

DESCRIPCIÓN

Remolcador equipado con unidades de propulsión acimutales

- 5 La invención se refiere a un buque remolcador que tiene unidades de propulsión acimutales.

Dentro de la estructura de la presente invención, por la expresión “unidad de propulsión acimutal” se entiende una unidad de propulsión, cuya dirección de propulsión en dirección horizontal se puede variar a través de 360°. Tales unidades de propulsión acimutales son por sí ya conocidas, por ejemplo, en forma de una tobera que tiene un propulsor dispuesto en el interior.

Se imponen requerimientos específicos sobre un buque remolcador con respecto al empuje y a la facilidad de maniobra. Por ejemplo, se desea que un buque remolcador no sólo pueda producir potencia de arrastre en la dirección hacia adelante, sino también en la dirección hacia atrás, e incluso en dirección lateral, aunque la potencia de arrastre que se puede producir en la dirección lateral será menor que la potencia de arrastre que se puede producir en la dirección longitudinal.

Por ejemplo, a partir del artículo “Schottel tugs” publicado en Small Ships, Vol. 99, No. 1204, Diciembre 1976, página 95, se conoce ya equipar un buque remolcador con unidades de propulsión acimutales debido a la facilidad de maniobra proporcionada de este modo. Los buques remolcadores de este tipo, conocidos también por el nombre de “remolcador tractor”, tienen dos unidades de propulsión acimutales que están yuxtapuestas en dirección transversal y, vistas en la dirección longitudinal del buque remolcador, en una posición central. No obstante, esto lleva consigo algunos inconvenientes. Por ejemplo, no es posible continuar utilizando de forma adecuada el buque remolcador si se ha dañado una de las unidades de propulsión.

Del documento WO1997020730 se conoce un remolcador que tiene tres unidades propulsoras azimutales. Se proporcionan dos unidades propulsoras azimutales en una primera posición longitudinal, en lados opuestos de un plano de sección media del remolcador. Una tercera unidad propulsora azimutal se coloca en una posición longitudinal diferente de las posiciones longitudinales de dichas dos unidades propulsoras azimutales. En este remolcador conocido, conocido en el campo como Rotor tug®, cada unidad propulsora tiene un árbol de propulsor y un árbol principal. El propulsor se puede girar alrededor del árbol principal en al menos 360 grados y los árboles principales se extienden paralelos entre sí, en una dirección vertical cuando el remolcador está nivelado.

Para los remolcadores, especialmente para su uso en puertos y vías navegables con limitaciones de calado y/o puertos y vías fluviales que cuentan con remolcadores con restricciones de calado, es importante proporcionar suficiente fuerza de remolque para tirar y/o empujar embarcaciones asistidas. Por lo tanto, existe el deseo de remolcadores alternativos que tengan una potencia y calado óptimos, mientras se mantengan ágiles y confiables.

En general, el objeto de la invención es proporcionar un buque remolcador que, con respecto a los aspectos mencionados anteriormente, actúe mejor que los remolcadores conocidos hasta ahora.

Un objeto de la invención es proporcionar un remolcador que pueda producir más energía que los remolcadores del tipo remolcador de rotor conocidos hasta ahora, sin que se incremente el calado. Un objeto de la invención es proporcionar un remolcador que pueda producir una potencia similar a la de los remolcadores del tipo remolcador de rotor conocidos hasta ahora,

con la reducción del calado. En remolcadores conocidos, se puede realizar un aumento de la potencia producible mediante el uso de dos unidades propulsoras más fuertes, pero una consecuencia de esto es que las dimensiones de las unidades propulsoras también aumentan, lo que tiene un efecto adverso en el calado del barco.

5

Para realizar los objetivos anteriores, un remolcador de acuerdo con la presente invención puede tener tres unidades propulsoras azimutales vistas desde la parte superior, que se encuentran en un patrón triangular, en el que al menos el eje principal de dos unidades propulsoras de este tipo en lados opuestos de un centro el plano seccional del remolcador se extiende en ángulo con respecto a una línea vertical cuando el remolcador está en una posición nivelada. Dicho ángulo preferiblemente está formado por o incluye un ángulo con el plano de la sección media del remolcador. Dicho ángulo puede estar formado por o incluir un ángulo en un plano paralelo a dicho plano de sección media.

10

Por lo tanto, es posible producir un mayor empuje que se distribuye sobre el remolcador de una mejor manera y/o un empuje similar con un calado reducido. En comparación con los remolcadores de rotor conocidos, por ejemplo, se puede obtener el mismo empuje con unidades de propulsión similares, pero con un calado más pequeño, o se puede obtener un empuje mayor con el mismo calado utilizando unidades de propulsión más grandes. Además, en realizaciones, se puede obtener un comportamiento de remolque mejorado mediante la disposición mejorada de los propulsores en relación con los puntos de remolque.

20

Estos y otros aspectos, características y ventajas de la presente invención se especificarán por la siguiente descripción de la forma de realización preferida de un buque remolcador de acuerdo con la invención, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

25

La figura 1 muestra esquemáticamente una vista lateral de un remolcador de acuerdo con la técnica anterior;

30

La figura 2 muestra esquemáticamente una unidad propulsora azimutal;

La figura 3 muestra esquemáticamente, en una vista en planta superior, un remolcador de acuerdo con la presente invención, para ilustrar las posiciones de las tres unidades propulsoras;

35

La figura 4 es una sección longitudinal esquemática tomada en la línea II-II en la figura 3;

La figura 5 es una sección transversal esquemática tomada en la línea V-V en la figura 3.

40

La fig. 5A muestra en una vista de acuerdo con la fig. 5 parte de un remolcador con dos unidades de propulsión yuxtapuestas con empuje lateral, mostrando su dirección principal de empuje y estela general;

La figura 6 muestra en vista frontal un remolcador de acuerdo con la técnica anterior;

45

La figura 7 muestra en vista frontal un remolcador de acuerdo con la presente invención;

La figura 8 muestra en una vista lateral un remolcador de acuerdo con la figura 7 en una primera realización;

50

La Fig. 9 muestra en una vista lateral un remolcador de acuerdo con la fig. 7 en una segunda realización;

La Fig. 10 muestra en una vista lateral un remolcador de acuerdo con la fig. 7 en una tercera realización; y

5 La Fig. 11 muestra en una vista lateral un remolcador de acuerdo con la fig. 7 en una cuarta realización.

La Fig. 1 muestra esquemáticamente en una vista lateral un remolcador 1. En lo sucesivo, se supone que el remolcador 1 está a flote en una condición de quilla aproximadamente igual o
10 cero, y la expresión “horizontal” y “vertical” se refieren a la superficie del agua. La Fig. 3 muestra esquemáticamente el contorno de un remolcador 1 visto desde arriba, mostrando la posición de las unidades propulsoras 10, 20, 30. Se muestran como colocadas en las esquinas de un triángulo, a modo de ejemplo. Un buque remolcador de acuerdo con la divulgación puede ser, por ejemplo, pero no está limitado a un buque remolcador diseñado para la
15 asistencia portuaria a los buques, para la asistencia cerca de la costa a los buques y para la asistencia en aguas abiertas a los buques. Adicional o alternativamente, un buque remolcador de acuerdo con la presente divulgación puede ser un buque para asistencia en la lucha contra incendios, como un buque de bomberos, o para otra asistencia en puertos, cerca de la costa, o en alta mar, como rompehielos, manejo de anclajes, manejo de mangueras, suministro,
20 soporte en el campo, soporte de buceo, soporte de ROV y/u otro soporte en alta mar. En esta descripción, yuxtapuesto, en relación con las unidades propulsoras, como se describirá, debe entenderse que significa al menos que al menos dos unidades están posicionadas en lados opuestos de un plano intermedio, especialmente un plano vertical intermedio, que se extiende en una dirección longitudinal del remolcador. Dichas unidades pueden denominarse unidades propulsoras yuxtapuestas.

25 Visto en la dirección transversal, el remolcador 1 es sustancialmente simétrico con respecto al plano 2 principal vertical de simetría (II - II en la figura 3), extendiéndose en la dirección longitudinal del remolcador 1. El remolcador 1 tiene un punto 3 extremo delantero ubicado en el plano 2 principal de simetría, y un punto 4 extremo posterior también ubicado en el plano 2 principal de simetría. La distancia horizontal entre los puntos 3 y 4 extremos delantero y
30 posterior se indica como la longitud L del remolcador 1. Aquí adelante se indicarán las posiciones de longitud horizontal como medidas en relación con el punto 4 extremo posterior.

Por el número 5 de referencia, se indica un plano vertical en las figuras, que es perpendicular
35 al plano 2 principal de simetría, y que intersecta ese plano 2 principal de simetría de acuerdo con una línea vertical exactamente a la mitad de los puntos 3 y 4 extremos delantero y posterior. Esa línea vertical M será referida como el centro del remolcador 1, y el plano 5 vertical será referido como el plano central transversal del remolcador 1. Aquí abajo, las posiciones de ancho horizontal serán indicadas como medidas con relación al plano 2 principal
40 de simetría.

La parte del cuerpo del remolcador 1 ubicada detrás del plano 5 central transversal se denominará popa 6 o el lado de popa, y la parte del cuerpo del remolcador 1 ubicada antes
45 del plano 5 central transversal se denominará la proa 7 o lado de proa.

Mediante un signo L_8 de referencia, la posición horizontal se indica de un punto de remolque 8 provisto en la popa 6, es decir, un punto destinado a asegurar un cable de remolque o similar, o para guiar, a través de ese punto, un cable de remolque o similar a un torno de remolque, o gancho de remolque. El remolcador 1 puede tener varios puntos de remolque;
50 por ejemplo, se puede proporcionar un punto 8A de remolque en la proa 7 y un punto 8B de remolque en la popa 6. Si el remolcador 1 tiene varios puntos de remolque en la proa 7 y/o la popa 6, el punto de remolque 8 pretende ser el último punto de contacto físico entre la línea 100 de remolque y el remolcador 1. En este documento se entiende que un punto de contacto también incluye un contacto de línea o un área de contacto relativamente pequeña. De manera

similar, la posición de longitud de cualquier punto de remolque 8, 8A se puede indicar mediante el signo de referencia L con un indicador, como 8 u 8A. Los puntos de remolque 8, 8A pueden, por ejemplo, comprender un cabrestante 101, como por ejemplo, pero no limitado a un cabrestante de recuperación de renderizado, para cabrestar una línea de remolque 100.

5 El remolcador puede contar además con un sistema de defensa, para permitir el empuje y la tracción de un buque para ser asistido, o para operar cerca de otros buques y/o estructuras.

El remolcador 1 comprende tres unidades 10, 20 y 30 propulsoras azimutales, cuya dirección de propulsión en dirección horizontal puede variarse 360° con respecto a los respectivos ejes 11, 21, 31 principales asociados con las unidades 10, 20 y 30 propulsoras. Cada unidad propulsora puede ser accionada por un motor de impulsión independiente o diferentes unidades de propulsión pueden ser impulsadas por el mismo motor, por ejemplo a través de cajas de engranajes apropiadas, o generadores impulsados por motor en combinación con unidades de propulsión eléctricas, no mostradas por razones de simplicidad. Dichas unidades propulsoras azimutales son conocidas per se, por ejemplo en forma de un sinfín, tobera que tiene un propulsor dispuesto en ella, o una unidad llamada Voith Schneider. Un ejemplo de tal unidad propulsora se muestra en la fig. 2, solo a modo de ejemplo, sin limitar el alcance de esta divulgación de ninguna manera. Como la naturaleza y la construcción de tales unidades propulsoras azimutales no constituyen un objeto de la presente invención, y una persona experta no necesita tener un conocimiento específico de las mismas para una comprensión adecuada de la presente invención, no se describirán con más detalle de lo necesario para la divulgación.

Como puede verse, por ejemplo, en la fig. 2 una unidad de propulsión tiene un propulsor 12 montado en un árbol 13 de propulsor. El árbol 13 de propulsor se extiende a un ángulo agudo, por ejemplo sustancialmente recto (90 grados) a un eje principal o árbol 14 principal, tradicionalmente denominado eje vertical 11, 21, 31, aunque en la presente invención para al menos una de las unidades propulsoras 10, 20, 30, el árbol 14 principal puede extenderse no vertical y puede incluir un ángulo con respecto a los planos 2 y/o 5. El propulsor 12 normalmente estará encerrado por una tobera 15 que se extiende alrededor de este. El árbol 13 de propulsor es impulsado por el árbol 14 principal, y puede girar alrededor del eje 11, 21, 31 principal en un ángulo de 360° o más para dirigir el empuje de la unidad propulsora 10, 20, 30 en cualquier dirección deseada. Como puede verse en la fig. 2, el árbol 14 principal se extiende a través de un pozo 17 impulsor, al que también se puede hacer referencia como pozo 17, que se fijará y/o formará por el casco del remolcador 1, de modo que las conexiones a la unidad 10, 20, 30 de propulsión tal como para un motor o controles eléctricos, y similares se pueden lograr dentro de dicho casco 18. Además, debe quedar claro que las fuerzas que actúan sobre la unidad 10, 20, 30, de propulsión, por ejemplo, por el empuje generado por el propulsor 12, o las fuerzas entre el casco 18 y la unidad 10, 20, 30 de propulsión deberán ser transferidas al casco 18 y viceversa a través del pozo 17 del impulsor. Esto significa que el pozo 17 del impulsor deberá ser lo suficientemente fuerte, por ejemplo, reforzado por nervaduras, vigas, soportes o similares, que nuevamente requieren espacio. De este modo, la construcción de las unidades 10, 20, 30 propulsoras en un casco 18 de remolcador requiere espacio dentro del casco 18, limitando las posibles disposiciones para colocar las unidades 10, 20, 30 propulsoras en un remolcador 1 de acuerdo con la técnica anterior.

Visto en dirección horizontal, las tres unidades 10, 20 y 30 propulsoras azimutales pueden disponerse de acuerdo con un triángulo isósceles, colocándose el triángulo simétricamente con relación al plano 2 principal de simetría. Se prefiere que dos unidades propulsoras azimutales 10 y 20 sean ubicado en un lado del plano 5 central transversal, y que la tercera unidad propulsora azimutal 30 esté ubicada en el otro lado del plano 5 central transversal, visto en dicha dirección longitudinal L del buque 1.

En realizaciones preferidas ilustradas, una primera unidad 10 de propulsión azimutal y una segunda unidad 20 de propulsión azimutal pueden estar ubicadas debajo de la proa 7, simétricamente en ambos lados del plano 5 central transversal. Por esto se entiende que la posición de longitud L_{10} del árbol 14 de la primera unidad 10 de propulsión azimutal es igual a la posición de longitud L_{20} del árbol 14 principal de la segunda unidad 20 de propulsión azimutal. Estas posiciones son mayores que $0,5 L$, mientras que la posición de ancho B_{10} del árbol 14 principal de la primera la unidad 10 de propulsión azimutal es igual (pero opuesta) a la posición de ancho B_{20} del árbol 14 principal de la segunda unidad 20 de propulsión azimutal. Con respecto a las posiciones de longitud L_{10} y L_{20} , pueden ser mayores que $0.65L$ y preferiblemente mayores que $0.7 L$. En combinación con la geometría del casco 18, esto restringe aún más el espacio disponible, limitando aún más las posibles disposiciones. Si se proporciona un punto de remolque en la proa 7, la posición de la longitud del mismo es preferiblemente mayor o igual a L_{10} y L_{20} . Si se proporciona un punto de remolque en la popa 6, la posición de la longitud del mismo es preferiblemente mayor o igual a L_{30} .

El árbol 14 principal de la tercera unidad 30 propulsora acimutal se encuentra preferiblemente en el plano 2 principal de simetría, y tiene una posición de longitud L_{30} menor que 0.5 , y puede ser mayor o igual a $0.15 L$ o menos. L_{30} puede ser menor que o igual a $0,4 L$, por ejemplo menor o igual a $0,25$. L_{30} puede ser mayor o igual que L_8 o menor que L_8 para el punto de remolque 8 en la popa.

La posición y especialmente la posición de longitud L o B se define por la posición P en la que el árbol 14 principal de una unidad propulsora cruza el casco 18 o un plano imaginario del casco 18 como una continuación del casco 18 sobre el pozo 17 del impulsor correspondiente o abertura en la cual el pozo 17 de empuje está montado en el casco 18. Como se explicará para al menos una de las unidades 10, 20, 30 propulsoras en la presente invención, el árbol 14 principal se extiende no vertical, de manera que el extremo 14A del eje principal no está directamente debajo de dicha posición P , a diferencia del remolcador de acuerdo con la técnica anterior, en el que dicho extremo 14A inferior de cada uno de los árboles 14 principales está de hecho directamente debajo de dicha posición P ya que el árbol 14 principal de cada unidad 10, 20, 30 propulsora se extiende verticalmente, dichos árboles 14 en la técnica anterior, por lo tanto, se extienden paralelos entre sí y paralelos a los planos 2 y 5 principales.

En la presente invención para al menos una y preferiblemente al menos dos de las unidades 10, 20, 30 de propulsor, el árbol 14 principal o al menos el eje 11, 21 y/o se extiende no vertical, de manera que encierra un ángulo con un línea vertical a través del punto P relevante. En la fig. 5 esquemáticamente, se muestra una vista en sección transversal vertical a través del eje 11, 21 de los árboles 14 principales de la primera y la segunda unidad 10, 20 de propulsor. Estos ejes 11, 21 en esta realización se encuentran en un plano V-V paralelo al plano 5, como se indica en la fig. 3. Como puede verse en esta vista, cada uno de los ejes 11, 21 incluye un ángulo α con el plano de la sección media 2, en la fig. 5 representado por la línea vertical entre las dos unidades 10, 20. El ángulo α puede ser, por ejemplo, entre 1 y 15 grados, como por ejemplo entre 1 y 10 grados, por ejemplo entre 2 y 10 grados, como pero no limitado entre 2 y 8 grados.

La figura 6 muestra en vista frontal la posición de especialmente la primera y la segunda unidad 10, 20 de propulsión de un remolcador de la técnica anterior, teniendo el eje 11, 21 principal que se extiende verticalmente, paralelos entre sí. La fig. 7 muestra un remolcador de acuerdo con la invención, que se muestra sustancialmente idéntico al de la fig. 6 pero con el eje 11, 21 principal de la primera y la segunda unidad 10, 20 de propulsor en ángulo entre sí y con el plano 2, como se muestra en la fig. 5. Como se puede ver, la distancia horizontal D_{prop} entre los centros de los propulsores 12 cuando los árboles 12 de propulsor se extienden paralelos entre sí, perpendiculares al plano V - V, en el remolcador de la técnica anterior puede ser menor que dicha distancia D_{prop} en un remolcador de acuerdo con la invención, cuando la

- 5 distancia D_p entre los puntos P donde dichos ejes 11 y 21 atraviesan la superficie real o imaginaria del casco 18 es la misma. Esto puede tener la ventaja de que el momento en que cada propulsor puede ejercer empuje con relación al centro M del remolcador 1 puede ser más grande, con el mismo propulsor 12 o podría ser el mismo con un propulsor 12 más pequeño.
- 10 En realizaciones, cada unidad 10, 20, 30 propulsora tiene una dirección principal de empuje Dt, preferiblemente dirigida perpendicular al eje 11, 21, 31 principal. La dirección principal de empuje Dt debe entenderse como una línea central que se extiende desde el centro de propulsor 12 en una dirección paralela y preferiblemente coincidente con un eje 12A del árbol 12 de propulsor. Esta línea o dirección principal de empuje Dt se extiende como una línea central de la estela de agua sustancialmente en forma de cono W del agua desplazada por el propulsor correspondiente. Como puede verse en la fig. 5A, las unidades propulsoras yuxtapuestas 10, 20 pueden montarse de manera tal que cuando sus direcciones principales de empuje Dt observadas en la vista superior se dirijan en la misma dirección y en dicha vista superior paralelas entre sí o incluso coincidiendo, la dirección principal de empuje Dt de un primer 10 de las dos unidades propulsoras yuxtapuestas se dirige por debajo de la dirección principal de empuje Dt del segundo 20 de las dos unidades propulsoras yuxtapuestas 10, 20 o viceversa, dependiendo de dicha dirección de empuje. Por lo tanto, no interfieren o, al menos, en menor medida que en el remolcador de la técnica anterior. Además, como puede verse, el casco 18 interfiere menos o no con la estela W de los propulsores 12 que en el remolcador de acuerdo con la técnica anterior.
- 25 Como puede verse en una comparación de la fig. 6 y fig. 7, cuando se utiliza el propulsor 12 del mismo tamaño, la distancia T entre los puntos más bajos de las toberas y la línea de agua WL del remolcador 1 se puede reducir inclinando el eje 11, 21. Esto puede reducir el calado. O se puede mantener la misma distancia T mientras que se puede usar un propulsor 12 más grande, lo que aumenta la eficiencia y la potencia del propulsor.
- 30 Como puede verse en la fig. 7, el casco 18 puede tener un área de superficie inclinada 18A en y cerca de los respectivos puntos P como se discutió. Mediante la inclinación del eje 11, 21 de las respectivas unidades 10, 20, propulsoras, la tobera 15 puede acercarse a dicha superficie, es decir, la distancia c entre dicha área 18A y la tobera 15 medida en el eje 11, 21 puede ser más corto que en la técnica anterior, lo que nuevamente resulta en una menor distancia T cuando se usa un propulsor 12 del mismo tamaño o, con la misma distancia T, se puede usar un propulsor más grande. La tobera 15 se puede acercar al casco 18 al menos, ya que por la inclinación de los ejes 11, 21, dicho eje 11, 21 estará más cerca o formará una normal a dicha área 18A de superficie inclinada, lo que significa que durante la rotación de propulsor 12 con la tobera 15 alrededor del árbol 14 principal o el eje 11, 21, la tobera permanecerá sustancialmente a la misma distancia de la superficie 18A del casco, mientras que en la técnica anterior, al girar el propulsor y la tobera alrededor de dicho eje vertical, entraría en la casco cuando se gira hacia el plano 2 central si se eligió la misma distancia limitada C cuando el propulsor está orientada hacia la proa o la popa.
- 40 Por la inclinación de los ejes 11, 21 de las respectivas unidades 10, 20, propulsoras, la posición del pozo 17 impulsor de cada una de las unidades 10, 20 propulsoras también se inclinarán, permitiendo un reposicionamiento del mismo ligeramente hacia afuera a lo largo de la superficie 18A del casco 18 en comparación con el mismo casco de la técnica anterior, lo que hace que los propulsores 12 estén aún más hacia el exterior, lo que aumenta la distancia D_{prop} aún más. Además, el diseño y la construcción del pozo 17 del impulsor pueden ser más fáciles y efectivos, ya que se reduce el ángulo entre dicha área 18A de superficie y el lado inferior relevante del pozo 17 del propulsor.
- 50

En realizaciones, la inclinación de los ejes 11, 21 de las respectivas unidades 10, 20 propulsoras puede tener la ventaja de que pueden colocarse más lejos del plano 5 en el remolcador 1, por ejemplo, más cerca del vástago o proa 7, a una longitud posición L_{10}^+ , L_{20}^+ , aumentando la distancia entre el centro C del barco y los propulsores 12 respectivos en comparación con el remolcador de la técnica anterior, como se puede ver en una comparación entre las figs. 8 y 9, en donde en la fig. 8 se muestra una vista lateral con las unidades 10, 20 en una posición de longitud convencional L_{10} , L_{20} , que puede o no estar de acuerdo con la invención, y en la fig. 9 se proporciona una vista lateral en una realización de la invención que tiene las unidades 10, 20 más adelante, en la posición de longitud L_{10}^+ , L_{20}^+ . Por lo tanto, el momento que puede ejercerse a través del empuje de cada propulsor 12 en relación con dicho centro C puede incrementarse, cuando se usa el mismo propulsor o el mismo momento cuando se usa un propulsor más pequeño. Más pequeño puede entenderse a este respecto como más pequeño en tamaño y/o en empuje.

Como puede verse en las vistas frontales de la fig. 6 y 7, al separar aún más los propulsores 12 de la primera y la segunda unidad 10, 20, su estela interferirá menos con el propulsor 12 de la tercera unidad 30 cuando empujen hacia atrás y viceversa. Además, la estela de los propulsores 12 y, por lo tanto, su empuje estarían menos obstruidos o interferirán con el casco 18 del remolcador 1 debido a la inclinación de los ejes 11, 21.

La figura 10 muestra una realización alternativa de la presente invención, en la que los árboles 14 principales, o al menos el eje 11, 21 principal de la primera y la segunda unidad 10, 20 de propulsor están inclinados, es decir, incluyen un ángulo β con una vertical plano V - V paralelo al plano 5. En esta realización, el eje 11, 21 está inclinado de tal manera que los extremos 14A inferiores de los árboles 14 se adelantan con relación a los puntos P. Esto puede combinarse en las realizaciones con la posición angular como se divulga en el presente documento en relación con las Figs. 5 y 7, o visto en vista frontal, los ejes 11, 21 pueden ser paralelos entre sí y extenderse verticalmente. Como puede verse en la fig. 10 esto puede traer los propulsores 12 de las unidades 10, 21 más adelante, aumentando el momento que se puede ejercer con respecto al centro C. Además, la distancia T se puede reducir cuando se usa un propulsor del mismo tamaño o la misma distancia T se puede mantener como en el remolcador de la técnica anterior cuando se usa un propulsor 12 más grande. Además, la tobera y, por lo tanto, el propulsor se pueden posicionar cerradas al casco 18. En realizaciones, la estela de los propulsores 12 y, por lo tanto, el empuje puede interferir menos con el casco 18, aumentando la eficiencia.

La figura 11 muestra una realización alternativa adicional, en la que la tercera unidad 30 propulsora tiene un árbol 14 principal con un eje 11 principal que se extiende en un ángulo γ en el plano 2 de la sección media o un plano paralelo a ese plano 2, cuyo ángulo γ puede por ejemplo, ser tal que el extremo 14A inferior esté ubicado detrás del punto P relevante, es decir, detrás del extremo 14B superior de dicho árbol 14. El ángulo γ puede estar, por ejemplo, entre 1 y 15 grados, como por ejemplo entre 1 y 10 grados, por ejemplo, entre 2 y 10 grados, por ejemplo, entre 2 y 8 grados. En los dibujos, los ángulos α , β y γ pueden no estar a escala y se pueden representar más grandes para mayor claridad.

En la Fig. 11, tanto la primera como la segunda unidad propulsora 10, 20 y la tercera unidad 30 propulsora tienen los ejes 11, 21, 31 principales que están inclinados con respecto a un plano vertical, visto en una vista lateral. Debe quedar claro que también solo la tercera unidad 30 propulsora puede tener tal inclinación. Las inclinaciones de los ejes 11 y 21 pueden diferir de las del tercer eje 31. En realizaciones, los ejes 11, 21 pueden estar inclinados en dos direcciones, es decir, los ángulos α , β pueden diferir de 0 o 180 grados y, por ejemplo, estar entre 1 y 15 grados, como por ejemplo entre 1 y 10 grados, por ejemplo entre 2 y 10 grados, como pero no limitado a entre 2 y 8 grados, donde los ángulos α , β pueden ser iguales o diferentes para los respectivos ejes 11, 21.

- Las tres unidades 10, 20 y 30 propulsoras azimutales pueden montarse completamente debajo del fondo 9 del remolcador 1. Sin embargo, también es posible que las unidades 10, 20 y 30 propulsoras azimutales estén parcialmente empotradas en la parte inferior 9 del remolcador 1, para que el remolcador 1 tenga un calado menos grande. Esto se aplica en particular a la tercera unidad 30 de propulsión acimutal, ubicada en el centro del remolcador I, porque, vista en sección transversal, la parte inferior 9 del remolcador I es generalmente más o menos en forma de V, de modo que, de hecho, el punto más bajo de la tercera unidad 30 de propulsión acimutal puede determinar el calado del remolcador 1 si se utilizan propulsores del mismo tamaño. Cuando se utilizan dichas hendiduras 9A, la inclinación de los ejes 11, 21, 31 puede ser aún más beneficiosa, ya que el empuje de los propulsores estará menos influenciado por los lados y bordes de dicho rebaje, lo que aumenta el empuje efectivo que se puede lograr con estas unidades 10, 20, 30.
- En los remolcadores convencionales tipo “tractor”, las unidades propulsoras están dispuestas en posiciones de igual longitud. Una consecuencia de ello es que cuando el buque se mueve de manera verdaderamente transversal a la dirección longitudinal, y, además, se debe ejercer una fuerza de tracción o empuje en esa dirección, se pierde una parte bastante grande de la potencia instalada: esta pérdida puede ser de aproximadamente 50%, o más, de acuerdo con la disposición y el tipo de unidades de propulsión instaladas. En remolcadores convencionales con los sinfines montados en la parte trasera del barco, esa pérdida puede ser incluso del 70%. Debido a la presencia de una tercera unidad 30 propulsora en una posición de longitud diferente a la de las otras dos unidades propulsoras, como se conoce en la técnica anterior, se mejora la maniobrabilidad en la dirección lateral, y la fuerza de tracción o empuje máxima producible transversal a la dirección longitudinal se aumenta considerablemente. Al reposicionar el eje 11, 21 principal de las dos unidades propulsoras que están lado a lado en un mismo lado del plano 5 transversal, las vías laterales de empuje pueden incrementarse aún más, ya que parte del empuje de uno de los primeros impulsores de las unidades 10, 20 que se observan en la dirección del empuje están frente a la segunda de las dos unidades 20, 10 propulsoras pasarán por debajo de dicha segunda unidad propulsora. Mientras que ese empuje, es decir, el agua desplazada por el propulsor 12 de dicha segunda unidad propulsora, pasará por debajo del casco 18 en mayor medida que cuando el eje 11, 21 sería vertical, lo que aumentaría aún más la eficiencia.
- Dado que la tercera unidad 30 propulsora acimutal está ubicada en el plano 2 principal de simetría, es posible de una manera fácil viajar directamente utilizando solo una o dos unidades propulsoras, a saber, la tercera unidad 30 propulsora o las unidades 10 y 20 propulsoras. Esta posibilidad, que se puede usar, por ejemplo, cuando el remolcador 1 se desplaza en quilla uniforme o condición cero, proporciona un ahorro de combustible y un desgaste reducido.
- Las tres unidades propulsoras pueden desarrollar conjuntamente un empuje mayor que el empuje que puede ser producido por dos unidades propulsoras con un calado igual. Incluso es posible lograr un mayor empuje total mientras que las tres unidades propulsoras se eligen individualmente para ser más pequeñas que las unidades propulsoras individuales del remolcador convencional, por lo que también se puede reducir el calado del remolcador.
- Los expertos en la técnica entenderán que son posibles cambios y modificaciones de la realización descrita, que se encuentran dentro del marco de la presente invención y dentro del alcance protector de las reivindicaciones. Por ejemplo, la incorporación del remolcador de acuerdo con la presente invención se puede proporcionar con otro número de unidades propulsoras, por ejemplo, dos o cuatro. También es posible que una o varias, por ejemplo la tercera, de las unidades propulsoras estén montadas de manera retráctil, permitiendo que una unidad propulsora que no se está utilizando se retraiga a una posición dentro del perfil de la

parte inferior del buque. Como resultado, se reducirá la resistencia durante el viaje, lo que significa un ahorro de combustible.

- 5 La posición de las unidades propulsoras se puede invertir, es decir, una unidad en la parte delantera y dos unidades en la parte trasera, independientemente de los puntos 8 de remolque en la proa 7 y la popa 6.