

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

FELIPE MATOS TROCADO

PROPULSORES ESPECIAIS

RIO DE JANEIRO

2014

FELIPE MATOS TROCADO

PROPULSORES ESPECIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Professor Henrique Vaicberg

RIO DE JANEIRO

2014

FELIPE MATOS TROCADO

PROPULSORES ESPECIAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professor Henrique Vaicberg

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a toda minha família que sempre me apoiou principalmente nos momentos difíceis da minha vida e a todos os meus amigos que sempre estão ao meu lado e convivem comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele, não estaríamos aqui. A todos os meus familiares que sempre me ajudaram desde criança buscaram me educar da melhor maneira possível. Aos professores da EFOMM. Ao aluno Rodrigues que me ajudou a fazer esse trabalho. E ao mestre Henrique Vaiceberg pela ajuda nesta monografia e pelo conhecimento passado.

“As raízes do estudo são amargas, mas os frutos são doces.”

Aristóteles

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como principal objetivo falar sobre os mais diversos tipos de propulsores. A criação desses propulsores se fez pela simples evolução em que o ser humano se impõe diante de alguma necessidade. No caso dos propulsores foi à procura por sistemas de propulsão mais eficazes, mais econômicos, que produzissem menos ruídos, que não agridem ao meio ambiente e que produzem menos vibrações. Além disso, será abordado a utilização do Sistema de propulsão *Voith Schneider* nas embarcações rebocadoras e seus métodos de reboque em relação a posição na qual estes se posicionam com os navios.

Palavras-chave: Propulsores. Azimutais. Propulsores Transversais. Propulsores Contra Rotativos. *Voith Schneider*. Manobrabilidade.

ABSTRACT

This course conclusion work aims to talk about different types of thrusters. The creation of these drivers are made by simple evolution in which the human being is required before any need. In the case of thrusters was looking for more effective, more economical, propulsion systems that produce less noise, that do not harm the environment and produce less vibration. In addition, we will address the use of the Voith Schneider propulsion system in ships and tugboats towing their methods in relation to the position in which they position themselves with ships.

Keyword: Thrusters. Azimuth. Transverse Thrusters. Thrusters Contra Rotary. Voith Schneider. Maneuverability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Propulsor Azimutal	12
Figura 2 - Podded ropeller	14
Figura 3 - Azimuth Pulling Propeller	16
Figura 4 - Ilustração de um propulsor Twin propeller	16
Figura 5 - Ilustração de um Propulsor Contra Rotativo	18
Figura 6 - Propulsor Azimutal Rebatível	18
Figura 7 - Azimutal retrátil	19
Figura 8 - Bow Thruster	20
Figura 9 - Ilustração de um propulsor transversal	21
Figura 10 - Ilustração de um propulsor Jato Bomba	22
Figura 11 - Propulsor Magnético	24
Figura 12 - Ilustração de um Sistema de Propulsão <i>Voith Schneider</i>	25
Figura 13 - Rebocador com Sistema de Propulsão <i>Voith Schneider</i>	26
Figura 14 – Ilustração dos componentes de um rebocador <i>Voith</i>	28
Figura 15 - Ilustração de um navio sendo rebocado pela popa por um rebocador <i>Voith</i>	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DP(Dynamic Position) – Posicionamento Dinâmico

PSV - Platform Supply Vessel

PVS - Propulsão Voith Schneider

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 TIPOS DE PROPULSORES ESPECIAIS	12
2.1 Azimutais	12
2.1.1 Podded Propeller	13
2.1.2 Azimuth Pulling Propeller	15
2.1.3 Twin propeller	16
2.1.4 Propulsores Contra Rotativos	17
2.1.5 Propulsor Azimutal Rebatível	18
2.1.6 Propulsor Azimutal Retrátil	18
2.2 Propulsores Transversais	20
2.3 Propulsor Jato Bomba	21
2.4 Propulsor Magnético	23
2.5 Sistema de Propulsão <i>Voith Schneider</i>	25
3 MANOBRABILIDADE E OS REBOCADORES VOITH	27
3.1 Uma breve lição de História	28
3.2 Requisitos para um Reboque	29
3.3 Operações de Reboque Moderno	30
3.4 Sistemas de Cabo de Reboque	34
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Propulsor é um equipamento que, feita em sua maior parte por materiais metálicos, é usado nas embarcações, para gerar o seu empuxo para que estas possam se movimentar.

Sabemos que o ser humano sempre buscar se aprimorar e evoluir tudo o que é indispensável a sua vida e ao seu trabalho. Com os propulsores de navios não foi diferente, desde os tempos mais antigos eles têm evoluído, e as modificações ocorridas têm se dado de uma forma cada vez mais rápida e dinâmica. Tudo isso em função de alguns pensamentos: buscar projetos de propulsores mais modernos, mais baratos, eficazes e que possam dar mais velocidade aos navios, gerando mais “thrust”. Além de novas soluções para o desenvolvimento de um Sistema DP(Dynamic position).

Com a grande alta do petróleo, por volta de 1970, que se começou a pensar nos aprimoramentos do hélice, chegando ao que conhecemos hoje e será apresentado nesta monografia. O principal motivo desta evolução foi à necessidade de redução do consumo de combustível, significando menores gastos. Com isso, houve um aprimoramento hidrodinâmico das pás, uma melhor distribuição energética com a utilização das malhas de controle, redução da cavitação, vibração e ruídos, além da considerável redução nos índices de agressão ao meio ambiente.

2 TIPOS DE PROPULSORES EPECIAIS

2.1 Azimutais

Na década de 1950 vários fabricantes de propulsores começaram a investir pesadamente para conseguir um tipo de propulsor que tivesse maior “liberdade” em relação ao eixo propulsor e, conseqüentemente, garantisse uma manobrabilidade excelente. Apesar de o conceito de Azimutal surgir apenas em 1955 com FW Busmann Pleuger e Friedrich, nos Estados Unidos, foi o alemão Joseph Becker Schottel, fundador da empresa SCHOTTEL, que em 1950 inventava o primeiro propulsor azimutal, utilizando uma transmissão Z-drive.

Capazes de fornecer o “Thrust” em qualquer azimute, os propulsores azimutais são integrantes de um sistema combinado de propulsão e comando que converte a potência do motor em impulso otimizado, além de possibilitar sua utilização nas manobras e no posicionamento dinâmico do navio, uma vez que seus componentes submersos podem ser direcionados ao longo de 360°. Outro benefício importante do sistema é o reduzido consumo de combustível acarretando baixas emissões de CO₂.

Figura 1 Exemplo de um propulsor Azimutal.



Fonte: Internet

Em relação à transmissão dessa potência e à localização do motor, dividem-se em dois tipos:

-Transmissão mecânica: o hélice é conectado a um motor elétrico ou a diesel que fica no interior da embarcação através de eixos e caixas de engrenagem. O sistema é denominado Z-drive o motor encontra-se na horizontal (mais fácil de manipular e fazer manutenção) e há duas caixas de engrenagens. O sistema é denominado L-drive quando o motor encontra-se instalado verticalmente e existe apenas uma caixa de engrenagens (menos perdas energéticas).

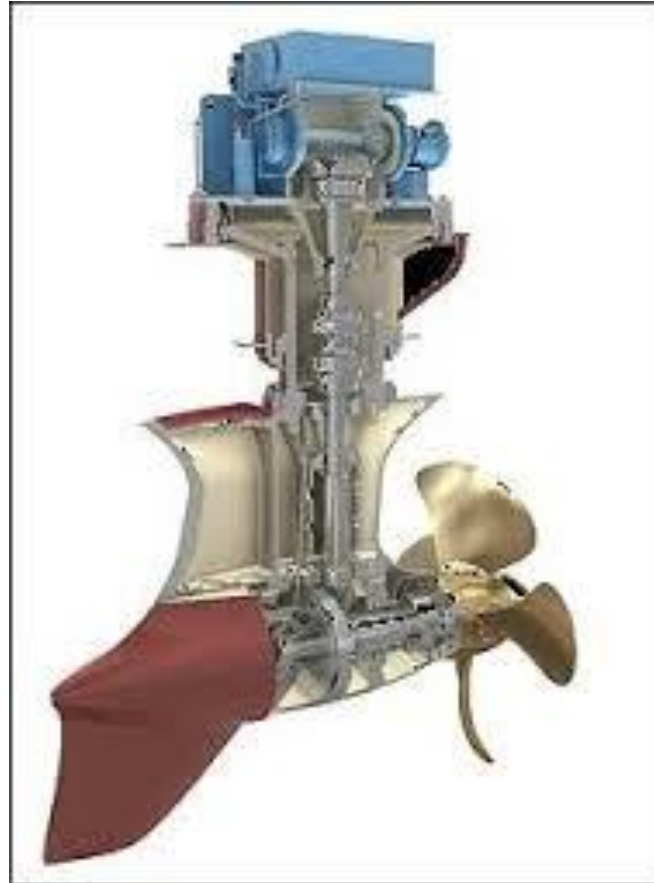
-Transmissão elétrica: o hélice é conectado diretamente a um motor elétrico, sem a necessidade de engrenagens. O motor fica localizado em um “casulo” junto ao hélice fora do casco da embarcação. A energia elétrica é gerada a bordo por um grupo de geradores diesel ou uma turbina a gás. A empresa precursora desta tecnologia foi a ABB, que patenteou o seu produto com o nome de Azipod, que será tratado a seguir.

Observar que nos Azipods na condição de máquinas a vante, os hélices são tratores.

2.1.1 Podded Propeller

O Podded Propeller é um motor elétrico fixado fora do casco, tendo o seu motor induzido ao eixo propulsor, com velocidade variável do motor elétrico de acionamento dos hélices de passo fixo, desta forma o sentido e a velocidade do hélice é controlado por um inversor de frequência. Esta tecnologia é extremamente eficaz na manobrabilidade da embarcação e sua potência pode atender aos mais variados tipos de embarcações. O mais famoso deles é o Azipod, marca registrada da empresa ABB

Figura 2 Podded ropeller com mostrando em corte, com seu motor localizado fora do caso, dentro de um podded.



Fonte: azimuthpropeller.com

Representam uma enorme economia de espaço, já que o motor encontra-se num pod localizado fora do casco do navio. Podem girar em torno de seu eixo vertical para dar a propulsão livremente para qualquer direção. O navio não necessita de lemes e os propulsores transversais, são posicionados dentro do casco do navio. Possui um moderno sistema de arrefecimento e de selagem, este último essencial para o bom funcionamento do motor, já que qualquer entrada de água salgada impossibilitaria o seu funcionamento. Todas as vedações contra a água do mar são do tipo “amigo do ambiente”, ou seja, no caso de falha de vedação qualquer vazamento de óleo em água será impedido. As lâminas podem ser fixadas em bloco ou aparafusadas separadamente, com a vantagem de serem modificadas individualmente em

caso de danos. Além disso, são projetadas para baixo ruído e baixa vibração, visto q são motores elétricos. É muito utilizado em “ice breakers”, pois aumenta a performance em operações no gelo.

Quanto à potência, podem chegar até 18000 KW com rotação fixa de 170 RPM, ou seja, dois propulsores nos darão uma potência disponível de 36000 KW ou aproximadamente 48200 BHP.

2.1.2 Azimuth Pulling Propeller

São sistemas de propulsão parecidos com o azipods, ainda mais quando se trata da estrutura submersa e separado sistema do motor induzido ao eixo propulsor, sendo esse movido a energia elétrica, num pod fora do casco do navio e podem girar 360°, não necessitando de lemes. Esses propulsores têm como principal característica a capacidade de “puxar” a água em vez de “empurrá-la”, como fazem a maioria dos propulsores. Tem o hélice localizado à vante do eixo. Este eixo tem a forma de um leme com uma corda relativamente grande e possui uma quilha na sua parte inferior, o que permite uma maior capacidade de manobra quando a água da descarga do propulsor passa por ele, além de melhorar a estabilidade direcional. São projetados com passo fixo ou controlável e são indicados para altas velocidades (entre 20 e 25 nós).

O Azipull, da empresa Rolls-Royce, é um exemplo deste tipo de propulsor e, além das características citadas acima, o Azipull tem um acionamento mecânico capaz de ser acoplado a qualquer tipo de motor (diesel, turbina a gás ou elétrico), podendo ser utilizado nos mais diversos tipos de embarcação.

Figura 3 Exemplo de Azimuth Pulling Propeller de uma embarcação



Fonte: Internet

2.1.3 Twin propeller

Este propulsor é constituído de dois hélices (um à vante e outro à ré do eixo vertical) que possuem o mesmo sentido de rotação e podem ser rotacionados 360° independentemente. O Twin propeller funciona com um hélice frontal “Zugpropeller”(hélice q ‘puxa’ a água para o outra hélice) e um hélice de pressão Eles estão dispostos entre si de tal maneira que a esteira de turbulência do hélice frontal passa por entre as pás do hélice de pressão posterior, sem obstruí-lo. Através da contração do jato propulsor no hélice frontal, água adicional atinge lateralmente o hélice de pressão proporcionando um aumento da potência.

Figura 4 Ilustração de um propulsor Twin propeller



Fonte: propeller.com

Hidrodinamicamente otimizado com um sistema difusor integrado (aletas), as descargas rotacionais originadas no primeiro propulsor são redirecionadas para que possam servir com maior eficiência no segundo propulsor. Ideal para médias velocidades tem como objetivo principal dividir os esforços, aumentando assim a eficiência e diminuindo consideravelmente os ruídos e a vibração. Suas pás têm um diâmetro menor, logo a cavitação e a ventilação também são reduzidas, além de facilitar o acesso onde o calado é reduzido. Outra vantagem é a alta confiabilidade devido à construção simples com poucas peças móveis, redução do diâmetro do hélice, baixo consumo de combustível e baixo custo de manutenção. Esse propulsor tem 20% a mais de eficiência propulsiva comparado a propulsores comuns.

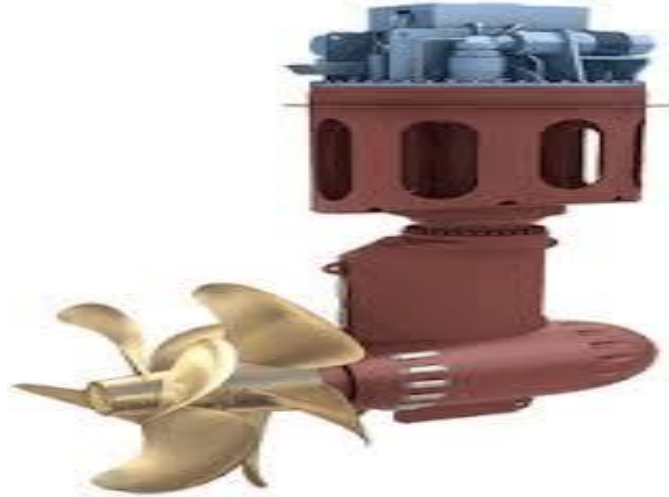
2.1.4 Propulsores Contra Rotativos

Constitui-se de dois hélices localizados ambos à ré do eixo vertical que giram em sentido contrário um do outro. O principal objetivo é fazer com que o propulsor de ré reaproveite as perdas energéticas e rotacionais do propulsor de vante, tendo o conjunto uma maior eficiência.

Sendo assim, as instalações para a geração de energia são menores, reduzindo o consumo de combustível e economizando espaço. Outra vantagem é a redução de cerca de 20% do diâmetro das pás em relação aos propulsores de um hélice, reduzindo a cavitação, a ventilação e o ruído. Por isso, têm sido largamente usados em “ferries” que transportam passageiros e carros, bem como em embarcações de águas rasas.

Figura 5 Ilustração de um Propulsor Contra Rotativo.

Podemos perceber suas hélices, uma passo fixo direito e outra sendo passo fixo esquerdo.

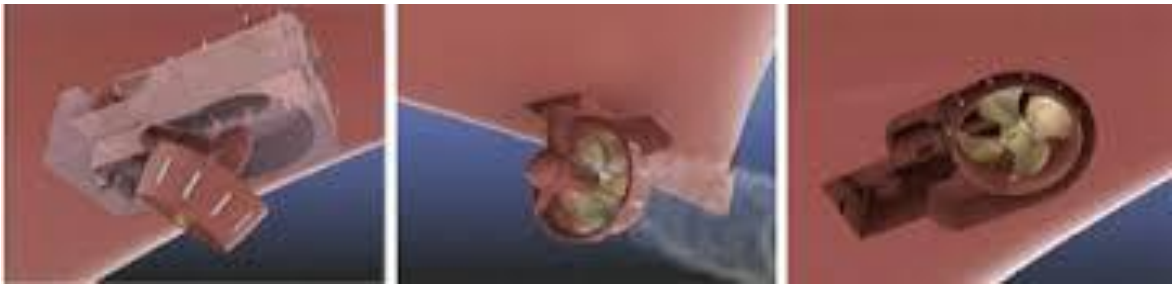


Fonte: azmith/propeller.com

2.1.5 Propulsor Azimutal Rebatível

Em operação este propulsor funciona como um azimutal qualquer, sendo projetado para desenvolver um máximo “bollard pull” nas condições de manobra, além de auxiliar no posicionamento dinâmico. Mas sua principal característica é a capacidade de ser “rebatido” (fazendo um arco) para um espaço localizado na parte inferior do casco quando sua utilização como “thruster azimutal” não é requerida. Com isso, não ultrapassa a linha da quilha (ou a linha de base), configurando uma importante ferramenta para aqueles navios que necessitem de alta tração e porventura precisem navegar em águas rasas, ou para aqueles períodos de travessia em que o thruster seria apenas mais um apêndice no casco. Vem sendo utilizado principalmente em navios-tanque, navios de carga, “ferries”, navios de navegação polar, navios de apoio marítimo e portuário e navios de perfuração.

Figura 6 Propulsor Azimutal Rebatível no fundo do casco do navio, com uma espécie de uma capsula onde ele e guardado



Fonte: Internet

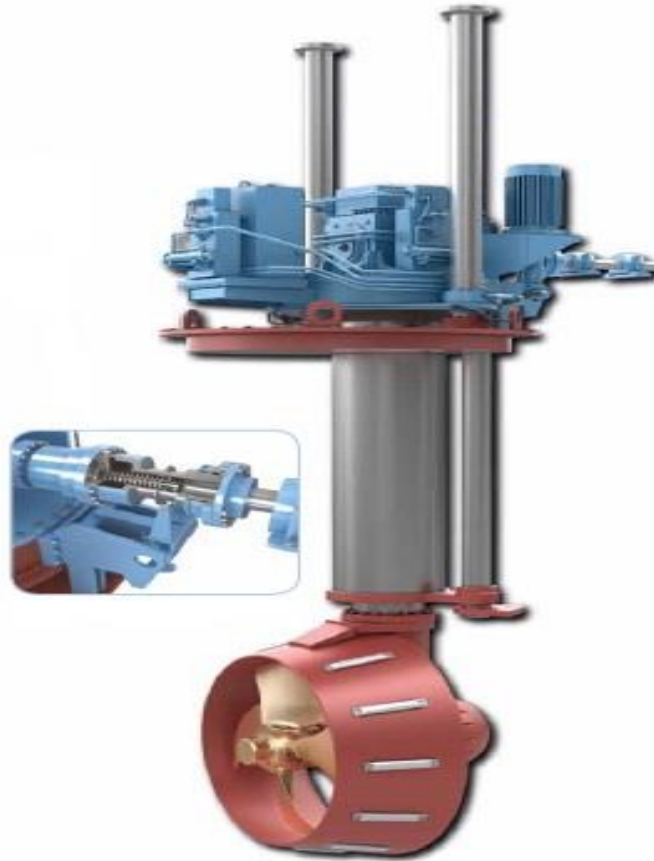
Além disso, em alguns casos podem ser utilizados como tunnel thrusters quando estiverem rebatidos, aumentando também a manobrabilidade em águas rasas.

2.1.6 Propulsor Azimutal Retrátil

Também com a característica de se inserir dentro do casco, este propulsor é arriado e suspenso por um potente dispositivo hidráulico, oferecendo rapidez e dinamismo ao processo. Diferentemente do Azimutal Rebatível, este propulsor não descreve arcos para ser guardado no casco, o movimento é exclusivamente vertical.

Também com a característica de se inserir dentro do casco, este propulsor é arriado e suspenso por um potente dispositivo hidráulico, oferecendo rapidez e dinamismo ao processo. Diferentemente do Azimutal Rebatível, este propulsor não descreve arcos para ser guardado no casco, o movimento é exclusivamente vertical.

Figura 7 O propulsor azimuthal retrátil com Tubo Kort, que possui apenas movimento vertical durante seu arriamento e suspensão. Ao lado, a figura menor mostra que para esta movimentação a engrenagem deve ser desacoplada.



Fonte: Apresentação de slides

2.2 Propulsores Transversais

São instalados para melhorar a capacidade de manobra na proa ou na popa. O campo de aplicação dos propulsores transversais se estende, dependendo do tipo do navio, desde um breve acostar e atracar em portos com poucas horas de operação anual aos de funcionamento contínuo com carga máxima em exigentes operações offshore com posicionamento dinâmico. Consiste geralmente da unidade propulsora com túnel, equipamento hidráulico, motor elétrico e controladores a distância.

Figura 8 Ilustração de um Sistema Bow Thruster e seu comando



Fonte: Internet

Para uma maior eficiência, o design do hélice deve ser elaborado individualmente para cada embarcação. Um importante parâmetro a ser considerado é a folga entre o hélice e o túnel, que chega a ser menor que 1 cm. Quanto menor a folga, menor o “tip vortex”, ou seja, menor é a passagem de água da região de maior pressão para a região de menor pressão das pás. Com isso, evita-se a vaporização da água, diminuindo a cavitação e conseqüentemente os ruídos.

Figura 9 Ilustração do corte lateral de um propulsor transversal em seu “túnel”, usado para auxiliar na manobra no navio, fazendo com que ele possa se mover lateralmente nas operações de atracação de desatracação.



Fonte: thruster.com

2.3 Propulsor Jato Bomba

Esse tipo de propulsão é, basicamente, uma função da diferença nas velocidades de um fluxo de água. A água entra e sai em uma unidade de jato em velocidades diferentes, a energia cinética é convertida em energia de pressão através de um impelidor de bomba, e o thrust produzido impulsiona o barco. A mudança de direção (direita e esquerda) é realizada direcionando o fluxo do sistema de saída em um sentido ou outro com capacidade de oferecer o impulso em 360°. O movimento para frente e reverso é controlado através de um defletor reverso, que apenas desvia o impulso para vante ou para ré.

Esse tipo de propulsão é muito usada em embarcações de recreio e lazer, pois proporciona maior segurança, manobrabilidade, economia, conforto, e não afeta o meio ambiente (sendo prejudicial apenas para corais frágeis). Oferecem menos ruídos e maior proteção a banhistas e animais, que podem ser feridos pela atuação do hélice. Um aspecto importante é a capacidade de navegar em águas rasas. Ele fornece impulso total numa profundidade mínima de imersão de 150 a 750 mm.

Os navios de waterjet propulsion são ideais para uso em operações de reboque ou de recuperação, porque o impulso máximo para qualquer configuração de aceleração está disponível, até mesmo em embarcações de menor velocidade. Aproximadamente 50% do impulso para frente pode ser utilizado quando é acionado o defletor reversamente.

Opera com base no princípio de funcionamento de uma bomba centrífuga. Um rotor aspira a água na parte de baixo do casco do navio e a transfere para uma voluta. As aberturas de saída de água estão dispostas na parte inferior do propulsor que fica tangente à linha de base do casco, sendo, desta forma, ideal para a instalação em embarcações que operam em águas rasas.

Como outras vantagens desse sistema pode-se citar a economia de espaço, menor resistência de formas(justificado por não possuir apêndices) baixo ruído de operação e vibração devido ao design encapsulado, permitem altíssimas velocidades, uma rápida resposta em paradas repentinas e esse sistema também se distingue por conferir alta manobrabilidade às embarcações de navegação interior e costeira que o utilizam como propulsão principal ou de emergência.

Figura 10 Ilustração de um propulsor Jato Bomba e seus “falps” que direcionam o fluxo da água para traz, para os bordos ou para frente.



Fonte: Internet

2.4 Propulsor Magnético

Uma nova extensão de propulsores utiliza a tecnologia Permanent Magnet (PM), ou seja, tecnologia de ímã permanente, na forma de um motor anelado circundando o hélice. As pás propulsoras são envoltas por um aro que carrega uma série de fortes ímãs permanentes. Esta parte anelada constitui-se de um estator provido de uma série de bobinas, que criam uma força eletromagnética quando ativadas. A corrente é fornecida a estas bobinas através de um conversor de frequência variável instalado dentro do casco e conectado ao sistema elétrico do navio. A interação entre o campo magnético gerado pela passagem de corrente nas bobinas do estator e os ímãs dão a rotação do hélice, através de uma força magnética gerada no rotor.

Cálculos verificados por teste mostraram que a atuação do boss, dispositivo central para o qual as pás convergem, representa um importante benefício hidrodinâmico, sendo que ele tem o comportamento de pegar o impulso gerado e a pressão radial, que são transferidos para a armação do propulsor através de estruturas hidrodinamicamente eficientes. A unidade propulsora completa desliza dentro do túnel cilíndrico de aço, que, no caso dos propulsores laterais, é soldado ao casco na proa ou no skeg, se for um stern thruster. Um resiliante especial prende a montagem ao túnel, em um simples procedimento que pode ser conduzido dentro d'água com a embarcação flutuando, se necessário. Suprimento elétrico e cabos de monitoramento entram pelo casco através de arranjos de conexões à prova d'água.

Atualmente a empresa que detém esta tecnologia é a Rolls-Royce, que começou com uma pequeno propulsor lateral de 50 kW que necessitou de inúmeras horas de teste em tanques de provas. Hoje em dia, propulsores laterais de 800 kW de potência já se encontram em operação no ramo do offshore, e as pesquisas continuam a todo vapor.

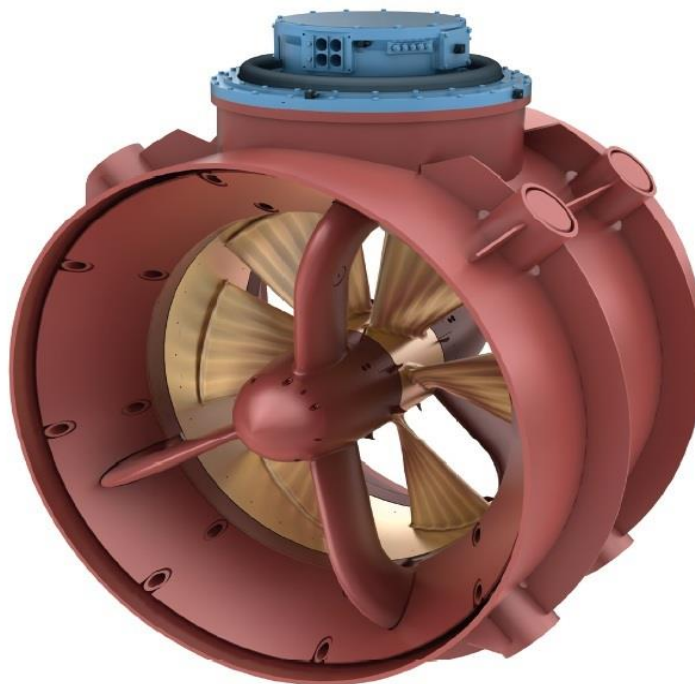
Baseando-se nesta experiência, dois propulsores laterais de 800 kW cada foram construídos. Um está instalado no navio "Olympic Octopus", um navio de manuseio de âncoras atualmente atuando na indústria offshore em Cuba. O outro foi instalado em um equipamento ao longo de um cais na Noruega para testes e monitoramento. Este dispositivo permite que o propulsor seja operado a uma típica profundidade de imersão de um navio e sujeito a incrustações marinhas. O propulsor vem sendo operado intensivamente, incluindo longos períodos em níveis variados de carga e direção do thrust, com o objetivo de simular as mais severas situações do posicionamento dinâmico. A mais recente fase do programa de avaliação é a de gelo, na qual largos blocos de gelo são lançados no hélice, sujeitando a

unidade a pesadas cargas e as pás ao impacto do gelo. O propulsor passou neste teste com uma incrível performance.

As ordens de produção dos Tunnel Thrusters Permanente Magnet Technology (TTPM) já estão sendo dadas, sendo que primeiro modelo a ser lançado será TTPM 1600, o número indica o diâmetro do propulsor em milímetros, com uma potência de 1000 kW. Para datas futuras um maior propulsor está sendo elaborado, o TTPM 2000, com 1600 kW de potência.

O conhecimento adquirido nestes novos tipos de propulsores laterais vem sendo aplicado também para a propulsão azimutal. As primeiras unidades a serem construídas terão 500kW de potência. Dois protótipos serão instalados no navio de pesquisa “Gunnerus”, o qual pertence e é operado pela Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, sediada em Trondheim. Quando o navio foi concebido, o objetivo não era apenas que ele fosse apenas uma plataforma de onde as pesquisas pudessem ser desenvolvidas, mas também ser ele próprio uma ferramenta de inovação em tecnologia marinha. Outros parceiros neste projeto são Marintek, DNV, Olympic Shipping e a Universidade Técnica em Aalesund.

Figura 11 Propulsor Magnético mostrando que suas pás são fixadas num anel com um poderoso ímã.



Fonte: Apresentação de slides

2.5 Voith Schneider

Voith-Schneider Propeller é um exemplo de propulsor de sucesso e muito solicitado em embarcações como rebocadores, pois dispensa o leme e ainda proporciona imediata resposta ao comando. Sua rapidez na transição de direção e intensidade de empuxo permite, inclusive, que a embarcação anule o efeito de ondas, tornando-se absolutamente estável.

Este sistema de propulsão cicloidal é composto por laminas verticais moveis fixados em discos, paralelos ao fundo do rebocador. São utilizados dois conjuntos, localizados na mesma linha transversal e, geralmente, a vante do rebocador. É necessário um estabilizador localizado a ré, na altura do ponto de tração, com o objetivo de aumentar a estabilidade de governo.

Se aplicado em embarcações maiores, invertem-se as posições dos dois propulsores e do estabilizador.

Figura 12 Ilustração de um Sistema de PVS em uma embarcação PSV(offshore), sem fin.



Fonte: Internet

Figura 13 Ilustração de rebocador com Sistema de Propulsão Voith Schneider localizado a vante e a ré um estabilizador(fin).



Fonte: vspropeller.com

Para a aplicação específica em PSVs(Plataform Supply Vessels) e embarcações offshore equipadas propulsores navais cicloidais, foi desenvolvida uma tecnologia para atenuar o efeito lateral das ondas nas embarcações que operam em mares não abrigados (roll damping), ou seja, grande vantagem sobre as embarcações com outros tipos de propulsão. A atenuação do efeito do “ângulo roll” é obtida graças à rapidez de resposta do VSP(Voith Schneider Propeller), que permite criar forças que agem contra o movimento de ondulação. Como resultado, o balanço é eficientemente reduzido durante a navegação e também nas operações que exijam posicionamento dinâmico (DP).

3 MANOBRABILIDADE E OS REBOCADORES VOITH

As principais características de um rebocador dotado de um sistema de propulsão *Voith Schneider* são as seguintes:

1 Cada sistema *Voith Schneider* gêmeo é disposto transversalmente, não no sentido proa-popa e em sua grande maioria apresentam o sistema *Voith* à 30% da linha d'água na parte de vante.

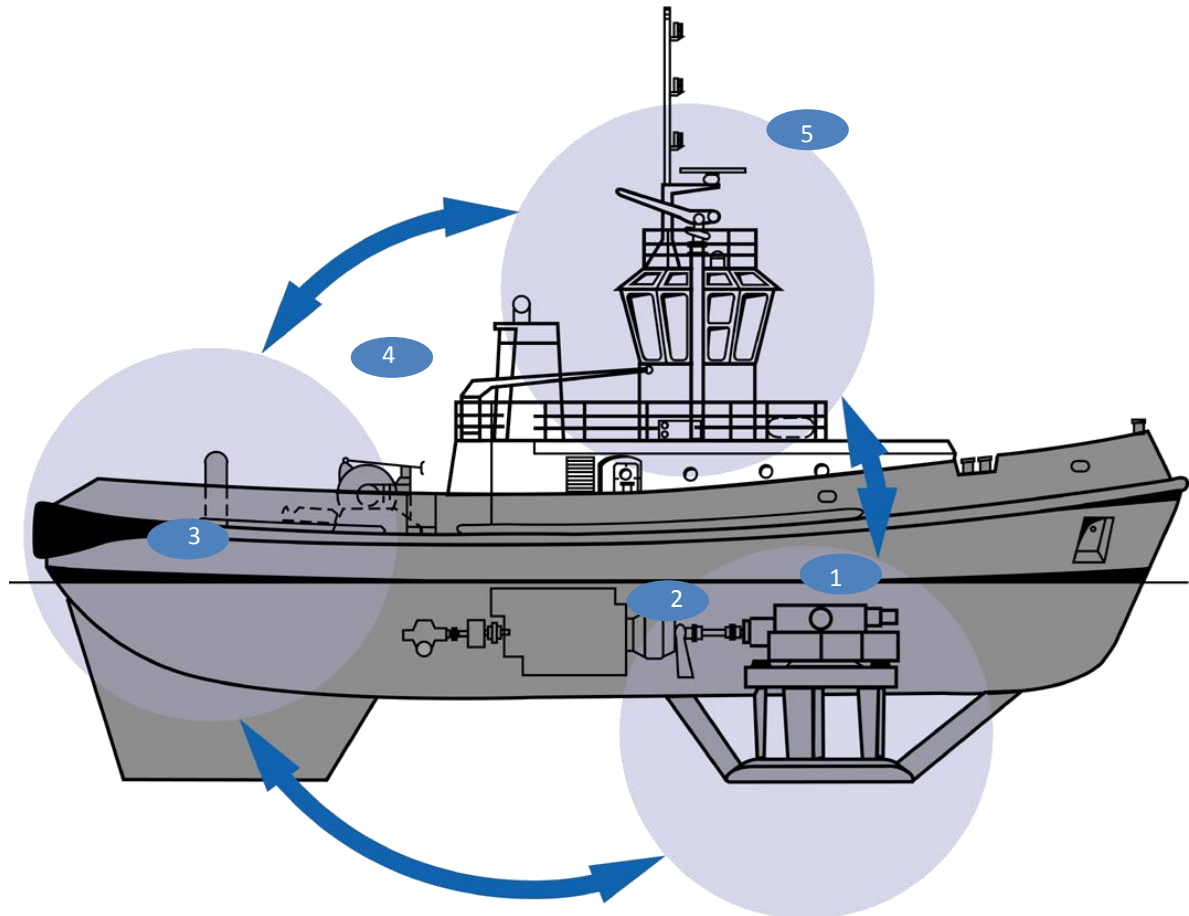
2 A *nozzle* ou *guard plate* que atua tanto para aumentar a pressão e proteger as pás da hélice de encalhe ou contato com casco de outro navio. A construção desse suporte é de tal modo que uma disposição de proteção deve ser capaz de resistir a grandes forças de impacto sem causar dano às pás do sistema ou alterar a estanqueidade do casco.

3 A estabilização a ré é chamada de *fin*. Esta foi originalmente concebida e desenhada como um auxílio para manter a estabilidade do curso, mas durante o desenvolvimento inicial, verificou-se que a *fin* tem utilizações significativas em operações de reboque. Conceitos e procedimentos especiais de reboque foram desenvolvidos para utilizar os efeitos da *fin*.

4 O conjunto de equipamentos de reboque, agora consiste quase que exclusivamente de um guincho (a tripulação dos tratores nunca deve confiar nos cabos de reboque) que passa através de um cabeço de reboque ou punho situado sobre o centro da *fin* (em termos práticos, este ponto é uma posição importante, para rebocar à frente de uma embarcação, o ponto ideal está mais próximo da extremidade interna da quilha, como um rebocador de popa deve estar mais próximo do extremidade externa). Para os serviços de escolta, onde a maior parte do tempo o trator segue o navio passivamente, mas segura-o com um cabo frouxo, um segundo ponto de reboque pode ser disposto na baluarte sobre a extremidade externa do *skag* para reduzir os esforços do timoneiro durante uma operação de rotina.

5. Foi reduzida a tripulação do rebocador e a necessidade de visibilidade em 360° do passadiço durante as operações de reboque levou o passadiço para o centro dos rebocadores de pequeno porte. Em alguns casos, para uma operação com todos os controles do motor, e guincho estão dispostos em um painel de controle central.

Figura 14 Ilustração de *Voith Water Tractor* e seus principais componentes.



Fonte: Internet

- 1 VSP under head of the ship
- 2 Nozzle plate
- 3 Stabilizing fin under after ship
- 4 Towing gear
- 5 Central wheel house

3.1 Uma breve lição de história

No início de 1950, a *Voith*, na Alemanha desenvolveu um novo estilo de rebocador em resposta aos constantes acidentes causados pelo emborcamento de rebocadores e por serem atropelados pela popa do navio rebocado. A mudança fundamental é que os propulsores *Voith Schneider* foram projetados principalmente para serem usados dispostos na parte de vante do rebocador para evitar o equilíbrio instável gerado pelos propulsores localizados na parte de ré ou rebocadores convencionais com reboque a meia-nau. Em manobras com estes rebocadores com propulsão a vante, a diferença imediata é que navios com este tipo de propulsão podem manobrar em um “círculo” em vez de a proa variar para fora do círculo de guinada como em navios de outro tipo de propulsão. A introdução de tais rebocadores conhecidas de forma genérica como rebocadores *Voith Water Tractors* era obviamente devagar quando foi criado, mas agora eles chegam a ser milhares em todo o mundo (com velocidades de até 15 nós e *bollard pull* maiores que 70 toneladas) e tiveram uma grande influência na segurança das operações de reboque.

3.2 Requisitos para um Reboque

A exigência da assistência de um reboque pode ser tomado como o período em que a redução da velocidade do navio é significativamente até que ele não esteja mais sob o controle total de si e apresenta capacidade de manobra insuficiente para manobrar sem ajuda externa. Este período pode ser, contudo, um pouco prorrogado pela exigência de cuidados especiais na escolta para os navios que transportam cargas perigosas em águas restritas. No entanto, do ponto de vista do rebocador, a escolta é apenas uma extensão do serviço normal elaborada agora para velocidades muito mais altas do que as do passado.

Essa questão da velocidade não se aplica apenas para serviço de escolta. Muitos navios no mar hoje têm velocidades mínimas elevadas que podem estar acima das velocidades operacionais seguras para alguns rebocadores, deixando o navio em aguardo até que a velocidade é reduzida suficientemente para realizar a manobra. A presença de um rebocador nas proximidades da proa ou da popa não deve ser tomada como garantia de que a assistência prática é imediatamente eficaz. A tendência dos rebocadores modernos é de realizar a

manobra no sentido de ser capaz de dar assistência a velocidades da ordem dos 10 nós e acima, em vez de as velocidades mais baixas do passado. Isso significa assistência real, não apenas para exibição, como a aproximação de um navio em movimento à 10-11 nós. O ambiente de trabalho é muito mais árduo do que perto de um navio em movimento com a metade da velocidade. Não só as coisas acontecem duas vezes mais rápidas, mas as forças envolvidas geralmente aumentam com o quadrado da velocidade. A questão que se coloca, então, que se o rebocador não é capaz de fornecer o apoio necessário a essa velocidade, então ele deve ser feito rapidamente, em primeiro lugar em com um cabo com folga ou não?

Serviços disponibilizados por rebocadores são caros, portanto, em termos econômicos quanto menor o número de rebocadores envolvidos numa manobra, melhor será. Isto cria desafios para um rebocador moderno que, além da capacidade necessária do trabalho em velocidades mais altas deverá atuar sozinho num navio, obviamente isso significa que não teria apoio em caso de problemas (aqui a questão de fiabilidade e a capacidade de funcionar com uma hélice só, sem exercer pressões adversas assume grande importância). Já se foram os dias em que um rebocador iria empurrar o navio e outro iria verificar a ação.

3.3 Operações de Reboque Moderno

Há quatro posições principais em torno de um navio, onde um puxão vai exercer uma força de reboque:

1. Linha de reboque à proa
- 2 Push / Pull shoulders
3. Push / Pull quarter
- 4 linha de reboque à popa

Pela proa

Tradicionalmente este tipo de reboque foi o primeiro a se fazer a amarração embora, uma nova pesquisa apoiou-se no pensamento moderno de que esta é a posição menos eficaz

na medida em que as forças de direção que podem ser exercidas com um severo puxão de propulsão são mínimas até que o caminho é quase de um navio e de forças de travagem são nulas até que o cabo pode chegar em torno de 180 graus ou puxar o navio em uma curva apertada para reduzir sua velocidade. Não só é a posição mais difícil, mas é também o ponto menos eficaz para aplicar uma rotação, um momento de forças, através do braço de alavanca ser curto e o vigor aplicável sendo limitado.

O comentário de um piloto ao ser confrontado com esse dilema era que ele se sentia confortável vendo o mastro do rebocador sob o castelo de proa, ele não podia ver o rebocador sem sair para a asa do passadiço. Somente na aproximação final para um atracadouro ou quando a velocidade é mínima o rebocador volta ao seu controle de manobrabilidade.

As evidências da ajuda limitada do rebocador pela proa foi notado em um dos mais movimentados portos da Europa, quando o rebocador de passo único tentava puxar um navio porta-container de primeira geração, por boreste aproximadamente 70 graus com uma maré vazante de três nós por boreste. Com 40 toneladas de *bollard pull*, o rebocador gastou 15 minutos segurando numa posição segura por boreste e puxando com força máxima para fazer a curva. A fim de que o rebocador não seja colocado em uma situação de banda devido ao navio rebocado, o navio não foi capaz de usar mais a explosão de máquinas *dead slow* para superar a maré.

Como já foi dito, esses problemas eram a força motriz por trás do desenvolvimento do rebocador, com a propulsão para a frente e reduzir os perigos de banda provocada pelo navio rebocado. No entanto, as limitações puxando sobre um braço de alavanca curto ainda se aplicam. Porque há circunstâncias em que um forte puxão na proa é a melhor alternativa, a distribuição de impulsão do Sistema de Propulsão *Voith Schneider* está agora dispostos a permitir que forças relativamente altas de direção para serem usadas sem perda do avanço do navio. Isto permite que as forças de viragem em ângulos maiores com as espias, *towline*, e movimento mais rápido a partir da proa.

Pelo costado

Esta era uma posição secundária para frente, mas é utilizado para reduzir o perigo para o reboque e simplificar o equipamento de reboque e as necessidades da tripulação. Operações de pushing / towing foram desenvolvidas particularmente nos EUA, Japão e Austrália, onde os sistemas de bloqueio não atrapalham a operação de reboque. No entanto, a eficácia de

tentar conduzir uma embarcação a partir disso é um pouco semelhante para a posição de vante, mas vários pontos especiais precisam ser examinados. Para girar um navio, um rebocador posicionado na parte interna do giro (isto é, agindo como um espringue de popa contra o movimento estimado) vai auxiliar a virada muito mais do que empurrar a partir do exterior do giro. Na verdade, o operador pode inicialmente arrastar o navio em um giro para o lado errado, devido à resistência do puxão e induzir a um efeito tipo *spring* de popa. Efeitos de correntes são os inimigos desta operação, não só como o rebocador susceptível aos movimentos de arfagem quando está no costado do navio, as linhas de reboque curtas usadas minimizam esses efeitos. No entanto fora do ancoradouro o empurrão no costado é inestimável. Navios com enorme comprimento e grande costado, muitas vezes significa que o cabo está posicionado a ré e esta empurrando o ponto pivô. Não há alavanca de rotação, simplesmente um corpo de pressão, através da água.

Alheta

Mais uma vez o comprimento e tamanho do costado influenciam a eficácia de um rebocador trabalhar nesta posição quando e tão longe a ré do impulso eficaz pode ser aplicada. Obviamente, além disso, pela proa é o melhor reboque, mas, em seguida, o rebocador é tanto desenhado para a zona de baixa pressão, mas também pode tornar-se perigosamente para o propulsor. Para uma abordagem segura é muitas vezes necessário para o rebocador atuar a meia-nau e em seguida movendo para popa. Muitas vezes, o comando está perto da parte de vante do passadiço, o que significa que, para 30 metros, puxar a posição mais segura é deixar pela parte vante o cabo de reboque até quando for exigido e necessário para manobra. No entanto, uma vez nesta posição as forças para uma boa rotação são realizáveis, mas apenas quando posicionado no interior do círculo de giro.

Pela popa

Linha de reboque na popa é agora reconhecido como a posição de reboque mais eficaz do que os outros em respeito de travagem e assistência, mas apenas com o advento dos rebocadores manobráveis, como o *Voith Water Tractor* e a prática nas operações diárias, uma vez que rebocadores convencionais só são eficazes nesta área em velocidades mínimas. O único grande avanço nos reboques, que o reboque indireto surgiu através do desenho do casco do rebocador com o *skeg* sob a proa. Verificou-se que com o posicionamento do ponto de reboque acima do *skeg*, a resistência do casco do rebocador (auxiliada pelo grande *skeg*) quando está sendo puxados em ângulos oblíquos pelo o cabo de reboque, pode gerar cabo de

reboque com enorme força, muito além da tração nominal de amarração. Além disso, em contraste com outros métodos de reboque, a força rebocadora aumentou com a velocidade dos navios. Pesquisa e desenvolvimento tem refinado este método de reboque especial, se tornando referência hoje e recebendo demandas devido aos seus serviços de assistência dinâmica em circunstâncias catastróficas de direção e ou de falha do motor em águas confinadas. Nesta operação as resistências do *skeg* e do casco geram a força rebocadora com os propulsores, meramente alinhando o casco para o ângulo do cabo de reboque corretamente entre o rebocador e o navio.

É errôneo dizer que qualquer rebocador multi-direcional moderno pode executar um reboque eficaz indireto de alta velocidade, até mesmo qualquer rebocador com Sistema *Voith*, sem a devida consideração da velocidade e outras circunstâncias, tais como a engrenagem de reboque, a estabilidade do rebocador, forma do casco, controle sistemas e dentre outros fatores. Coincidentemente os fatores que levam a um bom reboque indireto de um navio, também minimizam os problemas percebidos de trabalhar próximo ao *skeg*. No entanto, em operações de escolta normalmente não eram necessárias assistências de rebocadores de modo a minimizar a carga sobre o timoneiro de um rebocador durante longos períodos de operação, um segundo ponto de reboque na extremidade externa do *skeg* pode fixar o rebocador sob a linha e reduzir o esforço de direção necessária. Este ponto de reboque pode ser fixo com uma Buzina de Roda ou removível de modo que o ponto de ataque possa ser movido para trás para o centro do *skeg* quando necessário. A única desvantagem para o reboque através de um ponto fixo no final da quilha é que forças de direção superior são necessários para colocar o rebocador na posição correta para obter forças rebocadoras máximas na *towline* (espia), em prática, porém, isso não causa problemas como os maiores forças alcançáveis, só precisa cerca de metade da potencia instalada nos rebocadores para manter a manobra exigida.

A outra operação de reboque significativa em um navio com baixa manobrabilidade é a aplicação de forças imobilizadoras para o navio. Mais uma vez, o rebocador permite tal operação do zero até velocidades mais altas. Isto é principalmente devido ao característico controle do passo, ângulo de suas placas, do *Voith Schneider* o qual tem grande fluidez para mover-se em qualquer diferença. Usando a velocidade máxima do motor, o passo reverso pode ser aplicado até que a energia total é absorvida a partir do motor, sem medo de sobrecarga excessiva. Assim ao prender o movimento do navio, a força nominal de amarração é sobrepujada devido ao impulso do propulsor ser aumentado pela resistência do casco ao ser puxado através da água. Qualquer hélice de passo fixo de um eixo de um rebocador

convencional ou de uma unidade de Z-drive sofre do problema nesta operação quando as velocidades estão acima de seis nós.

A simplicidade é um atributo-chave do rebocador *Voith*. Em todas as quatro posições de reboque discutidas, o ponto de reboque no fim é o mais efetivo uma vez que não há nem um problema em envia-la para qualquer posição e certamente não há necessidade de considerar deixar ir e reconectar os cabos do rebocador através de uma buzina. Isto é de particular significância para pilotos e oficiais de navios que têm muita coisa a considerar quando estão próximos de uma cais, e estão muitas vezes contando com equipes de convés de número limitado e/ou força e competência. O controle do rebocador é um sistema simples. Independentemente da forma como os rebocadores estão em movimento, o comandante tem um sistema de controle lógico de timão e alavancas para girar ou empurrar na direção natural, limitando as chances de erros devido aos controles aplicados em direções indesejadas. Devido ao arranjo simples tração e a precisão da manobrabilidade, movimento para e da proa para o costado ou da proa para o través durante uma operação não apresenta problema algum.

Figura 15 Ilustração de um navio sendo rebocado pela popa por um rebocador *Voith*.



Fonte: Internet

3.4 Sistemas de Cabo de Reboque

Após o layout básico do casco/hélice estar definido em um novo projeto do rebocador, a próxima prioridade é o arranjo do reboque de guincho, punho e engrenagem de reboque. Porque um *Water Tractor Voith*, pode facilmente gerar, pelo menos, o dobro da tração nominal (*bollard pull*) enquanto rebocando pelo modo indireto, enormes margens de segurança são agora necessárias para a capacidade do guincho e ruptura das fibras dos cabos de reboques. É comum que um proprietário de um rebocador de 50 toneladas de *bollard pull* especificar 150 toneladas de capacidade de travagem e uma espia (towline) de capacidade de 180 toneladas. Historicamente um cabo de sacrifício ou alguma amarração com fibra mais frágil do que fora conectada até o fim da linha de reboque. Com modernas espias com grande capacidade de força e capacidade de travagem no guincho, a idéia agora é que não haja nenhum elo fraco na espia de reboque; se uma situação de emergência improvável surgir e colocar o rebocador em perigo, o guincho faz uma liberação de emergência da espia que é totalmente lançada, ela pode então ser recuperada e reutilizada. Com o elevado custo de espias de reboques, a última coisa que o proprietário do rebocador quer é uma engrenagem quebrada, de modo a proteger a espia que passa pela buzina, *sleeves* de sacrifício podem ser usadas. As duas principais razões para se mudar para um sistema total ou parcial de espia de reboque para os métodos modernos são:

- O peso da espia de reboque a ser manuseado pela tripulação no convés do navio. Se o cabo de 180 BS tonelada for utilizado, seria quase impossível de manusear.
- Estiramento é necessário. Quando puxando ou empurrando o costado ou través, apenas espias curtas de reboque são usados para que nunca haja qualquer efeito mola catenária. Outro ponto importante é quando conectado ao reboque nestas posições muitas vezes deve ser feitas manualmente, já que não há vantagem de um guincho no convés do navio.

Normalmente, um moderno guincho de um rebocador terá uma capacidade de travagem de, pelo menos, três vezes o valor nominal do *bollard pull* com freio simples, controle de embreagem ao lado do Skipper, um recuperador de velocidade muito leve (por exemplo, 90 metros / min) e um tambor designado para limitar problemas de bobinagem.

4 CONCLUSÕES FINAIS

Este trabalho busca trazer informações atualizadas sobre os tipos de propulsores mais utilizados nas embarcações mercantes e algumas em embarcações de recreio, mostrando as vantagens de cada sistema de propulsão e suas principais aplicações.

Além de mostrar como alguns desses propulsores são utilizados nas operações de manobras com rebocadores. Praticamente quase todos os rebocadores portuários são os do tipo com propulsão *Voith Schneider*, ou pelo menos estão sendo substituídos por rebocadores com esse tipo de propulsão, pois além de serem mais eficientes, podem operar nas manobras com altas velocidades e com diversas posições de linhas de reboques, dificuldade já apresentada em rebocadores convencionais.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.naval.com.br/blog/2009/04/21/>

Herman, **Propulsores Especiais**, apresentação de slides

The Nautical Institute, **Squat, Interaction and Manoeuvring**, SEPTEMBER 1995

Captain Yves Le Chevalier, **Voith Water Tractor Maneuver Manual**