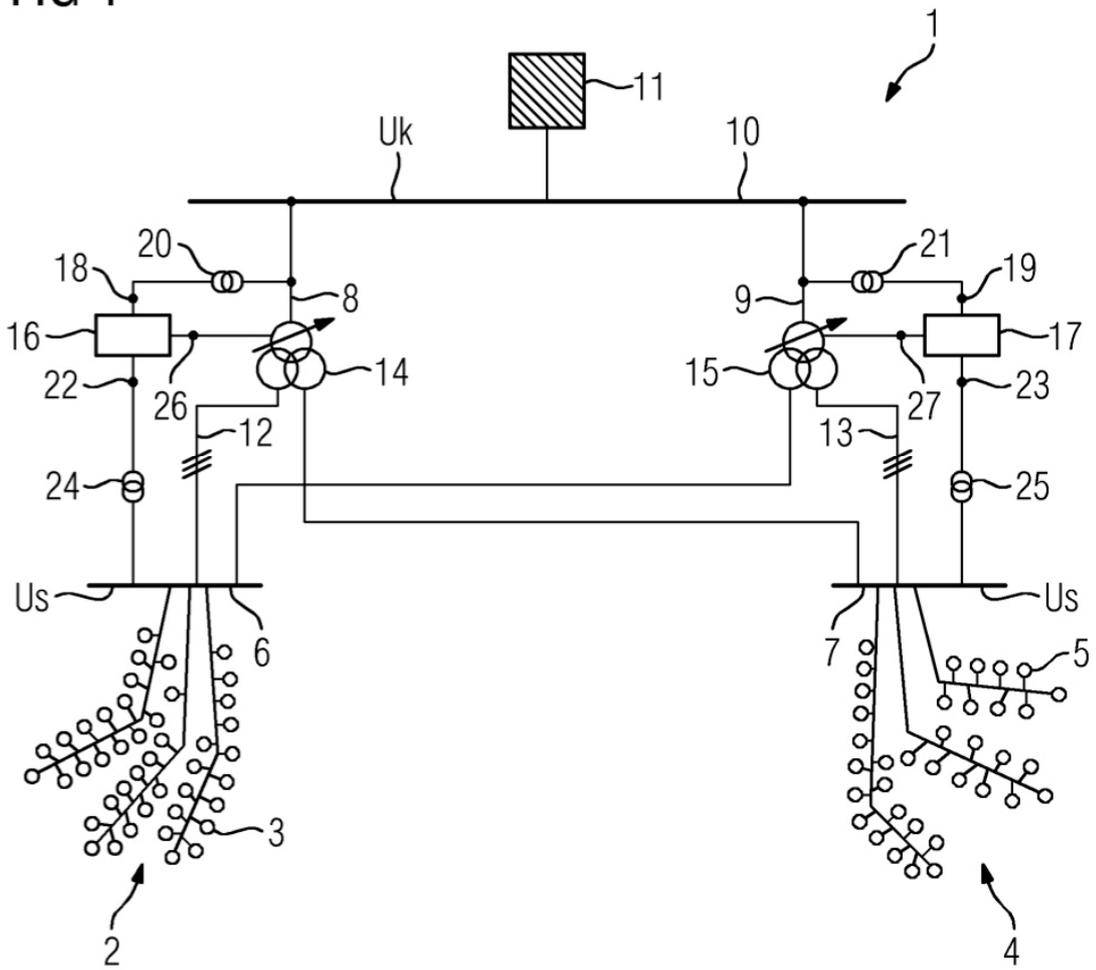


FIG 2

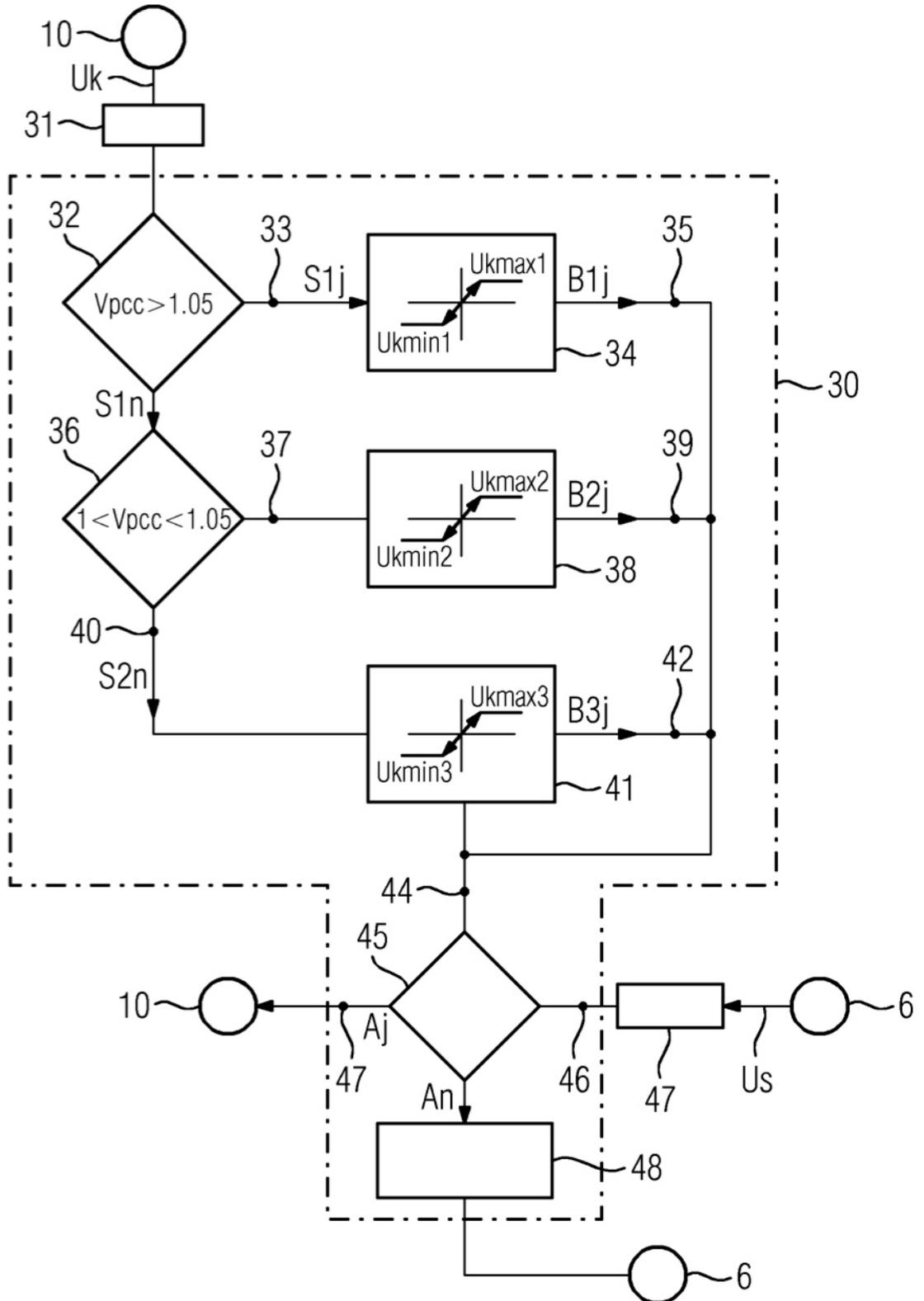


FIG 3

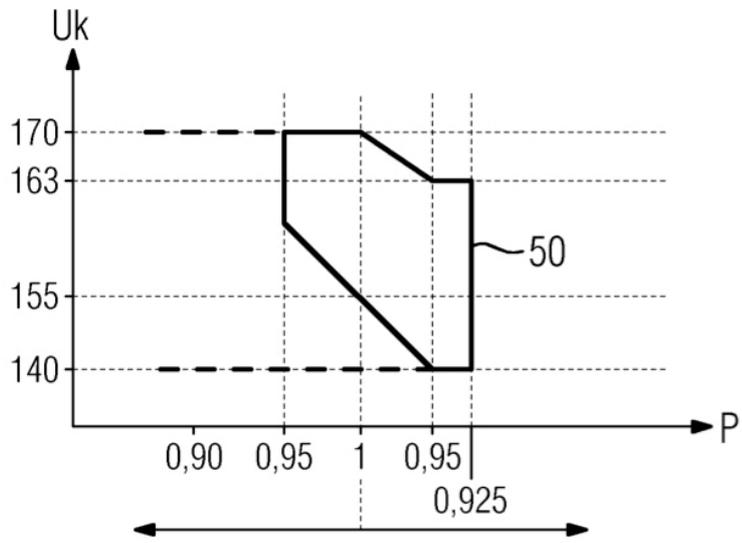


FIG 4

