



RIO DE JANEIRO
2013



RICARDO CARDOSO ARMELIN

PROPULSOR VOITH SCHNEIDER

Monografia apresentada 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 (a): Mestre Herman Regazzi

Rio de Janeiro
2013

RICARDO CARDOSO ARMELIN

PROPULSOR VOITH SCHNEIDER

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

AVALIAÇÃO

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador (a): Mestre Herman Regazzi

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Ao meu querido pai, que dedicou sua vida a mim.
A minha mãe e irmãos que me apoiaram nas horas difíceis.
Aos amigos que ajudaram a superar todas as dificuldades ao longo da formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Sr. Severino, Presidente do SINDMAR, que me ajudou a realizar a viagem para a Alemanha, onde, além dos novos conhecimentos adquiridos, pude coletar mais dados para esta monografia. Agradeço ao Vice Presidente de Pesquisa e Desenvolvimento da Voith Turbo Schneider Propulsion, Dr. Dirk Jürgens, e à sua equipe, pela excelente recepção em suas instalações em Heidenheim, Alemanha. No qual, proporcionou o máximo aproveitamento dos recursos existentes na empresa. Agradeço também, ao professor Henrique Vaicberg que me acompanhou na realização da pesquisa quanto aos assuntos relacionados ao Voith Schneider Propeller.

Agradeço ao engenheiro Michael Palm responsável pela engenharia e design do sistema de propulsão Voith Schneider, que me explicou bastante sobre a sua forma de atuação, vantagens e funcionamento mecânico. Para organização e conclusão de toda pesquisa foi fundamental o apoio do Prof. Herman Regazzi, que foi paciente ao orientar esta monografia; seu direcionamento de pesquisa, suas sugestões e apontamentos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

*“O importante não é aquilo que fazem de nós, mas o que nós mesmos fazemos do que os outros fizeram de nós.”
(Jean-Paul Sartre)*

RESUMO

O desenvolvimento da tecnologia e o aprimoramento dos processos industriais, que são empregados na fabricação do propulsor Voith Schneider, deram origem a um sistema de propulsão confiável, versátil e de fácil manutenção. A principal diferença entre este sistema e o sistema de propulsão convencional é à disposição da direção do eixo de rotação do propulsor em relação à direção do “thrust” gerado. Esta inovação mudou o conceito tradicional de propulsão dispensando também o uso do leme e de todo seu maquinário, tornando-se uma solução mais eficiente para diversos tipos de embarcações. O sistema de controle é composto por uma alavanca e por um volante, assim constata-se o quanto é fácil e intuitivo operar uma embarcação dotada deste sistema de propulsão. Destaca-se a capacidade de mudar em 180° a direção do “thrust” em questão de segundos, variando-se somente o ângulo de ataque de suas pás. As embarcações de apoio marítimo e offshore equipadas com a tecnologia “Voith Schneider” possuem a capacidade de ficar estáveis na água, podendo ser manobradas de forma precisa e não apresentam dificuldade durante o posicionamento dinâmico.

Palavras-chave: Sistema de propulsão. Propulsor Voith Schneider. Propulsão cicloidal. Posicionamento Dinâmico. Sistema “Anti Roll”. Propulsão. Voith.

ABSTRACT

The development of technology and the improvement of industrial processes that are employed in the manufacture of the “Voith Schneider Propeller” gave rise to a propulsion system reliable, versatile and easy to maintain. The main difference between this system and the system of conventional propulsion is at the disposal of the direction of the axis of rotation in relation to the direction of the "thrust" generated. This innovation has changed the traditional concept of propulsion exempting also the use of the rudder and all its machinery, making it a more efficient solution for various types of vessels. The control system is composed by a lever and a steering wheel, thus notes that is easy and intuitive operating a vessel with this propulsion system. The ability to change in 180 (2) the direction of "thrust" in a matter of seconds, varying only the angle of attack of their pas. The platform support vessels and offshore equipped with this technology "Voith Schneider" have the ability to remain stable in water, which can be operated in a precise way and do not have difficulty during the dynamic positioning.

Keywords: Propulsion System. Voith Schneider Propeller. Cicloydal Propeller. Dynamic Position. Anti-Roll System. Propulsion. Voith.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1 CONTEXTO HISTÓRICO	11
2 SISTEMA DE PROPULSAO VOITH SCHNEIDER	13
2.1 Princípio hidrodinâmico de Geração de “Thrust”.....	14
2.2 Sistema Cinemático “Kinematic System”	16
3 VOITH WATER TRACTOR	18
3.1 Principais Componentes do “VWT”	19
3.2 Controle do Propulsor	21
3.3 Principais Causas de Sobrecarga na Máquina	24
3.4 Capacidade de Manobra do Sistema “VSP”	25
4 APLICAÇÕES DO “VSP”	27
4.1 Redução na pressão do casco devido ao “VSP”	28
4.2 O efeito da ventilação no “Thrust”	31
4.3 Sistema “Anti-Roll” do “VSP”	35
CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o sistema de propulsão Voith Schneider mostrando suas principais características e funções. A aplicação desse sistema, proporciona uma capacidade de manobra única para as embarcações que o utilizam, demonstrando sua versatilidade e confiabilidade.

O Capítulo 1 trata do contexto histórico em que o propulsor Voith Schneider foi desenvolvido e quais foram os principais problemas superados. O investimento da companhia Voith em Ernest Schneider concretizou-se em Março de 1925, quando os diretores da Voith decidiram dar uma chance para o jovem estudante apresentar sua ideia, nas suas instalações.

O Capítulo 2 mostra os principais componentes do propulsor e como cada um deles interagem entre si. Ao introduzir esta tecnologia é necessário apresentar os principais componentes e suas funções para que o funcionamento do propulsor e do sistema de controle sejam compreendidos de uma maneira mais clara e objetiva.

No Capítulo 3 será apresentado o “Voith Water Tractor”, que é um rebocador que utiliza o sistema de propulsão Voith Schneider e que revolucionou a maneira de se manobrar uma embarcação, por este motivo que mais de 870 unidades em mais de 145 portos, ao redor do planeta, estão em operação atualmente, tornando-se referência na área de segurança.

Já no Capítulo 4, o assunto abordado será as principais aplicações e vantagens de se utilizar esse sistema de propulsão. Mostrando que as embarcações de apoio marítimo e offshore equipadas com a tecnologia “Voith Schneider” possuem a capacidade de ficar estáveis na água, podendo ser manobradas de forma precisa e não apresentando dificuldades durante o posicionamento dinâmico.

CAPÍTULO 1

Contexto Histórico

A origem do “Voith-Schneider Propeller”, remonta ao ano de 1923 quando um jovem estudante de engenharia chamado Ernst Schneider (1894-1975), de origem Austríaca, inventa um mecanismo de propulsão inovador com perfil de asa de pássaro, chamado inicialmente de “*Paddle-wheel propeller*” (fig.1) e posteriormente de “*blade-wheel propeller*”. Para viabilizar os primeiros testes de sua invenção o jovem engenheiro teve que dar aulas particulares para conseguir arcar com os custos iniciais, o levando a gastar suas últimas economias na construção do primeiro modelo, em grande escala, utilizando um motor com 28 HP de potência para ser instalado em um barco.

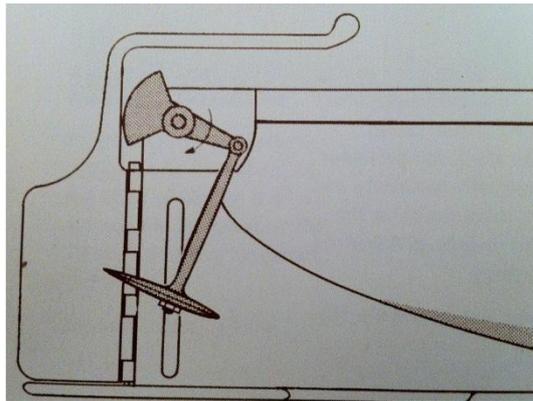


Figura 1 Barco experimental



Figura 2 Primeiro modelo

Este sistema gerou melhores resultados em comparação com o propulsor convencional, a partir das análises feitas por Ernst Schneider. Então, em 15 de Novembro de 1924 ele patenteia sua invenção com o seguinte título “Blades for propellers, turbines and the like”, no qual descrevia o seguinte conceito “*The invention relates to the exploitation of the power of vórtices in a fluid rotating about the axes when propellers and turbines of all kinds are operated*”. Então, após apresentar a sua ideia para a companhia Voith “*Maschinenfabrik Voith*” os engenheiros da empresa analisaram a patente, no quartel general da corporação localizado em Heidenheim, Alemanha e chegaram a promissoras conclusões.

Em Março de 1925, os diretores da Voith decidiram dar uma chance para o jovem estudante apresentar sua ideia, nas suas instalações. A empresa identificou que poderia ser um produto facilmente comercializado baseando se na afirmação de Rudolph Loffler agente da Voith em Viena, Áustria que escreveu: *“We assume that it may be Worth considering series production of some types of ship’s propellers”* consolidando o interesse na ideia apresentada. A partir de então iniciou se os experimentos com essa nova tecnologia. Apesar dos primeiros testes revelarem uma curva de eficiência inadequada, e mesmo após algumas alterações nos perfis das palhetas o projeto não produziu resultados satisfatórios, até que foi deixado de lado em Maio de 1945. Analisando a situação, pode se afirmar que Ernst Schneider chegou à conclusão de que seu sucesso inicial foi devido ao mau dimensionamento feito na comparação do seu propulsor com os propulsores já conhecidos, baseando se em sua afirmação *“The reason behind my apparent success, however, was the incorrect dimensioning of the comparison propeller so that its superiority over this propeller was not an improvement over known propellers in absolute terms; this discrepancy had been overlooked”*.

A inspiração para a maior invenção de Ernst Schneider veio a partir de um artigo sobre “Wells propulsion system” no qual o fez pensar que havia algo de errado com o seu projeto inicial. Ele percebeu que as dimensões do aparelho das palhetas que compõe o propulsor não eram naturais em comparação com o seu maquinário. Apesar de não obter o apoio do seu professor, Artur Budau, ele confiou nos seus instintos e fez mudanças drásticas no projeto.

Primeiramente, ele reduziu gradualmente o tamanho das palhetas, reduzindo portanto, o erro teórico, depois rearranjou a palhetas em circulo e finalmente criou um modelo no qual modificou o ponto de manobrabilidade, o tornando fácil de fabricar (fig.2), essa mudança funcionou muito bem e forneceu um método elegante para controlar o sistema de propulsão.

Originalmente, Ernst Schneider pensou em usar esse propulsor em turbinas de geração de energia. Entretanto quando seu colega, o engenheiro Ludwig Kober, tomou conhecimento dessa nova ideia criaram-se novas discussões a respeito do assunto, gerando promissoras perspectivas para o projeto.

Após resolver alguns problemas, ficou evidente que a capacidade do sistema direcionar o fluxo energizado de fluido para qualquer direção e a possibilidade de reverter o fluxo de vante para ré rapidamente, poderia ter diversos tipos de aplicações, criando se assim uma base de argumentos para que a corporação financiasse os futuros testes do novo projeto.

CAPÍTULO 2

Sistema de Propulsão Voith Schneider

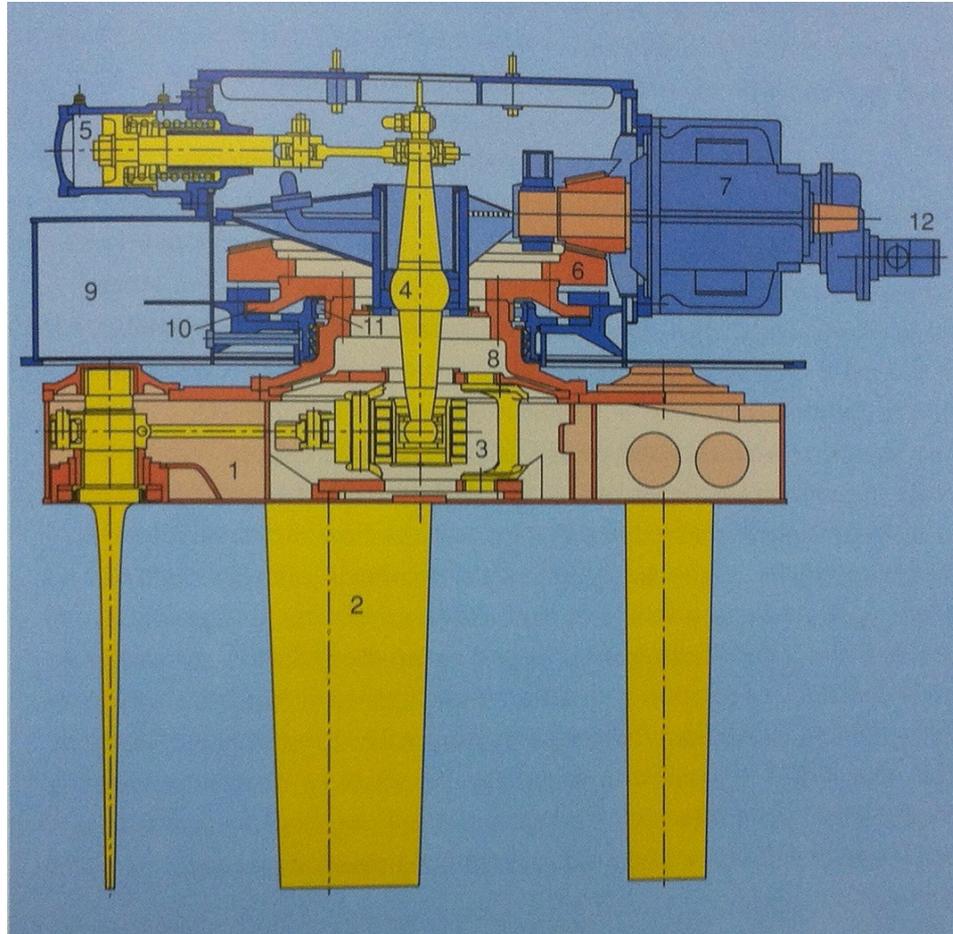


Figura 3 Principais Componentes

Ao introduzir esta tecnologia é necessário apresentar os principais componentes e suas funções para que o funcionamento do propulsor e do sistema de controle sejam compreendidos. Assim, de acordo com a figura acima, pode se verificar quais são os principais componentes do propulsor cicloidal Voith Schneider. Observa se que: o item (1) corresponde ao “rotor casing”, no qual é alimentado de energia, para geração do “thrust” pelo item (7) que é chamado de “Spur reduction gear” que está acoplado ao “bevel gear” item (6) no qual está fixo ao “rotor casing”. Já o “Plain thrust” item (10) sustenta o “rotor casing” que também é centralizado radialmente pelo “roller bearing” item (11).

Devido ao “kinematic system” item (3), as “blades” item (2) realizam um movimento de oscilação. A amplitude e as fases do movimento das “blades” são determinados pelo

“steering center”, por isso a intensidade e direção do “thrust” são variáveis de acordo com o “control rod” item (4). O “control rod” é ativado por dois “servo motors” item (5) arranjados ortogonalmente nos quais, são utilizados para ajustar o ângulo de ataque das “blades”.

Existem dois tipos de “servo motors”, um é o “propulsion servo motor” que é usado para regular o ângulo de ataque das palhetas para geração de “thrust” longitudinal, tanto para vante quanto para ré. Já o “rudder servo motor” é usado para “thrust” transversal, tanto para bombordo quanto para boreste. Os dois “servo motors” permitem manobrar o propulsor de acordo com o sistema cartesiano de coordenadas X/Y.

A divisão feita no controle do propulsor em “propulsion thrust” e “steering forces” o torna um sistema de fácil interação usuário - máquina. Assim, o “Voith Schneider Propeller” utilizando um controle mecânico apropriado para o controle dos “servo motors” e utilizando um “oil pump” item (12) resultará em uma propulsão autônoma com um sistema de controle que não precisa de nenhuma outra fonte de energia. Esta inovação mudou o conceito tradicional de propulsão, dispensando também o uso do leme e de todo seu maquinário, tornando se uma solução mais eficiente para diversos tipos de embarcações.

2.1 Princípio Hidrodinâmico para Geração de “Thrust”

O princípio hidrodinâmico que gera o “thrust” no “Voith Schneider Propeller” (VSP) baseia se na diferença de pressão que pode ser gerada entre os bordos das lamina (hidrofolios) do propulsor, em virtude do “thrust” ser uma força de reação que é explicada pela Segunda e Terceira leis de Newton. Ao se considerar um sistema que expulsa ou acelera massa de fluido em uma determinada direção, a massa que foi acelerada origina uma força proporcional, porém oposta á força exercida pelo sistema. Assim, o “thrust” que é uma força mecânica necessita que o sistema de propulsão deva estar em contato físico com algum fluido de trabalho (ar ou água), impelindo o objeto para frente e vencendo a força de arrasto.

Esse princípio torna se latente quando o hidrofólio, “blade”, do propulsor gira no sentido horário em uma determinada velocidade, produzindo uma região de alta pressão na face anterior (de dentro) e uma de baixa pressão na face posterior (de fora) (fig.4), que por consequência gera uma força perpendicular a “blade” do propulsor, chamada de “thrust”.

Ao verificar se a análise feita pelo, “CFD” (Computational Fluid Dynamics), sobre a variação de pressão que o propulsor gera no fluido em que está imerso, os resultados obtidos

mostram claramente as regiões de baixa pressão, representadas por cores frias, e as regiões de alta pressão, representadas por cores quentes, de acordo com a figura 5.

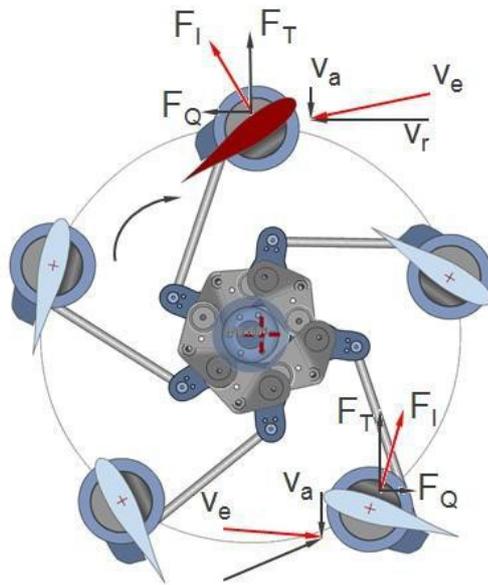


Figura 4 Geração de "thrust"

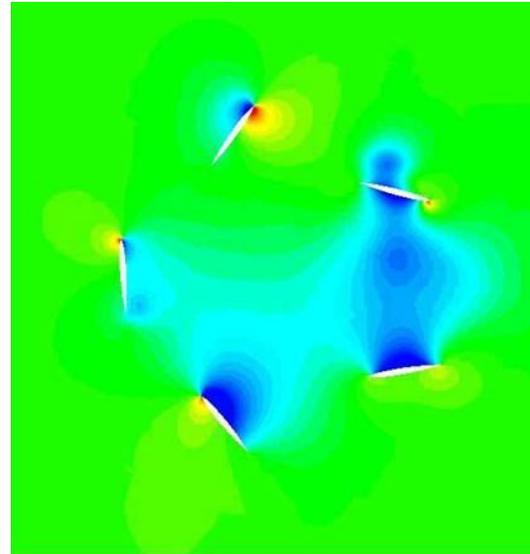


Figura 5 CFD

Por sua vez, o "thrust" é uma força mecânica, gerada quando um objeto sólido se move através de um fluido ou vice versa. As moléculas do fluido por serem livres movem se acompanhando o contorno do objeto. Assim, o perfil do hidrofólio, "blade", é projetado de modo que a velocidade do fluido nas faces do objeto sejam diferentes, provocando pressões baixas para regiões em que a velocidade do fluido é alta e pressões altas para regiões em que a velocidade do fluido é baixa, conforme o teorema de Bernouli.

Portanto, para controlar a direção do fluxo do fluido que sai do propulsor é necessário ter um completo e preciso controle do ângulo de ataque das "blades", que é possível graças ao sofisticado sistema cinemático de controle "kinematic system", que é responsável pela manobrabilidade do propulsor.

2.2 Sistema Cinemático “kinematic system”

A função do sistema cinemático de controle “kinematic system” é controlar a excentricidade “pitch”, que é a distância entre o centro de giro da placa que é fixo e o centro de giro das lâminas que é variável, de acordo com o ângulo de ataque assumido pelas lâminas. Variando-se o ângulo de ataque das lâminas do “VSP” cria-se uma excentricidade que irá determinar a direção resultante do “thrust” para o rumo desejado, como pode-se observar na figura abaixo.

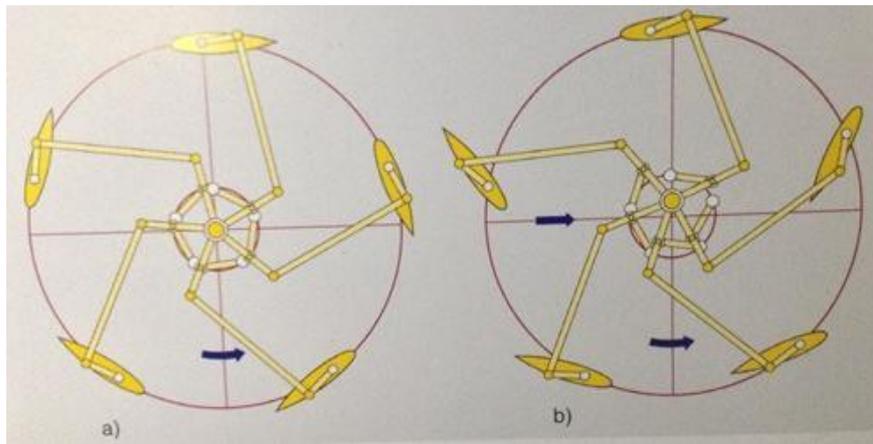


Figura 6 Excentricidade

Na figura (a), temos o “kinematic system”, que é todo o sistema mecânico de transmissão de movimento junto com as lâminas, representadas pela cor amarela, com o seu centro de giro coincidente com o centro de rotação da placa. Nesta situação, não ocorrerá a geração de nenhum “thrust”, pois se tem a condição de excentricidade igual à zero.

Já na figura (b) pode-se notar um pequeno deslocamento do centro de giro das lâminas em relação ao centro de rotação da placa. Este deslocamento é gerado por servo motores que atuam na alavanca de acionamento de inclinação das lâminas (fig. 7), para um dado ângulo de ataque e assim provocando o surgimento da excentricidade “pitch”, como pode ser verificado na (fig. 8). Neste caso, existindo uma dada excentricidade haverá “thrust” em uma dada direção somando-se a isto esse sistema proporcionou um controle do “pitch” do “VSP” a uma velocidade constante de rotação.



Figura 7 “Rod”

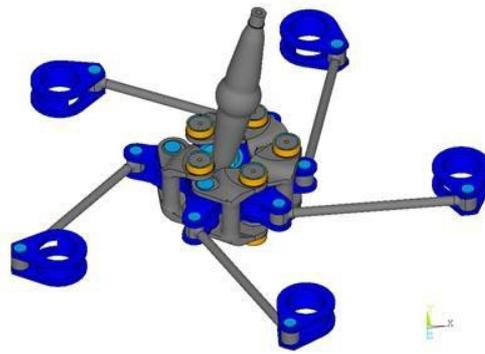


Figura 8 Sistema Cinemático

O controle do “VSP” é feito por dois subsistemas que atuam segundo coordenadas cartesianas. Um deles é uma alavanca que desliza para vante desde a posição zero até +100%, e para ré no intervalo de zero até – 100% controlando o “thrust” nestes sentidos, pois provoca a excentricidade sobre os semieixos horizontais OX (+), avante, e OX (-), a ré. O outro é um volante que gira no sentido horário (boreste), de zero até -100% e anti-horário (bombordo), desde zero até +100%, controlando o “thrust” nesses outros sentidos, pois provoca excentricidade sobre os semieixos OY (-), boreste, e OY (+), bombordo. Verifica se então que o “thrust” resultante é a soma vetorial da sua componente horizontal com a componente vertical.

A velocidade de rotação do propulsor é controlada por outra alavanca independente dos dois subsistemas, que varia a rotação do propulsor no intervalo de zero até 100%, conforme a demanda exigida. Para tripulantes mais experientes existe a opção de substituir a alavanca de “thrust” para avante e ré e o volante de “thrust” para boreste e bombordo, por um “Joystick”, que substitui os dois subsistemas, simplificando o controle da embarcação. A combinação adequada do “thrust” com a rotação imposta ao propulsor, permite manobrar a embarcação de modo mais eficiente a fim de otimizar a utilização de energia.

CAPÍTULO 3

Voith Water Tractor “VWT”

Tendo em vista altos índices de acidentes que vinham ocorrendo, envolvendo navios e rebocadores utilizados na faina de reboque, em meados de 1950 foi desenvolvido, na Alemanha, um novo rebocador denominado “Voith Water Tractor” com grande “Bollard Pull” que com a alta capacidade de manobra em espaços reduzidos tinha por finalidade reduzir os abalroamentos, conseqüentemente aumentando a segurança e confiabilidade das operações que necessitam deste tipo de serviço.

A capacidade de manobra deste tipo de embarcação demonstra a versatilidade e confiabilidade do sistema de propulsão “VSP” e como podem ser realizadas as principais manobras nas fainas delegadas á rebocadores. Assim, o “Voith Water Tractor” revolucionou a maneira de se manobrar uma embarcação, por este motivo que mais de 870 unidades em mais de 145 portos, ao redor do planeta, estão em operação atualmente, tornando se referência na área de segurança.

O sistema de propulsão Voith Schneider (cicloidal) é o sistema mais eficiente para atender as necessidades operacionais citadas. Ele tem a capacidade de direcionar seu “thrust” para qualquer direção com rapidez e eficiência, aumentando o controle e a confiabilidade em diversos tipos de manobras, que não seriam possíveis de serem realizadas com propulsão convencional mesmo utilizando propulsor Azimutal “ASD”, com os quais permanece em parte o risco da embarcação e de sua tripulação se envolver em acidente. Portanto, pode se utilizar o “Voith Water Tractor” como um exemplo para demonstrar a atuação do sistema de propulsão e controle e as vantagens operacionais de se utiliza lo.

A introdução de tais rebocadores com especificações de velocidade de até 15 nós e de “Bollard Pull” de até 100 toneladas revolucionaram a forma de se manobrar em portos. A principal inovação atribuída ao “VWT” foi posicionar o propulsor avante, ou seja, na proa da embarcação, combinado com o estabilizador tipo “skeg” dotado de cilindro rotativo posicionado a ré, ou seja, na popa. Neste caso, o ponto de reboque ficará a ré do ponto pivô do cabo evitando um equilíbrio instável das forças que atuam no rebocador. Tanto nos rebocadores convencionais como nos rebocadores que já utilizam o sistema de propulsão “ASD”, nos quais o ponto de reboque e o sistema de propulsão estão posicionados a ré o equilíbrio instável é uma realidade.

3.1 Principais Componentes do “VWT”

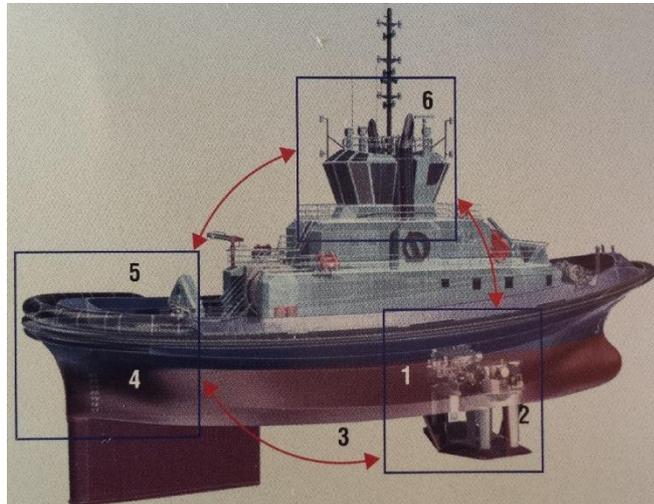


Figura 9 Componentes vitais do "VWT"

1. Utilizam se dois propulsores Voith Schneider localizados na proa, que operam em sentidos reversos e que estão fixados simetricamente no casco do rebocador. O posicionamento dos propulsores avante evita que os mesmos trabalhem no instável campo de pressões e velocidades da esteira da embarcação, eliminando o carregamento mecânico diferencial e intermitente das pás de um propulsor convencional. Assim, o “thrust” resultante atua a vante do eixo de rotação da embarcação. O posicionamento a vante permite que os fluxos de entrada e saída sejam livres em todas as direções, não ocorrendo à hipótese de descarga do propulsor sobre a carena.
2. A estrutura de proteção dos propulsores esta fixada abaixo dos mesmos. Tal estrutura é chamada de “protective guard”, que por apresentar um perfil de hidrofólio da origem ao “nozzle effect”, que consiste em organizar o fluxo de saída criando um “thrust” adicional. Além disso, também é utilizado para proteger o propulsor de um possível encalhe e também auxilia o escoramento do navio quando em docagem.

3. O casco é uma parte integrante do sistema, criando sustentação para manobras indiretas e garantindo baixa resistência ao avanço, por apresentar baixa resistência friccional.
4. O “skeg” foi desenvolvido para maximizar as forças de sustentação (laterais) e está localizado a ré, ou seja, abaixo da popa, e fornece uma eficaz equilíbrio e controle durante o reboque. O “skeg” desloca o centro da resistência lateral para ré, deste modo aumenta o braço entre a força do “thrust” em relação ao ponto de pivot (ponto de giro). Ele também garante a “estabilidade direcional” adequada tanto ao se navegar para vante ou para ré tanto de proa ou de popa.
5. O sistema de reboque constituído por grampo e guincho está localizado a ré do centro de rotação da embarcação.
6. O “VWT” é operado a partir do módulo (suporte) de controle na “wheelhouse”. Dependendo do tamanho da embarcação um ou vários controles sincronizados podem ser utilizados, neste caso podem ser usadas às malhas de controle do sistema CAN (protocolo proprietário de instalação industrial) desenvolvido pela BOSCH que controla eletronicamente o sistema de direção através de servo motores. O sistema de direção é geralmente ligado mecanicamente ao propulsor para permitir o controle direto do mesmo, evitando a perda de controle caso ocorra uma falha do sistema de direção.

Este tipo de embarcação tem a função de auxiliar os navios através do reboque e escolta, possibilitando a entrada e saída de portos e vias navegáveis e também a entrada e saída de docagem e ancoradouros. Toda manobra tem por objetivo ser feita no menor tempo possível e com a máxima segurança tanto para o navio rebocado quanto para o rebocador, suas tripulações e para às instalações portuárias.

O “VWT” pode empurrar diretamente em qualquer direção sem qualquer momento de banda indesejado. Ele permite manobrar grandes navios em canais confinados e docas com um ótimo aproveitamento de energia e impulso. Ao utilizar o sistema de propulsão cicloidal “VSP”, que representa o estado-da-arte da tecnologia de propulsão e manobra, o “VWT” torna se uma ferramenta vital para se preservar recursos e vidas humanas. Foi projetado com o objetivo de se tornar mais eficiente que os rebocadores que utilizam propulsão convencional e também aqueles com propulsão “ASD” (Azimutal Stern Drive). É capaz de realizar manobras que são fisicamente impraticáveis para os demais rebocadores que por não possuem este

sistema de propulsão, não são capazes de direcionar seu “thrust” para todas as direções com a intensidade apropriada e apresentar, portanto maior eficiência que o “VSP” desempenha.

3.2 Controle do Propulsor

O sistema de controle é composto por uma alavanca e por um volante, assim constata-se o quanto é fácil e intuitivo operar uma embarcação dotada deste sistema de propulsão. Como já mencionado pode ser verificada a composição vetorial das componentes cartesianas que proporcionam ao rebocador a capacidade de direcionar seu “thrust”. Os gráficos abaixo mostram com mais detalhes a relação entre o controle efetuado e o “thrust” gerado.

Basicamente, as alavancas controlam a magnitude da força longitudinal enquanto o volante controla a magnitude da força transversal. Assim, ao considerar as duas alavancas, uma de cada propulsor, definidas e ajustadas na posição de “pitch” igual a (10) figura 10. Isso significa que de acordo com o gráfico da tabela 1, não importa se as alavancas estão ajustadas para força total a vante ou a ré, se a roda estiver ajustada na posição (0) o impulso a vante ou a ré será de 100%, enquanto o impulso transversal será igual a 0%.

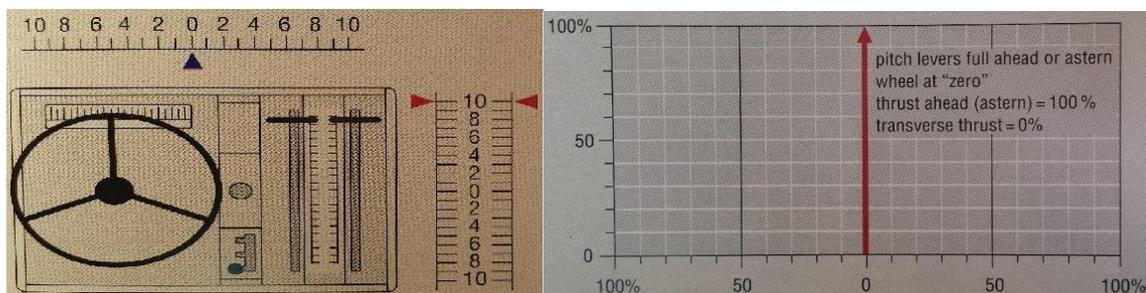


Figura 10 Alavanca na posição (10)

Tabela 1 "thrust" Gerado

Ao ajustar o volante e as alavancas em uma posição diferente de (0), com força total avante ou a ré e tanto para bombordo quanto para boreste, surgirá uma componente longitudinal e uma transversal. Assim, se a roda estiver ajustada para posição (5) tanto para bombordo quanto para boreste, o impulso transversal será de aproximadamente 45%, enquanto o impulso longitudinal será de aproximadamente 55%, de acordo com o gráfico da tabela 2.

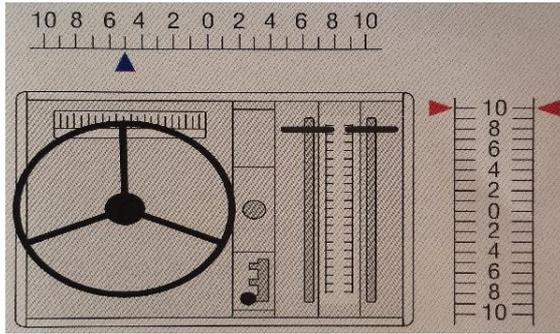


Figura 11 Alavanca na posição (10) e Volante na (5)

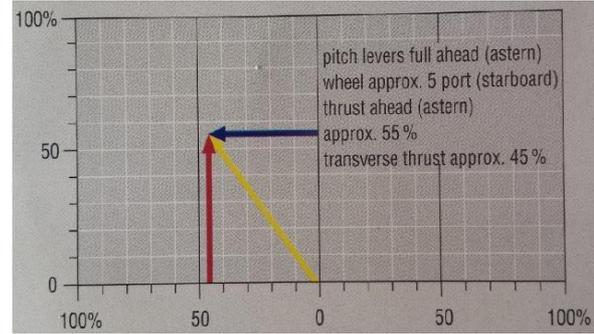


Tabela 2 Componentes do "Thrust" gerado

O ajuste da alavanca na posição pitch igual a (10), tanto a vante quanto a ré, somado com ajuste do volante também na posição igual a (10), tanto para bombordo quanto para boreste, irá gerar um impulso longitudinal de 25% enquanto o impulso transversal gerado será de 75%, de acordo com o gráfico da tabela 3.

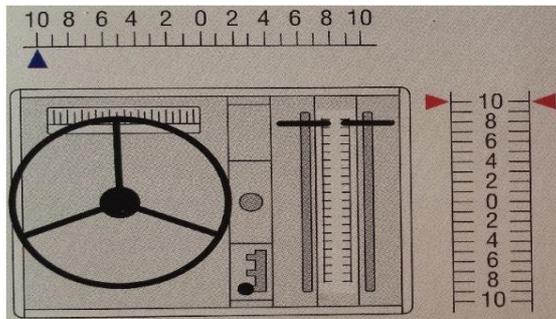


Figura 12 Alavanca na posição (10) e Volante na (10)

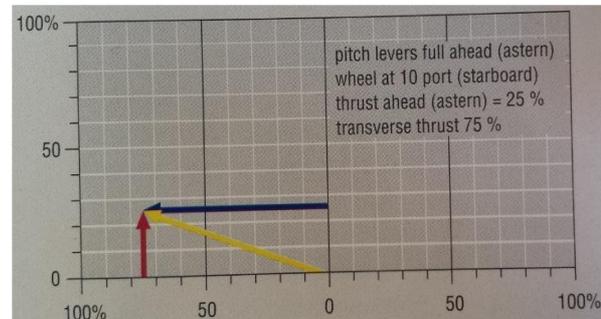


Tabela 3 Componentes do "Thrust" gerado da figura 12

Quando a posição da alavanca estiver ajustada para posição igual a (0) e a roda estiver ajustada para posição igual a (10), tanto para bombordo quanto para boreste, o impulso resultante no sentido transversal será de 100%, ao passo que o impulso longitudinal será igual à 0%, de acordo com o gráfico da tabela 4.

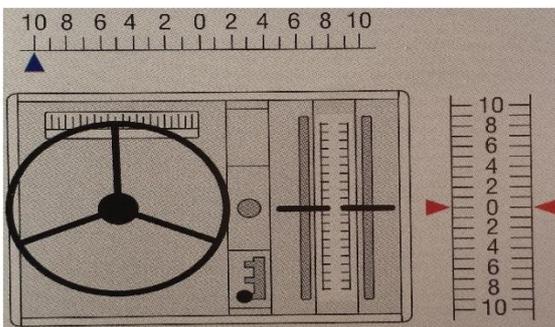


Figura 13 Alavanca na posição (0) e Volante na (10)

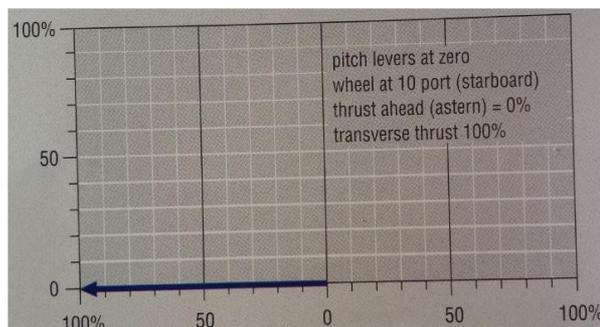


Tabela 4 Componentes do "Thrust" gerado da figura 12

Constata-se que, a aplicação do plano cartesiano como base teórica para criar o sistema de controle do propulsor Voith Schneider, é o principal responsável pela fácil adaptação do usuário com o equipamento. Destaca-se principalmente a capacidade de mudar em 180° a

direção do “thrust” em questão de segundos, variando se somente a excentricidade do sistema cinemático que é controlado pelo sistema de controle.

Para manter a máxima eficiência do propulsor é necessário respeitar alguns limites para evitar sobrecarregar de esforços ao maquinário empregado no sistema de propulsão de uma forma geral. A restrição de “pitch” deve ser aplicada para todas as operações de reboque, no qual o comandante do rebocador deve controlar a velocidade do motor, de tal forma que garanta a segurança da embarcação e sua tripulação.

As configurações de velocidade devem ser feita de acordo com os requisitos da operação de tração.

- RPM máxima, aproximadamente 100%.
- RPM de operação, aproximadamente 60%.
- RPM de stand-by, aproximadamente 40%.

O limitador de altura da alavanca não deve ser aplicado para a corrida livre. Assim se o motor ficar sobrecarregado, a velocidade deste deverá ser reduzida e o comandante deve reduzir a posição da roda e /ou da alavanca.

- Máxima posição da alavanca quando empurrando, aproximadamente 9.
- Máxima posição da alavanca quando puxando, aproximadamente 8.
- Máxima posição da alavanca quando em navegação aberta, aproximadamente 10.

3.3 Principais causas de sobrecarga na máquina

Conhecer as limitações físicas do propulsor é essencial para evitar uma exposição do sistema de propulsão a elevados níveis de esforços durante um determinado período de tempo. Assim, existem algumas situações que devem ser evitadas a fim de se preservar o equipamento, evitando longos períodos de indisposição operacional da embarcação. Abaixo constata se algumas imperícias que podem provocar danos ao sistema de propulsão.

1. Ajuste da posição do Volante e / ou da alavanca repentino.
2. Manobrar sem restrição de “pitch” e se o mesmo estiver ajustado na posição (10) à vante ou (10) a ré.
3. Retardar o segmento da embarcação ajustando a alavanca em uma posição alta.
4. Executar manobra de puxar com as alavancas ajustadas em posições maiores do que (8).
5. Executar manobra de empurrar com as alavancas configuradas para posições maiores de que (9).

Para evitar a sobrecarga do motor durante as diversas manobras realizadas pelo rebocador, existe um limitador de “pitch” localizado no painel de controle, que deve ser ativado a fim de se evitar danos ao sistema mecânico do propulsor. Caso ocorra uma sobrecarga no sistema, existe um alarme de sobrecarga que atua reduzindo o “pitch” até o alarme ser desligado, somente após isso o “pitch” poderá ser aumentado novamente.

A sobrecarga da máquina será indicada por:

- Luzes de advertência de sobrecarga intermitente na potência 110%
- Alarme acústico no posto de controle “VSP”.

3.4 Capacidade de Manobra do sistema “VSP”

O sistema de controle do “Voith Schneider Propeller” proporciona ao operador um controle mais intuitivo e eficiente da embarcação, devido à capacidade de direcionar seu “thrust” para qualquer direção de maneira rápida e eficaz acionando apenas um volante e uma alavanca. Para efeitos práticos, considera-se que o volante move a proa enquanto a alavanca

move a popa possibilitando a fácil compreensão do operador, abaixo podemos verificar como os controles do “VSP” são simples de serem manuseados.

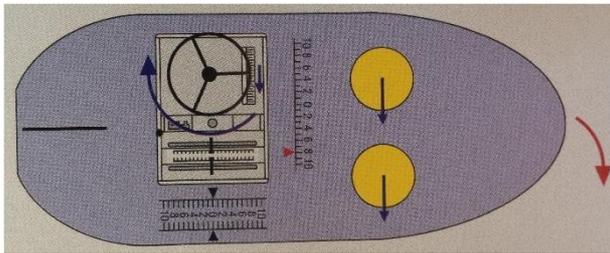


Figura 14 segmento a vante com "VSP"

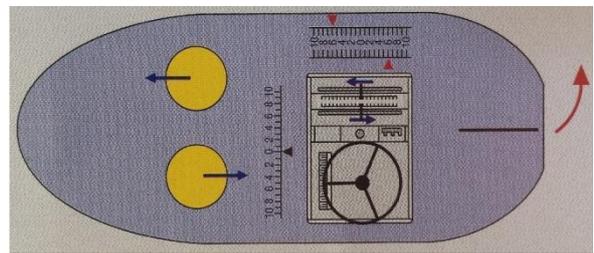


Figura 15 Segmento a vante com "Skeg"

- Parada de emergência

Manobra padrão com o “VSP” ou “tubo FIN”. Deve se seguir o seguinte procedimento: Ajustar as alavancas gradualmente até a posição (6) no sentido oposto e aumentar a intensidade lentamente, se necessário, e certificar se que o volante está ajustado na posição (0). Este tipo de parada de emergência resulta em uma distancia de parada de aproximadamente 1 vez o comprimento da embarcação.

Manobra aprimorada com o “VSP” ou “tubo FIN”. Deve se seguir o seguinte procedimento: Ajustar as alavancas da posição (10) para a posição (0) e virar o volante para a boreste, a fim de parar o “VWT”. O avanço remanescente é interrompido colocando se as alavancas para ré ou para a vante. Este tipo de parada de emergência resulta em uma distancia de parada de aproximadamente 0,5 vezes o comprimento da embarcação

OBS: Se qualquer cabo ou qualquer outra obstrução entrar em contato com o sistema de propulsão, a parada de emergência do respectivo propulsor deve ser acionada imediatamente.

- Manobrando com o rebocador a vante da embarcação

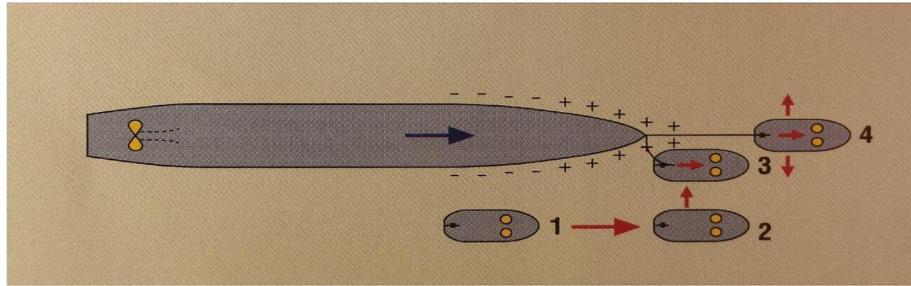


Figura 16 Manobra de aproximação

1. Aproxima-se do navio com o “VWT” como descrito na posição 1. Desta forma, o sistema de propulsão irá trabalhar em águas livres, sem ser afetado por turbulências provenientes das ondas geradas pela proa do navio e o navio pode ser ultrapassado sem qualquer risco.
2. Nas posições 2 e 3 determina-se a velocidade e a posição mais favorável para passar o cabo guia. Para viabilizar esta operação o “VWT” deve ser capaz de manter a mesma velocidade que o navio, como pode ser observado na posição 2.
3. Na posição 3 pegue a retinida e aproximadamente 4 m de cabo, para viabilizar esta manobra pode ser necessário um gancho.
4. Nas posições 4 e 5 movimente-se o mais longe do navio possível, rapidamente ajuste o cabo de reboque e o seu comprimento para que esteja pronto para o reboque, como pode ser verificado na posição 4.
5. Na posição 5, o rebocador fica em alerta e de prontidão aguardando as ordens do práctico que está abordo do navio, tendo a capacidade de manobrar o rebocador tanto para bombordo quanto para boreste, como pode ser observado na posição 5.

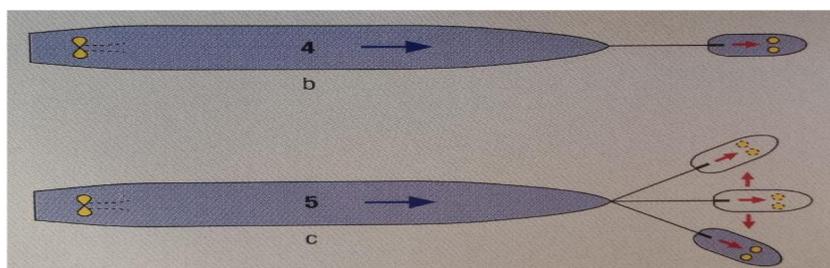


Figura 17 Manobra de reboque

CAPÍTULO 4

APLICAÇÕES DO “VSP”

Ventos fortes, ondas altas e correntes perigosas, são condições que podem ser enfrentadas no mar e que tornam qualquer tipo de serviço difícil de ser executado. No entanto, as embarcações de apoio marítimo e offshore equipadas com a tecnologia “Voith Schneider” possuem a capacidade de ficar estáveis na água, podendo ser manobradas de forma precisa e não apresentam dificuldades durante o posicionamento dinâmico.

A aplicação desta tecnologia não se restringe apenas ao “VWT”, mas também é utilizada em outros tipos de embarcações como: navios de apoio marítimo e Offshore “OSV”, como por exemplo o navio "North Sea Giant" que está equipado com cinco “VSP”. A embarcação tem um comprimento de 161 metros e uma largura de 30 metros, e é utilizada para instalar plataformas, sondas e para fixar tubulações. Pode-se citar também as Plataformas semissubmersíveis dinamicamente posicionadas e os navios de exploração e perfuração que são capazes de acessar reservas de matérias-primas em profundidades de até 3.000 metros de lamina d’água.

Nessas embarcações para que suas tarefas sejam completadas, o vetor ambiental que consiste em: força das correntes, ventos e ondas, deve ser compensado. Devido à alta capacidade de manobra e tempo de resposta curto, as embarcações com “VSP” podem manter a sua posição diretamente no local de perfuração com segurança e precisão. No caso de ondas altas, a “Voith Roll Stabilization” (VRS) assegura que o navio continue trabalhando com segurança.

O rápido controle e precisão do “thrust” oferece uma maior capacidade de atuação para o Sistema “DP” do navio, quanto mais rápido o sistema de propulsão neutraliza uma perturbação criada pelas forças ambientais, mais eficiente ele se torna. Isto é necessário quando existe a necessidade de se manter a embarcação no círculo de segurança resultando no aumento da janela de operação da embarcação.

Portanto, a apresentação dos mais recentes resultados de estudos sobre a “Voith Schneider Propeller” em aplicações de posicionamento dinâmico é essencial para demonstrar e comprovar seus atributos. Estas investigações foram realizadas através de métodos experimentais e simulações computacionais em dinâmica dos fluidos, conforme atestam os dados coletados na pesquisa de campo realizada.

Foram feitos estudos sobre a influência do propulsor “Voith Schneider” em condições severas de tempo, sobre a capacidade de amortecimento do “Roll” feita pelo “VSP” e ainda o impacto na eficiência da propulsão quando ocorre o efeito de ventilação. Para este último, os resultados obtidos, são comparados com os resultados obtidos do propulsor Azimutal.

Os resultados mostram que o “VSP” atenua o impacto do fluido, aliviando a carga de pressão, devido ao constante impacto de fluido na popa. Além disso, o “VSP” é menos propenso a perdas de “thrust”, devido aos efeitos de ventilação em relação a outros sistemas de propulsão.

4.1 Redução da pressão no casco devido ao “VSP”

A embarcação em condição de “Dynamic Position” pode enfrentar a situação em que as ondas estão criando severo aumento de pressão no casco, devido ao aumento do período e intensidade de impacto do fluido com o casco. A figura abaixo mostra um “OSV” (LOA 90m), impulsionado por dois “VSP”, que foi testado no tanque de provas da Bacia de Viena, em alturas máximas de onda de 8 m com um calado de 5,2 metros.



Figura 18 Tanque de provas



Figura 19 Modelo do navio e os pontos em que estão os sensores de pressão

As medições demonstraram um efeito muito interessante. Mesmo se o “VSP” não produz qualquer impulso, que significa que ele funciona com excentricidade igual à zero, ou seja ângulo de ataque dos hidrofólios igual à zero, e um rpm constante, ainda assim há uma redução na pressão exercida no casco, como pode ser claramente observado na figura abaixo.

A primeira medição foi feita com o ”VSP” desligado e o posteriormente com o “VSP” ligado com a alavanca ajustada na posição (0), ou seja não gerando “thrust”. Como resultado uma notável redução especialmente com sensores de pressão posicionados perto do “VSP” (nº 5, 6 e 7), comprovando que este sistema atenua os níveis de pressão no casco mesmo sem gerar “thrust”.

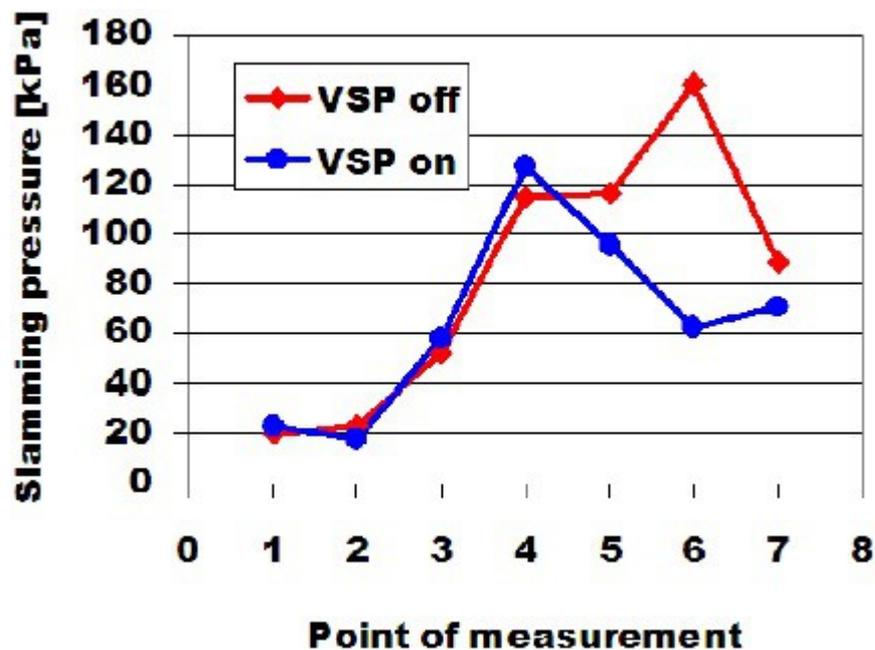


Tabela 5 "VSP on" Vs. "VSP off"

Foi analisada também a quantidade de impactos do fluido com o casco em um determinado período de tempo, tanto com o “VSP” ligado quanto desligado. E também o número de impactos ocorridos em 30 minutos para os pontos de medição n.º 4, 5, 6 e 7 para ondas com altura de $H_s = 4,0$ m, como pode ser observado no gráfico abaixo. Observou-se que a amplitude máxima e a frequência da ocorrência de impactos foram reduzidos apenas pelo simples fato do “VSP” operar sem gerar “thrust”.

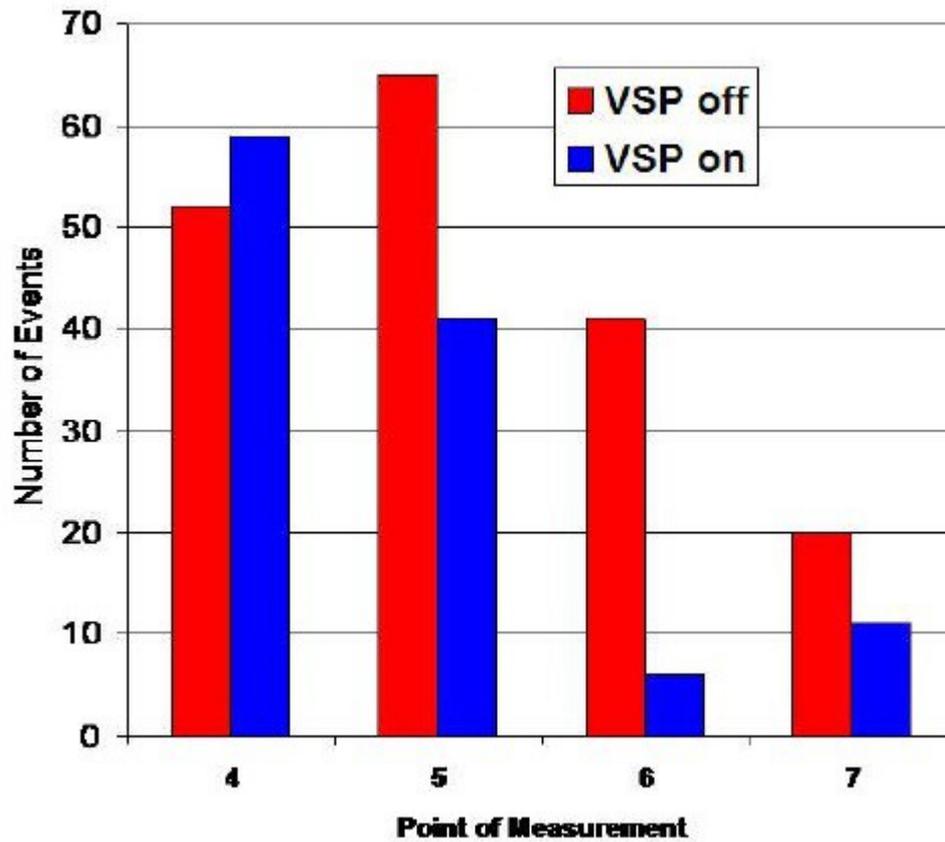


Tabela 6 Pontos de pressão

4.2 O efeito da Ventilação no “Thrust”

As ondas podem induzir movimentos verticais muito amplos no navio, podendo expor a unidade de propulsão ao risco de ventilação. Neste caso, o ar sugado pode atingir o plano das pás do propulsor, em casos mais extremos, as pás podem emergir parcialmente da água. Este fenômeno exerce uma forte influência negativa no desempenho do propulsor.

Observa-se quedas repentinas e substanciais tanto no “thrust” quanto no torque do propulsor, os quais são os principais responsáveis por possíveis falhas mecânicas nos componentes do sistema de transmissão de potência, provocam picos de esforços mecânicos ocasionando como por exemplo quebras e avarias em engrenagens como pode ser observado na figura abaixo.



Figura 20 "Gear Box" danificada

O propulsor cicloidal “VSP” e o azimutal “ASD” foram testados, com o intuito de averiguar qual seria o impacto da ventilação sobre o “thrust” gerado por seus sistemas. O diâmetro do “VSP” utilizado no experimento foi de 200 milímetros e o comprimento da lâmina era 150 milímetros enquanto que o diâmetro do “ASD” utilizado foi de 210 milímetros, ambos os propulsores foram ajustados para desenvolver o mesmo “thrust” em condições submersas e tanto o impulso quanto o torque foram medidos para ambos os propulsores enquanto estavam parcialmente fora do fluido em que estavam inseridos, possibilitando obter os dados necessários para elaborar uma base comparativa nos dois propulsores.

Com o intuito de averiguar a eficiência da geração de “thrust” dos propulsores nesta situação, chegou se a conclusão de que a melhor maneira para expressar os dados comparativos seria como uma função de h / d definida na figura abaixo.

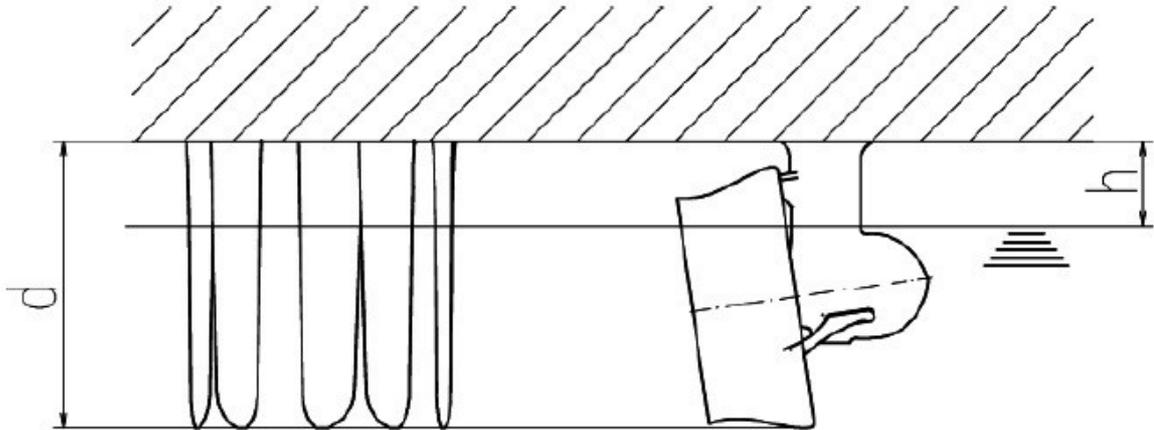


Tabela 7 Definição do nível de imersão

O efeito da ventilação é menos latente no “VSP”, neste caso o “thrust” diminui gradativamente conforme o propulsor vai emergindo, enquanto ao propulsor “ASD” ao emergir, sofre uma significativa redução no “thrust” antes mesmo das pás da hélice começarem a emergir, como pode ser observado nas figuras a seguir. Com o intuito de se obter mais detalhes sobre como o fenômeno está ocorrendo nesta situação os dados também foram analisados através do “CFD” (Computacional Fluid Dynamics).

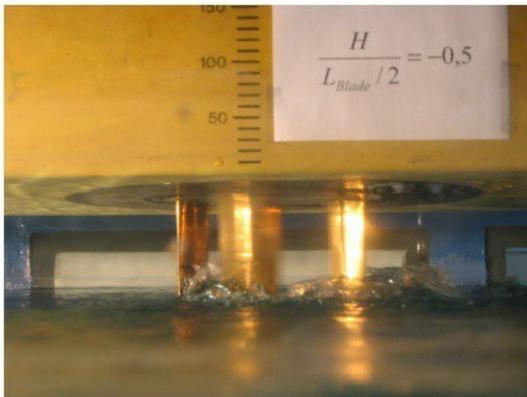


Figura 20 "VSP" com $h/d=0,5$

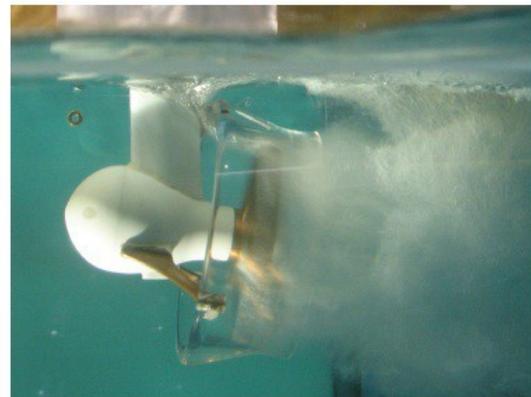


Figura 21 "Azimutal" com $h/d=0,04$

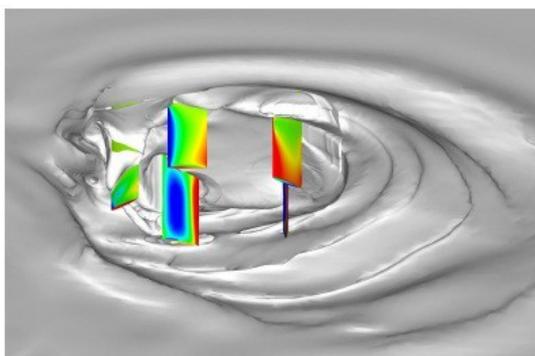


Figura 22 "CFD" para o "VSP" com $h/d=0,5$

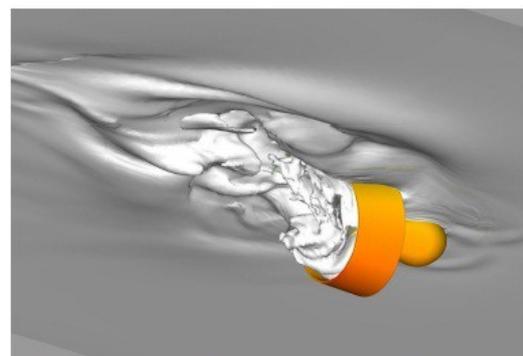


Figura 23 "CFD" para o "Azimutal" com $h/d=0,5$

A interação de três elementos são necessários como pré-requisito para a formação do efeito de ventilação. Os principais elementos são: o fluido, a atmosfera e o propulsor. Assim, quanto mais intensa se dá a interação entre esses três elementos maior é a probabilidade de ocorrer ventilação. A forma como o propulsor “ASD” gera o “thrust” cria condições favoráveis, juntamente com os 3 elementos, para que a ventilação ocorra.

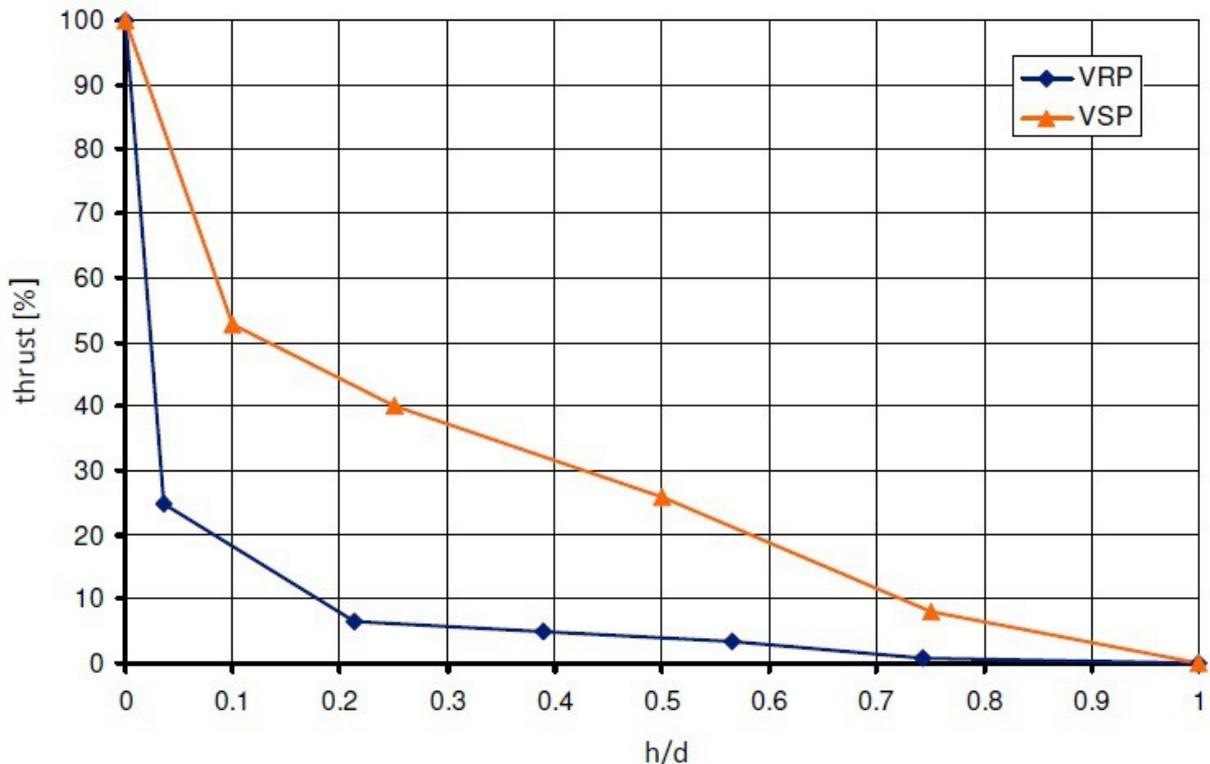


Tabela 7 Perda de "thrust" Vs. Imersão

Na figura acima, é feita uma comparação entre a eficiência do “thrust” e a porcentagem que esta emerge. Os valores são apresentados como uma função de h/d . O sistema Voith Schneider é menos influenciado por efeitos de ventilação, o “thrust” para o “VSP” diminui mais gradativamente com a hélice emergente, enquanto o azimutal sofre uma redução no “thrust” enorme antes mesmo das pás da hélice começarem a surgir.

A comparação quantitativa entre o cálculo e as experiências são descritos nas figuras abaixo. Estes primeiros resultados mostram que o comportamento geral em condições de ventilação dos diferentes sistemas de propulsão estão dentro do previsto. Os cálculos do “CFD” foram realizados antes dos testes de modelo, possibilitando a comparação entre o modelo do “CFD” e do teste. Os estudos estão avaliados em pormenor para entender melhor o efeito da ventilação sobre o desempenho do propulsor.

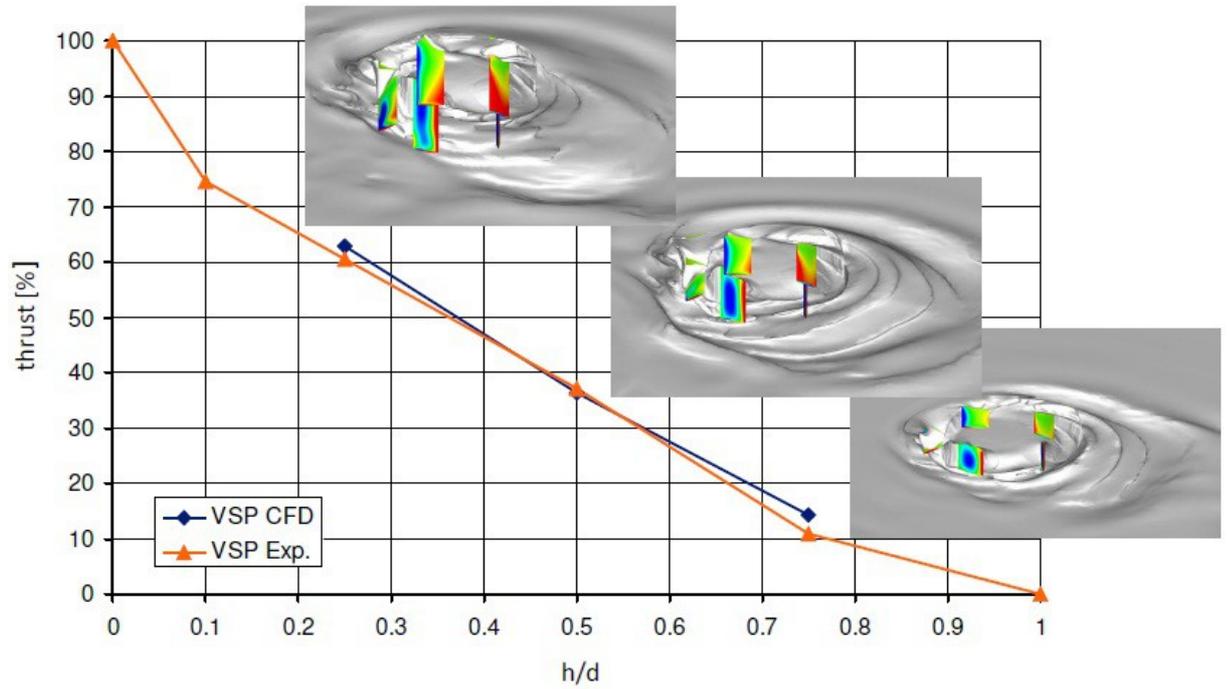


Figura 24 "thrust" do "VSP" vs. Imersão

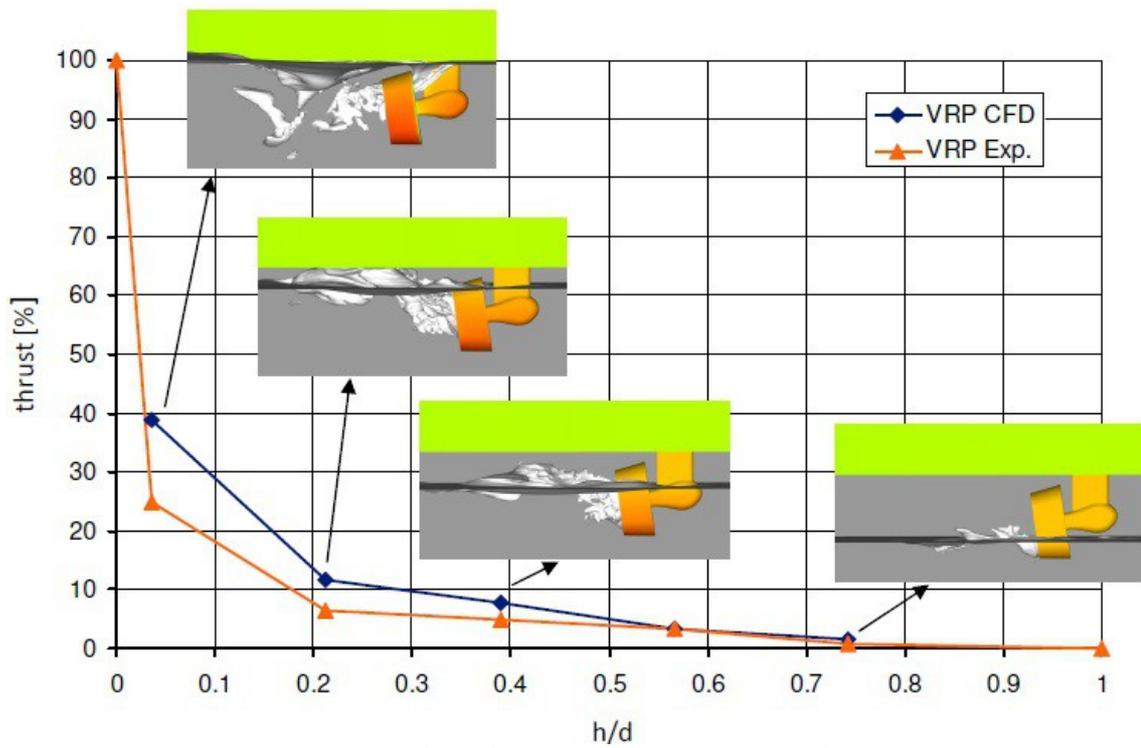


Figura 25 "thrust" gerado pelo azimuthal Vs. Imersão

4.3 Sistema “Anti-Roll” do “VSP”

As condições climáticas podem gerar estados de mar grosso. Isto pode causar nos navios grandes amplitudes de balanço afetando a sua capacidade de operação, a segurança da tripulação e conforto a bordo.

Para neutralizar os movimentos de balanço vários sistemas ativos e passivos com diferentes graus de efeito são amplamente utilizados. Um deles é o “VSP” que devido a suas características permite um controle rápido e contínuo/variável do impulso em magnitude e direção. Estes atributos o levaram a uma nova funcionalidade, além de propulsão e governo, se adicionarmos alguns poucos componentes eletrônicos também pode ser utilizado como um estabilizador de balanço ativo.

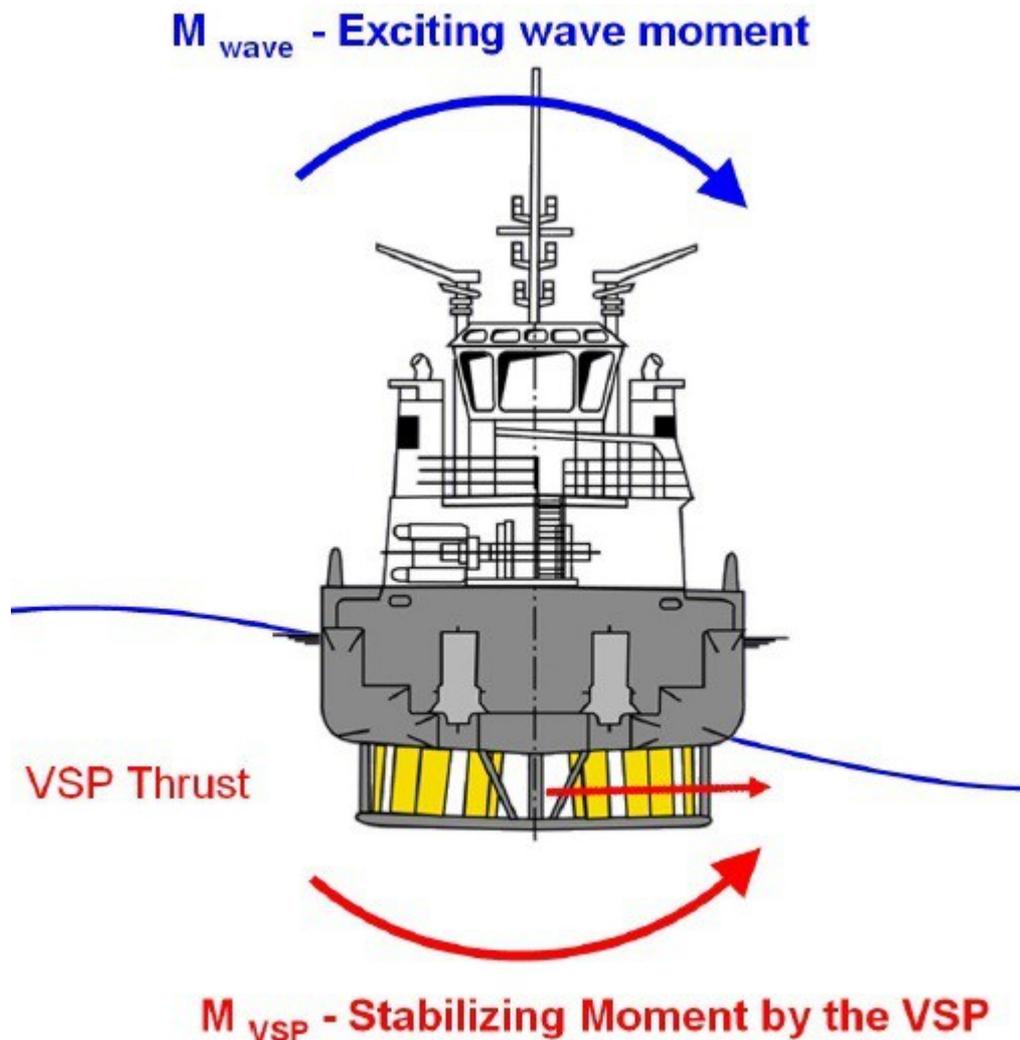


Figura 24 Forças de compensação geradas pelo “VSP”

A figura acima mostra o princípio básico de estabilização de balanço do “VSP”. No momento em que inicia o movimento de balanço este é parcialmente equalizado pelo impulso transversal gerado pelo “VSP”. Uma vez que a magnitude do impulso do “VSP” é igual em todas as direções para a velocidade de avanço igual a zero um momento de neutralização pode ser gerado por “thrust” laterais.

Este princípio também é válido para velocidades de cruzeiro, já que o “thrust” pode ser gerado em varias direções muito rápido devido à lógica (x / y) do “VSP”. Para quantificar a capacidade de amortecimento de balanço uma série de ensaios com um barco a motor foram realizados em um tanque de provas com um modelo do navio.

Os testes foram realizados com velocidade de avanço igual á zero com ondas de proa com uma altura significativa de 1,5 m e um período de pico de 5 seg. No grafico abaixo, o tempo de resposta do ângulo de balanço com “Voith Roll Stabilization” ativo ou não é mostrado. Neste caso, foi alcançada uma redução do balanço de 64,9%. Quando o "VRS" está desligado as “blades” estão girando com zero de excentricidade. Já quando o "VRS" está ligado o Voith Schneider gera “thrust” lateral alternado para contrariar o movimento de balanço. Atualmente, o “Voith-Roll-Stabilisation” é implementado com sucesso em diferentes embarcações de apoio offshore.

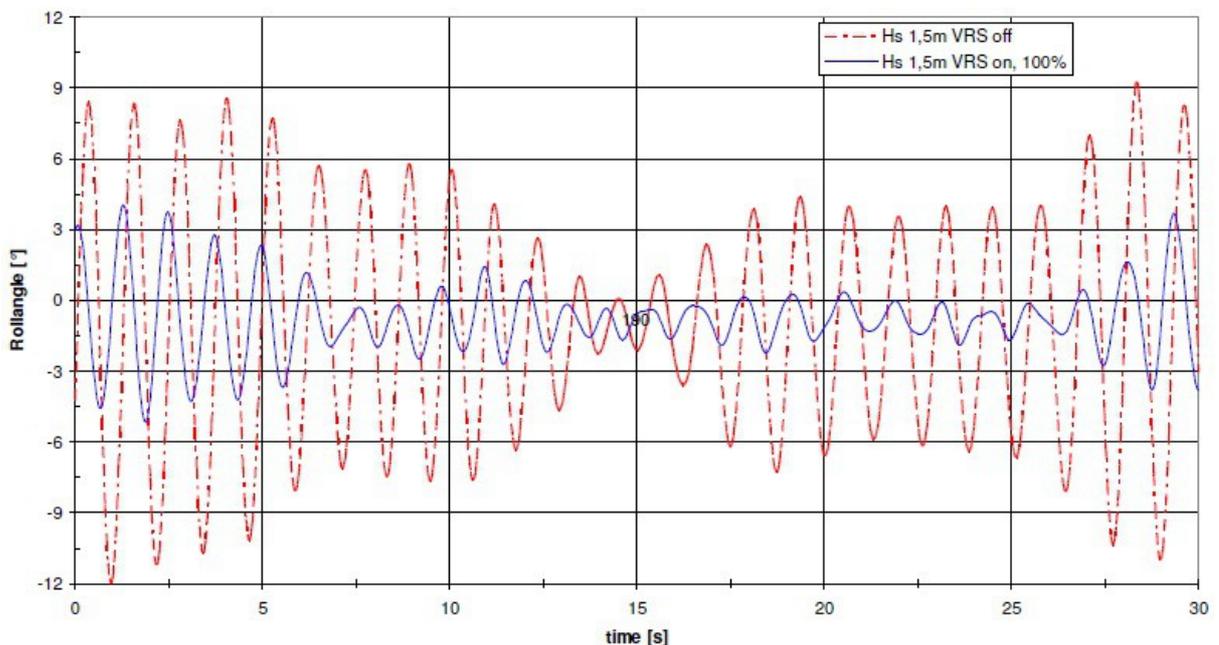


Figura 25 gráfico de compensação do “Roll” no “VSP”

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O princípio básico do sistema de propulsão Voith Schneider é controlar o ângulo de ataque dos hidrofólios do propulsor, proporcionando assim uma alta capacidade de direcionar o “thrust” e forma rápida e precisa o que torna o sistema uma opção eficiente e inovador para navios que têm altas exigências de desempenho de posicionamento dinâmico.

Basicamente, existem três fenômenos físicos que estão diretamente ligados as aplicações deste tipo de propulsão. Foi mostrado que “VSP” alivia as cargas de pressão no casco, especificamente na popa. Além disso, é menos propenso a perdas devido ao efeito de ventilação, em comparação com os propulsores azimutais. E fornece, também, além de uma propulsão para o governo da embarcação, um efetivo amortecimento do balanço, ou seja “Roll” da embarcação. A manutenção deste produto é simples de ser feita, necessitando apenas de uma troca periódica de filtros e outros componentes que são secundários ao propulsor e quando em período de docagem necessitam trocar a vedação que separa o propulsor do fluido.

Assim, a aplicação desse sistema de propulsão em posicionamento dinâmico têm a capacidade de viabilizar um aumento da janela de operação das embarcações, do nível de segurança e da qualidade de vida dos tripulantes que operam com este tipo de tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - JURGENS, Birgit; Werner Fork. The Fascination of the Voith-Schneider Propeller History and Engineering. KOEHLER, Hamburg, p.10-47, 2002.
- 2 – EABW, Vol.80, Bu 713, letter from Schneider to the Voith company/agents in Vienna dated 3.2.1924
- 3 - EABW, Vol.80, Bu 713, Schneider, copy of 15.11.1924
- 4 – cf EABW, Vol.80, Bu 713, letter from Schneider to the Voith company/agents in Vienna dated 3.2.1924
- 5 - EABW, Vol.80, Bu 714, Schneider, memoir dated May 1931, p.5
- 6 - EABW, Vol.80, Bu 714, report by Kober dated 15.4.1925
- 7 – JURGENS, Dr.Dirk: Voith Schneider Propeller – Current Applications and New Developments,Germany.
- 8 – JURGENS, Dr.Dirk; PALM, Michael; AMELANG, Andreas; Moltrecht, Torsten: Design of Reliable Steerable Thrusters by Enhanced Numerical Methods and Full Scale Optimization of Thruster – Hull Interaction Using CFD. ;Voith Turbo Marine, Heidenheim, Germany. October 7 – 8, 2008
- 9 - JURGENS, Dr.Dirk; PALM, Michael; BENDL, David: Numerical and Experimental Study on Ventilation for Azimuth Thrusters and Cycloidal Propellers. Second International Symposium on Marine Propulsors smp'11,Hamburg,Germany, June 2011.
- 10 – LE CHEVALIER, Captain Yves; RADIKE Olaf: Voith Water Tractor Maneuver Manual. Heidenheim, Germany.

11 - JURGENS, Dr.Dirk: Interview dated 8.07.2013. Heidenheim, Germany

12 - PALM, Michael: Interview dated 9.07.2013. Heidenheim, Germany