

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 225**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2022 E 22156347 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024 EP 4228115**

54 Título: **Sistema de gestión de energía inteligente (IEMS) y perfil de equilibrio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.01.2025

73 Titular/es:
KONGSBERG MARITIME AS (100.00%)
Kirkegårdsveien 45
3616 Kongsberg, NO

72 Inventor/es:
MATHIESEN, EIRIK y
KUMAR NAGALINGAM, KRISHNA

74 Agente/Representante:
VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 994 225 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

Sistema de gestión de energía inteligente (iEMS) y perfil de equilibrio

- 5 La presente invención se refiere a un sistema de gestión de energía, especialmente para embarcaciones en el mar, y método para evaluar la gestión de energía en el sistema.

10 En la actualidad, el Sistema de Gestión de la Energía (*Energy Management System*, EMS) a bordo se ha vuelto más complejo, que ofrece la posibilidad de configurar la central eléctrica en muchos modos distintos. Es de gran importancia elegir entre los distintos productores para producir energía que satisfaga la demanda de carga con pérdidas y costes de operación reducidos. El perfil de carga es de naturaleza estocástica, por lo que se requiere una optimización en tiempo real para minimizar el coste operativo y maximizar la eficiencia energética.

Antecedentes:

15 En la última década, la normativa sobre emisiones de contaminantes se ha vuelto estricta. Esto ha dado lugar a una nueva forma de pensar en diversos sectores de las industrias marítimas. Muchas empresas de transportes y líneas marítimas buscan un sistema energéticamente eficiente que mejore el consumo de combustible con menos emisiones de carbono. Esto se conseguirá reduciendo al mínimo la utilización de motores o generadores accionados por gas o gasóleo, denominados aquí "grupos electrógenos", y compensándolos con fuentes de energía renovables. Hay varias fuentes de energías renovables, como pilas, células solares fotovoltaicas, viento, pilas de combustible, etc. Sin embargo, el reto reside en la integración de estas fuentes de energía con el sistema tradicional de gestión de la energía de los buques. Varias razones lo explican, tal como los espacios de instalación, regiones de explotación de los buques, diferentes niveles de tensión, diferentes sistemas de control, etc.

25 De las diversas fuentes de energía renovables disponibles, la batería ha ganado mayor atención a lo largo de los años entre la comunidad investigadora. Esto se debe a su compacidad, facilidad de instalación y mantenimiento, características de carga rápida y capacidad para satisfacer las necesidades energéticas instantáneas. Asimismo, la distribución de CC tiene más ventajas que la de CA. Un ejemplo típico, en un sistema de CC no es necesaria la sincronización, reducción del cableado y eliminación de transformadores voluminosos. Adicionalmente, en un sistema de CC se eliminan la circulación de potencia reactiva y los armónicos.

30 En los planteamientos convencionales sobre la gestión de la generación de potencia, la distribución no será suficiente para operar las embarcaciones con el complejo sistema de alimentación de forma beneficiosa. Por lo tanto, un sistema de supervisión de alto nivel que incluye, adquisición y análisis de datos, previsión de las futuras necesidades operativas, estrategias de toma de decisiones y el cálculo de valores de consigna óptimos se convierte en obligatorio. El sistema de gestión de energía convencional sólo garantiza un equilibrio energético y la fiabilidad de la red eléctrica del buque.

40 En los últimos años, se ha prestado mucha atención a la digitalización de las industrias marítimas para que funcionen de forma más ecológica y sostenible. Debido a este aumento de la concienciación sobre la protección del medio ambiente y la seguridad de los buques, las autoridades marítimas y los gobiernos de todo el mundo están haciendo grandes esfuerzos para fomentar la eficacia y la seguridad de las operaciones de los buques en el mar. Esto ha obligado a que los sistemas de alimentación de los buques sean lo más eficientes posible para garantizar una alta fiabilidad para la seguridad de la embarcación y para los operadores/pasajeros en una amplia gama de condiciones de operación con un coste y unas emisiones mínimos. En los documentos US9811099 y US10170912 se analizan ejemplos de este tipo de sistemas, así como en el documento EP3865335 donde las mediciones y registros de los consumidores disponibles tales como propulsores, equipo de a bordo, etc. se combinan con el conocimiento de la capacidad del generador o la batería, etc. Adicionalmente, el sistema de posicionamiento dinámico puede utilizarse para compensar el consumo de potencia previsto como forma de reducir la carga del sistema. Las soluciones conocidas también incluyen la predicción del movimiento y la compensación de los movimientos predichos, como se considera en los documentos WO2015/028636 y NO337927, así como la compensación de las ventanas de operación dinámica de los generadores en un sistema, como se considera en el documento WO2015/028621.

55 El documento WO 2016/062565 A1 divulga una embarcación marítima y su suministro de potencia utilizando dispositivos como generadores y consumidores.

60 Es objeto de la presente invención introducir un sistema de gestión de energía inteligente, denominado aquí "iEMS" (*intelligent energy management system*), que se centre principalmente en el rendimiento óptimo del sistema a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta diferentes objetivos, como el ahorro de combustible, reducción de emisiones, coste de mantenimiento, salud de los equipos, utilización mínima de la potencia y seguridad.

65 El iEMS debe ser capaz de gestionar la demanda de potencia/energía durante diversas operaciones del buque en concreto, Posicionamiento Dinámico (*Dynamic Positioning*, DP), Maniobrar, Tránsito, Modo de espera, Puerto, proporcionando una capacidad de toma de decisiones que ayude a programar la generación de potencia desde grupos electrógenos o desde otras fuentes de energía renovables en función de los niveles de carga. El par y límite de

velocidad de los grupos electrógenos, condiciones meteorológicas dinámicas, naturaleza de las operaciones se utilizan para determinar los puntos de consigna de carga para los productores. El aspecto de aprendizaje basado en el conocimiento de los iEMS también ayuda a predecir mejor la futura demanda de carga, reduciendo de este modo la presión sobre los productores e impidiendo la inestabilidad energética.

5 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de central eléctrica en embarcaciones marítimas que sea robusto en la gestión de la potencia y óptimo en el equilibrio/almacenamiento de la energía teniendo en cuenta las características de los equipos.

10 Otro aspecto es que, basado en estadísticas, es evidente que un alto porcentaje de buques no funciona de forma eficiente debido al pensamiento convencional y a operadores con un conocimiento limitado de los sistemas. Es habitual que los operadores de buques tengan muchos equipos redundantes en la creencia de que impedirán accidentes. Sin embargo, de los informes de las autoridades marítimas se desprende que la mayoría de los accidentes se deben a errores humanos. Para embarcaciones de alta mar comerciales y de pasajeros, los métodos de análisis de riesgos se utilizan como herramientas de apoyo a la toma de decisiones para mejorar la seguridad marítima, incluida la protección de la vida, la salud, la propiedad y el medio marino. También ayudan a encontrar un equilibrio entre las distintas limitaciones técnicas y operativas, incluido el elemento humano, seguridad marítima, protección del medio marino y costes de explotación. Pero estos análisis de riesgos suelen basarse en datos estadísticos de sucesos pasados, basándose en los datos registrados de accidentes de buques. El perfeccionamiento de la seguridad marítima depende de datos estadísticos precisos y completos. Por lo tanto, la falta de información precisa conduce a análisis de riesgo inexactos.

25 Por otro lado, para las embarcaciones de posicionamiento dinámico (DP), según las directrices de la OMI, un estudio de Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es un ejercicio técnico importante que se utiliza para determinar el peor caso de fallo de la embarcación y los fallos puntuales significativos. Dichos informes de AMFE son un requisito para obtener las notaciones de DP de clase 2 y 3. En comparación con los buques de alta mar, los elementos de seguridad de los buques de DP son específicos de las actividades de DP. En la actualidad, los incidentes del sistema DP se registran mediante procedimientos de notificación, investigación y cierre. Se anima a los propietarios y operadores de buques de DP a compartir las lecciones aprendidas de los incidentes de DP con la comunidad de DP en general. También se anima a los proveedores de sistemas y equipos de DP a que hagan lo mismo y compartan información sobre fallos inesperados, características y fallos que se identifican en la operación.

35 En resumen, todas las operaciones habituales de los buques son complejas por naturaleza y se realizan siguiendo procedimientos operativos y de seguridad predefinidos establecidos por los operadores y las autoridades de abanderamiento. Los sistemas que intervienen en las operaciones están interrelacionados entre sí en varios patrones complicados y, por lo tanto, es difícil para el operador prever los efectos futuros de cualquier acción tomada, ya que no es posible articular el impacto que puede ser inherente a la seguridad de los buques. Por lo tanto, un objeto de la presente invención es simplificar la información presentada para el operador o, posiblemente, para un algoritmo de aprendizaje automático entrenado para manejar la situación de forma automática.

40 Los objetos de la presente invención se consiguen con un sistema para controlar una embarcación marítima como se especifica en las reivindicaciones adjuntas.

45 Así pues, la presente invención propone un sistema con un novedoso conector entre la capa de tecnología operativa (TO) y la de tecnología de la información (TI). El conector establece un mecanismo de intercambio de datos seguro y fiable entre las capas de TO e TI. La decisión calculada por el iEMS que opera en la capa de TI se procesa a continuación mediante un perfil de equilibrio. La robustez dinámica la proporciona el perfil de equilibrio en términos de eficiencia energética e índice de margen de redundancia. Se envía una decisión óptima de la capa de TI a la capa de TO cuando la característica de perfil de equilibrio ofrece el mejor índice combinado, basándose en las puntuaciones ponderadas calculadas a partir de los componentes de eficiencia energética y los componentes de margen de redundancia. De esta manera, una central eléctrica óptima que incluya la instalación de grupos electrógenos y otras fuentes de energía renovables, propulsores, hélices puede configurarse de forma autónoma en tiempo real calculando la redundancia y/o la carga del sistema y proporcionar un índice que indique la operación óptima del sistema.

55 El EMS en la capa de TO tiene diferentes submodos en concreto, modo *boost*, modo *peakshaving*, modo PTI/PTO, etc. Si el índice combinado del perfil de saldo está dentro del límite aceptable, el EMS cambia automáticamente al submodo correspondiente a la central eléctrica óptima y al modo de operación de la embarcación principal.

60 La solución de acuerdo con la invención proporciona así un sistema y mecanismo que beneficia el rendimiento del buque tanto en términos de eficiencia como de seguridad (margen de redundancia) tal como proporcionar recomendaciones para optimizar la generación de potencia, y la distribución de una manera segura. La presente invención también mejora la capacidad de toma de decisiones del iEMS junto con la ayuda del perfil de equilibrio para configurar la central eléctrica del buque según la operación realizada de forma autónoma en una configuración ideal que se adapte a las condiciones meteorológicas actuales y futuras y al lugar de operación. El conector único propuesto ayuda a transferir las recomendaciones seleccionadas del perfil de equilibrio en la capa de TI al sistema de control en la capa de TO. Esto puede eliminar la intervención humana en el proceso de decisión, lo que aumenta su eficacia.

65

Utilizando un optimizador de costes en línea, los puntos de consigna de carga óptimos para diversos productores, tales como grupos electrógenos, baterías, pila de combustible, etc., y se utiliza la configuración/conexiones óptimas de la central eléctrica para mejorar el consumo total de combustible y determinar la eficiencia.

5 El iEMS de acuerdo con la invención está diseñado para ser autónomo en la capacidad de toma de decisiones y, por lo tanto, se introduce la función de perfil de equilibrio para procesar los resultados del optimizador de costes antes de enviar las configuraciones sugeridas al sistema de control. El perfil de equilibrio calcula un índice combinado entre la eficiencia energética y el margen de redundancia del buque. Esto puede realizarse de acuerdo con un conjunto
10 predeterminado de normas o basarse en el análisis de incidentes anteriores y eventos almacenados, posiblemente junto con comentarios de los usuarios relacionados con las situaciones.

La presente invención se tratará con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran la invención mediante ejemplos.

15 Figura 1 ilustra el iEMS y el perfil de equilibrio en un sistema de control de buques.

Figura 2 ilustra esquemáticamente el perfil de equilibrio.

20 Figura 3 ilustra un diagrama de flujo del perfil de iEMS y de Equilibrio en una operación de DP.

Figura 4 ilustra un diagrama de flujo del perfil de iEMS y de Equilibrio en una operación de DP que implique tránsito, modo de espera, puerto y maniobrar.

25 Una fuente de potencia fiable es esencial durante las operaciones de la embarcación. La función principal de un sistema de gestión de energía (EMS) es gestionar los sistemas de generación de potencia de forma segura, fiable y económica en diversos tipos de embarcaciones. Para ello, utiliza estrategias de gestión de energía a prueba de fallos que proporcionan una alta disponibilidad de potencia, en todas las condiciones de trabajo.

30 Un EMS típico hace lo siguiente:

1. Monitoriza los productores y consumidores y pone en marcha o apaga productores específicos en respuesta a condiciones de alarma.

35 2. Controla el reparto de carga de las baterías a través de los convertidores.

3. Mantiene una potencia suficiente en condiciones de carga eléctrica cambiantes.

40 4. Realiza una reducción rápida de la carga de los consumidores pesados si los productores están sobrecargados/apagados.

5. Hace control en rampa de consumidores pesados, según el número y el tipo de productores conectados.

45 Una de las principales funciones del EMS es la capacidad de impedir los cortes de potencia, evitando situaciones de sobrecarga eléctrica. También tiene capacidad para hacer frente rápidamente a situaciones de sobrecarga repentina debido a, pérdida o corte inesperado de los productores eléctricos.

Sin embargo, con una regulación más estricta de las emisiones, el EMS tiene que ser inteligente en la instalación de la central eléctrica según el tipo de modo de la embarcación. El iEMS que incluye el perfil de equilibrio en el nivel 4 del modelo ANSI/ISA-95 ayuda a realizar la optimización en tiempo real. En función del modo y la operación de la embarcación, determina la central eléctrica óptima y calcula un índice combinado para la selección antes de transmitirlo al EMS.

50 El modelo ANSI/ISA-95 consiste en cinco niveles, 0-4, con iEMS en el nivel 4. Cada nivel opera en plazos diferentes en función de la criticidad de la operación realizada. El iEMS difiere mucho en cuanto a la capa de control (capa de TO) y funciona en minutos/horas.

60 En la Figura 1 se muestra una visión general de los diferentes componentes que comprenden el iEMS, incluido el perfil de equilibrio. El sistema 102 de registro de datos recoge y registra los datos de los sistemas de control instalados a bordo. A continuación, los datos registrados se presentan a los componentes de la capa de TI a través de un servicio 105 adaptador de datos. A continuación, los datos se rellenan y distribuyen desde el servicio 111 de distribución de datos. El bus de servicio 111 de distribución de datos publica y suscribe información a través de los servicios conectados.

65 El sistema 103 de posicionamiento dinámico aloja el componente 125 del asesor de instalación de central eléctrica, que ayuda a determinar la instalación óptima de la central eléctrica. El asesor de instalación de la central eléctrica es

una aplicación de SO (MFC) que recorre todas las configuraciones posibles y proporciona una configuración para ser utilizada en cada iteración. Cada instalación describe el estado de los grupos electrógenos disponibles, estado de la batería, estado específico del interruptor de conexión del bus y estado específico de conexión del propulsor y puede ser una entrada al bucle de fallo en el peor de los casos (*worst-case failure*, WSF). El optimizador se ejecuta en cada instalación para calcular la instalación óptima de grupo electrógeno/batería y el coste para esta configuración de central eléctrica.

La información de instalación de central eléctrica se define mediante un archivo de configuración o un algoritmo de aprendizaje automático. El posible cuadro de distribución, es decir, las combinaciones de bus de anillo, bus abierto, bus cerrado, *split* 2+1, 2-*split* o n *split* y la configuración del propulsor durante una operación de DP se definen en este archivo de configuración. La clase de DP legal para cada combinación de cuadro de distribución se incluye en el mismo fichero de configuración. En función de los requisitos de potencia de cada cuadro de distribución conectado, se indica directamente la contribución potencial de cada grupo electrógeno. Sin embargo, para el propulsor es complicado ya que contribuirá en al menos dos direcciones y normalmente en todas las tres direcciones (sobrecarga, balanceo y guiñada). Además, los propulsores están conectados a diferentes cuadros de distribución conectados. En consecuencia, al desconectar un propulsor de un cuadro eléctrico, aumentará la demanda de potencia de otros cuadros de distribución conectados. Cada vez que se conecta o desconecta un propulsor, debe volver a ejecutarse todo el bucle FSM para encontrar una nueva instalación óptima del grupo electrógeno.

La demanda de propulsores se da en tres ejes, siendo sobrecarga, balanceo y guiñada. Para las condiciones meteorológicas actuales y con las configuraciones actuales, la demanda de propulsor se calcula mediante DP 103. La salida del simulador de respuesta 124 de buque se utiliza si el análisis se ejecuta en las configuraciones modificadas en DP, por ejemplo, diferente rumbo o ganancia del controlador. El optimizador de costes 125 asesora a largo plazo sobre la instalación de la central, por lo que es necesario suavizar la demanda de propulsión para que los picos de propulsión no influyan en el resultado. Se utiliza un filtro paso bajo para suavizar la demanda del propulsor.

La rampa de potencia necesaria para cada cuadro de distribución de conexión depende de la rampa de propulsión calculada. En este caso, la rampa de propulsión se determina a partir de la desviación estándar de la demanda de propulsión. La desviación se calcula recursivamente para la sobrecarga, balanceo y guiñada por separado. Las desviaciones típicas de propulsión calculadas se multiplican por dos para obtener las rampas de propulsión.

La finalidad del simulador de respuesta del buque 124 es generar la demanda de propulsión y la respuesta de la embarcación en función de las perturbaciones ambientales (es decir, el viento, la corriente y las olas). Estos datos medioambientales se obtienen del servicio 118, 119 de datos meteorológicos y del adaptador.

La solución del problema de optimización 125 se envía al conector de DP 106 en la capa de TI desde DP 103 a través de una interfaz web 104. La interfaz 104 obtiene un *token* de la capa de TI y a continuación se verifica para cada entrada de DP 103. El tráfico entre 103 y 106 se cifra utilizando un certificado autoasignado.

En 126 se alojan diferentes servicios en una capa de TI que suscribe datos y publica resultados al servicio 111 de distribución de datos. El servicio 107 de modo de buque detecta automáticamente el modo de operación principal de la embarcación basándose en varias señales probables, número de propulsores en funcionamiento, número de grupo electrógeno/batería en funcionamiento, conexión a potencia en puerto, velocidad de la embarcación, profundidad del agua, calado de la embarcación, posición GPS de la embarcación, movimientos de la embarcación, etc., análisis 108 de carga en reposo, determina la carga mínima de reposo basándose en la información sobre el modo de operación principal de la embarcación recibida de 107. Las desviaciones de la carga en reposo de referencia se publican de nuevo en el servicio 111 de distribución de datos. El servicio 115 de asesoramiento de central eléctrica analiza el resultado del 125 y determina las acciones, por ejemplo, parada/arranque de DG, propulsores, ajustes de kW/s, etc., que debe enviarse al sistema de control a través del conector 113 del sistema de control.

El servicio 116 de eficiencia y pérdida calcula la pérdida de potencia y la eficiencia operativa de los equipos, incluidos productores y consumidores. El servicio también calcula las pérdidas de potencia y la eficiencia basándose en la configuración sugerida recibida de 125. El servicio 109 de utilización óptima de central eléctrica se suscribe a los resultados de 108, 115, 116 y 107. La instalación óptima de central eléctrica, carga de reposo mínima, pérdida de potencia y la eficiencia y el modo de operación de la embarcación se utilizan en 109 para determinar la referencia de carga ideal que proporciona el mínimo consumo de combustible y la máxima eficiencia. El adaptador 119 de datos meteorológicos y el servicio 118 de datos meteorológicos se utilizan para obtener la previsión meteorológica de la ubicación geográfica del buque mediante un servicio en la nube basado en Internet. Esta información de previsión meteorológica es publicada y suscrita por otros servicios en concreto, 108, 106. Mediante el conector de DP 106, los parámetros meteorológicos se envían al simulador 124 de respuesta de embarcación.

En 110 se calcula la posible reducción del consumo de combustible basada en los resultados de 109 y se envía al perfil de equilibrio 112. La reducción del consumo de combustible se utiliza para calcular la reducción de emisiones alcanzable en 117 y se transfiere al perfil de equilibrio. La reducción de los costes de mantenimiento basada en la reducción de las horas de funcionamiento se calcula en 114. La información consolidada de todos los servicios mencionados en 126 se utiliza en 112 para determinar una puntuación de índice combinada basada en la eficiencia

energética y el margen de redundancia alcanzables.

El conector 113 del sistema de control se utiliza para enviar el índice combinado y las recomendaciones de instalación óptima de la central eléctrica a la capa del sistema de control 127 a través de 120. El conector funciona con el mismo mecanismo que el 104. El sistema 127 incluye opciones para seleccionar el modo 121 de sistema principal y el modo 122 de sistema de alimentación. También alberga el EMS 123, que gestiona con seguridad los sistemas de generación de potencia, de forma fiable y económica. Los diferentes modos 121 del sistema principal de una embarcación son la conexión a tierra, puerto, maniobrar, tránsito lento, tránsito rápido, tránsito a toda velocidad, tránsito a velocidad máxima, hélice DP, propulsor DP, ancla y operación silenciosa, etc., El servicio 107 de modo buque en 126, determina automáticamente uno de los modos principales mencionados anteriormente.

Para cada uno de los modos principales, es posible que 123 configure la central eléctrica en cualquiera de los modos del sistema de alimentación. El modo del sistema de alimentación depende de la configuración del motor principal, generador de eje híbrido, motores auxiliares, unidad de almacenamiento de energía, convertidores de red, conexiones a tierra, etc., El índice combinado y las configuraciones óptimas de la central eléctrica se procesan en 123 para determinar si es necesario cambiar el modo de sistema de alimentación para seguir las sugerencias. Si el índice combinado del perfil de saldo está dentro del límite aceptable, a continuación, la adaptación se realiza automáticamente por EMS 123.

Con respecto a la Figura 2, se muestra un diagrama de bloques del perfil de equilibrio 200 que incluye el servicio de calculadora para el índice combinado. Desde el servicio 201 de distribución de datos se presentan a 202 las acciones sugeridas y los resultados de otros servicios de 126. Sobre la base de las instalaciones recomendadas, se calcula un valor del índice 203 de eficiencia energética y del índice 204 de margen de redundancia de la embarcación. En sección, en el perfil de equilibrio hay ejemplos de cómo se calculan el índice de eficiencia energética y el índice de redundancia de la embarcación para cada una de las acciones.

Esto se ilustra en las tablas siguientes, donde la tabla 1 ilustra la situación en la que una embarcación en alta mar realiza una operación de DP en dos configuraciones de cuadro de distribución divididas con dos grupos electrógenos conectados en cada uno de los segmentos del cuadro de distribución. Todos los propulsores que funcionan en los dos segmentos del cuadro de distribución están en marcha y habilitados en el sistema de DP. El índice combinado calculado para tal operación a partir del perfil de equilibrio es el que se muestra a continuación:

Tabla 1 Valor del índice combinado de estado actual para la operación de DP

Estado actual					
Componentes de eficiencia energética	Puntuación	Componentes del margen de redundancia	Puntuación		
Número de motores	0,1	Desviación de la posición del buque	0,45		
Número de propulsores	0,11	Movimiento del buque	0,09		
Consumo de aceite combustible/emisiones	0,11	Factor de rampa de productores y consumidores	0,29		
Carga de reposo	0,2	Desviación del rumbo	0,47		
Eficiencia y pérdidas eléctricas	0,14	Reserva de hilatura	0,16		
Potencia disponible	0,12	Requisito de redundancia	0,03		
		Requisito del modo operativo	0,06		
		Consecuencia de DP	0,09		
Puntuación ponderada	0,23	Puntuación ponderada	0,26	Índice combinado	0,1

Las puntuaciones de la eficiencia energética y el margen de redundancia son en este caso el valor medio de las puntuaciones individuales de cada elemento, pero pueden tener un peso diferente, de forma automática mediante el análisis de situaciones anteriores o por un operador. El índice combinado se determina fijando un valor base y un valor objetivo para las puntuaciones de eficiencia energética y margen de redundancia. A continuación, se asignan las dos puntuaciones a un intervalo de índice común y se les asignan ponderaciones dinámicas según el modo de operación. Por último, se suman los valores de puntuación ponderados de cada puntuación. Las ponderaciones pueden predeterminarse o ajustarse dinámicamente basándose en algoritmos de aprendizaje automático y muestreando continuamente información relacionada con el rendimiento del sistema.

La situación de la Tabla 1 da lugar a un índice combinado muy bajo, lo que no es óptimo y debería dar lugar a ajustes en el sistema, por ejemplo, aumentando el número de productores, por ejemplo, generadores, en el sistema. Esto aumentaría el margen de redundancia, pero a costa del consumo de combustible y las emisiones. El índice combinado

equilibraría así los distintos aspectos del sistema. El sistema puede sugerir una serie de ajustes diferentes del sistema en función del equipamiento disponible, y calcular el índice combinado para cada uno de ellos, haciendo que el sistema o el operador puedan elegir la mejor opción basándose en los índices combinados.

- 5 En la Tabla 2 se ilustra una situación diferente, cuando una embarcación en alta mar está en operación de Tránsito en configuraciones de cuadro de distribución cerrado simple con dos motores principales y dos hélices funcionando en modo mecánico diésel y un motor auxiliar conectado en el cuadro de distribución principal. La embarcación navega a 10 nudos.
- 10 El índice combinado calculado para tal operación a partir del perfil de equilibrio es el que se muestra abajo.

Tabla 2 Valor del índice combinado de estado actual para la operación de tránsito

Estado actual					
Componentes de eficiencia energética	Puntuación	Componentes del margen de redundancia	Puntuación		
Número de motores	0,1	Desviación de la posición del buque	0,1		
Número de propulsores	0	Movimiento del buque	0,2		
Consumo de aceite combustible/emisiones	0,11	Factor de rampa de productores y consumidores	0,29		
Carga de reposo	0,5	Desviación del rumbo	0,1		
Eficiencia y pérdidas eléctricas	0,14	Reserva de hilatura	0,16		
Potencia disponible	0,12	Requisito de redundancia	0,03		
Modo de operación del motor principal	0,1	Requisito del modo operativo	0,06		
Modo Combinador para hélice	0,15	Velocidad de deriva del buque	0,25		
		Dirección de deriva del buque	0,25		
		Distancia a aguas poco profundas	0,09		
Puntuación ponderada	0,125	Puntuación ponderada	0,095	Índice combinado	0,044

- 15 De nuevo, el sistema propondría distintas soluciones en función de los recursos disponibles en el sistema y calcularía el índice combinado de las distintas configuraciones, lo que permite elegir la solución que da el valor óptimo del índice combinado, que, en el ejemplo, sería el valor más alto.

Más en detalle, las puntuaciones se calculan utilizando múltiples parámetros, como se menciona en la Tabla 1 para DP y en la Tabla 2 para la operación de tránsito. Cada parámetro tiene su propia puntuación ponderada en función del modo de operación de la embarcación. La puntuación ponderada oscila entre 0 y 1. Para 204, la puntuación 0 indica un margen de redundancia muy alto y la puntuación 1 indica un margen de redundancia muy bajo. Para 203, la puntuación 0 indica un sistema ineficaz y 1 un sistema óptimo. Estas puntuaciones se combinan a continuación para obtener una puntuación unificada en 205. En el índice combinado, se definen un valor de base y un valor objetivo para la eficiencia energética y el margen de redundancia. El valor base y el valor objetivo se ajustan dinámicamente en función del modo de operación de la embarcación. Este índice combinado se verifica a continuación con respecto a un límite definido en 206 antes de tomar una decisión sobre la transmisión al conector del sistema de control. El estado de salud de los servicios en 126 y el valor del índice combinado tienen que estar dentro de un límite aceptable para pasar la validación.

30 Con respecto a la Figura 3, se muestra un diagrama de flujo de un proceso ilustrativo de iEMS y perfil de equilibrio para una operación de DP. El proceso comienza en 303, donde se toma una decisión de cambio medio de la meteorología. Los límites para determinar el cambio medio en la meteorología, es decir, el viento, la corriente y el oleaje son configurables, y la previsión meteorológica se recibe 301 y se publica 303. En 304, se decide un cambio en la configuración de la central eléctrica, por ejemplo, estado del interruptor de bus, estado de los grupos electrógenos, estado del propulsor, cambio de modo del sistema de alimentación, etc. En 305 se comprueba un cambio en la configuración DP como el cambio de rumbo, ganancias del controlador, etc. En 306 se detecta un cambio en el modo de operación. Si se cumple cualquiera de las condiciones de 303, 304, 305 y 306, se inicia el asesor 307 de central eléctrica. El asesor de central eléctrica, como se ha descrito anteriormente, ejecuta un bucle de central eléctrica para determinar una instalación óptima con un número mínimo de grupos electrógenos, batería y propulsores en función de la clase de DP seleccionada sin superar la condición WSF.

Los resultados de 307 se post-procesan en la utilización óptima de la central eléctrica, donde la pérdida de potencia, eficiencia, carga mínima en reposo y el modo del sistema de alimentación se utilizan para determinar la referencia de carga ideal para los productores que da como resultado un consumo y unas emisiones de combustible mínimos. El resultado de 308 se utiliza a continuación en el bloque de perfil de equilibrio 309, donde se calcula un índice combinado. En 310, la puntuación del índice combinado se compara con los límites aceptables y los resultados de 308 se envían a continuación al sistema de control a través del conector 312 si es aprobado por 311. Si la puntuación supera el límite, a continuación, el proceso vuelve a 309 para continuar con la misma secuencia para la siguiente sugerencia del proceso.

En paralelo, como se ve en la Figura 3, el servicio 313 de distribución de datos publica y recoge continuamente datos de los diferentes servicios alojados en la capa de TI. Los resultados de estos servicios se utilizan en 308.

Con respecto a la Figura 4, se muestra un diagrama de flujo de un proceso ilustrativo de iEMS y perfil de equilibrio para la operación no de DP. El proceso comienza en 403, para detectar un cambio medio en la meteorología basado en la previsión meteorológica recibida 401. Además, un cambio en la instalación de la central eléctrica que incluye el cambio de modo 404 de sistema de alimentación o el cambio de modo operativo 405 se utilizan para iniciar el servicio de utilización óptima de la central eléctrica. Los diferentes modos del sistema de alimentación para los distintos modos de operación del buque se definen en un archivo de configuración. Un optimizador que utiliza el perfil de carga media, demandas de carga máxima realiza una iteración sobre los modos definidos para determinar la mejor instalación que proporcione un uso mínimo de energía. La configuración seleccionada deberá proporcionar también la eficiencia requerida.

En 408, el índice combinado del bloque 407 de perfil de equilibrio se compara con los límites para determinar si las recomendaciones pueden enviarse al sistema de control a través de 409 y 410. Cualquier desviación del límite aceptable provocará que se aborte la secuencia de transferir el aviso al sistema de control. El flujo vuelve a 407 para repetir el procedimiento basándose en el siguiente aviso de la cola. Como se ha mencionado antes, los demás servicios alojados en la capa de TI realizan el cálculo basándose en las mediciones en tiempo real recibidas a través del servicio 412 de distribución de datos.

La presente invención se refiere a una jerarquía basada en el modelo ANSI/ISA-95 aprobado por la industria. Los componentes físicos se sitúan en el nivel 0 del modelo, donde el proceso ocurre en milisegundos o microsegundos. Las mediciones del nivel 0 se transmiten a los controladores del nivel 1, donde las acciones suceden en segundos. El nivel 2 alberga los elementos de monitorización y control, se realizan dentro de en cuestión de segundos. El EMS se encuentra en el nivel 3, donde se realiza la operación de PMS y la selección de los modos de operación. Los iEMS que incluyen perfil de equilibrio se sitúan en un nivel entre 3 y 4, es decir, 3,5. El novedoso conector del sistema de control une los niveles 3,5 y 3. En el nivel 5 es donde se lleva a cabo la planificación empresarial y la logística. Este nivel no tiene relevancia para el mecanismo definido en esta patente.

En resumen, la presente invención se refiere a un sistema y un método conexo para controlar una embarcación marítima que comprende una serie de dispositivos. Los dispositivos incluyendo una serie de generadores y consumidores de potencia, comprendiendo además sensores para monitorizar la actividad de los dispositivos. El sistema también incluye al menos un procesador que calcula los valores de puntuación de dispositivo que representan el rendimiento de los dispositivos basándose en las mediciones de los sensores y en las características conocidas de cada dispositivo. También, el sistema incluye una unidad de control conectada a dichos dispositivos y configurada para calcular un valor de puntuación de eficiencia basado en dichos valores de puntuación de dispositivo, el valor de la puntuación de eficiencia que define la eficiencia del sistema.

El sistema también está configurado para calcular la redundancia del sistema basándose en el modo de operación y/o la carga de los dispositivos, y para calcular un índice de margen de redundancia que indique la redundancia de los dispositivos del sistema según puntuaciones predeterminadas para cada modo de operación relacionadas con la redundancia del dispositivo relacionado, y calcular los valores de puntuación de eficiencia y redundancia del sistema. El sistema también está configurado para calcular un índice combinado basado en el valor de la puntuación de eficiencia y el índice del margen de redundancia.

El sistema incluye un conjunto de configuraciones de instalación para los dispositivos incluidos en el sistema, y está configurado para, en el caso de que el índice combinado esté fuera de un intervalo predeterminado, calcular el índice combinado para al menos una instalación de dispositivo alternativa e indicar la instalación preferida basándose en una comparación entre los valores del índice combinado. Al elegir el valor más alto del índice combinado, se puede utilizar el modo óptimo de operación del sistema.

Las puntuaciones predeterminadas para cada modo de operación pueden basarse en el análisis estadístico de datos anteriores almacenados de situaciones correspondientes o las puntuaciones predeterminadas y/o el intervalo predeterminado pueden obtenerse de una unidad de aprendizaje automático que analice el rendimiento del sistema. Las puntuaciones y el intervalo que se obtienen preferentemente de la unidad de aprendizaje automático se basan en un análisis de los datos previos muestreados en casos anteriores y/o comentarios registrados de los operadores del

sistema.

5 La comparación de los índices combinados puede incluir también una comparación de dichas puntuaciones computadas o calculadas, índices e instalaciones alternativas de dispositivos proporcionadas por una unidad de aprendizaje automático para optimizar la eficiencia y redundancia del sistema basándose en una evaluación individual de los dispositivos adicionalmente a los valores de puntuación de eficiencia y redundancia.

10 Los sensores del sistema pueden incluir también uno o más sensores para monitorizar el entorno de la embarcación, tal como las olas, la corriente, el viento y/o para monitorizar el comportamiento de la embarcación, tal como la posición, el movimiento, la velocidad, el rumbo de la embarcación, de este modo, el sistema puede ponderar las puntuaciones en función de la situación, por ejemplo, dando prioridad a la redundancia en condiciones meteorológicas difíciles. Con el mismo fin, el sistema también puede configurarse para recibir directamente información sobre el entorno de la embarcación directamente, tal como una previsión meteorológica, y estando configurado para tener en cuenta la información del entorno por un simulador de respuesta de la embarcación, proporcionando datos al sistema relacionados con las condiciones futuras del entorno.

15 Los dispositivos del sistema pueden definirse como entidades individuales del sistema, o pueden agruparse en grupos, tal como un grupo para la generación de potencia, un grupo de propulsores, de modo que el sistema calcula una puntuación de dispositivo común para cada uno de los grupos.

20 El sistema también puede incluir una interfaz de usuario que incluya una pantalla y una interfaz tal como un teclado para permitir a un operador elegir una instalación basada en dichos índices combinados, donde el índice combinado se visualiza para que el operador simplifique las opciones de elección, o para proporcionar comentarios del usuario evaluando el rendimiento. Las elecciones y los comentarios pueden ser registrados por el sistema y utilizados para optimizar futuras elecciones automáticas o el cálculo de futuras puntuaciones e índices, por ejemplo, mediante un algoritmo de aprendizaje automático.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para el control de una embarcación marítima que comprende varios dispositivos, los dispositivos incluyendo una serie de generadores y consumidores de potencia, comprendiendo además sensores para monitorizar la actividad de los dispositivos, el sistema incluyendo al menos un procesador que calcula los valores de puntuación de los dispositivos, el sistema incluyendo también una unidad de control conectada a dichos dispositivos y estando configurada para calcular un valor de puntuación de eficiencia basado en dichos valores de puntuación de dispositivo, el valor de la puntuación de eficiencia definiendo la eficiencia del sistema,
- 5
- 10 en donde el sistema también está configurado para calcular la redundancia del sistema basado en el modo de operación y/o la carga de los dispositivos, y para calcular un índice de margen de redundancia que indique la redundancia de los dispositivos del sistema, según puntuaciones predeterminadas para cada modo de operación y calculando los valores de eficiencia y redundancia,
- 15 el sistema también estando configurado para calcular un índice combinado basado en el valor de la puntuación de eficiencia y el índice del margen de redundancia, y
- 20 el sistema incluye un conjunto de configuraciones de instalación para los dispositivos incluidos en el sistema, estando el sistema configurado para, en el caso de que el índice combinado esté fuera de un intervalo predeterminado, calcular el índice combinado para al menos una instalación de dispositivo alternativa e indicar la instalación preferida basándose en una comparación entre los valores del índice combinado.
2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las puntuaciones predeterminadas para cada modo de operación se basan en el análisis estadístico de datos almacenados anteriormente a partir de situaciones correspondientes.
- 25 3. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las puntuaciones predeterminadas y/o el intervalo predeterminado se obtienen a partir de una unidad de aprendizaje automático.
4. Sistema de acuerdo con la reivindicación 3, en donde las dichas puntuaciones e intervalo que se obtienen de la unidad de aprendizaje automático se basan en un análisis de los datos previos muestreados en casos anteriores y/o comentarios registrados de los operadores del sistema.
- 30 5. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la comparación de los índices combinados incluye también una comparación de dichas puntuaciones computadas o calculadas, índices e instalaciones de dispositivo alternativos proporcionados por una unidad de aprendizaje automático para optimizar la eficiencia y la redundancia del sistema.
- 35 6. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, dichos sensores comprendiendo además uno o más sensores para monitorizar el entorno de la embarcación, tal como las olas, la corriente, el viento y/o para monitorizar el comportamiento de la embarcación, tal como la posición, el movimiento, la velocidad, el rumbo de la embarcación.
- 40 7. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho sistema también está configurado para recibir información relativa al entorno de la embarcación, tal como una previsión meteorológica, y estando configurado para tener en cuenta la información del entorno por un simulador de respuesta de la embarcación, proporcionando datos al sistema relacionados con las condiciones futuras del entorno.
- 45 8. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los dispositivos se agrupan en grupos, tal como un grupo para la generación de potencia, un grupo de propulsores, de modo que el sistema calcula una puntuación de dispositivo común para cada uno de los grupos.
- 50 9. Sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema incluye una interfaz de usuario que incluye una pantalla para permitir a un operador elegir una instalación basada en dichos índices combinados.

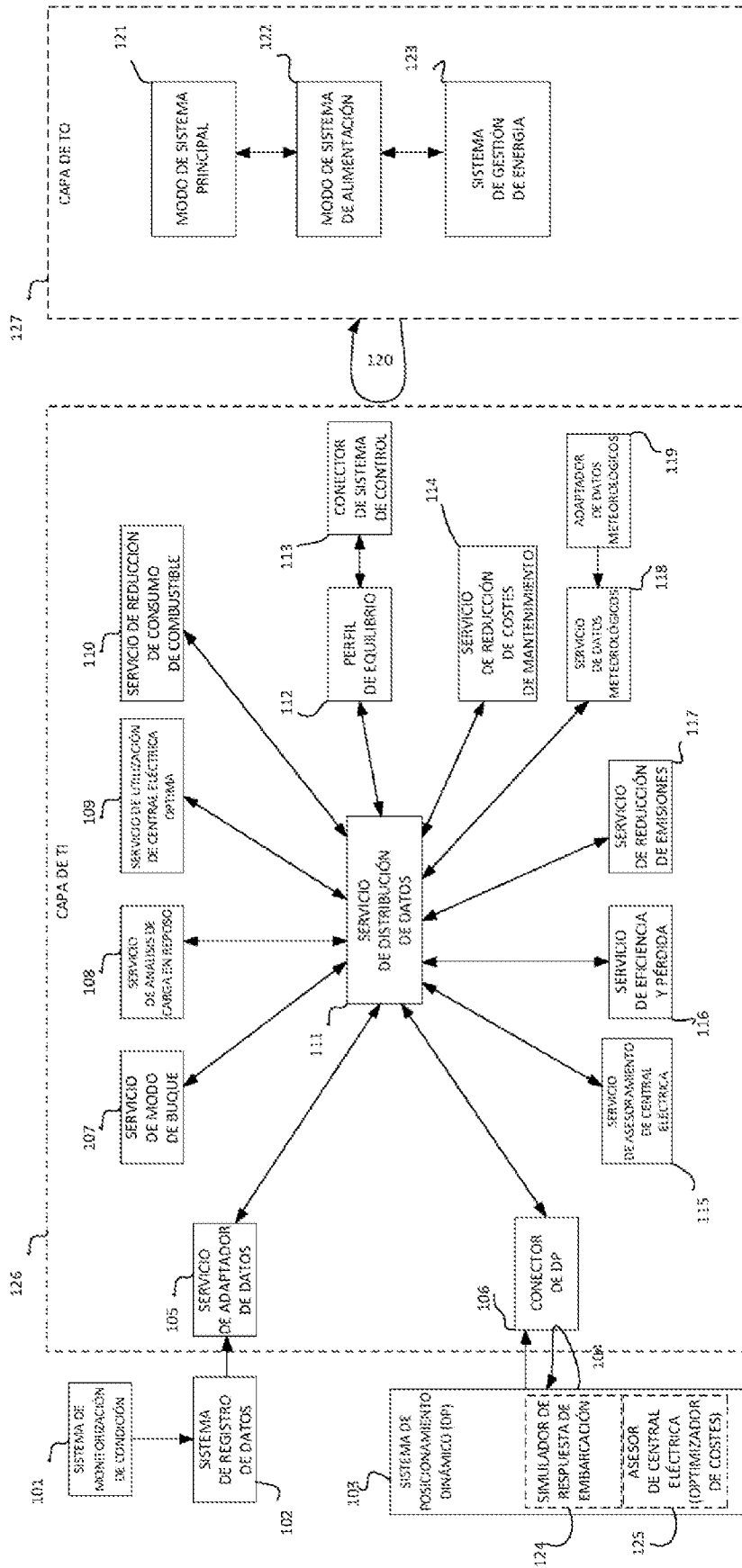


Figura 1 Diagrama de bloques de iEMS y perfil de equilibrio

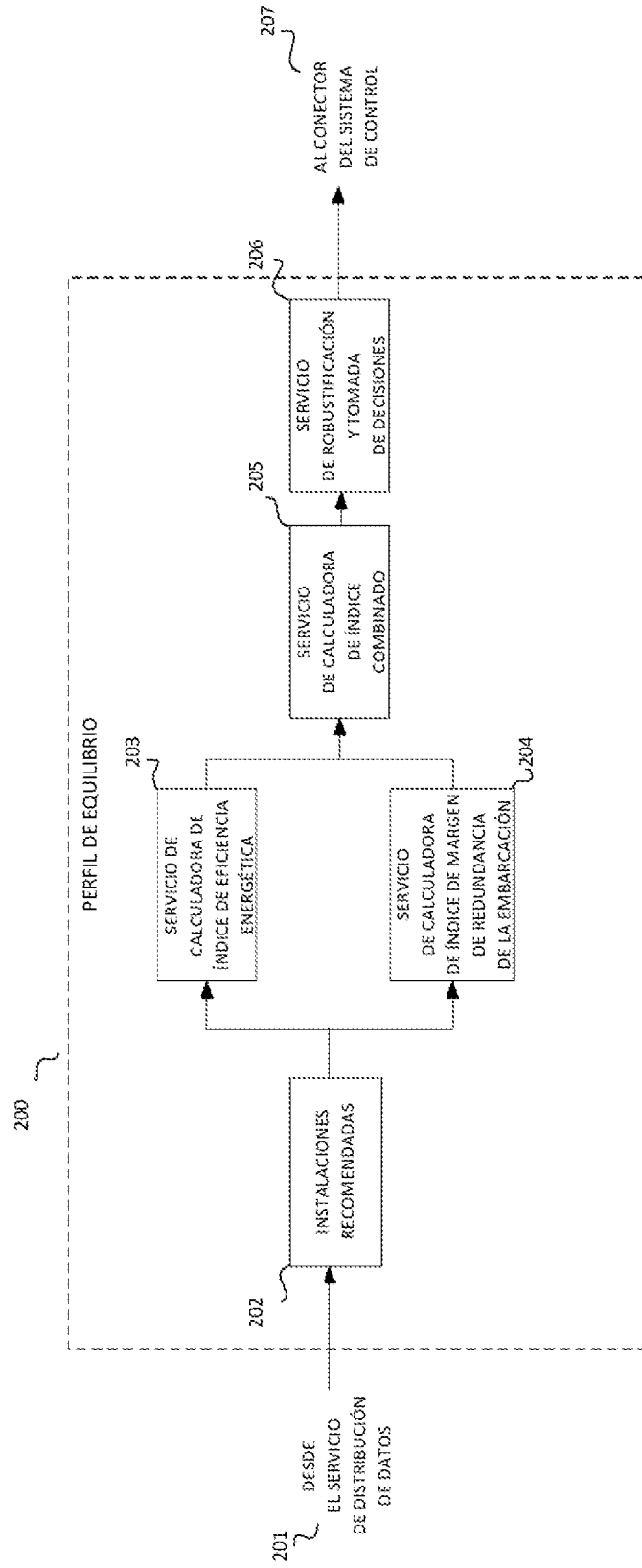


Figura 2 Diagrama de bloques de perfil de equilibrio

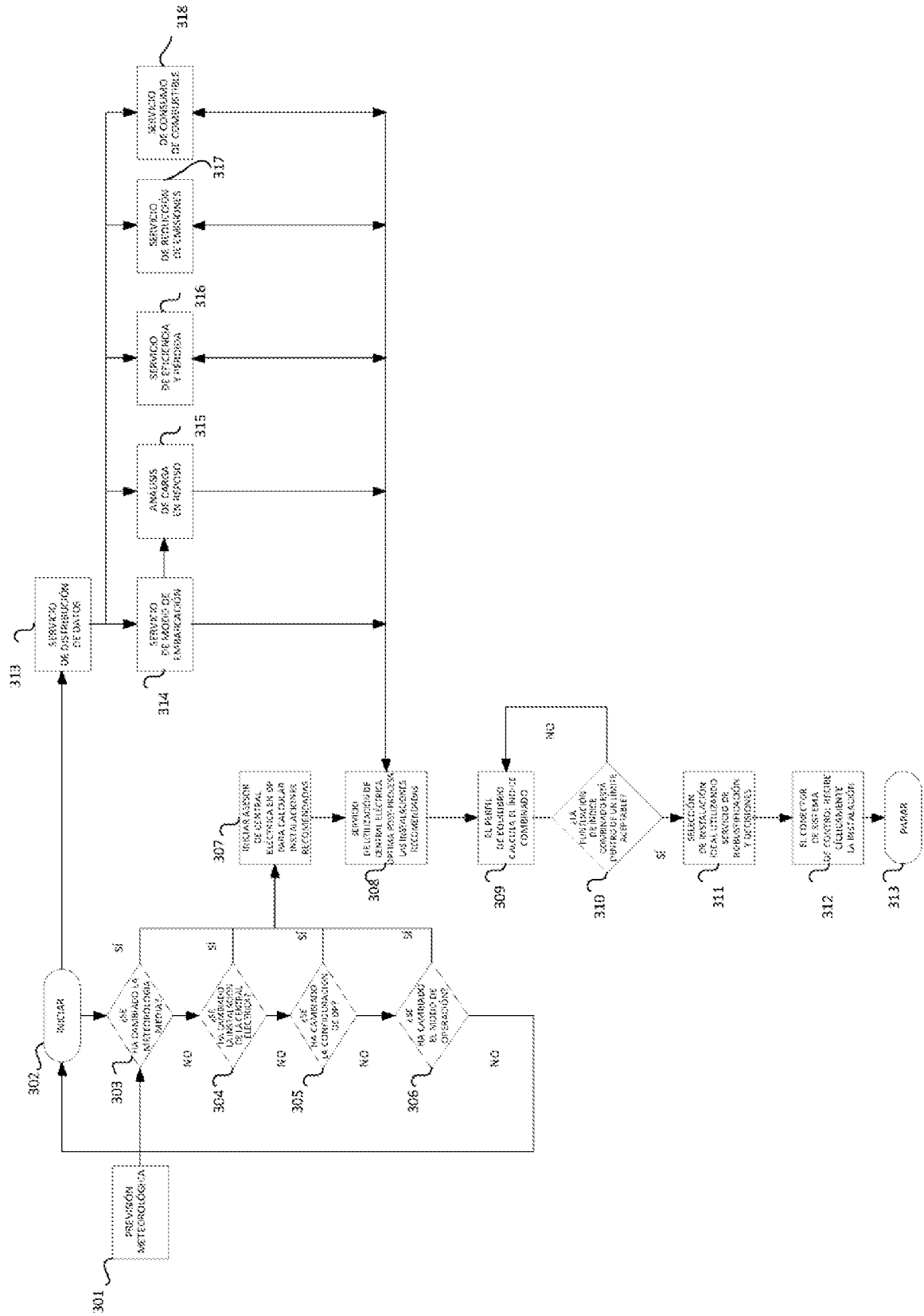


Figura 3 Diagrama de flujo de iEMS y perfil de equilibrio en operación de DP

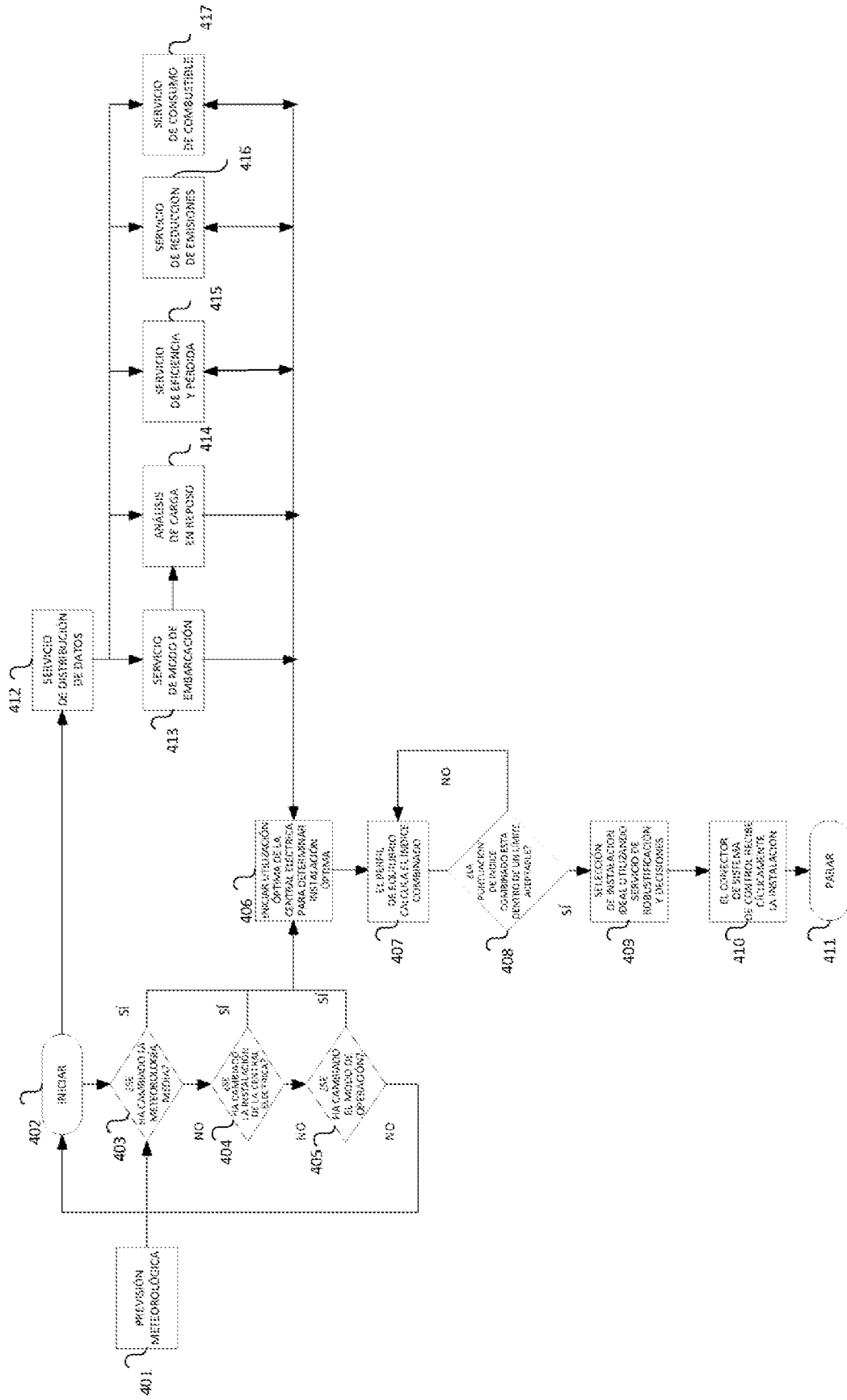


Figura 4 Diagrama de flujo de iEMS y perfil de equilibrio en operaciones no de DP concretamente Tránsito, Modo de Espera, Puerto, Maniobrar