

PROCEDIMIENTO DE TRANSFORMACIÓN DE BUQUES METANEROS PROPULSADOS POR TURBINAS DE VAPOR

DESCRIPCIÓN

5

La presente memoria descriptiva se refiere, como su título indica, a un procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, de los utilizados para el transporte de gas natural licuado, caracterizado porque se añade una propulsión diesel-eléctrica, con varios generadores de energía eléctrica, de tipo diesel con
10 combustible dual u otros, y varios motores eléctricos de propulsión cuya potencia mecánica se inyecta en la línea de ejes o en la caja reductora existente, manteniendo plenamente operativa la planta propulsora de turbinas de vapor existente.

El buque resultante de la transformación tiene una doble planta de propulsión: la antigua con turbina de vapor, y la nueva diesel-eléctrica, pudiendo utilizar una, otra o las
15 dos, dependiendo de las necesidades, todo ello manteniendo tanto la línea de ejes como la caja reductora existente originalmente en el buque.

A continuación, y con el fin de facilitar la comprensión de la invención, se describirán los procedimientos de propulsión actualmente utilizados, sus ventajas e inconvenientes, el estado actual de la técnica en lo que se refiere a la propulsión y generación
20 eléctrica en dichos buques, las opciones de transformación existentes y utilizadas en la actualidad para, posteriormente, describir el procedimiento que la presente invención reivindica y propone.

Debe de indicarse que a lo largo de la exposición se definirán y utilizarán ciertas palabras y abreviaturas en inglés, de uso común y extendido en este ámbito de la
25 tecnología, que se definirán la primera vez que se citen y a continuación se utilizarán, en su versión inglesa, por razones de precisión y brevedad.

Campo de la invención – Los buques metaneros

Los buques metaneros se diseñan para transportar, casi exclusivamente, gas
30 natural licuado, en adelante designado como LNG, a granel a la presión atmosférica. Existen otras posibles cargas tales como etileno o gases de petróleo licuados, en adelante LPG, pero tienen carácter residual. También se puede transportar gas natural a presión pero en la actualidad esto es de escasa relevancia.

En general se trata de buques relativamente grandes, por encima de los 35.000
35 m³ hasta 290.000m³, y lo más frecuente es que se trate de buques entre 120.000 y 180.000

2

m³. Aun cuando hay diferentes tecnologías constructivas, comparten una serie de características comunes:

- Presión de transporte de la carga: Presión atmosférica.
- Temperatura de transporte: -163 °C.
- 5 • En todos estos buques se produce naturalmente una evaporación continua de la carga, en adelante denominada "Boil-off". Este boil-off tiene que ser quemado. En general se quema para producir energía para la propulsión y generación de energía eléctrica. El citado "boil-off" tiene que ser quemado aun cuando no haya requerimientos de energía a bordo que lo requieran. Esto se puede hacer en calderas, enviando el exceso de vapor al condensador, en adelante "dumping", o en antorchas de tipo cerrado, en adelante "Gas Combustión Unit" o "GCU". Una cifra típica del "boil-off" (en adelante "boil-off rate") cuando el buque está en plena carga, es el 0,15 % de la capacidad de carga por día, es decir, para un buque promedio de 150.000 m³ implicaría unos 225 m³ de LNG por día. Es práctica habitual mantener una cierta cantidad de LNG en los tanques en el viaje de retorno en lastre. Este gas produce también un "boil-off" que es una fracción del que se produce en carga, del orden del 30% al 40% del correspondiente a la cifra de plena carga.
- 10
- 15
- 20 • La velocidad de servicio de los buques metaneros es con carácter bastante general de 19,5 nudos. Hay diversas razones que explican esta velocidad relativamente elevada: el boil-off, el precio del buque y otras. La consecuencia inmediata es un requerimiento de potencia propulsora elevado y un consumo de combustible doblemente elevado.
- 25 • Los precios de construcción de los buques metaneros son elevados. Los buques tradicionales en torno a 150.000 m³ pueden haber costado entre 150 y 200 Mill. de USD.
- 30 • La vida útil de los buques metaneros es elevada. Existen metaneros en operación en torno a los 40 años. Las razones de esta vida útil elevada son variadas: Alta calidad, carga no agresiva, larga vida de la propulsión, coste inicial elevado, mantenimiento muy cuidadoso y otros. Obviamente un riesgo para alcanzar esta vida útil elevada es la obsolescencia, sea técnica por los cambios en la propulsión, sea por tamaño u otros motivos. En todo caso la flota actual en muchos casos se está amortizando a 30/40 años. Este hecho está en la raíz misma de esta invención.
- 35

3

A continuación se describen las características muy generales de los distintos tipos de propulsión utilizados en buques metaneros y su evolución en los últimos años.

Casi todos los buques metaneros pueden utilizar para la propulsión y generación de energía eléctrica gas natural, combustibles líquidos tales como fuel-oil pesado (en adelante HFO), diesel-oil marino (en adelante MDO) o gas oil marino (en adelante MGO). Los buques pueden utilizar uno u otro o los dos combustibles a la vez en la proporción que se desee. En ciertas áreas geográficas, por ejemplo en los puertos de Europa Occidental, no se permite o se limita el uso del HFO. El “boil-off” siempre habrá de quemarse en una u otra forma.

Existe un tipo de buques, en proporción limitada, dotados de planta de relicuefacción a bordo, que en general sólo usan combustible líquido en los motores de propulsión. La presente invención no es aplicable a estos buques, por lo que en adelante se omitirán.

En los buques metaneros del orden de 150.000 m³ de capacidad, de los que existe un gran número, la potencia propulsora es del orden de 25 MW a 30 MW.

Una característica esencial de la propulsión de buques metaneros es que se le exige un altísimo grado de fiabilidad. Las razones son muy variadas: Seguridad, por la mercancía transportada; integración en una cadena de transporte; garantía de cumplimiento de programas de aprovisionamiento, coste del boil-off en caso de parada por avería y otras diversas razones.

Hace unos 100 años, la gran mayoría de los buques tenían propulsión a vapor, bien por máquinas alternativas, bien por turbinas de vapor.

Hace 50 años, solamente algunos grandes petroleros, los buques de guerra, algunos buques de pasaje y los metaneros, que entonces comenzaban, tenían propulsión por turbinas de vapor.

Hace 10 años, solamente los metaneros tenían ya propulsión por turbinas de vapor. Existían dos razones principales para mantener la propulsión por turbinas de vapor:

- La altísima fiabilidad de las instalaciones de turbinas de vapor, su larga vida y el mantenimiento limitado.
- El motor Diesel, que es absolutamente dominante en la propulsión de buques mercantes, no podía quemar el gas procedente del boil-off, que es capaz de producir una parte muy importante de la energía requerida para la propulsión.

Como se ha mencionado, hasta hace unos 8 años, prácticamente todos los buques metaneros tenían propulsión por turbina de vapor, incluyendo los buques de nueva construcción.

4

En los últimos años, se han desarrollado una serie de procedimientos de propulsión alternativos a la turbina de vapor para los nuevos barcos metaneros. Aunque existen varias alternativas, son dos las principales que se han desarrollado y aplicado en mayor medida.

5 La primera alternativa está basada en buques con propulsión Diesel-eléctrica con motores diesel de cuatro tiempos de tipo "Dual-Fuel". Estos motores pueden quemar combustible líquido, ya sea HFO, MDO o MGO y también pueden quemar gas natural que se incorpora al aire de combustión a una presión de unos 6 bar. Dichos motores accionan cada uno un alternador. Este alternador produce energía eléctrica que se usa para alimentar a la red
10 eléctrica del buque y para accionar, a través de los correspondientes convertidores, a los motores eléctricos de propulsión, en general de uno a cuatro, muy frecuentemente dos. Estos motores eléctricos a su vez accionan, en general a través de un reductor de engranajes la hélice o hélices propulsoras. La mayoría de los buques tienen una sola hélice propulsora, unos pocos tienen dos. En general estas plantas diesel eléctricas tienen cuatro motores diesel, a
15 veces tres y a veces cinco. Los motores que se montan tienen en torno a 1000 KW por cilindro y las plantas tienen en general entre 30 y 40 cilindros en total, es decir que la potencia eléctrica instalada es de 30 a 40 MW. Esta es la alternativa dominante en estos momentos.

Debe de indicarse, que estos motores duales de cuatro tiempos operan según
20 el ciclo diesel con combustible líquido y según un ciclo Otto o similar con combustible gaseoso.

La segunda alternativa consiste en motores diesel lentos, de dos tiempos convencionales, que solo pueden quemar combustibles líquidos, con planta de relicuefacción a bordo para volver a licuar el boil-off y la correspondiente planta de generación eléctrica con motores diesel de cuatro tiempos, cuya potencia ha de incrementarse para cubrir los
25 requerimientos de la planta de relicuefacción.

Siguen construyéndose buques con turbinas de vapor pero en mucha menor proporción. Algunos de los buques con propulsión por turbinas a vapor en construcción o de construcción reciente utilizan ciclos de vapor de mayor eficiencia, principalmente ciclos con recalentamiento intermedio (en adelante ciclos "reheat"). Aun estos casos el consumo de las
30 plantas de turbinas de vapor es sensiblemente mayor que el de las de motores diesel.

Las razones de fondo de este cambio en los procedimientos de propulsión de los buques metaneros son principalmente:

- El menor rendimiento y mayor consumo específico de las plantas de turbinas de vapor. Aun cuando cualquier cifra de consumo específico ha de ser
35 cuidadosamente matizada, las plantas de turbinas de vapor tienen un consumo específico del orden de 290 gr/kW hora con combustible líquido. Mientras tanto,

5

los motores duales de cuatro tiempos tienen un consumo específico del orden de 190 gr/kW hora. Estas cifras deben de ser corregidas y consideradas en función de una serie de coeficientes, pero en todo caso muestran una enorme diferencia a favor del motor diesel.

- 5
- El mayor precio de los combustibles, de los líquidos en particular. Aun cuando se trata de precios muy volátiles, una tonelada métrica de HFO cuesta unos 650 USD.
 - La disponibilidad técnica de los motores duales de cuatro tiempos capaces de quemar tanto combustibles líquidos como gas natural.

Para sintetizar, en una cifra estándar sujeta a todas las precisiones necesarias, un buque metanero puede consumir al día unas 175 Tm de HFO que suponen, con combustible líquido, unos 113.750 USD/día cuando está propulsado por turbina de vapor y unas 120 Tm de HFO que suponen unos 78.000 USD/día. La diferencia diaria de costes es de unos 35.750 USD/día. Debe insistirse en que las cifras anteriores se refieren al consumo de combustible líquido y que los precios de todos los combustibles son sumamente volátiles. Existe toda una serie de precisiones que es preciso hacer en todo caso, pero el hecho cierto es que existe una diferencia muy sustancial a favor de los motores diesel duales.

10

15

Un cálculo comparativo similar podría realizarse para el caso de que los buques utilicen gas natural como combustible. La relación de rendimientos es parecida (ligeramente menos favorable para el motor dual) pero es difícil establecer el precio del gas natural para propulsión de metaneros.

20

Como consecuencia de todo lo anterior, en la flota de buques metaneros en servicio en estos momentos, conviven tres tipos de propulsión:

- Una mayoría de buques con propulsión por turbina de vapor. Se trata de buques con una edad entre uno y unos cuarenta años, muchos de ellos menores de diez años y tamaños variables, con una gran cantidad de ellos entre 120.000 y 170.000 m³.
- 25

- Existen otros buques, todos menores de seis años con propulsión diesel eléctrica con motores duales. Este tipo de propulsión es dominante en estos momentos. Los tamaños son similares a los anteriores, entre 70.000 y 175.000 m³.
- 30

- Existe unos tipos de buques, ya mencionados, con propulsión por motores diesel convencionales, que sólo pueden utilizar combustible líquido, de menos de seis años de edad y de gran tamaño, todos ellos por encima de 200.000 m³. Como ya se ha dicho, para estos buques no sería aplicable la presente invención.
- 35

6

En la actualidad, y por la evolución de la técnica, se están desarrollando y ofreciendo en los mercados otros tipos de propulsión para metaneros. En particular existen propuestas tales como:

- 5 • Motores diesel de dos tiempos duales, capaces de quemar combustible líquido o gas natural a muy alta presión. Operan en ambos casos con ciclo diesel. Estos motores existen prácticamente a nivel de prototipo. Nunca han sido instalados en buques, ni existen buques en construcción con esta técnica. Su mayor dificultad es la presión muy elevada a la que deben de comprimir e inyectar el gas. Es probable que este tipo de propulsión sea utilizada en el futuro.
- 10 • Plantas basadas en turbinas de gas, sea con acoplamiento mecánico o turbo-eléctrico. No se han instalado hasta el momento en ningún buque metanero, ni en ningún buque metanero en construcción.
- Otras propuestas alternativas, tales como las plantas híbridas, con propulsión mixta mecánica/eléctrica. Hasta este momento no se han aplicado.

15 Asimismo se pueden encontrar bastantes referencias documentales que reflejan distintos tipos o variantes de sistemas de propulsión eléctrica aplicados para barcos, como por ejemplo las Patentes ES2087662 *"Dispositivo de propulsión de un buque"*, ES2089408 *"Sistema de corriente eléctrica para vehículos marinos"*, ES2184356 *"Instalación de accionamiento eléctrico para barcos"*, ES2197862 *"Propulsión eléctrica para barco"*,
 20 ES2278756 *"Dispositivo y procedimiento de propulsión de un barco"*, y ES2297036 *"Sistema de propulsión para un barco"*, pero todas ellas están planteadas como realizaciones durante el proceso constructivo del buque, no como una alternativa viable a la remotorización de buques existentes.

También encontramos referencias específicas a motorizaciones para buques
 25 metaneros, como por ejemplo la descrita en la Patente US2007277534 *"Regasificación a bordo para buques metaneros con plantas de propulsión alternativas"*, que describe soluciones para la regasificación en aquellos buques con plantas motoras no basadas en turbinas de vapor, o la Patente WO03006313 *"Método para disponer de aparatos de gas y de propulsión en un buque"*, que utiliza un conjunto de dos motores eléctricos con generación eléctrica diesel, pero
 30 sin combinar con planta de vapor, o bien la Patente JP2004051050 *"Dispositivo de propulsión para un buque metanero"*, que propone una combinación de motor diesel y motor eléctrico, pero sin combinar con planta de vapor, y al igual que los casos anteriores, siendo viable únicamente durante la fabricación del buque, no siendo rentable su uso para remotorizaciones de buques existentes.

35

Antecedentes de la invención – Posibilidades conocidas de transformación

7

En la actualidad en la flota existente, excluidos los buques con plantas de relicuefacción y motores diesel de dos tiempos que solo pueden usar combustible líquido, existen dos tipos de propulsión:

- Una mayoría de buques con propulsión por turbina de vapor, con un consumo específico, con todas las reservas y precisiones, del orden de 290 gr/kwh, y
- Una parte apreciable de buques menores de seis años con propulsión diesel eléctrica que utilizan motores duales de cuatro tiempos. El consumo específico de dichos motores es del orden de 190 gr/kwh.

En todos los aspectos, salvo en el esencial del coste del combustible, los buques de turbinas de vapor operan muy satisfactoriamente. La diferencia en coste de combustible por día de navegación a plena carga a 19,5 nudos de un buque tipo es en muchos casos superior a los 30.000 USD/día, por lo que existe claramente una demanda técnica de posibles transformaciones en las plantas de propulsión de estos barcos metaneros de turbinas de vapor que permitieran reducir el consumo de combustible, mejorando su competitividad económica y evitando costosas inversiones para su reemplazo.

La situación en la que un tipo de buques propulsados por turbinas de vapor, de una edad relativamente baja, se encuentra en una situación de falta de competitividad debido a los elevados costes de combustible asociados a la propulsión por turbinas de vapor, no es nueva.

Esa situación ya se produjo en una gran escala en los grandes petroleros entre 1975 y 1990 y también en los buques de pasaje. Entonces se produjeron un gran número de remotorizaciones. Aun cuando las variantes fueron diversas, en general las soluciones adoptadas fueron:

A - Eliminación de la turbina de vapor y sustitución de ésta por dos motores diesel de cuatro tiempos acoplados a través de un reductor a la hélice. Es preciso hacer notar que, en todos los casos, las turbinas (de Alta Presión y de Baja Presión) el condensador principal y la caja reductora se eliminaron totalmente. En algún caso se mantuvo el resto de la línea de ejes, en otros casos se modificó.

Este tipo de transformación fue el más frecuente en petroleros y se realizó en más de cincuenta de casos. Los buques resultantes no estuvieron exentos de problemas, asociados con el elevado mantenimiento requerido por los motores de cuatro tiempos. Cualquier operación de mantenimiento, avería o reparación en los motores, suponía la paralización del buque durante el tiempo de dicha operación.

En la mayoría de los casos se mantuvieron las calderas principales para la descarga, calefacción de la carga y servicios auxiliares. La planta de generación eléctrica hubo de ser modificada en gran medida.

8

B - *Eliminación de la turbina de vapor y sustitución de ésta por un motor diesel de dos tiempos directamente acoplado.* Se utilizó en pocas ocasiones. En algún caso se llegó a construir una nueva popa del buque dentro de una transformación más amplia. En algún caso se mantuvieron las calderas principales, en otros se sustituyeron. La planta eléctrica hubo de ser modificada.

Los resultados desde el punto de vista de mantenimiento y operación fueron mejores.

C - *Eliminación de la turbina de vapor y sustitución de ésta por una propulsión Diesel eléctrica.* Se utilizó sobre todo en buques de pasaje.

Los problemas de mantenimiento asociados a los motores diesel de cuatro tiempos quedan muy reducidos por la posibilidad de parar el motor que se debe de reparar o mantener, sin afectar a la operatividad del buque.

Todas estas posibles realizaciones presentan el inconveniente de que, en todos los casos se eliminó la turbina de vapor y la caja reductora existentes.

En estos momentos y por las razones expuestas anteriormente se ha planteado de nuevo la necesidad de transformar los buques metaneros existentes con propulsión por turbina de vapor (más de 200 buques) a otra forma de propulsión más eficiente energéticamente, con el fin de mejorar la rentabilidad económica de su explotación.

Como es lógico, las posibilidades anteriormente citadas y que denominaremos convencionales, son aplicables a los buques metaneros existentes.

A continuación se describen algunas de estas posibilidades brevemente y se indican algunos de los inconvenientes y problemas que presenta su aplicación:

Transformación a una propulsión Diesel eléctrica con motores duales de cuatro tiempos.

Esencialmente, el buque transformado, tendría una propulsión similar a la de los buques construidos o en construcción con dicho tipo de propulsión. La transformación implicaría:

- La eliminación de las turbinas de alta y baja presión, el condensador principal y la caja reductora.
- La instalación de un número de motores de diesel duales de cuatro tiempos, de sus correspondientes alternadores, de un sistema de cuadros eléctricos, transformadores, convertidores, motores eléctricos de propulsión y una nueva caja reductora.
- La instalación de una planta de compresores de baja presión (del orden de 6/8 bares), en principio con un 100% de redundancia.

Se trataría de una propulsión diesel eléctrica con motores duales como en los buques metaneros con este tipo de propulsión. Típicamente tendría una potencia de motores diesel duales del orden del 115% de la potencia de las turbinas preexistentes. Requeriría en buques normales más de 30 MW de potencia de generadores y normalmente tendría 3 o 4
5 motores duales, como los buques con dicha propulsión.

Podría mantener o eliminar las calderas principales pero en todo caso tendrá que tener un sistema auxiliar para quemar el exceso de boil-off cuando este no sea requerido para la propulsión, es decir o bien calderas más condensador de exceso de vapor o bien una antorcha cerrada (En adelante Gas Combustión Unit o GCU).

10 Existiría en la transformación una obra importante de desmontaje y desguace así como un problema importante de espacio y adaptación para instalar todos los nuevos equipos.

El buque, una vez transformado, tendría un consumo de combustible similar a los actuales de la misma tecnología y unos costes y dificultades de mantenimiento y operación
15 parecidos a los actuales de la misma tecnología. Habría algunas diferencias de segundo orden, en función de cómo se haya resuelto el tema del boil-off y otros.

El tiempo y coste de transformación deben de calificarse de elevados.

Existe la posibilidad de que la nueva propulsión sea de potencia más reducida que la existente. En dicho caso la velocidad del buque se reduciría así como los ahorros.

20 Técnicamente es factible y conocido.

Transformación a una propulsión Diesel con motores duales de dos tiempos con gas de alta presión.

Esencialmente el buque transformado tendría una propulsión por un motor
25 diesel dual, gas o combustible líquido, de dos tiempos de una potencia típica de unos 30 MW.

Además sería preciso instalar una planta de compresión y tratamiento de gas con compresores, en principio con una redundancia del 100%, de una presión de unos 300 bares.

Sería preciso además remodelar la planta de generación de energía eléctrica, incluso para la descarga, resolver como en el caso anterior el problema del quemado del boil-off y otros aspectos.

Sería imprescindible eliminar totalmente las turbinas principales, el condensador principal y la caja reductora.

Se podrían conservar o eliminar las calderas principales y la línea de ejes.

35 El buque resultante tendría un consumo de combustible ligeramente inferior a los del buque de propulsión diesel-eléctrica descritos en el apartado anterior.

10

El coste de transformación debe de calificarse de elevado.

El tiempo de transformación sería igualmente elevado, ya que todas las obras de desmontaje y desguace han de realizarse “in situ” y, sólo una vez terminadas, pueden iniciarse las obras de instalación.

5 El grado de preparación y prefabricación de elementos es inevitablemente limitado.

En esta opción de transformación han de considerarse los siguientes factores:

- No existen en esta fecha precedentes de instalación ni experiencia de operación de este tipo de motores ni de este tipo de plantas de compresores de muy alta presión en buques metaneros ni en otro tipo de buques. Es posible que esto se produzca en un tiempo limitado, pero hasta el momento no se ha producido.
- Se trata de un tipo de transformación en el que, además de tratarse de una nueva tecnología de motor no es posible, o es muy difícil disponer un sistema de redundancia. Las operaciones de mantenimiento del motor propulsor, necesariamente implicarán la paralización del buque. No está permitido el mantenimiento del motor propulsor durante las operaciones de carga y descarga.

Otras opciones de transformación.

Existen toda una serie de posibilidades diferentes de transformación. A continuación se enuncian muy brevemente alguna de ellas, sin pretender dar grandes detalles ni ser totalmente exhaustivos.

- Uso de motores duales de cuatro tiempos en una propulsión mecánica y de motores eléctricos, acoplados a la línea de ejes híbrida (En parte mecánica, en parte eléctrica).
- Instalar una propulsión turbo-eléctrica, similar a la diesel eléctrica, pero utilizando turbinas de gas como productores primarios de potencia.
- Instalar uno o más motores diesel de dos tiempos convencionales, sólo para combustibles líquidos, instalando además una planta de relicuefacción para el boil-off.
- Combinar las soluciones anteriores con otros procedimientos de construcción tales como la construcción de una nueva popa preconstruida, la instalación de un sistema de propulsión de tipo “Pod” u otros.
- Mejorar el rendimiento del ciclo de vapor utilizando en esencia un ciclo tipo “reheat”.
- Otros diversos modos de transformación.

11

Estos procedimientos conocidos de transformación de buques comportan una serie de problemas e inconvenientes comunes:

- En todos los casos, el procedimiento de propulsión propuesto supone la eliminación de las turbinas de alta y baja presión, del condensador principal y de la caja reductora así como numerosa maquinaria auxiliar.
- Esto supone una obra de desmontaje y desguace importantes y los consiguientes costes en términos de y coste de transformación.
- Además implica la pérdida de la propulsión por turbinas de vapor, con la consiguiente pérdida de su altísima fiabilidad.

Lo anterior no es totalmente cierto en el caso de la transformación a ciclo "reheat", pues solo se eliminaría y sustituiría la turbina de alta presión, pero en este caso los ahorros que se pueden obtener son sólo una fracción relativamente menor de los correspondientes al uso de motores diesel duales de una u otra tecnología.

15 Descripción de la invención

Para solventar la problemática existente en la actualidad en cuanto la transformación de las plantas de propulsión a vapor de los buques metaneros existentes, con el fin de mejorar su rendimiento energético, se ha ideado el procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor objeto de la presente invención, en el cual se añade una propulsión eléctrica que comprende varios generadores de energía eléctrica, preferentemente de tipo diesel con combustible dual, turbina de gas, u otros, y varios motores eléctricos de propulsión cuya potencia mecánica se inyecta en la línea de ejes o en la caja reductora existente, manteniendo plenamente operativa la planta propulsora de turbinas de vapor existente.

El buque resultante de la transformación tiene una doble planta de propulsión: la antigua con turbina de vapor, y la nueva diesel-eléctrica, pudiendo utilizar una, otra o las dos, dependiendo de las necesidades, todo ello manteniendo tanto la línea de ejes como la caja reductora existente originalmente en el buque.

Los generadores eléctricos serán preferentemente motores diesel duales de cuatro tiempos, utilizando entre uno y cuatro motores duales, dando lugar a una propulsión diesel-eléctrica. Está previsto que en una realización alternativa los generadores eléctricos sean turbinas de gas, dando lugar en este caso a una propulsión turbo-eléctrica por turbinas de gas, o una combinación de ambos tipos. Los motores eléctricos de propulsión serán preferentemente dos

Los generadores y motores se complementarán con los necesarios elementos auxiliares: cuadros de alta tensión, transformadores, convertidores de frecuencia, cuadro o

12

cuadros de baja tensión adicionales, compresores, intercambiadores de calor, bombas, calderetas de gases de escape, etc...

Todos los elementos principales, excepto los motores eléctricos de propulsión, irán preferentemente alojados en módulos que se instalarán preferentemente sobre la cubierta principal, próximos o adyacentes a la caseta del denominado “guardacalor” que existe en la zona de popa de todos los buques metaneros.

La forma en la que se inyecta la potencia mecánica (“Power take in” o PTI en adelante) de los motores de propulsión eléctricos admite diversas variantes de realización:

Introducción de la potencia en la caja reductora existente:

- 10 • La introducción de la potencia de los motores eléctricos de propulsión (PTI) se realiza directamente a la caja reductora existente en ambos ejes de los piñones (de alta presión AP y de baja presión BP) de segunda reducción, sin utilizar una nueva caja reductora.
- 15 • La introducción de la potencia de los motores eléctricos de propulsión (PTI) se realiza en ambos ejes de los piñones (AP y BP) de segunda reducción de la caja reductora existente utilizando nuevas cajas reductoras adicionales, siendo posible la ubicación de los PTI hacia proa o hacia popa.

Introducción de la potencia en la línea de ejes:

- 20 • Mediante uno ó dos motores eléctricos cuyos ejes son los propios ejes intermedios.
- Mediante uno ó dos motores eléctricos de propulsión (en general dos) que introducen la potencia en el eje intermedio a través de uno o dos reductores de engranajes de tipo “tunnel gear”.

Este procedimiento descrito mantiene en su integridad la planta propulsora de turbinas de vapor existente. De esta forma el buque estará dotado de una doble propulsión, por turbinas de vapor o diesel-eléctrica con motores duales de cuatro tiempos. Ello propicia que, en el buque transformado, puedan darse los siguientes modos de operación:

- 30 • Modo vapor: El buque opera como antes de la transformación. Los motores eléctricos de propulsión están desembragados o giran en vacío. No se produce ahorro de combustible.
- Modo eléctrico: Los motores diesel duales, o bien las turbina de gas, producen el 100% de la energía eléctrica necesaria. Alimentan a los motores eléctricos de propulsión y al resto de los consumidores eléctricos. Las turbinas y la caja reductora giran a las revoluciones que les correspondan. Se produce el ahorro de combustible característico de la propulsión diesel-eléctrica. Debe de indicarse que, 35 opcionalmente, pueden incorporarse entre las turbinas de alta y de baja presión

13

sendos acoplamientos-embragues, de forma que sea posible desconectar las turbinas de la caja reductora.

- Modo híbrido vapor-eléctrico. Es posible producir parte de la potencia en las turbinas de vapor y el resto con el sistema eléctrico. Esto requiere una modificación de los sistemas de control y regulación y en ningún caso podrá excederse la potencia original. El ahorro de combustible sería parcial. Esta opción se usaría en caso de avería o falta de disponibilidad parcial de alguno de los sistemas, en general de algún componente del sistema eléctrico. Podría usarse sistemáticamente en caso de que la nueva propulsión eléctrica tenga una potencia inferior a la anteriormente instalada de turbinas de vapor y cuando se requiera la máxima potencia.

Esta invención permite realizar un tipo de transformación que es una solución óptima, ya que permite cumplir una serie de objetivos:

- Ahorro energético óptimo.
- Fiabilidad y redundancia. Después de la transformación se mantiene el altísimo grado de fiabilidad de la propulsión que tenía el buque antes de la transformación.
- Redundancia en la instalación, que es un valor añadido para la fiabilidad.
- Componentes probados. La industria de transporte marítimo de LNG tiene un historial excepcional de seguridad y cumplimiento de programas. Para ello, aún cuando ha ido evolucionando, en particular en la propulsión, esto se ha realizado manteniendo un grado de experiencia previa en cada componente, aún cuando estos puedan combinarse o acoplarse de maneras diferentes, incorporando tecnologías y componentes conocidos.
- Consideración de todas las situaciones de operación. El buque, antes de ser transformado, tiene una operación adecuada en todas las situaciones operativas tales como navegando en carga a alta velocidad, a potencia reducida, navegando en lastre, cargando, descargando, fondeado, en espera etc. Y, además en todas estas circunstancias puede consumir, en las proporciones posibles, HFO, MDO, MGO y gas natural, bien procedente del boil-off natural o forzando la evaporación.
- El buque, después de transformado, mantiene la misma o más flexibilidad de operación en todas las situaciones y, adicionalmente, tiene un ahorro de combustible en la mayor proporción posible en la mayor parte de las

14

situaciones y sobre todo en aquellas de mayor frecuencia y mayor consumo de combustible.

- Minimización del tiempo de transformación en el astillero.
- Coste de transformación limitado.
- 5 • Minimizar la extensión de los desmontajes y desguaces.
- Minimizar los trabajos de transformación a realizar “in situ”.
- Maximizar el uso de módulos prefabricados a instalar en lugares de fácil acceso para grandes módulos.
- 10 • Utilizar, en la mayor medida posible, procesos y conceptos de nueva construcción antes que los de reparación o transformación.
- Coste y tiempo de las pruebas limitado. En el mundo marítimo, todo lo que atañe a la seguridad y operatividad del buque habrá de ser exhaustivamente probado. En un metanero de nueva construcción los procesos de pruebas de muelle, de mar y de gas son exhaustivos, largos y caros. En el caso de una transformación, un concepto que permita limitar el tiempo de las pruebas a realizar antes de la reentrega es especialmente adecuado.
- 15 • Minimizar las paralizaciones para mantenimiento del buque transformado. Los metaneros con propulsión por turbinas de vapor tienen unas paralizaciones muy reducidas.
- 20 • Limitar el aumento de costes de mantenimiento. Aparte de los elevados costes de combustible, la propulsión por turbinas de vapor de los buques metaneros tiene múltiples ventajas, entre otras los bajos costes de mantenimiento.

25 **Ventajas de la invención**

Este procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbinas de vapor que se presenta aporta múltiples ventajas sobre los procedimientos disponibles en la actualidad siendo la más importante permite dotar a los buques metaneros propulsados por turbinas de vapor de una planta propulsión y generación de energía a bordo con un mayor rendimiento energético y económico, sin necesidad de eliminar la planta de propulsión existente, minimizando por tanto el tiempo de reforma, con el subsiguiente ahorro económico.

Otra importante ventaja es que permite obtener un ahorro muy importante de combustible, tan elevado como en los buques con propulsión diesel-eléctrica por motores duales, que son los dominantes en los buques de nueva construcción en este momento.

Es importante resaltar el mantenimiento de la altísima fiabilidad de la instalación de turbinas de vapor.

Otra ventaja es que el buque resultante tiene una doble propulsión, combinando las mejores propiedades de ambos, con tres modos posibles de funcionamiento.

5 Debemos citar también la ventaja que supone que es posible reiniciar la operación comercial del buque mientras se completan las pruebas del nuevo sistema, tanto con combustible líquido como con gas, reduciendo la incidencia del largo y costoso proceso de pruebas de puerto, mar y gas.

10 También es importante resaltar la ventaja que implica que el desmontaje y desguace a realizar para la transformación son reducidos a un mínimo, lo cual implica un tiempo de transformación minimizado.

No debemos olvidar resaltar el uso de soluciones técnicas probadas de las que existe una experiencia previa y un alto grado de fiabilidad, ya que únicamente es totalmente nueva la forma en que dichas soluciones se combinan.

15 Otra ventaja es que es un procedimiento de transformación en el que las intervenciones sobre elementos existentes, ya en servicio, se minimizan.

Es importante destacar la perfecta adaptación a una construcción modular en la que se añaden elementos, en localizaciones no utilizadas reduciendo a un estricto mínimo los desmontajes y modificaciones, permitiendo un grado muy elevado de prefabricación y
20 reduciendo el tiempo de transformación.

Además, la transformación resulta más barata. Por una parte, se reducen los costes de materiales, por utilizarse la caja reductora existente, no siendo necesario comprar e instalar una nueva caja. De la misma forma no es necesario comprar ni instalar una “Gas combustión unit” Además la construcción modular es más barata y rápida que el desguace e
25 instalación de los numerosos elementos que deben de añadirse.

Por último resaltar que la novedad que se reivindica es su utilización en un buque metanero transformado con doble propulsión para alojar la mayor parte de la nueva propulsión diesel-eléctrica, salvo los motores propulsores, y su instalación en módulos adicionales en, alrededor o sobre la caseta del guardacalor existente y/o sobre la cubierta
30 principal, ya que hasta el presente, siempre, en todos los metaneros con propulsión diesel-eléctrica, los motores duales, al igual que los equipos eléctricos estáticos, se han instalado bajo cubierta, nunca en casetas adicionales.

Descripción de las figuras

16

Para comprender mejor el objeto de la presente invención, en el plano anexo se han representado varias realizaciones prácticas de un procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbinas de vapor.

En dicho plano la figura -1- muestra un diagrama de bloques genérico de la
5 planta de propulsión de un buque metanero típico.

La figura -2- muestra un diagrama de bloques de un bloque metanero típico, con la propulsión modificada mediante introducción de potencia directamente en la caja reductora.

La figura -3- muestra un diagrama de bloques de un bloque metanero típico,
10 con la propulsión modificada mediante introducción de potencia en la caja reductora mediante unos nuevos reductores auxiliares, con PTI por proa.

La figura -4- muestra un diagrama de bloques de un bloque metanero típico, con la propulsión modificada mediante introducción de potencia en la caja reductora mediante unos nuevos reductores auxiliares, con PTI por popa.

La figura -5- muestra un diagrama de bloques de un bloque metanero típico,
15 con la propulsión modificada mediante introducción de potencia en la línea de ejes.

La figura -6- muestra un diagrama de bloques de un bloque metanero típico, con la propulsión modificada mediante introducción de potencia en la línea de ejes, con una caja de engranajes para incrementar las revoluciones (step-up gear).

La figura -7- muestra un diagrama de bloques de los principales elementos
20 integrantes de la invención que deben añadirse al buque, con una distribución en módulos.

La figura -8- muestra una vista simplificada de perfil de la popa de un buque metanero mostrando la ubicación de algunos de los elementos tanto de la planta de propulsión original como de la nueva planta adicionada.

La figura -9- muestra una vista simplificada en planta de la parte baja de la
25 zona de la popa de un buque metanero la ubicación de algunos de los elementos tanto de la planta de propulsión original como de la nueva planta adicionada. L

La figura -10- muestra una vista de los principales elementos integrantes de una caja reductora de las comúnmente utilizadas en los barcos metaneros.

La figura -11- muestra una vista detallada del eje de de la rueda de primera
30 reducción y piñón de segunda reducción, sea del lado de alta presión o del lado de baja presión integrante de una caja reductora de las comúnmente utilizadas en los barcos metaneros.

La figura -12- muestra un esquema más detallado de la forma en que se
35 modifica el interior de los elementos (10) y (12) en el lado de alta presión, siendo

17

idénticamente aplicable a los elementos (9) y (11) del lado de baja presión para incorporar la entrada de potencia procedente de los motores eléctricos de propulsión.

En estas figuras se encuentran los elementos más relevantes de la invención con la siguiente numeración:

- 5 Válvula de maniobra (1)
- Turbina de alta presión TAP (2)
- Turbina de baja presión TBP (3)
- Condensador principal, situado bajo la TBP (3b)
- Acoplamiento flexible (4)
- 10 Piñón de primera reducción (5) lado baja presión
- Piñón de primera reducción (6) lado alta presión
- Rueda de primera reducción (7) lado baja presión
- Rueda de primera reducción (8) lado alta presión
- Acoplamiento cónico (9) lado baja presión
- 15 Acoplamiento cónico (10) lado alta presión
- Acoplamiento flexible (11) lado baja presión
- Acoplamiento flexible (12) lado alta presión
- Eje hueco con otro eje en el interior ("Quill shaft") (13) lado baja presión
- Eje hueco con otro eje en el interior ("Quill shaft") (14) lado alta presión
- 20 Piñón segunda reducción (15) lado baja presión
- Piñón segunda reducción (16) lado alta presión
- Rueda segunda reducción (17)
- Chumacera de empuje (18)
- Eje intermedio proa (19)
- 25 Eje intermedio popa (20)
- Chumacera de alivio de proa (21)
- Chumacera de alivio de popa (22)
- Eje de cola (23)
- Hélice (24)
- 30 Caja reductora (25)
- Acoplamiento cónico modificado (26) lado baja presión
- Acoplamiento cónico modificado (27) lado alta presión
- Acoplamiento flexible y/o embrague (28) lado baja presión
- Acoplamiento flexible y/o embrague (29) lado alta presión
- 35 Motor eléctrico de propulsión (30) lado baja presión
- Motor eléctrico de propulsión (31) lado alta presión

18

- Caja reductora adicional (32) lado baja presión
- Caja reductora adicional (33) lado alta presión
- Acoplamiento flexible adicional (34) lado baja presión
- Acoplamiento flexible adicional (35) lado alta presión
- 5 Embrague hidráulico adicional (36) opcional lado baja presión
- Embrague hidráulico adicional opcional (37) lado alta presión
- Eje intermedio proa modificado (38)
- Chumaderas (42) modificadas
- Acoplamiento (43) del eje intermedio con el engranaje multiplicador de tipo
- 10 túnel. ("túnel step-up gear")
- Rueda principal (44) tunnel-gear
- Piñón con embrague adicional (45) step-up gear lado baja presión
- Piñón con embrague adicional (46) step-up gear lado alta presión
- Grupos generadores eléctricos (47) incluyendo motores máquinas térmicas y
- 15 alternadores
- Cuadros de alta tensión (48)
- Transformadores (49)
- Convertidores (50)
- Cuadro o cuadros de baja tensión (51) adicionales.
- 20 Compresores de gas natural (52)
- Intercambiadores de calor de gas natural (53)
- Bombas (54)
- Depuradoras (55)
- Intercambiadores de calor auxiliares (56) de los grupos generadores
- 25 Calderetas de gases de escape (57)

Realización preferente de la invención

- El procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor objeto de la presente invención, comprende básicamente, como puede
- 30 apreciarse en el plano anexo, la adición de uno o varios grupos generadores eléctricos (47), junto con sus componentes auxiliares (48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57), que alimentan a uno o varios motores eléctricos de propulsión (30, 31) que transmiten la potencia mediante una unión mecánica con la caja reductora (25) y el conjunto de línea de ejes de salida (19, 20, 23) de la planta propulsora de turbinas de vapor (2, 3) existente. La potencia mecánica se
- 35 inyecta en la caja reductora (25) o en el conjunto de línea de ejes de salida (19, 20, 23) existente, mediante un procedimiento específico, manteniendo plenamente operativa la

19

planta propulsora de turbinas de vapor (2, 3) existente, con la característica de que se mantiene la planta propulsora de turbinas de vapor existente de modo que el buque resultante de la transformación tiene una propulsión diesel-eléctrica o turbo-eléctrica, una propulsión por turbina de vapor y una propulsión híbrida que combina las dos anteriores. Se entiende por conjunto de línea de ejes de salida el definido principalmente por el eje intermedio de proa (19), el eje intermedio de popa (20) (en caso de que existan dos ejes intermedios) y el eje de cola (23) que acciona la hélice propulsora (24).

Los componentes auxiliares de los grupos generadores eléctricos (47) incluyen uno o varios cuadros de alta tensión (48), transformadores (49), convertidores (50), cuadros de baja tensión adicionales (51), compresores (52), intercambiadores de calor (53), bombas (54), depuradoras (55), intercambiadores de calor (56) y calderetas de gases de escape (57).

Tanto los grupos generadores eléctricos (47) como una parte importante de sus componentes auxiliares (48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 57) se instalan distribuidos en varios módulos prefabricados ubicados sobre la cubierta principal próximos, adyacentes o sobre la caseta del denominada "guardacalor" existente en todos los buques metaneros en la zona de popa sobre la cámara de máquinas.

Una disposición típica distribuida en módulos sería:

- Módulos de grupos generadores eléctricos (47). Incluyen en general varios grupos generadores, con una parte sustancial de sus elementos auxiliares. Pueden agruparse en módulos mayores. Estos módulos incorporan máquinas con elementos alternativos y rotativos muy pesados.

- Módulos de elementos eléctricos estáticos. Serían varios submódulos que incorporarían:

- Los cuadros de alta tensión (48).
- Los transformadores (49).
- Los convertidores (50).
- El cuadro o cuadros de baja tensión (51) adicionales.

- En este caso, los módulos incorporan elementos estáticos de peso moderado con un volumen elevado y numerosas interconexiones y cableados eléctricos.

- Módulo/s de compresores de gas natural (52) e intercambiadores de calor (53) para la alimentación a gas de los grupos generadores eléctricos (47). Estos módulos se instalarán sobre la cubierta principal en la zona de tanques, próximos o adyacentes a la caseta de compresores de gas natural que existe en todos los buques metaneros.

20

• Módulos o submódulos de bombas (54), depuradoras (55) e intercambiadores de calor (56) que contienen todos los servicios auxiliares requeridos sobre todo por los generadores diesel. Estos elementos pueden instalarse en parte en los módulos ya citados o dentro de la Cámara de Máquinas.

• Módulos de calderetas de gases de escape (57). Se dispondrán normalmente sobre los módulos de los grupos generadores eléctricos (47).

Los grupos generadores eléctricos (47) serán preferentemente de tipo diesel con combustible dual, dando lugar a una propulsión de tipo diesel-eléctrica, aunque está previsto que alternativamente puedan ser de tipo de turbina de gas, dando lugar a una propulsión de tipo turbo-eléctrica, o bien una combinación de tipo diesel y de turbina de gas, dando lugar a una propulsión mixta diesel-turbo-eléctrica, en todos los casos combinada con la de turbinas de vapor (2,3) existente

El modo en el que se inyecta la potencia mecánica ("Power take in" o PTI) de los motores de propulsión eléctricos (30, 31) admite diversas variantes de realización, que comparten la ubicación de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) junto al conjunto de línea de ejes de salida (19, 20, 23) y caja reductora (25) existente en la planta propulsora de turbinas de vapor (2, 3):

20

Introducción de la potencia en la caja reductora (25) existente:

Introducción directa en la caja reductora (25), según la figura -2-, consistente en una primera fase de modificación de las piezas terminales de popa del eje hueco con otro eje en el interior (13) del lado baja presión y del eje hueco con otro eje en el interior (14) del lado alta presión, denominados quill-shaft, de la caja reductora (25) existente, mediante la modificación o sustitución respectivamente del acoplamiento cónico (9) en el lado de baja presión y del otro acoplamiento cónico (10) en el lado de alta presión, de tal modo que el acoplamiento modificado incluye en su extremo de popa un eje para la entrada de potencia procedente de los respectivos motores eléctricos de propulsión (30, 31), incluyendo además los correspondientes acoplamientos flexibles y/o embragues (28, 29 todo ello según se muestra en la figura nº 12.

Los acoplamientos cónicos modificados (26,27) que forman parte de la caja reductora existente (25) permiten así la introducción de la potencia de los motores eléctricos de propulsión (30,31) ubicados a popa de la caja reductora (25).

35

21

Introducción mediante cajas reductoras adicionales (32, 33) en la caja reductora (25), según las figuras -3- y -4-, mediante una primera fase de modificación de las piezas terminales de popa del eje hueco con otro eje interior (13) del lado baja presión y del eje hueco con otro eje interior (14) del lado alta presión, denominados quill-shaft, de la caja reductora (25) existente, mediante la modificación o sustitución respectivamente del acoplamiento cónico (9) en el lado de baja presión y del otro acoplamiento cónico (10) en el lado de alta presión, de tal modo que el acoplamiento modificado incluye en su extremo de popa un eje para la entrada de la potencia procedente de los respectivos motores eléctricos de propulsión (30, 31), a través de unas cajas reductoras adicionales (32, 33), dotadas opcionalmente de sendos embragues hidráulicos (36, 37), y conectadas con la caja reductora (25) existente mediante unos acoplamientos flexibles y/o embragues (28, 29) y de los ~~unos~~ acoplamientos cónicos modificados (26, 27), estando conectados los motores eléctricos de propulsión (30, 31) a las cajas reductoras adicionales (32, 33) mediante unos acoplamientos flexibles adicionales (34, 35), ubicando los motores eléctricos de propulsión (30, 31) hacia proa, o bien en una realización alternativa hacia popa.

Introducción de la potencia en la línea de ejes (19, 20):

Mediante unos motores eléctricos de propulsión (30, 31) cuyo eje es el conjunto de línea de ejes de salida (19, 20), según la figura -5-, mediante una primera fase de modificación del eje intermedio de proa (19), y/o del eje intermedio de popa (20) para permitir acoger los motores eléctricos de propulsión de tal forma que el motor eléctrico de propulsión (30) tiene como eje al propio eje intermedio de proa (19) y el segundo motor eléctrico de propulsión (31) tiene como eje al propio eje intermedio de popa (20) finalizando con la fase de colocación de unas chumaceras (42) modificadas

Mediante unos motores eléctricos de propulsión (30, 31) que introducen la potencia en el conjunto de línea de ejes de salida (19, 20) a través de uno o dos reductores de engranajes de tipo "tunnel gear", según la figura -6-, mediante una primera fase de modificación del eje intermedio proa (19) para convertirlo en un eje intermedio proa modificado (38) sobre el que, en una segunda fase, se acopla uno o varios reductores de engranajes de tipo "tunnel gear", con un acoplamiento (43) del eje interno, unas ruedas principales (44), y unos piñones con embrague (45, 46), continuando con la fase de conexión de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) a los piñones con embrague (45, 46), mediante unos acoplamientos flexibles adicionales (34, 35).

El buque resultante de la transformación tiene una doble planta de propulsión: la antigua a turbina de vapor (2, 3), y la nueva eléctrica, pudiendo utilizar una, otra o las dos

22

combinadas, dependiendo de las necesidades, todo ello manteniendo tanto el conjunto de línea de ejes de salida (19, 20, 23) como la caja reductora (25) existente originalmente en el buque con las modificaciones indicadas.

Este procedimiento es de especial aplicación a buques con unas características
5 tipo:

Buque de entre 120.000 y 170.000 m³.

Edad tipo 10 años. Puede variar entre 5 y 25.-

Propulsión por turbina de vapor.

Potencia entre 20 y 30 MW.

10 Una sola hélice de paso fijo a unas 80/90 rpm.

Una planta de turbinas que incluye: Turbina de AP, Turbina de BP, Condensador de vacío, caja reductora de doble reducción de tren abierto, entradas a unas 3000/4000 rpm y salida a 80/90 rpm a la línea de ejes.

Dos calderas de vapor a unos 60/70 bar, vapor recalentado a 525/500 °C.

15 Dos turbogeneradores de unos 3000/3500 KW.

Un diesel generador de potencia similar.

Dispositivo de eliminación del exceso de vapor al condensador para eliminar el exceso de boil-off. (Dump system)

Velocidad de servicio: 19.5 nudos.

20 Posibilidad de quemar HFO y/o gas natural en las proporciones que se deseen. En ciertos casos especiales (en puerto) pueden quemar MGO.

Según un ejemplo de realización de la invención, combinable con los ejemplos descritos anteriormente, consiste en un procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, especialmente del tipo de los utilizados para el
25 transporte de gas natural licuado, caracterizado porque comprende la adición de uno o varios grupos generadores de energía eléctrica (47) y la ubicación de uno o varios motores eléctricos de propulsión (30, 31) junto al conjunto de línea de ejes (19, 20, 23) y caja reductora (25) existente en la planta propulsora de turbinas de vapor (2, 3).

REIVINDICACIONES

1 – Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, especialmente del tipo de los utilizados para el transporte de gas natural
5 licuado, caracterizado porque realiza un cambio de propulsión mediante la adición de uno o varios grupos generadores de energía eléctrica (47) que alimentan a través de los cuadros eléctricos (48) y convertidores (50) a uno o varios motores eléctricos de propulsión (30, 31) que transmiten la potencia mediante una conexión mecánica con la caja reductora (25) o el conjunto de línea de ejes de salida existente en la planta propulsora de turbinas de vapor (2,
10 3), entendiendo como conjunto de línea de ejes de salida el definido principalmente por el eje intermedio de proa (19), el eje intermedio de popa (20) en su caso y el eje de cola (23) que acciona la hélice propulsora (24), manteniendo la planta propulsora de turbinas de vapor, de modo que el buque transformado tiene, además, una propulsión diésel eléctrica y una propulsión híbrida que combina las dos anteriores.

15 2.- Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende la adición de unos componentes auxiliares de los generadores de energía eléctrica (47) seleccionados del grupo formado por: cuadros de alta tensión (48), transformadores (49), convertidores (50), cuadros de baja tensión adicionales (51), compresores de gas natural (52), intercambiadores
20 de calor de gas natural (53), bombas (54), depuradores (55), intercambiadores de calor auxiliares de los generadores de energía eléctrica (56) y calderetas de gases de escape (57).

3 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según la reivindicación anterior, caracterizado porque tanto los generadores de energía eléctrica (47) como una parte sustancial de sus componentes auxiliares (48, 49, 50,
25 51, 54, 55, 56, 57) se instalan distribuidos en varios módulos prefabricados ubicados por encima de la cubierta principal próximos o adyacentes a la caseta del guardacalor de la cámara de máquinas, salvo los compresores e intercambiadores de calor de gas natural (52, 53) que se instalarán en la caseta de compresores existente en todos los buques metaneros, en un nuevo módulo adyacente o en las proximidades de dicha caseta.

30 4 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los generadores de energía eléctrica (47) son de tipo diesel con combustible dual, dando lugar a una propulsión de tipo diesel-eléctrica combinada con la de turbinas de vapor (2,3) existente, de tipo de turbina de gas, dando lugar a una propulsión de tipo turbo-eléctrica combinada con
35 la de turbinas de vapor (2,3) existente, o bien una combinación de tipo diesel y de turbina de

gas, dando lugar a una propulsión mixta diesel-turbo-eléctrica combinada con la de turbinas de vapor (2,3) existente

5 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la potencia mecánica de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) se inyecta directamente en la caja reductora (25) existente, mediante una primera fase de modificación de las piezas terminales de popa del eje hueco con otro eje interior (13) del lado baja presión y del eje hueco con otro eje interior (14) del lado alta presión, denominados quill-shaft, de la caja reductora (25) existente, mediante la modificación o sustitución del acoplamiento cónico (9) en el lado de baja presión y del otro acoplamiento cónico (10) en el lado de alta presión por unos acoplamientos cónicos modificados (26,27) , para proseguir con una fase de conexión de los respectivos motores eléctricos de propulsión (30, 31), mediante unos acoplamientos flexibles y/o embragues (28, 29) conectados a los acoplamientos cónicos modificados (26,27) instalados anteriormente en la caja reductora (25), ubicando los motores eléctricos de propulsión (30, 31) hacia popa de la caja reductora (25).

6 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque la potencia mecánica de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) se inyecta en la caja reductora (25) existente mediante una primera fase de modificación o sustitución de las piezas terminales de popa del eje hueco con otro eje en su interior (13) del lado baja presión y del eje hueco con otro eje en su interior (14) del lado alta presión, denominados quill-shaft, de la caja reductora (25) existente, mediante la modificación o sustitución del acoplamiento cónico (9) en el lado de baja presión y del otro acoplamiento cónico (10) en el lado de alta presión, para proseguir con una fase de conexión de los respectivos motores eléctricos de propulsión (30, 31), a unas cajas reductoras adicionales (32, 33), dotadas opcionalmente de sendos embragues hidráulicos (36, 37), y conectadas con la caja reductora (25) existente mediante unos acoplamientos flexibles y/o embragues (28, 29) a través de los acoplamientos cónicos modificados (26, 27) creados anteriormente en la caja reductora (25), estando conectados los motores eléctricos de propulsión (30, 31) a las cajas reductoras adicionales (32, 33) mediante unos acoplamientos flexibles adicionales (34, 35), ubicando los motores eléctricos de propulsión (30, 31) hacia proa.

7 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque la potencia mecánica de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) se inyecta en la caja reductora (25) existente, mediante una primera fase de modificación o sustitución de las piezas terminales de popa del eje hueco con otro eje en su interior (13) del lado baja presión y

25

del eje hueco con otro eje en su interior (14) del lado alta presión, denominados quill-shaft, de la caja reductora (25) existente, mediante la modificación o sustitución del acoplamiento cónico (9) en el lado de baja presión y del otro acoplamiento cónico (10) en el lado de alta presión, para proseguir con una fase de conexión de los respectivos motores eléctricos de propulsión (30, 31), a unas cajas reductoras adicionales (32, 33), dotadas opcionalmente de sendos embragues hidráulicos (36, 37), y conectadas con la caja reductora (25) existente mediante unos acoplamientos flexibles y/o embragues (28, 29) a través de los acoplamientos cónicos modificados (26, 27) creados anteriormente en la caja reductora (25), estando conectados los motores eléctricos de propulsión (30, 31) a las cajas reductoras adicionales (32, 33) mediante unos acoplamientos flexibles adicionales (34, 35), ubicando los motores eléctricos de propulsión (30, 31) hacia popa.

8 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque la potencia mecánica de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) se inyecta directamente en el conjunto de línea de ejes de salida mediante una primera fase de modificación del eje intermedio de proa (19), y/o del eje intermedio de popa (20), para permitir acoger los motores eléctricos de propulsión, para continuar con la fase de conexión de un motor eléctrico de propulsión (30) en el eje intermedio de proa adecuadamente modificado o sustituido (19), prosiguiendo con la fase de conexión de otro motor eléctrico de propulsión (31) en el eje intermedio de popa adecuadamente modificado o sustituido (20), y finalizando con la fase de colocación de unas chumaceras (42) modificadas.

9 - Procedimiento de transformación de buques metaneros propulsados por turbina de vapor, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a la 4, caracterizado porque la potencia mecánica de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) se inyecta en el conjunto de línea de ejes de salida mediante una primera fase de modificación del eje intermedio proa (19) para convertirlo en un eje intermedio proa modificado (38) sobre el que, en una segunda fase, se acopla uno o varios reductores de engranajes multiplicadores de tipo túnel mediante un acoplamiento (43) del eje intermedio con el engranaje multiplicador de tipo túnel ("túnel step up gear"), unas ruedas principales (44), y unos piñones con embrague (45, 46), continuando con fase de conexión de los motores eléctricos de propulsión (30, 31) a los piñones con embrague (45,46), mediante unos acoplamientos flexibles adicionales (34, 35).