

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 866**

51 Int. Cl.:

F03D 9/25 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.02.2009** **E 09250441 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017** **EP 2096299**

54 Título: **Aumento del control de generación automática para integración de central eólica**

30 Prioridad:

29.02.2008 US 40376

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

11.12.2017

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

MILLER, NICHOLAS WRIGHT y
CLARK, KARA

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 645 866 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

Aumento del control de generación automática para integración de central eólica

La presente invención se dirige generalmente a generación de energía eólica y, más particularmente, a un sistema y procedimiento para comunicación bilateral y/o unilateral entre un sistema de control de central eólica y un sistema de gestión de energía para mejorar la operación de la red.

Un sistema de generación de energía eólica incluye generalmente una central eólica que tiene una pluralidad de generadores de turbinas eólicas que suministran potencia a una red eléctrica. La producción de potencia colectiva de la central eólica está muy influenciada por las condiciones eólicas en los generadores de turbinas eólicas individuales. Los operadores de la red a menudo tienen otros recursos energéticos, tal como centrales térmicas para equilibrar la generación y consumo de potencia, acomodando así la variabilidad en las condiciones eólicas durante condiciones eólicas intermitentes. Las centrales térmicas pueden incluir, por ejemplo, estaciones de gas y carbón. La fluctuación de energía de las centrales eólicas debido a condiciones eólicas racheadas o bajas normalmente se suele tratar por operadores ajustando la producción de potencia de estas centrales térmicas para proporcionar la potencia suficiente para satisfacer las demandas.

Las redes eléctricas transmiten y distribuyen potencia desde las centrales eléctricas a los usuarios finales industriales, comerciales, residenciales y otros. Las redes deben operarse para mantener el equilibrio de potencia y la frecuencia de la red dentro de los límites del intervalo establecido. Operar dentro del intervalo predeterminado garantiza que la potencia está disponible para los usuarios finales dentro de la red, así como la posibilidad de permitir el intercambio de potencia con otra red.

Con el fin de operar la red dentro del intervalo establecido, el operador de la red debe conocer la cantidad de potencia consumida por los usuarios finales y la generada por las centrales eléctricas e intercambiada con los sistemas vecinos. El operador modifica la generación de potencia total para que coincida con los niveles cambiantes de consumo e intercambio de potencia.

El operador logra esto instruyendo a las centrales eléctricas para aumentar o disminuir su producción de potencia. Ver, por ejemplo, "Wind Turbines Connected to Grids with Voltages above 100kV", Elkraft System/Eltra, 3 de diciembre de 2004, páginas 1-34, XP002542209. La solicitud de patente EP 1 672 778 A2 desvela, además, un procedimiento que comprende adaptar los valores límite de la velocidad de rampa para que la generación cumpla los requisitos del sistema de generación de energía eólica en términos de potencia de salida. El operador de la red proporciona un control centralizado conocido como control de generación automática (AGC), que instruye a un subconjunto participante de generadores de energía individuales para ajustar su producción para mantener una frecuencia y un intercambio de potencia predeterminados, incluso cuando el consumo de potencia varía. Los operadores de la red deben ajustar continuamente la combinación entre la generación de potencia, la importación de la red y la exportación de la red y el consumo de potencia. Esta regulación de la red requiere centrales eléctricas que pueden aumentar o disminuir la rampa bajo control en tiempo real del operador de la red. La regulación se usa para garantizar que la operación de la red en el área de control de operador de la red eléctrica cumple con un estándar de rendimiento requerido por una agencia de supervisión de la red eléctrica. La medida de la calidad de la operación de la red en un área de control se llama error de control de área (ACE). El ACE es una combinación de la desviación del área de control desde la importación o exportación neta programada de potencia y la contribución del área de control a la variación de potencia necesaria para mantener la frecuencia de la red en su nivel objetivo de 60 Hz en los Estados Unidos. Otras frecuencias de red se mantienen en diferentes partes del mundo. La magnitud de ACE y la potencia necesaria para mantener el ACE dentro de los límites prescritos es pequeña en relación con la potencia total consumida en el área de control. Por ejemplo, en California, es típicamente alrededor del 0,5 %.

Como una guía para el rendimiento, el Consejo de Confiabilidad de América del Norte (NERC) ha definido los estándares de Rendimiento de Control mínimos (CPS1, CPS2) que cuantifican el rendimiento como una relación entre el ACE y la frecuencia de interconexión. Las cargas rápidas y ampliamente variables pueden afectar negativamente a un rendimiento de control del área de control por los estándares de rendimiento de control del NERC, CPS1 y CPS2. Para la confiabilidad operacional de la interconexión, se pueden imponer ciertas sanciones en un área de control cuando no cumple con los estándares del NERC.

Cuando se añade energía eólica a un área de control del sistema, el sistema debe responder a fluctuaciones de tanto la carga del sistema como la energía eólica. Las fluctuaciones de energía eólica pueden tener lugar rápidamente. Sin embargo, a menudo es difícil cambiar la producción de potencia de las centrales térmicas con la misma rapidez para compensar la contribución de energía eólica. La velocidad a la que los generadores térmicos pueden aumentar o disminuir su producción de potencia se limita por la capacidad física de diversos componentes de la central. El límite para aumentar la producción de potencia puede ser diferente del límite para reducir la producción de potencia. La naturaleza de la generación eólica es de tal manera que la central eólica puede ordenarse para disminuir la producción de potencia, pero no aumentar la producción de potencia, ya que el viento es incontrolable. Por lo tanto, la capacidad de disminuir la generación eólica puede ser útil cuando las centrales eólicas disminuyen en sus tasas más rápidas y, esa tasa no es suficiente para cumplir con las necesidades del operador de red.

Los operadores de red deben variar continuamente la producción de potencia de los generadores de la central

eléctrica con el fin de mantener un equilibrio entre la carga y la generación y, mantener así la frecuencia del sistema constante y el intercambio de potencia con las redes vecinas, también nombradas como lazos energéticos. El control centralizado relativamente rápido por el AGC instruye a los generadores individuales participantes a ajustar su producción. La generación eólica normalmente no ha participado en el AGC. En las redes de sistemas energéticos para las que una fracción significativa de la generación total es viento, los objetivos de control de la red para mantener la frecuencia pueden violarse debido a una incapacidad de los generadores individuales que participan en el AGC de responder adecuadamente.

Adicionalmente, es importante operar la central eólica en una producción máxima de potencia para reducir los costes del operador de la central eléctrica. Sin la generación de energía en la central eólica debe reducirse para no exceder o violar los límites de contribución de potencia a la red, la producción de potencia se pierde. Durante periodos de generación de energía de central eólica reducida, el operador de red podría proporcionar tanta información como fuera posible para minimizar la producción de potencia perdida a la vez que se opera la red dentro de la frecuencia del sistema y los límites de intercambio de potencia.

Por lo tanto, es deseable proporcionar un sistema y un procedimiento para compartir el control limitado y/o la información de las funciones energéticas activas de la central eólica con la red eléctrica AGC para tanto mejorar el control que el operador de la red tiene sobre las operaciones de mantenimiento de la red dentro de las pautas establecidas como para reducir la pérdida de producción de potencia eólica en la central eólica. Un objetivo de la presente invención incluye permitir que la(s) central(es) eólica(s) participen en una operación AGC bajo condiciones seleccionadas a la vez que se minimiza la pérdida de producción de potencia eólica. Los diversos aspectos de la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Una ventaja de una forma de realización de la presente invención es que el sistema y el procedimiento permitirán la integración con centrales de energía eólica en redes que pueden, de otro modo, no poder aceptar o aumentar la contribución de potencia desde centrales eólicas.

Otra ventaja de una forma de realización de la presente invención es que el sistema y el procedimiento permitirán que una central eólica que de otra manera no sería aceptable en una red, participar en operaciones de la red, incluyendo tener una central eólica más grande que podría permitir de otra manera participar en las operaciones de la red.

Otra ventaja de una forma de realización de la presente invención es que el sistema y el procedimiento permitirán a los propietarios de la central eólica obtener ingresos adicionales de algunos mercados de servicios auxiliares de la red, tal como la regulación.

Otra ventaja de una forma de realización de la presente invención es que el sistema y el procedimiento puede aumentar el valor de la potencia de la central eólica.

Otra ventaja de una forma de realización de la presente invención es que el sistema y el procedimiento pueden ser aplicables a otros controles de equipos que incluyen, pero no se limitan a, turbinas de gas y controles industriales.

Otra ventaja de una forma de realización de la presente invención es que la seguridad de la red puede mejorarse.

Diversas características y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción más detallada de la forma de realización preferente, tomada junto con los dibujos adjuntos que ilustran, a modo de ejemplo, los principios de la invención y, en los que:

la figura 1 es un esquema de un procedimiento de la técnica anterior para un control de generación automática.

La figura 2 es un diagrama de flujo que muestra una realización ejemplar de la comunicación bilateral entre el operador de la red y la central eólica.

La figura 3 es un diagrama de flujo que muestra otra realización ejemplar de comunicación bilateral entre el operador de la red y la central eólica.

La figura 4 es un gráfico de variables de sistema seleccionadas como una función del tiempo para ilustrar el rendimiento de la forma de realización ejemplar.

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra otra realización de comunicación bilateral entre el operador de la red y la central eólica.

Un aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para permitir las funciones de la potencia activa actualmente disponible en unos sistemas de control de central eólica que se requieran por un sistema de gestión de energía de la red (EMS) para ayudar al control de generación automática EMS (AGC) a controlar los parámetros de la red en ciertas condiciones.

Un diagrama simplificado del procedimiento de la técnica anterior para AGC se muestra en la figura 1. Los objetivos principales del AGC son mantener la frecuencia y el intercambio de potencia entre las áreas de control aumentando y disminuyendo la producción de potencia de las unidades de generación seleccionadas. El AGC cumple esto

calculando un Error de Control de Área (ACE) que tiene dos componentes. El primer componente del ACE es la diferencia entre la frecuencia programada y la real, multiplicada por una ganancia apropiada. El segundo componente es la diferencia entre el intercambio de potencia programado y el real, multiplicada por una ganancia apropiada. Este ACE, que tiene unidades de MW, se distribuye seguidamente a las unidades generadoras para su implementación. Las señales individuales distribuidas a cada unidad generadora se llaman Errores de Control de Unidad (UCEi).

Como un ejemplo, se asume que la frecuencia real es igual a la frecuencia programada, el intercambio de potencia real es 100 MW superior que el intercambio de potencia programado debido a un aumento imprevisto en la generación eólica, las ganancias son 1,0 y cinco unidades generadoras se seleccionan para estar bajo control AGC. En este ejemplo, bajo estas condiciones supuestas, el ACE podría ser -100 MW. Si las unidades generadoras bajo control AGC son de tamaño similar, comparten la labor igualmente con una amplitud UCEi similar y, cada unidad generadora podría disminuir la producción de potencia en 20 MW. Si las unidades generadoras son de diferentes tamaños, entonces a cada unidad generadora se asignarían diferentes participaciones de ACE, con unidades más grandes que soportan mayor labor.

Las unidades AGC se requieren generalmente para implementar los cambios de producción de energía en un periodo de tiempo específico, por ejemplo, 10 minutos. Si el cambio de tasa requerido excede la capacidad de la unidad AGC, no podrá implementar el cambio en el tiempo especificado. Por ejemplo, se asume que la unidad AGC necesita disminuir 20 MW en 10 minutos, o 2 MW/min. Si esta unidad tiene una velocidad de rampa máxima de 1 MW/min, tomaría 20 minutos para lograr la disminución de 20 MW y, la unidad no podría cumplir la disminución requerida en el tiempo asignado.

El objetivo principal del aumento AGC de acuerdo con diversos aspectos de la presente invención es asistir a las unidades AGC cuando están en límite de velocidad de rampa descendente aplicando temporalmente un límite a la generación eólica. Sin embargo, ciertas formas de realización de la invención también son aplicables a límites velocidad de rampa ascendentes también, con una modificación apropiada en la referencia de potencia de generación eólica.

En la figura 2 se muestra una descripción general del sistema AGC modificado de un ejemplo de la presente invención. Como se puede ver en la figura 2, diversos aspectos de la presente invención proporcionan un aumento en el AGC existente o nominal de la figura 1. El aumento se activará cuando grandes aumentos en la generación o disminuciones en la carga provocan que el intercambio de potencia exceda el (los) umbral(es) específico(s), que indican que la capacidad de velocidad de rampa de las unidades AGC es insuficiente. Cuando esto ocurre, el AGC modificado realizará un cálculo de aumento de ACE y enviará una señal de límite de velocidad de rampa al sistema de control de supervisión de la central eólica. El control de supervisión distribuirá la señal límite a los generadores de turbina eólica individuales (WTGs) para su implementación. La diferencia entre la energía eólica disponible debido a las condiciones eólicas predominantes y la energía eólica realmente suministrada con el límite de aumento de AGC en efecto es la energía eólica no suministrada. Esta medida se envía desde el control de supervisión de la central eólica de vuelta al AGC cuando se añade al ACE nominal para aumentar la señal UCEi enviada a las unidades AGC. De esta manera, las unidades AGC responderán posiblemente tanto al aumento de la generación inicial como a la disminución de la carga, así como a la reducción temporal en la producción de potencia eólica. Esto garantiza que la producción de la central eólica solo se restringe cuando las unidades AGC están en sus límites de velocidad de rampa.

Una forma de realización de la presente invención se muestra en la figura 3. El aumento se activará cuando el intercambiar de energía real exceda el umbral 1, dando como resultado un límite de velocidad de rampa positivo en la(s) central(es) eólica(s). Si el intercambio de potencia continúa aumentando y excede el umbral 2, entonces se aplica una restricción más severa - un límite o tope de velocidad de rampa cero. Si el intercambio de potencia excede el umbral 1 durante un periodo de tiempo específico, por ejemplo, el umbral 3, entonces se envía un límite de velocidad de rampa negativo a la central eólica para reducir la producción de potencia. Una vez que el intercambio de potencia cae por debajo de los umbrales, el cálculo del aumento ACE se reiniciará y la central eólica podrá generar de acuerdo con el viento disponible sin límite de velocidad de rampa.

Un ejemplo de esta realización del procedimiento de aumento de AGC se muestra en la figura 4. En la figura 4, la línea 1 representa la producción de potencia total de todas las unidades bajo el control AGC. La línea 2 representa el intercambio de potencia. La línea 3 representa la energía eólica total disponible debido a las condiciones eólicas predominantes. La parte punteada de la línea 3 representa la generación eólica real suministrada tras la aplicación de límites de velocidad de rampa desde el aumento AGC. La línea 4 representa una energía eólica no suministrada o, la diferencia entre la energía eólica disponible y suministrada.

Inicialmente, el sistema de potencia se equilibra con la producción de la unidad AGC constante, intercambio de potencia constante y generación eólica constante. En el punto A, la velocidad eólica comienza a aumentar. Esto da como resultado un aumento en tanto la generación eólica (línea 3) como en el intercambio de potencia (línea 2). Como resultado, el AGC actúa para traer el intercambio de potencia de vuelta al nivel inicial reduciendo la producción de las unidades AGC (línea 1). Sin embargo, la velocidad de rampa descendente máxima para las unidades AGC es inferior que la tasa de aumento en la generación eólica. Por lo tanto, el intercambio de potencia sigue aumentando.

En el punto B, el intercambio de potencia excede el primer umbral de potencia y se envía un límite de velocidad de rampa a la(s) central(es) eólica(s). La implementación de este límite de velocidad de rampa reduce la generación eólica de la disponible (línea 3, sólida) a la suministrada (línea 3, punteada). La diferencia entre estas dos es la señal de potencia no suministrada (línea 4) enviada de vuelta al AGC. La velocidad de rampa descendente máxima para las unidades AGC aún es inferior a la tasa de aumento en la generación eólica. Por lo tanto, el intercambio de potencia (línea 2) sigue aumentando.

En el punto C, el intercambio de potencia excede el segundo umbral de potencia y un límite o tope de velocidad de rampa cero se envía a la(s) central(es) eólica(s). Como resultado, la energía eólica suministrada (línea 3, punteada) deja de aumentar, mientras que la energía eólica no suministrada (línea 4) sigue aumentando.

En el punto D, la velocidad eólica deja de aumentar, al igual que la energía eólica disponible (línea 3, sólida). Como la generación eólica ya se ha limitado por el control del aumento AGC, no hay cambio en la energía eólica suministrada (línea 3, punteada). Sin embargo, la energía eólica no suministrada (línea 4) deja de aumentar. La producción AGC (línea 1) y el intercambio de potencia (línea 2) sigue disminuyendo.

En el punto E, el intercambio de potencia ha excedido el primer umbral de potencia para el umbral de tiempo especificado. Por lo tanto, una velocidad de rampa negativa o señal de reducción se envía a la(s) central(es) eólica(s). Como resultado, la energía eólica suministrada (línea 3, punteada) se reduce rápidamente. Esto provoca una etapa de reducción en el intercambio de potencia (línea 2) en un aumento en la energía eólica no suministrada (línea 4). La producción de la unidad AGC (línea 1) sigue disminuyendo, provocando una disminución adicional en el intercambio de potencia.

En el punto F, el intercambio de potencia cae por debajo del primer umbral. En este ejemplo, inicia el temporizador de reinicio. No hay cambio en la energía eólica suministrada (puntos rojos) o no suministrada (verde). Sin embargo, el intercambio de potencia (azul) sigue cayendo conforme la producción de la unidad AGC sigue disminuyendo (amarillo).

En el punto G, el umbral temporizador de reinicio se cumple y el límite en la generación eólica se elimina. De esta manera, la energía eólica suministrada (línea 3, punteada) deviene la energía eólica disponible (línea 3, sólida) y, la energía eólica no suministrada (línea 4) deviene cero. Como resultado, existe una etapa de aumento en el intercambio de potencia (línea 2). El intercambio de potencia ahora excede de nuevo el primer umbral de potencia, activando el aumento AGC para enviar una señal de velocidad de rampa positiva a la(s) central(es) eólica(s). Sin embargo, la aplicación de una velocidad de rampa positiva a la generación eólica no tiene impacto cuando la generación eólica es constante. Por lo tanto, la disminución continuada en la producción de la unidad AGC (línea 1) provocará la posterior disminución en el intercambio de potencia. Se pueden diseñar diferentes esquemas de reinicio para asegurar que la eliminación del límite en la generación eólica no disminuye el intercambio de potencia más allá de los umbrales especificados o, para implementar la liberación de la generación eólica por etapas.

Esto es solo un ejemplo de una forma de realización del aumento AGC. Es evidente para los expertos en la materia que la selección de umbrales, temporizadores, reinicios y otras acciones deberían realizarse para evitar inestabilidades y, que muchas otras formas de realización de este control podrían contemplarse.

La figura 5 ilustra otro ejemplo del procedimiento de aumento AGC de acuerdo con la invención. En particular, el procedimiento de aumento puede incluir una variedad de controles además del control de supervisión de la(s) central(es) eólica(s). Por ejemplo, el procedimiento de aumento puede incluir un recurso adicional, tal como un almacenamiento de potencia o una instalación de generación no eólica. Si es una instalación de almacenamiento de potencia, entonces limitar la producción de la(s) central(es) eólica(s) podría dar como resultado la carga del dispositivo de almacenamiento. Dependiendo de la calificación de ese dispositivo, una señal que representa cualquier energía eólica no suministrada restante podría enviarse de vuelta al AGC y añadirse al ACE nominal, como se describió anteriormente. De forma similar, un recurso de generación no eólico podría limitarse además de, en coordinación con, o, en lugar de la(s) central(es) eólica(s).

Debería apreciarse por un experto en la materia que, siempre que la(s) central(es) eólica(s) generan tanta energía como el viento lo haga posible, la producción de potencia solo puede mover o moverse en una dirección hacia abajo. Por lo tanto, el procedimiento de aumento solo puede ayudar a las unidades AGC cuando están moviéndose hacia abajo en respuesta a la mayor generación o disminución de carga. Un recurso de generación no eólico con una fuente de combustible convencional controlable puede responder en ambas direcciones. Un tal recurso adicional podría proporcionar asistencia a las unidades AGC cuando se están moviendo hacia arriba en respuesta a la disminución de la generación o al aumento de la carga. De manera alternativa, una central eólica podría operarse en un modo reducido continuamente, en el que la energía eólica generada es inferior a la energía eólica disponible. Bajo tales condiciones, la central eólica podría proporcionar la misma asistencia adicional como un recurso independiente.

En un ejemplo alternativo, el procedimiento de aumento puede incluir una respuesta de frecuencia o un control de la potencia activa. Un tal control podría iniciar una disminución en la producción de la(s) central(es) eólica(s) cuando la frecuencia excede un umbral específico, que indica un aumento sistemático en la generación o disminución en la carga. Si la(s) central(es) eólica(s) se reduce(n) inicialmente, también tendrá la capacidad para responder a una

caída en la frecuencia por aumento de su producción. Como anteriormente, la central eólica y un recurso adicional podrían coordinarse de tal manera que cualquiera o ambos respondan al control de frecuencia.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para aumentar un control de generación automática, AGC, de una red de sistema de gestión de energía, que comprende:

- 5 establecer una comunicación bilateral o unilateral entre un sistema de gestión de energía de la red y un sistema de control de una central eólica;
comunicar una señal límite de velocidad de rampa de un control de generación automática del sistema de gestión de energía de la red;
comunicar las funciones de potencia activa del control de la central eólica desde el sistema de control de la central eólica hasta el sistema de gestión de energía;
- 10 en el que las funciones de potencia activa del control de la central eólica incluyen potencia (4) eólica no suministrada;
caracterizado porque
la etapa de comunicación de la señal de límite de velocidad de rampa se realiza en respuesta a un error de control de área ACE, cálculo de aumento realizado por el control AGC que determina que una capacidad de
- 15 velocidad de rampa de unidades AGC es insuficiente, que comprende:

aumentar el AGC cuando el intercambio de potencia real excede un primer umbral que da como resultado un límite de velocidad de rampa positivo en una central eólica;
en el que, si el intercambio de potencia sigue aumentando y excede un segundo umbral, se aplica un límite o tope de velocidad de rampa;
- 20 en el que, si el intercambio de potencia excede el primer umbral durante un periodo de tiempo especificado, entonces se envía un límite de velocidad de rampa negativo a la central eólica para reducir la producción de potencia; y
en el que, una vez que el intercambio de potencia cae por debajo de los umbrales, el cálculo del aumento ACE se reinicia y se permite a la central de energía eólica generar de acuerdo con el viento disponible sin
- 25 límite de velocidad de rampa.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la señal de velocidad de rampa es una solicitud de reducción.

3. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones, que comprende, además, ajustar las funciones de potencia activa de la central eólica en la central eólica en respuesta a la señal de velocidad de rampa de control de generación automática.

- 30 4. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones, que comprende, además, ajustar las funciones de potencia activa de la central eólica en la central eólica en respuesta a las solicitudes de reducción de control de generación automática.

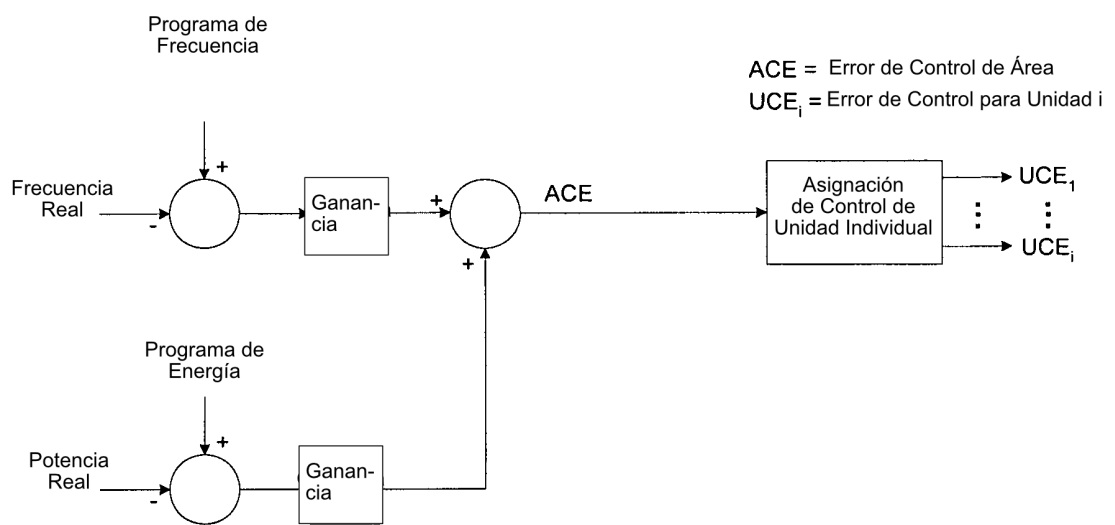


FIGURA 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

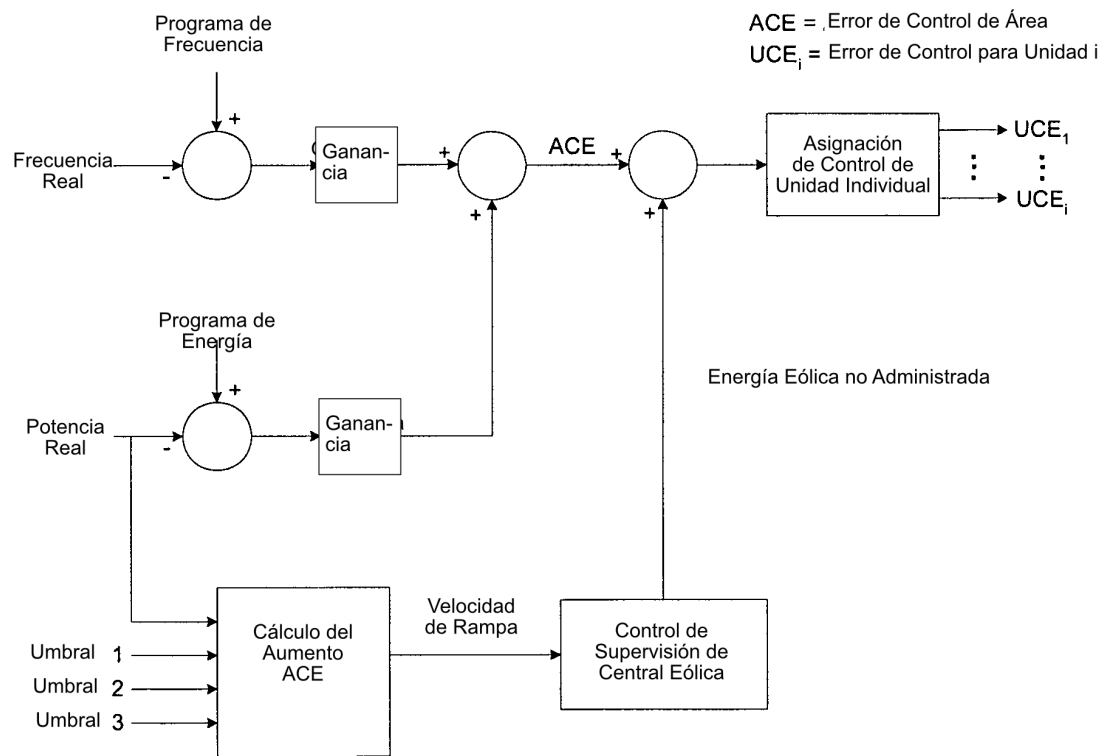


FIGURA 2

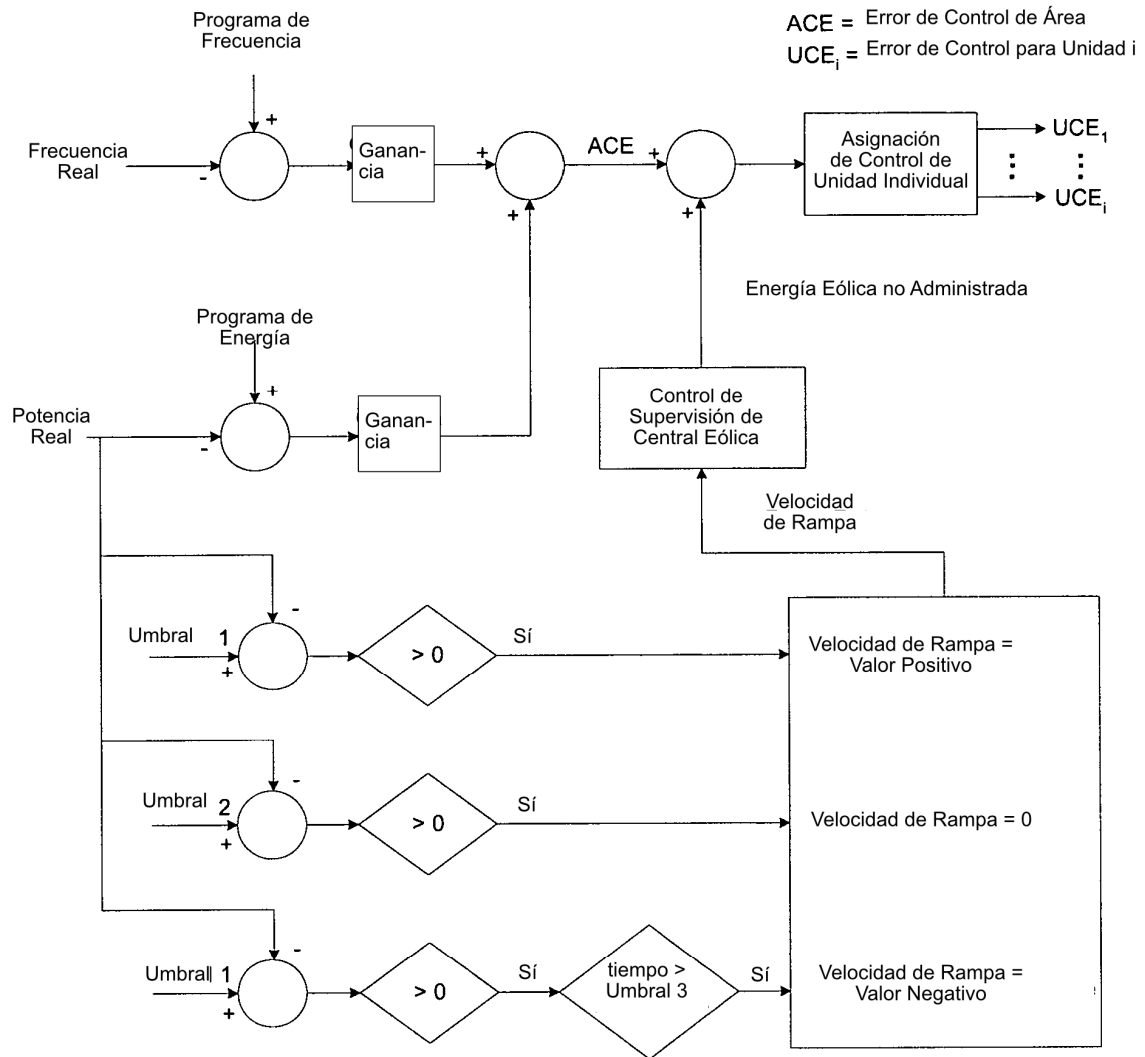


FIGURA 3

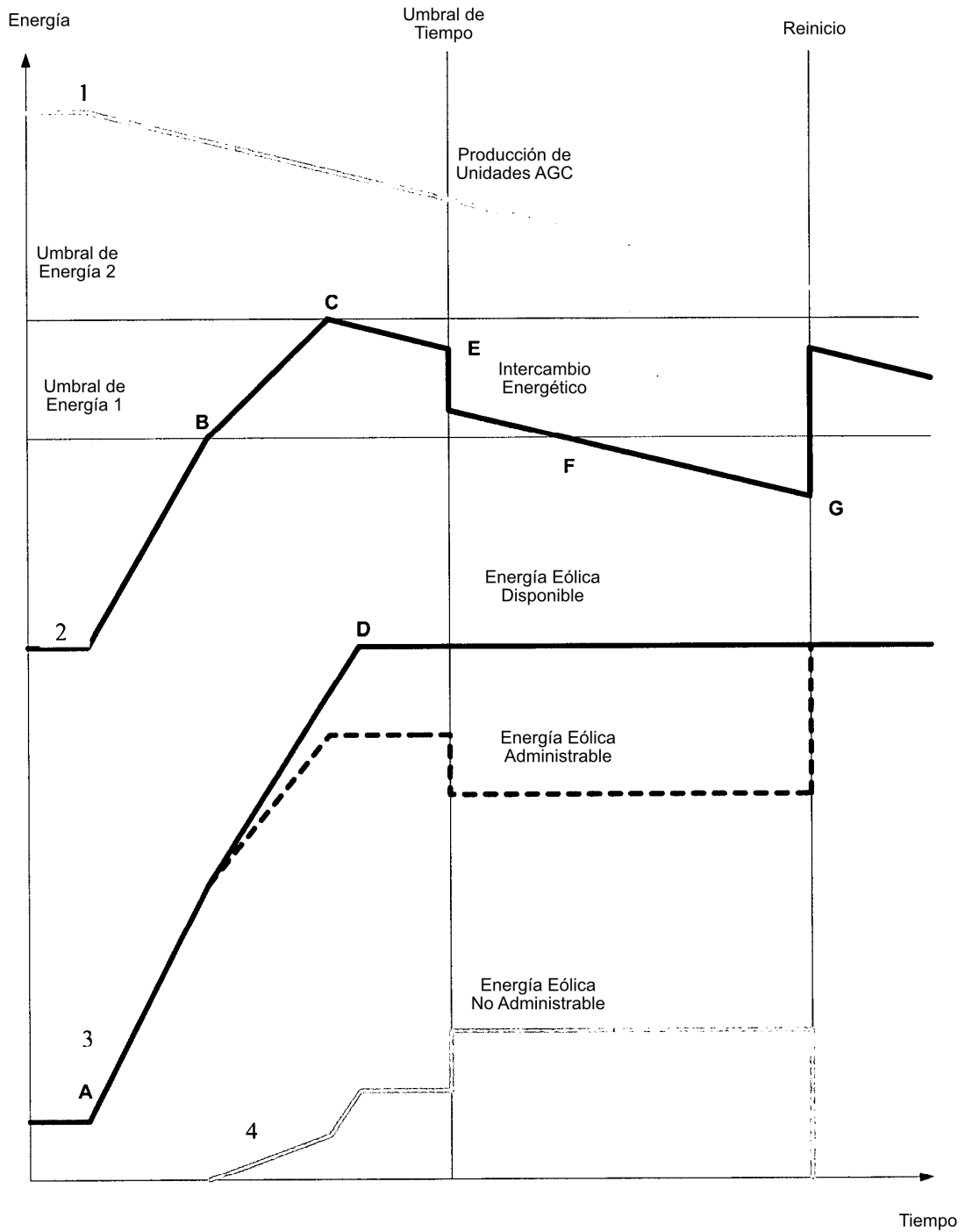


FIGURA 4

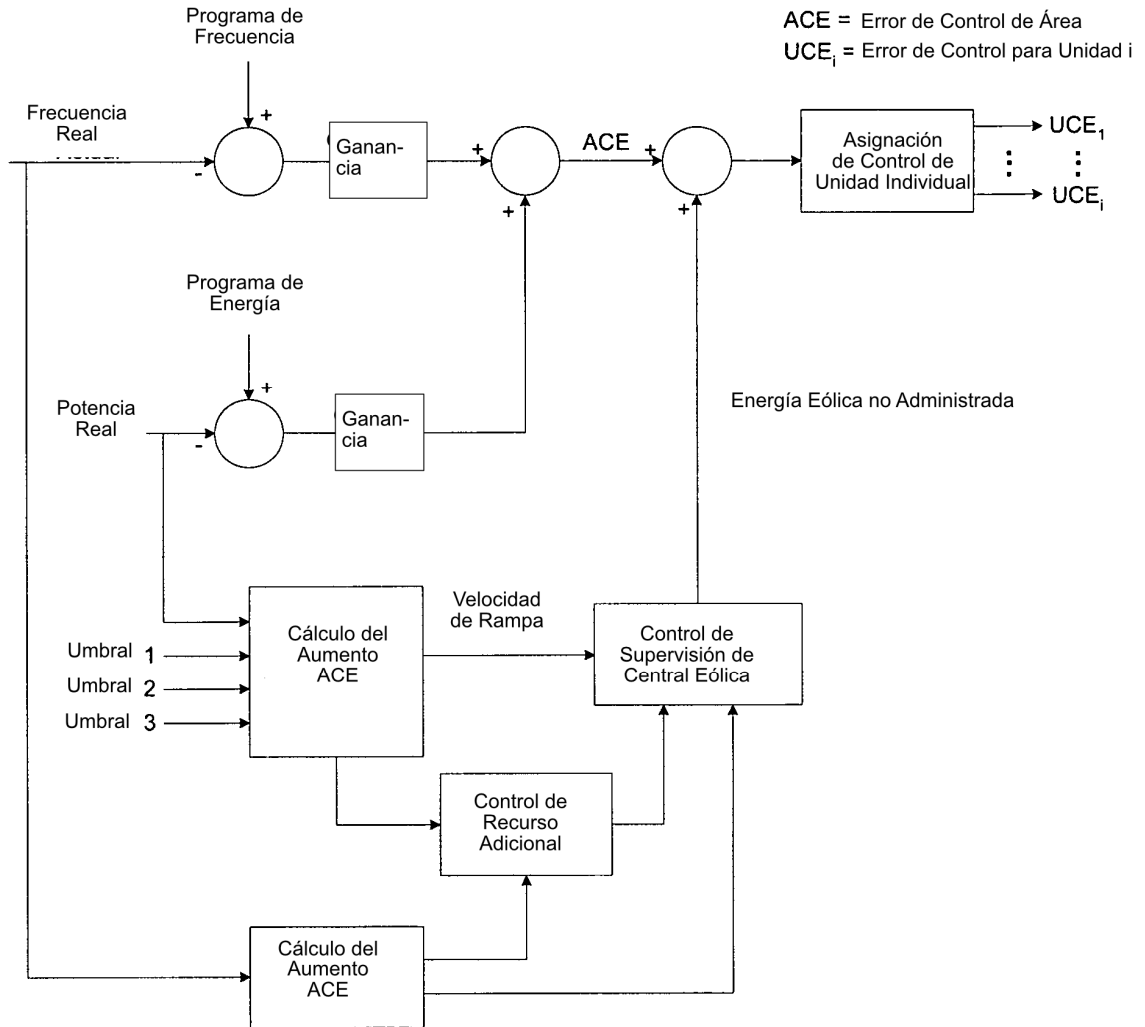


FIGURA 5