

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 186**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2014 PCT/EP2014/065143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2015 WO15018613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2014 E 14738859 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3031115**

54 Título: **Procedimiento para el control de turbinas eólicas**

30 Prioridad:

06.08.2013 DE 102013215396

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

08.06.2020

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

BEEKMANN, ALFRED

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 765 186 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 el control de turbinas eólicas

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para suministrar energía eléctrica en una red de suministro eléctrico por medio de una turbina eólica o por medio de un parque eólico. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica para suministrar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico y la presente invención se refiere a un parque eólico para suministrar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico.
- 10 En general, se conoce el suministro de energía eléctrica a una red de suministro eléctrico mediante turbinas eólicas o por medio de un parque eólico que comprende una pluralidad de turbinas eólicas. También se conoce que la turbina eólica o el parque eólico pueden realizar tareas de soporte de la red además del suministro puro de energía. En ese sentido, se supone aquí una red de suministro eléctrico común, como una red de voltaje de CA.
- 15 Para el soporte de la red mediante turbinas eólicas, se conoce un documento inicial, por ejemplo, la patente de los Estados Unidos US 6.965.174. Este documento describe entre otras cosas el ajuste del ángulo de fase cuando se suministra energía mediante una turbina eólica. Más tarde, también se describieron procedimientos para un parque eólico, como describe, por ejemplo, el documento US 7.638.893.
- 20 Dichos procedimientos supervisan la red y, si es necesario, responden a los cambios en la red. Hoy en día, la participación de la energía eólica en la red está aumentando al menos en algunos estados o regiones, por lo que el suministro de energía y, por lo tanto, también la estabilidad de la red, puede depender cada vez más de las condiciones imperantes del viento. Este problema puede abordarse mediante el almacenamiento temporal de energía. Sin embargo, tales depósitos temporales pueden ser costosos y, a menudo, insuficientes.
- 25 El documento EP 2 381 094 describe un procedimiento para controlar una red de suministro, donde la red de suministro tiene al menos un alimentador inestable, como una turbina eólica.
- La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad el siguiente estado de la técnica:
- 30 DE 10 2010 006 142 A1, US 6 965 174 B2, US 7 638 893 B2 y US 2011/0148114 A1.
- El documento WO2012/171532 describe una turbina eólica donde se realiza una predicción dependiente de la velocidad del viento sobre la potencia reactiva.
- 35 La presente invención, por lo tanto, tiene el objeto de abordar al menos uno de los problemas anteriormente mencionados. En particular, se propondrá una solución que permita una mejora aún mayor del soporte de la red por parte de las turbinas eólicas. Al menos, se recomienda una solución alternativa.
- Según la invención se propone un procedimiento para la alimentación de energía eléctrica a una red de corriente eléctrica según la reivindicación 1. Este procedimiento utiliza una turbina eólica o un parque eólico y la turbina eólica o parque eólico convierte la energía cinética del viento a una velocidad variable en energía eléctrica. Se tiene en cuenta que la velocidad del viento es variable, que no se trata de valores instantáneos, sino de promedios comunes, como un promedio de 10 segundos, 1 minuto o 10 minutos.
- 45 Ahora se propone además que, según la predicción del viento, se pronostica una velocidad del viento. Tal predicción del viento o pronóstico de la velocidad del viento se puede hacer mediante procedimientos meteorológicos conocidos. Preferentemente, se utilizan valores de otras turbinas eólicas u otros parques eólicos que, como se ve desde la dirección del viento actual, se encuentran localmente frente a la turbina eólica o al parque eólico donde se basa.
- 50 Dependiendo de esta velocidad pronosticada del viento, la potencia reactiva a suministrar se calcula como la potencia reactiva predicha QP.
- Esto se basa en el conocimiento de que los cambios en la velocidad del viento pueden influir en el comportamiento de la red de suministro eléctrico o incluso en su estabilidad. Sin embargo, dependiendo de la velocidad del viento o al menos a la luz de la velocidad del viento, una turbina eólica o un parque eólico pueden prever una potencia reactiva para el soporte de la red. Sin embargo, tales relaciones esperadas no son necesariamente claras y, en particular, para otros dispositivos o instalaciones que no sean las turbinas eólicas, por ejemplo, para un operador de red son menos o no predecibles.
- 60 Si, debido a las condiciones cambiantes del viento, se produce un cambio en el comportamiento de la turbina eólica o del parque eólico, esto puede dar lugar a medidas compensatorias que, por ejemplo, prevé el operador de la red. Sin embargo, la turbina eólica o el parque eólico también proporcionan medidas compensatorias y ambas medidas

compensatorias pueden estar mal equilibradas o incluso a la inversa. Una importante medida de equilibrio por parte de la turbina eólica o del parque eólico puede ser el suministro de energía reactiva. Para coordinar mejor tales medidas compensatorias, por lo tanto, se propone que la turbina eólica o el parque eólico ya proporcionen un pronóstico de potencia reactiva basado en una predicción de viento. Por lo tanto, las medidas de compensación temprana pueden coordinarse incluso antes de que sean necesarias.

Preferentemente, por lo tanto, también se propone transmitir la potencia reactiva pronosticada como una variable de predicción a un centro de control de red que controla la red eléctrica. En otras palabras, el operador de red recibe esta información sobre la potencia reactiva que la turbina eólica o el parque eólico suministrarán pronto. El operador de red, es decir, el centro de control de red, puede adaptarse mejor a ella.

Preferentemente, dependiendo de la velocidad pronosticada del viento, una potencia activa a suministrar también se calcula como potencia activa pronosticada P_p . Si se predice una velocidad del viento mayor que la velocidad media de una tormenta de viento, la potencia reactiva pronosticada es en magnitud mayor que la potencia activa pronosticada. En este caso, se considera un intervalo de tormenta y la velocidad promedio del viento de tormenta se encuentra entre una velocidad del viento inicial de tormenta, donde comienza una reducción de la potencia activa, y una velocidad del viento final de tormenta, donde la potencia activa a suministrar ha alcanzado el valor 0. Por lo tanto, aquí se propone una solución para el intervalo de tormenta, que puede ser particularmente crítica para la estabilidad de la red. Esto se debe al hecho de que la velocidad del viento en las tormentas puede fluctuar fuertemente comparativamente, y que en la tormenta muchos sistemas hoy en día todavía están diseñados y programados para que reduzcan parcialmente su potencia de inmediato a 0 como protección o incluso desconecten la turbina eólica de la red. En el caso de las tormentas, por lo tanto, cabe esperar fluctuaciones particularmente fuertes del suministro mediante turbinas eólicas o parques eólicos.

Además, la reducción de la potencia activa relacionada con la tormenta puede hacer que las unidades de alimentación de las turbinas eólicas o el parque eólico tengan más capacidad para suministrar la potencia reactiva debido a la potencia activa reducida. Este efecto se explota según la invención y, por lo tanto, se propone suministrar incluso más potencia reactiva que la potencia activa a la red. Al menos los niveles de voltaje en la red pueden verse influenciados por esto y el operador de red puede adaptarse a esta influencia.

Según una realización, se propone que la potencia reactiva pronosticada se pronostique para un período de predicción. Para este período de pronóstico, ahora se propone que las turbinas eólicas o el parque eólico realmente suministren la potencia reactiva pronosticada, incluso si la velocidad del viento se desvía de la velocidad predicha del viento. Por lo tanto, se crea un tamaño fiable mediante el cálculo y, en particular, al transmitir la potencia reactiva pronosticada. Otros, especialmente el operador de red, no solo pueden dividirla sino incluso contar con ella. Esto aumenta la estabilidad de la red.

Debe agregarse que esta realización también se basa en el hallazgo de que una potencia reactiva de suministro depende solo ligeramente o posiblemente incluso nada de la velocidad del viento. Por lo tanto, también es posible proporcionar una potencia reactiva tan pronosticada, aunque el viento tenga valores distintos. Solo podría ser problemático si la capacidad de las unidades de alimentación de la turbina eólica o del parque eólico debido a un suministro de potencia activa inesperadamente alta no pudiera suministrar la potencia reactiva predicha. En este caso, por un lado, es posible, con el acuerdo de las partes, en particular con el acuerdo del operador de la red, no suministrar esta potencia reactiva o, si es necesario, cumplir con la potencia reactiva pronosticada y, por lo tanto, básicamente prometida, para reducir el suministro de potencia activa al valor pronosticado y, por lo tanto, predicho del suministro de potencia reactiva para poder cumplir.

Preferentemente, el cálculo de la potencia reactiva pronosticada y posiblemente la transmisión de la potencia reactiva pronosticada como variable de predicción al centro de control de red solo se realiza si la velocidad pronosticada del viento es mayor que la velocidad inicial del viento de la tormenta. Por lo tanto, se propone realizar específicamente el pronóstico de la potencia reactiva solo para los casos de tormenta. Esto tiene particularmente en cuenta el hecho de que, especialmente en el caso de las tormentas, es importante un pronóstico de la potencia reactiva para tenerla disponible como una variable para estabilizar la red.

Además, esto también evita el cálculo innecesario y posiblemente la transmisión innecesaria en estados menos críticos. También se puede lograr que se evite una posible determinación de una potencia reactiva pronosticada cuando las velocidades del viento están por debajo de las de una tormenta. Por debajo de la de una tormenta, es probable que las velocidades del viento sean menos pronunciadas y menos espontáneas, especialmente cuando se suministra mediante un parque eólico donde las fluctuaciones leves se distribuyen por todo el parque y son menos notables en el suministro. Por lo tanto, a velocidades de viento tan bajas, es de esperar una situación general más estable, que puede funcionar sin pronóstico de potencia reactiva y para este propósito se puede alinear el suministro de manera más precisa a los requisitos de red de ese momento, en particular a los estados de red de ese momento.

Si no se ha predicho ninguna potencia reactiva, todavía se puede suministrar potencia reactiva, por ejemplo, dependiendo de las condiciones actuales de la red.

Según, una realización, se propone que la potencia reactiva se establezca mediante una función de potencia reactiva. Esto se sugiere preferentemente para velocidades del viento que se encuentran entre la velocidad del viento inicial de la tormenta y la velocidad del viento final de la tormenta. Para este intervalo, la función de potencia reactiva define una relación entre la potencia reactiva a suministrar y la velocidad del viento. Esta función de potencia reactiva es preferentemente una función polinómica de primer o segundo grado, es decir, una línea recta con una pendiente o incluso una función parabólica. Preferentemente, se puede usar una función de histéresis, que para las velocidades del viento ascendentes define una relación diferente entre la potencia reactiva y la velocidad del viento, así como para la velocidad del viento descendente. Preferentemente, tal función de histéresis puede realizarse mediante dos funciones polinómicas de segundo grado distintas. Dichas funciones se usan preferentemente, pero también se pueden usar otras funciones, tales como funciones polinómicas de grados superiores, funciones trigonométricas, por ejemplo, secciones de una función de seno, o funciones *spline* que describen una relación funcional que es descrita por varios nodos.

Preferentemente, la información de otras turbinas eólicas y/u otros parques eólicos se utiliza para crear la predicción del viento. Para este propósito, se puede consultar información de servicios meteorológicos conocidos, especialmente sobre áreas de alta y baja presión y las condiciones climáticas a gran escala correspondientes y el movimiento del aire. Sin embargo, es ventajoso usar información de al menos otra turbina eólica y/o al menos otro parque eólico, porque las turbinas eólicas y los parques eólicos se pueden conectar a través de un sistema de información, en particular a través de uno denominado SCADA. Esto hace posible construir un sistema en red, que también subyace o puede basarse en la misma información meteorológica. En particular, la medición de la velocidad del viento puede depender de muchos factores, en particular del sensor de medición y la altitud a la que se mide. Si, por ejemplo, el sistema de energía eólica detecta la velocidad del viento a través de su rotor aerodinámico, entonces esta medición de la velocidad del viento se basa en una altura de medición muy alta, que puede superar regularmente los 100 metros en la actualidad, y se basa en un tamaño muy uniforme, porque el rotor aerodinámico es relativamente lento, al menos en comparación con un anemómetro conocido, que cubre un área grande. Mediante el uso de datos de medición de viento de otras turbinas eólicas u otros parques eólicos, en última instancia, precisamente, tales mediciones de viento se toman como base, que luego se volverán relevantes y efectivas en la planta de energía eólica respectiva.

Además, se propone una turbina eólica para el suministro de energía eléctrica a una red eléctrica, que está preparada para usar un procedimiento según al menos una de las realizaciones arriba descritas. Preferentemente, dicha turbina eólica tiene un generador que está diseñado para generar una potencia nominal del generador, y un dispositivo de alimentación que está preparado para realizar el suministro. En este caso, la unidad de alimentación está diseñada para suministrar una corriente de alimentación máxima, que es mayor que una corriente de alimentación para suministrar la potencia nominal del generador.

La turbina eólica está preparada hasta el momento para suministrar una corriente mayor que la necesaria, para suministrar solo la potencia máxima permanente del generador a la red.

Preferentemente, el dispositivo de alimentación tiene una pluralidad de unidades de alimentación y, de hecho, tantas unidades de alimentación que hay más unidades de alimentación que las necesarias para suministrar la energía generada por la turbina eólica. Entonces, en particular, más unidades de alimentación, que las necesarias para suministrar la potencia nominal del generador. Preferentemente, tales unidades de alimentación se proporcionan como armarios de alimentación y, por lo tanto, se proporciona al menos un armario de alimentación adicional, como sería necesario para suministrar la potencia nominal o la potencia máxima generada permanentemente. Como resultado, la potencia reactiva se puede suministrar selectivamente mientras se suministra la potencia nominal. Además, en casos extremos, cuando no se suministra potencia nominal, o cuando se suministra solo una potencia nominal pequeña, se puede suministrar más potencia reactiva que la potencia nominal. En ese sentido, la unidad VAR se establece igual que la unidad W para esta comparación entre potencia reactiva y nominal.

Además, propusimos proporcionar un parque eólico para suministrar la energía eléctrica en una red eléctrica. Este parque eólico está preparado para suministrar un procedimiento según al menos una de las realizaciones del procedimiento de suministro descrito anteriormente.

Preferentemente, dicho parque eólico presenta una unidad de control central para controlar el parque eólico. Las etapas del procedimiento para llevar a cabo el procedimiento de alimentación se implementan en consecuencia en la unidad de control central. Al menos según una realización, esto significa que la unidad de control central especifica valores para las turbinas eólicas individuales del parque eólico, qué potencia activa y qué potencia reactiva debe suministrar la instalación respectiva. Esta instalación lleva a cabo la aplicación real del suministro de energía activa y/o el suministro de energía reactiva de cada instalación individual, o lleva a cabo su parte de esta suministración del

parque eólico total. En ese sentido, cada turbina eólica contribuye a un suministro, que depende de las especificaciones de la unidad de control central y donde todos estos suministros individuales se suman y suministran a la red en el punto de conexión de red común del parque eólico.

5 Preferentemente, el parque eólico está diseñado para suministrar una corriente mayor que la necesaria, así como para suministrar la potencia activa máxima para la que está diseñado el parque eólico. En particular, esta potencia activa máxima puede corresponder a la potencia nominal del parque eólico, es decir, la suma de todas las potencias nominales de las turbinas eólicas del parque eólico. Por lo tanto, este parque eólico puede suministrar más potencia reactiva que la potencia activa o puede alimentar la potencia reactiva incluso si ya se está suministrando la potencia
10 activa máxima.

Preferentemente, un parque eólico tiene una pluralidad de turbinas eólicas, como se describió anteriormente en relación con al menos una realización de una turbina eólica. En particular, todas las turbinas eólicas son las descritas anteriormente según al menos una realización.

15 A continuación, la invención se explica más en detalle a modo de ejemplo mediante realizaciones en relación con las figuras adjunta.

La figura 1 muestra una turbina eólica en una vista en perspectiva.

20 La figura 2 muestra esquemáticamente un parque eólico.

La figura 3 muestra diagramas que ilustran una relación entre el viento real, la predicción del viento y la potencia reactiva pronosticada.

25 La figura 4 es un diagrama que ilustra las relaciones preferidas entre la potencia reactiva pronosticada y la velocidad predicha del viento.

30 La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y un buje 110. El rotor 106 se pone en movimiento de giro durante el funcionamiento debido al viento y, de este modo, acciona un generador en la góndola 104.

35 La figura 2 muestra un parque eólico 112 con tres turbinas eólicas 100, a modo de ejemplo, que pueden ser iguales o diferentes. Las tres instalaciones de energía eólica 100 son, por tanto, representativas de prácticamente cualquier número de instalaciones de energía eólica de un parque eólico 112. Las instalaciones de energía eólica 100 proporcionan su energía, en particular, la electricidad generada a través de una red de parque eléctrico 114. A este respecto se trata de sumar las corrientes o potencias generadas por cada una de las instalaciones de energía eólica 100 y normalmente se dispone de un transformador 116, que transforma en gran medida la tensión en el parque para la introducción a la red de suministro 12 en el punto de alimentación 118, también conocido como PCC. La figura 2 es
40 solo una representación simplificada de un parque eólico 112, que, por ejemplo, no muestra ningún control, aunque naturalmente existe un control. Por ejemplo, la red del parque 114 también puede estar conformada de manera distinta, donde, por ejemplo, hay presente un transformador a la salida de cada turbina eólica 100, por nombrar solo otro ejemplo de realización.

45 La figura 3 muestra esquemáticamente, en un primer diagrama D1, un posible curso de la velocidad del viento durante el período de un día. El gráfico central D2 indica una posible predicción del viento, que en el ejemplo que se muestra, con fines ilustrativos, supone un tiempo de predicción de seis horas. Este diagrama medio o segundo D2 está avanzado en este aspecto seis horas. Una relación entre los tiempos de las predicciones y los tiempos del viento real según el primer diagrama D1 se indican mediante líneas discontinuas, que conectan ópticamente los tiempos seis
50 horas, 12 horas, 18 horas y 24 horas, respectivamente.

El diagrama inferior y tercero D3 indica un posible curso de un pronóstico de la potencia reactiva Q a suministrar.

55 Para fines de ilustración, se ha seleccionado el curso de una velocidad del viento V_{ist} que tiene una velocidad del viento de aproximadamente cinco metros por segundo en el intervalo desde las 00:00 hasta las 9:00. Esto corresponde a aproximadamente una fuerza del viento de tres Bft. La velocidad del viento no se indica como una línea lisa para indicar las fluctuaciones naturales del viento.

60 A las 9:00, la velocidad del viento comienza a aumentar gradualmente y alcanza un valor de 25 metros por segundo aproximadamente a las 12:30 en punto. Esto corresponde a aproximadamente una fuerza del viento de 9 a 10 Bft. Por lo general, 25 metros por segundo es, y en el ejemplo que se muestra, la velocidad del viento a la que se desregula una turbina eólica para su protección. Representa aquí la velocidad del viento inicial de la tormenta V_{Sa} .

El viento continúa subiendo y alcanza alrededor de las 14:30 un valor de 34 metros por segundo, que corresponde a la fuerza del viento 12 y, por lo tanto, a un huracán. El valor de 34 metros por segundo aquí también es la velocidad del viento a la que las turbinas eólicas usualmente y en el ejemplo que se muestra, siempre que sea posible, la potencia activa no se suministra más y hasta ahora está completamente regulada, especialmente sus palas del rotor han girado completamente en la posición de bandera. Esta velocidad del viento de 34 metros por segundo es aquí también la velocidad del viento final de la tormenta.

Aproximadamente a las 21:00, el viento disminuye nuevamente y cae por debajo de la velocidad del viento final de la tormenta y aproximadamente a las 22:00 cae por debajo de la velocidad del viento inicial de la tormenta. Por lo tanto, la turbina eólica puede volver a funcionar desde las 22:00 en el sentido normal de que no tienen que volver a regularse. El diagrama también intenta ilustrar que a velocidades de viento más altas la variación en la velocidad del viento también aumenta.

Para esta velocidad del viento del diagrama D1, ahora se muestra un pronóstico del viento en el diagrama D2, que predice una velocidad del viento de aproximadamente 5 metros por segundo (fuerza del viento 3) para el período de las 6:00 a las 9:00. A las 9:00, la velocidad del viento aumenta según la predicción y alcanza la velocidad del viento inicial de la tormenta de aproximadamente 25 metros por segundo aproximadamente a las 13:30. Esto es aproximadamente una hora más tarde que según el curso real posterior según el diagrama D1, respectivamente, o se predice que a las 12:30 la velocidad del viento será más baja de lo que se ajusta.

A las 14:30, la velocidad pronosticada del viento alcanza la velocidad del viento final de la tormenta de 34 metros por segundo y continúa aumentando. A las 21:00, la velocidad predicha del viento cae por debajo de la velocidad del viento final de la tormenta y a las 23:00 cae por debajo de la velocidad del viento inicial de la tormenta.

El pronóstico de la potencia reactiva Q_{pro} a suministrar se muestra en el diagrama D3. Su actitud está orientada a la velocidad del viento prevista según el diagrama D2. La potencia reactiva pronosticada Q_{pro} aumenta así a las 13:30, es decir, cuando la velocidad predicha del viento alcanza y supera aún más la velocidad del viento inicial de la tormenta V_{SA} . A medida que la velocidad predicha del viento continúa aumentando, la potencia reactiva pronosticada también aumenta y alcanza su valor máximo a las 14:30 cuando la velocidad predicha del viento alcanza la velocidad del viento final de la tormenta V_{SE} . Esta potencia reactiva pronosticada Q_{pro} mantiene su valor máximo hasta que la velocidad predicha del viento cae por debajo de la velocidad del viento final de la tormenta a las 21:30 y la potencia reactiva pronosticada Q_{pro} cae hasta las a las 23:00 aún más incluso con la velocidad predicha del viento que cae. Aquí, la velocidad predicha del viento alcanza el valor de la velocidad del viento inicial de la tormenta y cae más abajo. La potencia reactiva Q_{pro} pronosticada alcanza el valor 0.

Por lo tanto, queda claro que la potencia reactiva pronosticada, que inicialmente representa solo un valor, se determina en función de la velocidad del viento predicha V_{vor} . Preferentemente, esta potencia reactiva Q_{pro} predicha también se suministra más tarde como se pronostica, es decir, como se muestra en el diagrama 3. En otras palabras, en el ejemplo que se muestra, el aumento en la potencia reactiva pronosticada y luego la potencia reactiva suministrada correspondientemente no comienza a aumentar hasta las 13:30, aunque la velocidad real del viento ya alcanza la velocidad del viento inicial de la tormenta V_{SA} a las 12:30. Del mismo modo, pueden ocurrir casos inversos en los cuales la velocidad predicha del viento alcanza un valor mayor antes que la velocidad real del viento. Preferentemente, en principio, no solo para la realización ejemplar de la figura 3, se propone que una potencia reactiva que corresponda a la potencia reactiva pronosticada Q_{pro} se suministre más tarde, si la velocidad real del viento que se establece corresponde a la velocidad pronosticada del viento o es menor. Además, y alternativamente, también en general, no solo para la realización ilustrada, se sugiere que la potencia reactiva suministrada es mayor que la potencia reactiva pronosticada cuando la velocidad real del viento es mayor que la velocidad pronosticada del viento. En este caso, se propone que no se exceda el valor máximo de la potencia reactiva, es decir, la potencia reactiva no aumenta si la potencia reactiva pronosticada ya asume el valor máximo.

La potencia reactiva pronosticada se indica en la figura 3 en el diagrama D3 para el espacio de tiempo desde las 6:00 hasta las 13:30 y desde las 23:00 a las 6:00 con el valor 0. Inicialmente, esto significa que se establece un valor 0 para la potencia reactiva pronosticada y posiblemente se suministra a las unidades de control correspondientes, o que para estos intervalos, es decir, para los intervalos, donde la velocidad pronosticada del viento está por debajo de la velocidad del viento inicial de la tormenta, ni siquiera se calcula la potencia reactiva pronosticada y, en consecuencia, no se transmite ninguna potencia reactiva pronosticada o un valor correspondiente.

Sin embargo, en estos períodos donde no se pronosticó potencia reactiva o su valor es 0, la potencia reactiva se puede suministrar a la red. Esta potencia reactiva depende en particular de las condiciones de la red, como, por ejemplo, el voltaje de la red en el punto de conexión de la red o en otro punto de medición en la red de suministro eléctrico.

En la medida en que ya se está suministrando una potencia reactiva, es decir, incluso antes de que la velocidad del viento o la velocidad predicha del viento haya alcanzado la velocidad del viento inicial de la tormenta, existen varias posibilidades para combinarlas con la potencia reactiva pronosticada.

- 5 Si, en el ejemplo que se muestra, a las 13:30, una potencia activa pronosticada entra en vigor y aumenta, se propone según una realización mantener esta potencia reactiva suministrada hasta que la potencia reactiva pronosticada alcance exactamente ese valor de la potencia reactiva que se está suministrando actualmente. Entonces, el suministro de potencia reactiva puede cambiar al curso de la potencia reactiva pronosticada.
- 10 Según otra realización, se propone que la potencia reactiva predicha se eleve en su base a la potencia reactiva ya suministrada, es decir, comprimida en la dirección ordenada, de modo que aumente la potencia reactiva suministrada en el ejemplo que se muestra a las 13:30 cuando la potencia reactiva pronosticada aumenta. Este caso se muestra esquemáticamente en el diagrama D3 por la característica de punto y guión, que ilustra esta potencia reactiva Q_r suministrada tácticamente.
- 15 Además, el ejemplo de la figura 3 muestra una potencia reactiva pronosticada Q_{pro} y también una potencia reactiva suministrada factual Q_r , que asume el valor máximo de 3 MVA_r. En este caso, el ejemplo ilustrado se basa en una turbina eólica, que tiene una potencia nominal de 2 MW y, hasta ahora, puede generar y suministrar permanentemente un máximo de 2 MW de potencia activa. Sin embargo, la turbina eólica está preparada para suministrar una potencia reactiva más alta, es decir, 3 MVA_r, en el ejemplo que se muestra.
- 20

Debe observarse con respecto a los diagramas de la figura 3 que se basan, por ejemplo, en un período de predicción de seis horas. Sin embargo, en principio también son posibles períodos de predicción completamente distintos, en particular períodos de predicción más cortos de una o unas pocas horas, o preferentemente períodos de predicción
25 aún más cortos, como menos de una hora, menos de media hora y/o menos de un cuarto de una hora. Estos períodos de predicción se proponen preferentemente en general, no para la realización basada en el ejemplo de la figura 3, sino en general.

En particular para el operador de la red de suministro eléctrico, tal pronóstico de la potencia reactiva a suministrar
30 puede ser útil para planificar el control de la red. Cuanto más largos sean dichos pronósticos de suministro, en particular las predicciones de suministro fiables, mayor será la libertad del operador para regular, porque entonces podrá incluir plantas de energía que necesiten más tiempo para encenderse o apagarse total o parcialmente. Por otro lado, son los cambios particularmente a corto plazo, es decir, relacionados con el problema subyacente, los cambios a corto plazo en la capacidad de suministro de las turbinas eólicas, los que pueden causar problemas para el operador de la red en
35 su planificación. Si tales problemas a corto plazo van acompañados de pronósticos igualmente a corto plazo o pronósticos fiables a corto plazo, esto puede simplificar la planificación para el operador de red.

La figura 4 es un gráfico que muestra la potencia reactiva pronosticada Q_{pro} frente a la velocidad del viento, a saber, la velocidad predicha del viento V_{wvor} según una realización. En este caso, la ilustración se refiere solo a las altas
40 velocidades del viento, principalmente desde la velocidad del viento inicial de tormenta V_{Sa} hasta la velocidad del viento final de la tormenta V_{Se} . En el ejemplo, la potencia reactiva pronosticada Q_{pro} aumenta aproximadamente según una forma parabólica negativa con el aumento de la velocidad del viento hasta que ha alcanzado su valor máximo en la velocidad del viento final de la tormenta V_{Se} . Si la velocidad del viento vuelve a caer, la potencia reactiva pronosticada también vuelve a caer, pero según el ejemplo que se muestra con una curva distinta, es decir, con un
45 curso distinto que durante el aumento. En ese sentido, estas dos curvas para la potencia reactiva pronosticada Q_{pro} están provistas de flechas direccionales.

Si la velocidad del viento cambia antes de alcanzar la velocidad del viento final de la tormenta V_{SE} en caso de un aumento, o cambia antes de alcanzar la velocidad del viento inicial de la tormenta V_{Sa} en su caída, la potencia reactiva
50 pronosticada puede cambiar en un curso horizontal entre las dos ramas mostradas de Q_{pro} . Tal curso horizontal se muestra a modo de ejemplo como Q_z . Sin embargo, tal curso horizontal puede ocurrir básicamente en cualquier punto entre estas dos ramas curvas. Este cambio entre estas dos ramas de la función de histéresis tiene la ventaja de que la potencia reactiva inicialmente mantiene un valor estable y en la medida en que se logra una cierta estabilidad del control. En ese sentido, se propone un cambio entre las ramas de una función de histéresis de la potencia reactiva
55 pronosticada para que la potencia reactiva pronosticada mantenga un valor constante. Esto se propone generalmente como una forma de realización ventajosa, que no se limita solo al ejemplo que se muestra en la figura 4.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para suministrar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico, por medio de una turbina eólica (100) o un parque eólico (112), donde
- 5
- la turbina eólica (100) o el parque eólico (112) convierten la energía cinética del viento con una velocidad variable del viento en energía eléctrica,
 - según una predicción del viento, se pronostica una velocidad del viento y
 - según la velocidad pronosticada del viento, una potencia reactiva a suministrar se calcula como potencia reactiva pronosticada (Q_p), y 11
- 10
- la potencia reactiva pronosticada se pronostica para un período de predicción, caracterizado porque
 - la turbina eólica (100) o el parque eólico (112) suministran la potencia reactiva pronosticada más adelante en el período de predicción según lo calculado, incluso cuando ajustan una desviación de la velocidad del viento pronosticada.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la potencia reactiva pronosticada (Q_p) se transmite como una variable de predicción a un centro de control de red que controla la red de suministro eléctrico.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque**
- según de la velocidad del viento pronosticada, la potencia activa a suministrar se puede calcular como la potencia activa pronosticada (P_p) y
 - la potencia reactiva pronosticada es mayor en magnitud que la potencia activa pronosticada cuando se pronostica una velocidad del viento mayor que la velocidad media del viento de la tormenta entre una velocidad del viento inicial de la tormenta y una velocidad del viento final de la tormenta, donde
 - la velocidad del viento inicial de la tormenta denota una velocidad del viento, desde la cual la potencia activa se reduce al aumentar aún más la velocidad del viento y
 - la velocidad del viento final de la tormenta denota una velocidad del viento, con la que no se suministra energía activa a la red de suministro.
- 25
- 30
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el cálculo de la potencia reactiva pronosticada y posiblemente la transmisión de la potencia reactiva pronosticada (Q_p) como variable de predicción al centro de control de red, se realiza cuando la velocidad pronosticada del viento es mayor que la velocidad inicial del viento de la tormenta.
- 35
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- entre una o la velocidad del viento inicial de la tormenta y una o la velocidad del viento final de la tormenta
 - la potencia reactiva se establece mediante una función de potencia reactiva, que define una relación entre la potencia reactiva y la velocidad del viento, donde la función de potencia reactiva
 - es una función polinómica de grado o de segundo grado, y / o
 - es una función de histéresis.
- 40
- 45
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- 50
- la predicción del viento se genera en base a la información de al menos una turbina eólica adicional (100) y/o al menos un parque eólico adicional (112).
7. Turbina eólica (100) para alimentar con energía eléctrica una red de suministro eléctrico caracterizada porque está preparada para realizar un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 55
8. Turbina eólica (100) según la reivindicación 7, caracterizado porque
- 60
- la turbina eólica (100)
- es un generador adaptado para generar una potencia nominal del generador, y
 - comprende un dispositivo de alimentación para llevar a cabo el suministro, donde la unidad de alimentación está

adaptada para suministrar una corriente de alimentación máxima, que es mayor que una corriente de alimentación para suministrar la potencia nominal del generador.

9. Turbina eólica (100) según la reivindicación 7 u 8,
5 caracterizado porque el dispositivo de alimentación comprende una pluralidad de unidades de alimentación, en particular armarios de alimentación, y se proporcionan más unidades de alimentación o armarios de alimentación, según se requiera para suministrar la energía generada por la turbina eólica, en particular su potencia nominal.
- 10 10. Un parque eólico (112) para suministrar energía eléctrica a una red eléctrica, donde el parque eólico (112) está preparado para aplicar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
11. Parque eólico según la reivindicación 10,
caracterizado porque
15 el parque eólico (112) tiene una unidad de control central para controlar el parque eólico (112), y se implementan las etapas del procedimiento para aplicar el procedimiento de suministro en la unidad de control central.
12. Parque eólico (112) según la reivindicación 10 u 11,
caracterizado porque
20 el parque eólico (112) está adaptado para suministrar una corriente mayor que una corriente para el suministro de una potencia activa máxima, para lo cual está diseñado el parque eólico (112).
13. Parque eólico (112) según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12,
caracterizado porque
25 comprende una o más turbinas eólicas (100) según una de las reivindicaciones 7 a 9, en particular porque todas las turbinas eólicas (100) del parque eólico (112) son turbinas eólicas (100) según una de las reivindicaciones 7 a 9.

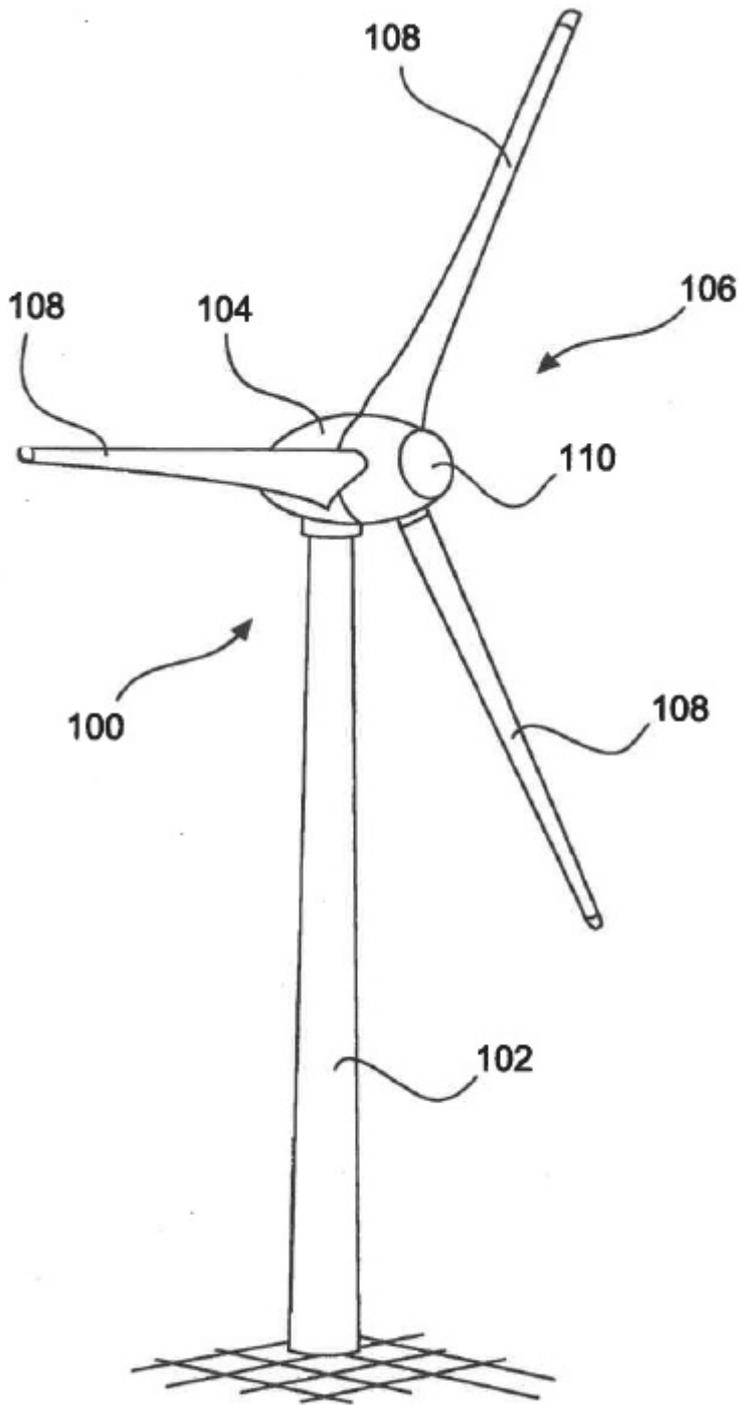


Fig. 1

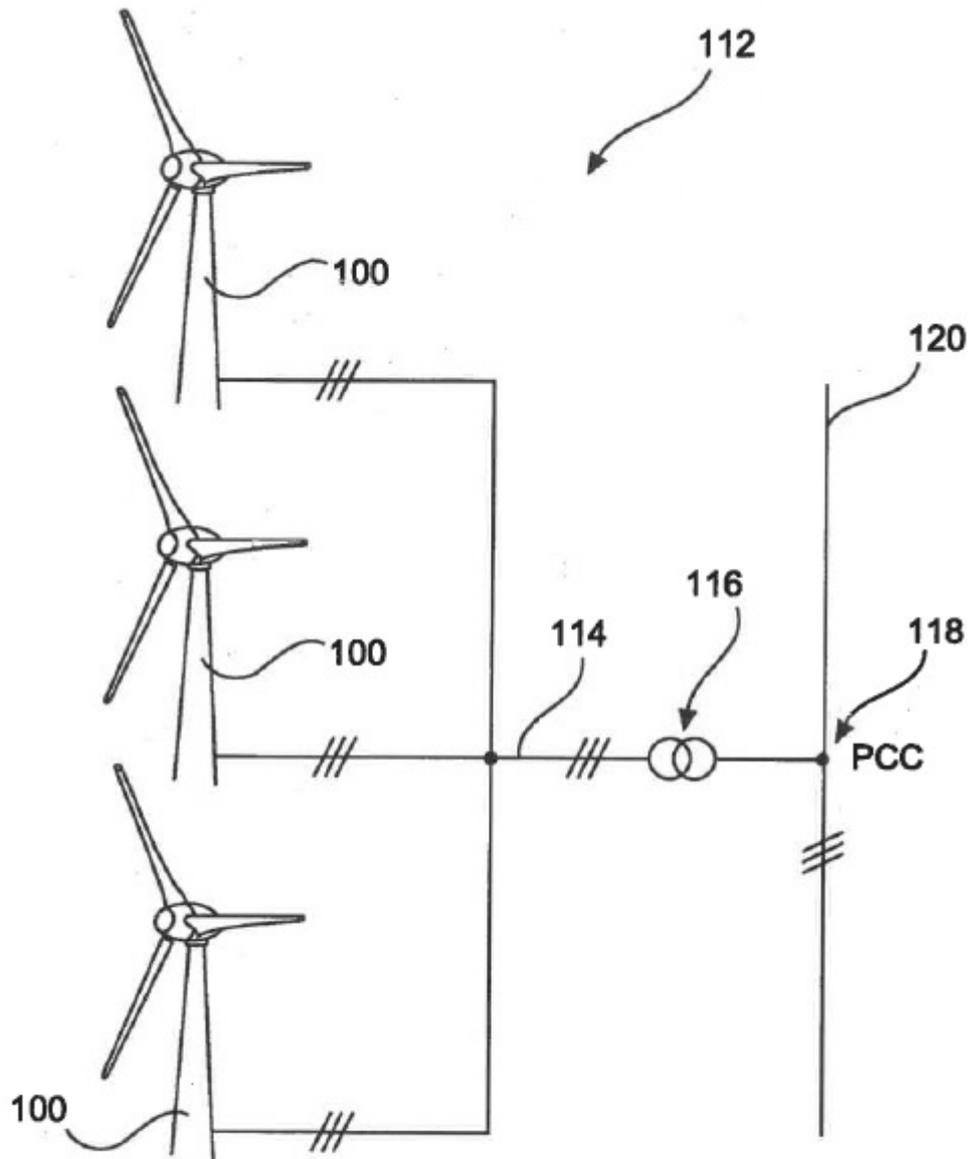


Fig. 2

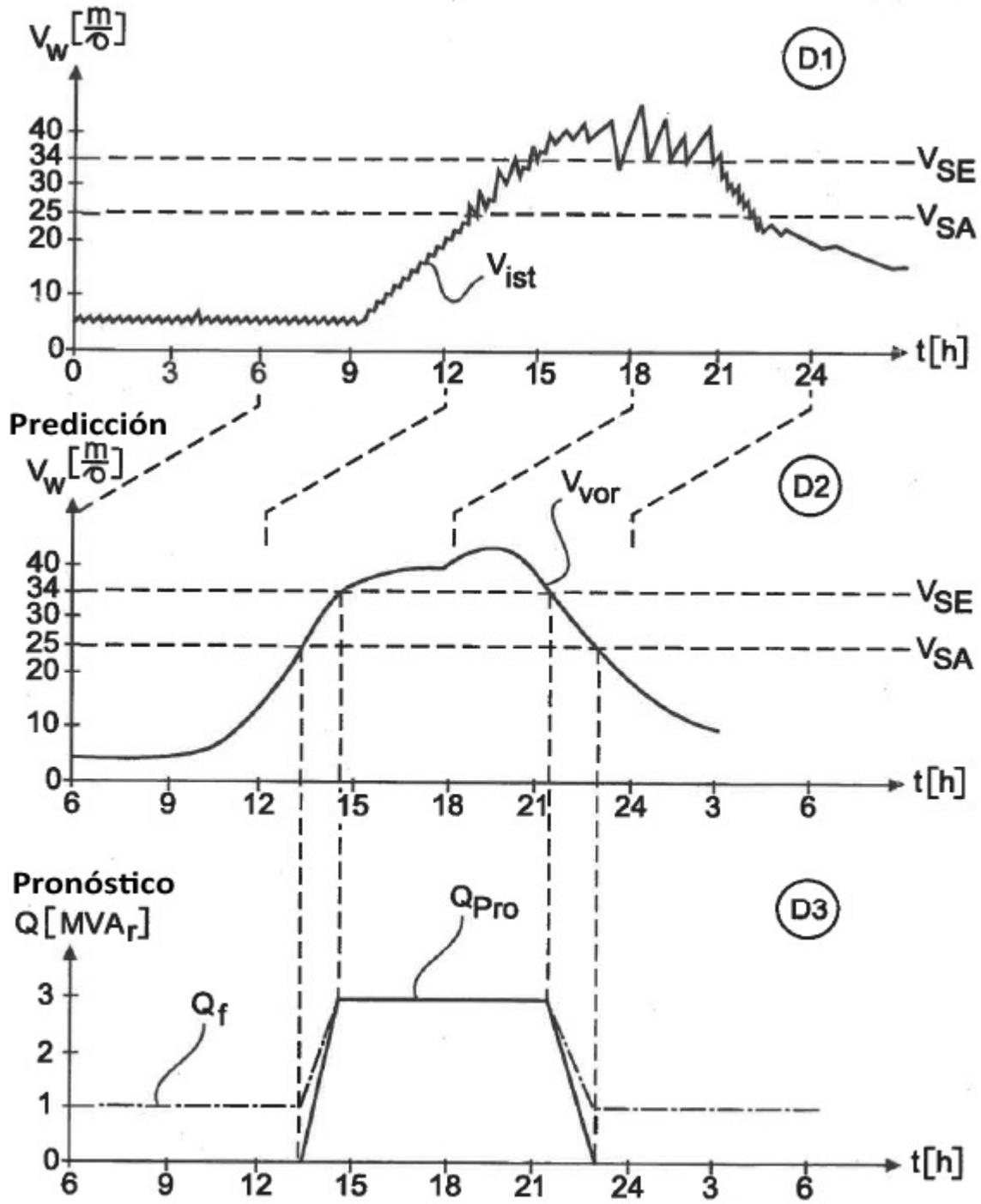


Fig. 3

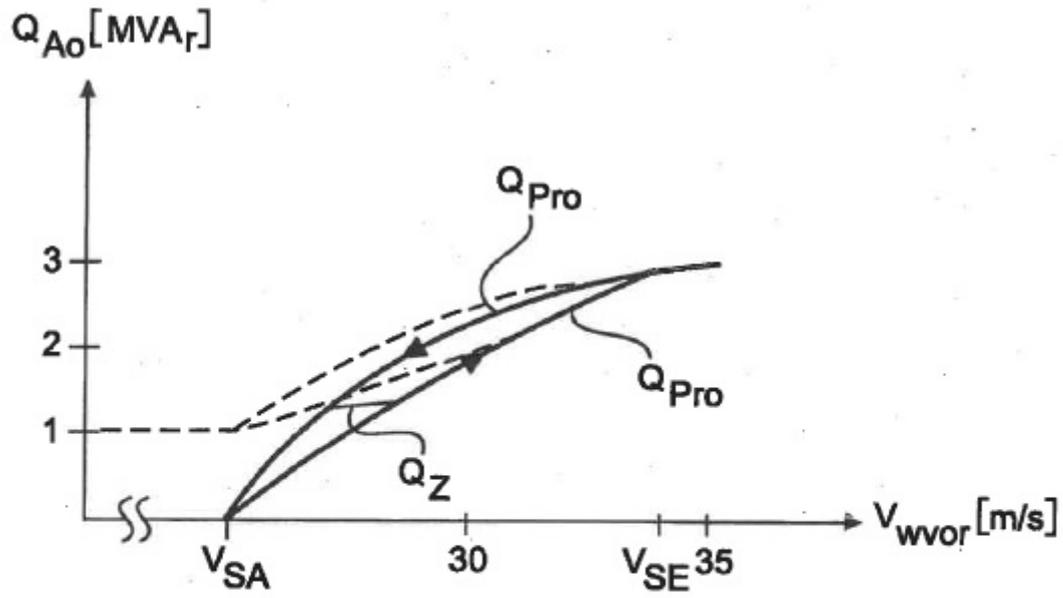


Fig. 4