



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



CLAUDIO DO AMARAL BARBOSA DIAS



Modernos sistemas de propulsão na Marinha Mercante

RIO DE JANEIRO
2014

CLAUDIO DO AMARAL BARBOSA DIAS

MODERNOS SISTEMAS DE PROPULSÃO NA MARINHA MERCANTE

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

Orientador (a): Nélio Fernandes Pereira

Rio de Janeiro

2014

CLAUDIO DO AMARAL BARBOSA DIAS

MODERNOS SISTEMAS DE PROPULSÃO NA MARINHA MERCANTE

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador (a): Professor Nélio Fernandes Pereira

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho a Deus, a minha família,
a minha namorada e aos meus amigos, pessoas
essenciais em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a Deus pela oportunidade de estar reproduzindo este trabalho, concluindo mais uma etapa, e por toda benção e fé concedida a mim em toda a minha vida. Agradeço imensamente a minha mãe, Fernanda, meu pai, Claudio, minhas irmãs Bruna e Anna e minha namorada, Anna Adélia, por todo amor, carinho, apoio e confiança depositada em mim. Por estarem incondicionalmente ao meu lado, sendo os pilares da minha vida e minha motivação para vencer. Agradeço aos amigos que criei aqui dentro da EFOMM e os amigos do lado de fora da escola por todo companheirismo e momentos de alegria vividos junto durante esse grande período acadêmico. Agradeço a todos os meus professores por todos os ensinamentos passados, principalmente ao professor Nélio Fernandes, meu orientador.

*Você não pode mudar o vento, mas pode ajustar as velas do barco
para chegar aonde quer.*
(CONFÚCIO)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar ao leitor alguns dos modernos sistemas propulsivos utilizados atualmente para a propulsão dos navios mercantes mundiais. Dizem que para idealizar o futuro é preciso conhecer o passado. Baseado nisso, esta monografia apresenta um breve histórico da propulsão, desde quando se utilizava a mão até as modernas tecnologias, expondo ao leitor um funcionamento básico de cada um além de seus componentes, aplicações e vantagens. É de suma importância para nós alunos de máquinas da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante o conhecimento em detalhes de cada sistema, visto que em breve estaremos trabalhando em navios que provavelmente estarão equipados com um desses sistemas. Os navios que ainda não possuem, logo possuirão devido a grande exigência do mercado em relação à economia e eficiência do motor, e de normas regulamentadoras em relação à poluição do meio ambiente.

Palavras-chave: Sistemas de propulsão. Tecnologias. Eficiência. Meio Ambiente

ABSTRACT

This work has as main objective present the reader some of the modern propulsive systems used for propulsion of the world's merchant vessels. They say that to envision the future you need to know the past. Based on this, this monograph presents a brief history of propulsion, from when it was used the hand until moderns technologies, exposing the reader a basic operation of each one, in addition to its components, applications and advantages. It is very important for us engine students of Training School of Officers of Merchant Navy the knowledge in details of each systems. The vessels that don't have this systems, as soon they will have it, due to the high demand of the market in relation to the economy and efficiency of the engine, and regulatory standards in relation to the environmental pollution.

Key-words: Propulsion Systems. Technologies. Efficiency. Environmental.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: MARPOL ANEXO VI	14
Figura 2: Esquema geral do Sistema Common Rail.....	15
Figura 3: UCE- Unidade de Comando Eletrônico.....	17
Figura 4: Navio E-Ship 1	20
Figura 5: Efeito Magnus	20
Figura 6: Beluga SkySails	21
Figura 7: SkySails	22
Figura 8: Equipamentos Sistema Propulsivo Híbrido	23
Figura 9: Visão geral do Sistema Híbrido em uma embarcação Supply	24
Figura 10: Azipod	27
Figura 11: CRP Azipod	28
Figura 12: Série de propulsores Schottel	29
Figura 13: Radiação Solar na superfície terrestre	30
Figura 14: Navio Auriga Leader equipado com 328 painéis fotovoltaicos	31
Figura 15: Placa fotovoltaica	32

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 COMMON RAIL PARA MOTORES DIESEL	14
1.1 Funcionamento	15
1.1.1 UCE.....	16
1.1.2 Sensores	17
2 PROPULSÃO POR ENERGIA EÓLICA	19
2.1 Rotores de Flettner	19
2.1.1 Funcionamento	20
2.1.2 Aplicação.....	21
2.2 SkySails	21
2.2.1 Funcionamento	22
2.2.2 Aplicação.....	22
3 SISTEMAS HÍBRIDOS	23
3.1 Composição	23
3.2 Funcionamento	24
3.2 Aplicação.....	24
3.4 Vantagens	25
4 PROPULSORES ELÉTRICOS	26
4.1 Azipod	26
4.1.1 Funcionamento	26
4.2 CRP Azipod.....	28
4.3 Siemens Schottel	29
5 PROPULSÃO POR ENERGIA SOLAR	30
5.1 Propulsão	31
5.1.1 UCE.....	32

CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

INTRODUÇÃO

Segundo alguns estudiosos, o primeiro meio de transporte inventado foi aquático, ainda na pré-história, no período Mesolítico. Devido a grande necessidade de exploração e busca de alimentos, a importância da embarcação naquela época era notória. O seu grau de importância continua o mesmo nos dias atuais, porém, com objetivos de utilização diferentes, como transporte de pessoas e comércio.

Estudos arqueológicos mostram que a primeira forma que o homem primitivo encontrou de se locomover dentro da água foi usando troncos de madeira sobre o qual se deitava, utilizando as mãos como força propulsora. Porém encontrava grandes dificuldades devido às correntezas dos rios. Em seguida, criou o remo. O remo servia tanto para impulsionar o barco quanto para dar-lhe rumo, tornando-o mais independente e viabilizando a sua movimentação.

A inserção da vela veio pela vontade de se movimentar por maiores distâncias e principalmente para conhecer novos continentes, que para muitos era impossível de se conhecer. A vela foi durante muito tempo o principal sistema de propulsão dos navios tanto de guerra quanto de comércio e transporte de pessoas, mas caiu em desuso com a invenção da máquina a vapor e a manipulação do ferro, símbolos da Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra no século XVIII.

O motor a vapor foi substituído pela turbina a vapor que possuía uma maior produção, mas exigia uma maior quantidade de combustível. Em 1876, o motor de combustão interna foi inventado por Nikolaus Otto, usava gasolina como combustível e ignição por centelha. Já o motor inventado por Rudolf Diesel em 1897, possuía ignição por compressão e combustível derivado de petróleo.

O Motor de Combustão Interna está presente na maioria dos navios mercantes no cenário atual, que são responsáveis por nada menos que 95 % do comércio internacional. Porém a sua utilização vem sendo cada dia mais criticada devido a sua alta emissão de gases poluentes no meio ambiente. Em 2008 cerca de 4 % de CO₂ que era lançado na atmosfera provinha de navios.

Assim, legislações ambientais e normas, como a ISO 9000 e ISO 14001, estão cada vez mais rígidas contra a emissão de poluentes através desses meios de transporte, incluindo aí as medidas da MARPOL – Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios.

E por conta disso, o interesse pelo aperfeiçoamento da operacionalidade, tecnologia e custo dos sistemas de propulsão vem crescendo a cada dia. É o caso da tecnologia Common Rail de injeção, propulsão eólica e dos biocombustíveis, que podem parecer passos pequenos, mas que estão na direção correta e que devem ser expostas.

CAPÍTULO 1

COMMON RAIL PARA MOTORES DIESEL

O Sistema Common Rail (CR) é uma tecnologia de injeção eletrônica que foi desenvolvida não só para melhorar a economia de combustível, mas acima de tudo para atender as atuais exigências em relação à redução de emissão de poluentes, além da necessidade de um maior rendimento do motor em todos os regimes de funcionamento.

Grandes reduções de NOx, CO2 e emissão de fuligem são fatores estratégicos de sucesso para motores Diesel equipados com o sistema de injeção Common Rail. Uma ênfase especial é colocada em operação com baixa carga, cuja injeção convencional é pouco otimizada devido ao fato de ser dependente de válvulas e da velocidade do motor. Essa tecnologia rompe então com essa dependência e permite uma contínua e permanente controle do tempo, da pressão e do volume de injeção. O CR é confiável e eficiente. Tem sido desenvolvido para uma extensa gama de combustíveis navais, sendo capaz de trabalhar com combustíveis residuais HFO.

Tier	Date	NOx Limit, g/kWh		
		$n < 130$	$130 \leq n < 2000$	$n \geq 2000$
Tier I	2000	17,0	$45 \cdot n^{-0.2}$	9,8
Tier II	2011	14,4	$44 \cdot n^{-0.23}$	7,7
Tier III	2016†	3,4	$9 \cdot n^{-0.2}$	1,96

† In NOx Emission Control Areas (Tier II standards apply outside ECAs).

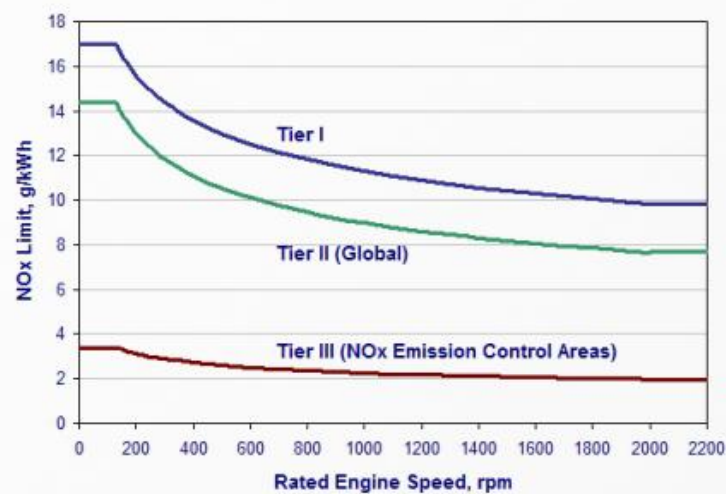


Figura 1: MARPOL ANEXO VI - Regras para prevenção da poluição do ar por navios, extraído de <http://transportemaritimoglobal.com/2013/11/18/mudanca-de-paradigma-no-transporte-maritimo/>.

1.1 Funcionamento

Através de um filtro instalado na pré-bomba, o combustível é aspirado, pressurizado e conduzido através de tubos para o sistema de baixa pressão. Em seguida é conduzido ao interior do filtro principal que além do elemento filtrante, confeccionado em papel, possui coletor de decantação de água existente no combustível.

Após o filtro, livre da umidade e micropartículas abrasivas o óleo segue em direção à bomba de alta pressão do sistema Common Rail. Dentro da bomba, o Diesel segue através de galerias até os três elementos bombeadores dispostos radialmente. Esse bombeamento produz um fluxo constante de combustível em direção à linha de alta pressão.

Em um lado dessa linha, ainda na bomba, existe uma válvula reguladora que é responsável pelo controle da pressão. E no outro, seguindo através de tubulação, o Tubo Rail que armazena e disponibiliza combustível para os bicos injetores. A pressão dentro do Rail cresce com o aumento da rotação podendo atingir 1600 bar em limite de rotação e carga sobre o motor.

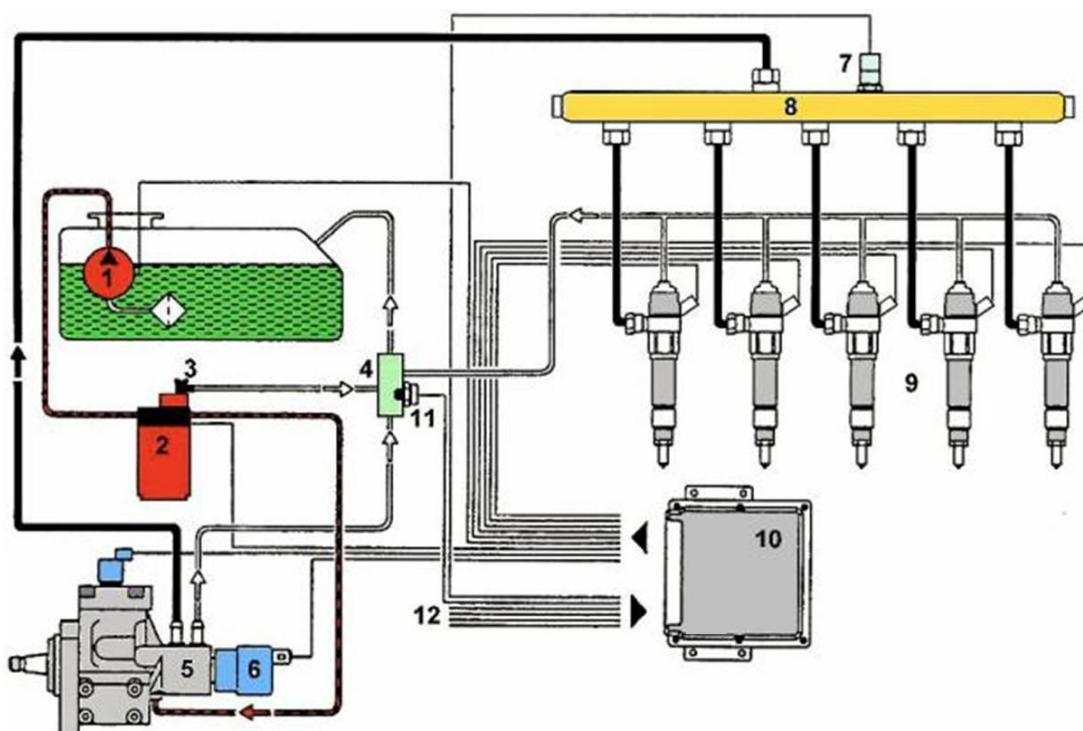


Figura 2: Esquema geral do Sistema Common rail (1-pré-bomba; 2-filtro; 3-válvula de retorno; 4-tubo de retorno; 5-bomba de alta pressão; 6-válvula reguladora de pressão; 7-sensor de pressão; 8-Rail; 9-injetores; 10-UCÉ; 11-sensor de temperatura; 12-outros sensores), extraído de <http://www.partinfo.co.uk/articles/127/>.

Todo esse processo de pressão no interior do Rail é monitorado por um sensor que envia sinais de tensão para a UCE que controla a válvula reguladora e assim sucessivamente. O combustível excedente na linha de alimentação é devolvido ao sistema através da válvula reguladora de pressão que direciona o fluido para a linha de retorno.

Caso ocorra uma sobrepresão na linha a válvula de segurança instalada no Rail libera o combustível para o sistema de retorno quando a pressão ultrapassar o limite estabelecido de segurança.

Com o Rail pressurizado e estabelecido continuamente, o combustível segue através de válvulas limitadoras de fluxo. Em seguida, passa por tubulações de alta pressão em direção as unidades injetoras nas quais o volume, o avanço e o numero de injeções são determinados pelas aberturas de válvulas solenoides comandadas pela UCE através de sinais elétricos de PWM. O combustível excedente do processo eletro-hidráulico de abertura do injetor retorna em baixa pressão através de tubos da linha de retorno em direção ao reservatório de combustível.

Para definir os mapas e calcular os tempos de injeção a Unidade de Comando utiliza sinais enviados pelo sensor de massa de ar, sensor de rotação e PMS do motor, sensor de fase, sensor de temperatura da água do motor, sensor de temperatura do ar admitido, sensor de pressão no coletor de admissão, positiva em função do compressor, e sensor de pressão atmosférica, localizado no interior da UCE.

1.1.1 UCE

A Unidade Central de Injeção é o cérebro do sistema. Caracteriza-se pela elevada velocidade de calculo, precisão, confiabilidade, versatilidade, baixo consumo de energia e sem necessidade de manutenção.

A UCE tem como função avaliar os sinais externos provenientes dos sensores e adequa-los a uma linguagem digital interpretável, disponibilizando esses dados na memória volátil do sistema. O processador para efeitos de cálculos de injeção baseia-se na memória principal e compara milhares de mapas com os dados da memória RAM para determinar os tempos ideais da injeção do sistema. Sinais estabilizados de tensão são enviados aos atuadores para interferir e ajustar o sistema às condições ideais de operação do motor.

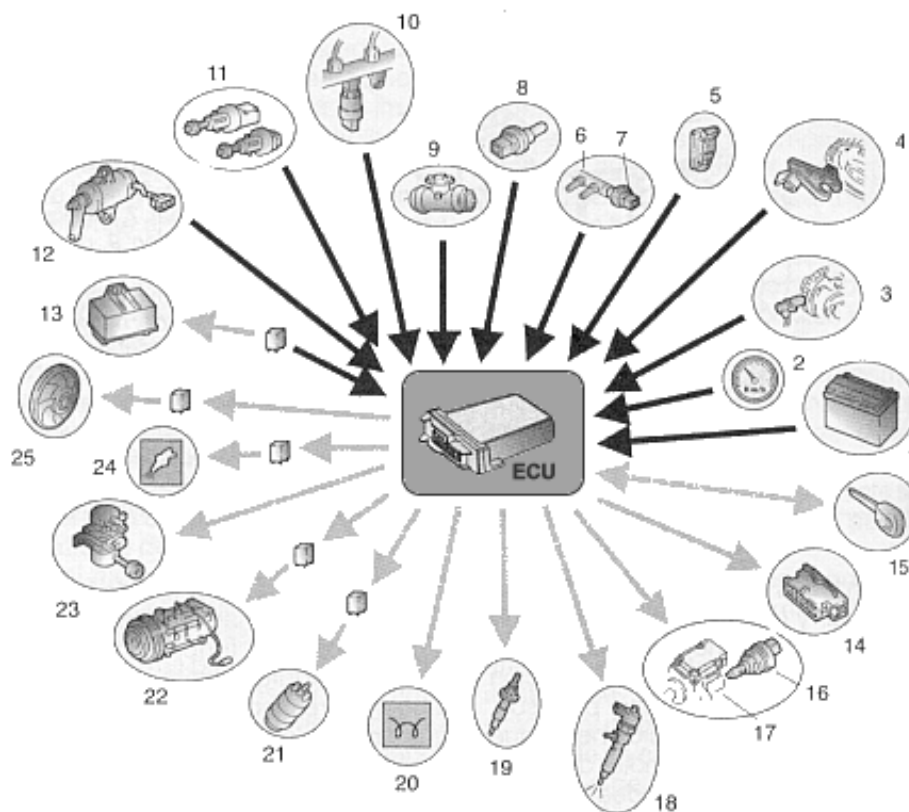


Figura 3: UCE- Unidade de Comando Eletrônico, extraído de http://www.aficionadosalamecanica.net/common_rail7.htm.

Alem dos componentes principais do motor, para processar o gerenciamento do sistema Common Rail, a Unidade Central Eletrônica também gerencia outros atuadores instalados em áreas periféricas que estão diretamente relacionados às condições de potencia e de controle de emissões.

1.1.2 Sensores

Sensor de pressão de galeria: sensor que informa à UCE a pressão do combustível na galeria. Não deve apresentar nenhum defeito, pois comprometeria todo o desempenho do motor.

Sensor de pressão e temperatura do ar: sensor que informa à UCE a temperatura e pressão do ar de admissão, calculando a quantidade a massa de ar utilizada na injeção.

Sensor de fluxo de massa de ar: sensor que informa à UCE a quantidade de ar aspirada, de forma que o comando eletrônico possa dosar da melhor forma a quantidade de combustível a ser injetado.

Sonda lambda (sensor de oxigênio): sensor que mede a quantidade de oxigênio nos gases de descarga, indicando à UCE se a mistura esta rica ou pobre, a qual irá ajustar a quantidade de combustível injetado.

Sensores de temperatura: sensores que medem diversas temperaturas do motor: liquido de arrefecimento, óleo lubrificante, etc. Geram um sinal elétrico para a Unidade de Comando que influi diretamente no debito de combustível.

Sensor de rotação do motor: sensor que adquire e fornece o sinal de rotação do motor à Unidade de Comando. Ele é montado próximo ao um disco de 60 dentes acoplado ao volante do motor. Dentre esses 60 dentes, dois são eliminados e que são referentes ao 1º cilindro, ou seja, o sensor reconhece uma “falha” quando o 1º cilindro passa pelo mesmo.

Sensor de fase: visto que o 1º cilindro pode estar em fases distintas é necessário outro referencial, que é feito pelo sensor de fase. O sensor está montado no eixo de comando de válvulas e capta através de um dente um sinal de efeito hall, o qual irá enviar à UCE que fará a correta injeção sequencial de combustível.

CAPÍTULO 2

PROPULSÃO POR ENERGIA EÓLICA

A força do vento foi, durante muito tempo, utilizada para mover os navios da época até a invenção do motor a vapor. Essa locomoção era tradicionalmente feita por velas de pano, que presas nos grandes mastros que se enfunavam com o vento e assim empurravam a embarcação na direção do seu sopro ou até em direção quase oposta, graças às chamadas velas latinas.

O vento não é mais um meio propulsor para os navios mercantes. Com o passar dos anos a navegação à vela foi dando lugar à navegação mecânica, como aconteceu com os outros meios de propulsão eólica, como os moinhos, elevação de água, entre outros.

No entanto, o vento volta nos dias atuais como uma forma de auxiliar na propulsão desses grandes navios, o que faz todo sentido já que se trata de uma fonte de energia inesgotável, gratuita e não poluente. Agora novas tecnologias foram criadas para o seu aproveitamento, demonstrando que se pode combinar economia e ecologia para a propulsão. Um exemplo disso é o navio com rotor de Flettner e os navios com sistema SkySails.

2.1 Rotores de Flettner

O E-Ship1 é um navio Flettner, que faz uso do Efeito Magnus para propulsão. Tem quatro imponentes rotores instalados no convés principal que estão ligados às hélices do navio, o que faz com que elas girem.

As quatro torres cilíndricas de 27 metros de altura, por quatro metros de diâmetro e que emergem do convés são rotores eólicos capazes de captar a energia do vento para auxiliar a propulsão a diesel do navio, sem interferir com as operações de carga e descarga.



Figura 4: E-Ship1 , extraído de <https://diariodoavoante.wordpress.com/tag/propulsao-eolica/>.

2.1.1 Funcionamento

O efeito Magnus faz uma força para agir em cima de um corpo girando em movimento através de uma corrente de ar, perpendicular à direção de fluxo. Com base no Efeito Magnus o giro do cilindro juntamente com o vento proporcionam áreas de baixa e alta pressão. Nos locais onde o vento incide na mesma direção da rotação do cilindro a velocidade com que este passa é maior, portanto cria-se uma zona de baixa pressão. No outro extremo, onde o ar incide no sentido contrário de rotação do cilindro, então a velocidade é menor, portanto a pressão é maior. Somando-se as forças geradas vetorialmente obtém-se o resultado da força que impulsiona o barco.



Figura 5: Efeito Magnus, extraído de <http://estadoquantico.blogspot.com.br>.

2.1.2 Aplicação

Apesar de a unidade Flettner permitir uma economia de combustível da ordem de 30 a 40% e alcançar uma velocidade de 16 nós, é inviável para navios cargueiros devido ao grande espaço que os rotores ocupam e a necessidade desses em ter grandes áreas livres nos seus conveses. Com isso o E-Ship1 é utilizado apenas para o transporte de turbinas eólicas da empresa fabricante do navio, mas representa um pequeno passo de ideias inovadoras que são necessárias para a preservação do planeta.

2.2 SkySails

O MS Beluga SkySails foi o primeiro navio cargueiro comercial parcialmente movido por uma dessas velas (parapente gigante). Em Janeiro de 2008, o navio partiu para a sua primeira viagem transatlântica, tendo saído do porto alemão de Bremerhaven com destino a Guanta, na Venezuela.

A tecnologia foi desenvolvida pelo engenheiro alemão Stefan Wrage e implementada pelo armador alemão Beluga Shipping, onde está sendo fabricados navios com capacidade para até 100 toneladas de carga, cujas velas poderão medir até 600 metros quadrados.



Figura 6: Beluga SkySails, extraído de <http://energiaeficiente.com.br>.

2.2.1 Funcionamento

O Sistema SkySails consiste basicamente em uma vela gigante que se assemelha a um parapente. Ela é elevada da proa a uma altitude entre 100 e 300 metros sobre a superfície do mar, altura onde a velocidade do vento pode ser mais bem aproveitada.

A força do kite significa que os motores do navio podem trabalhar com potência reduzida: o que significa menos emissões de carbono. O SkySails consiste de um sistema totalmente automatizado e um sistema otimizado de motorização para ventos. Um computador ajuda-o a voar em forma de oito no céu – maximizando a energia que ele produz. Outro computador ajusta a sua direção.

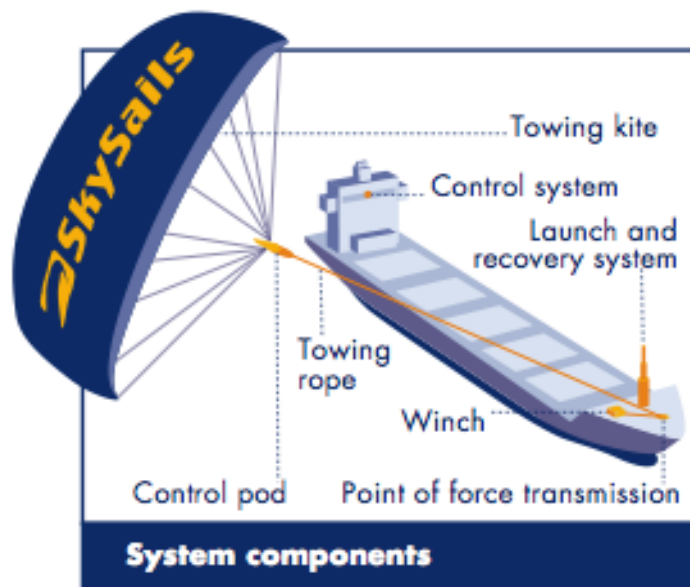


Figura 7: SkySails, extraído de <http://ressourceneffizienzatlas.de>.

2.2.2 Aplicação

O SkySails são sistemas de propulsão de vento para navegação moderna. Utilizando essa sistema, a operação do navio tornará mais lucrativa, segura e independente da variação do preço do combustível. Pode ser adaptada, a um custo relativamente baixo, em qualquer navio. É uma solução que garante uma redução de 10 a 50 % no consumo de combustível, dependendo das condições dos ventos. Desta maneira, o navio poupa os recursos naturais e contribui para a redução da emissão de CO₂ na atmosfera e representando assim outro passo para novas tecnologias de preservação do meio ambiente.

CAPÍTULO 3

SISTEMAS HÍBRIDOS

Como já mencionado, a necessidade de se obter um melhor controle de emissões de poluentes pelos navios forçou fabricantes e projetistas a desenvolverem novas soluções para a propulsão de diversas embarcações. Dentre as já citadas, encontra-se a propulsão híbrida, que no cenário atual encontra-se principalmente em Embarcações de Apoio Marítimo (EAM), que são responsáveis pelo suprimento, reboque e apoio logístico às plataformas.

Por sistema híbrido de propulsão entende-se que é um sistema que apresenta mais de um meio de propulsão juntamente com equipamentos que armazenem grandes quantidades de energia.

3.1 Composição

O sistema convencional apresenta basicamente os seguintes componentes: geradores auxiliares, motores dieais, caixas redutoras, motores elétricos e propulsores elétricos.

Em princípio, a embarcação com Sistema Propulsivo Híbrido pode ser operada de três maneiras: propulsão elétrica, propulsão mecânica, propulsão elétrica e mecânica híbrida.

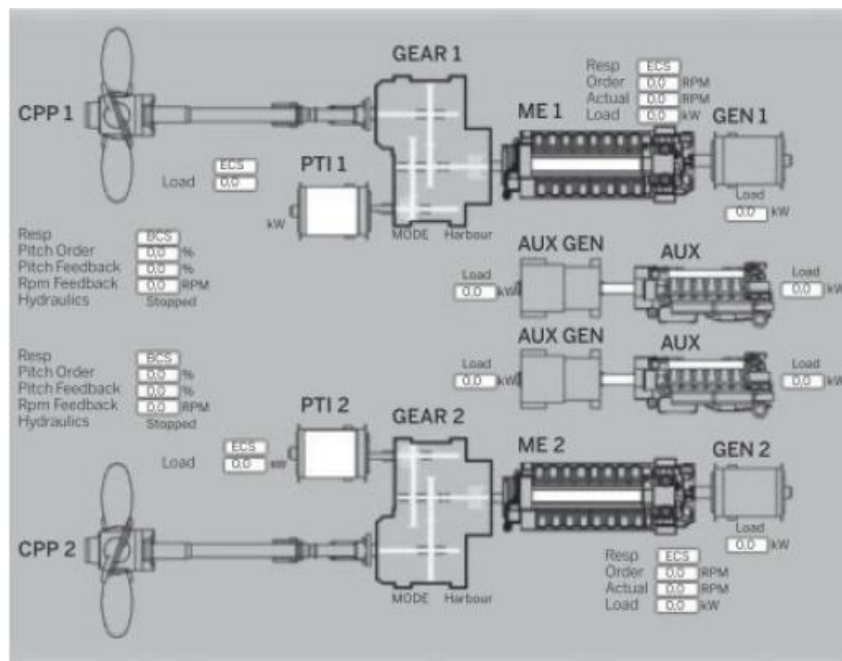


Figura 8: Equipamentos Sistema Propulsivo Híbrido, extraído de <http://wartsila.com>.

3.2 Funcionamento

Quando a embarcação está em navegação, os dois motores diesel que estão acoplados ao eixo acionam o mesmo, transmitindo sua força a um único hélice de passo controlado e grande diâmetro. Tal como acontece em um sistema diesel mecânico. Neste momento, a potência elétrica necessária para a carga de hotelaria e outros sistemas do navio pode tanto vir dos grupos geradores auxiliares, como dos geradores de eixo.

No entanto, quando o navio se aproxima da plataforma e com isso a necessidade de se utilizar o Posicionamento Dinâmico, os dois motores são desconectados da linha do eixo e passam a acionar somente os geradores de eixo. Passam a trabalhar também em paralelo com os geradores auxiliares, formando um sistema diesel elétrico com quatro grupos geradores. Os propulsores são então abaixados e postos em funcionamento, sendo alimentados pela planta de geração até a operação acabar.

3.3 Aplicação

Este sistema se mostra uma alternativa bastante interessante para embarcações que possuam demanda de energia caracterizada por picos de pouca duração e longos períodos com rotação constante e pouca carga. É o caso das embarcações de apoio marítimo, como já foi citado anteriormente.

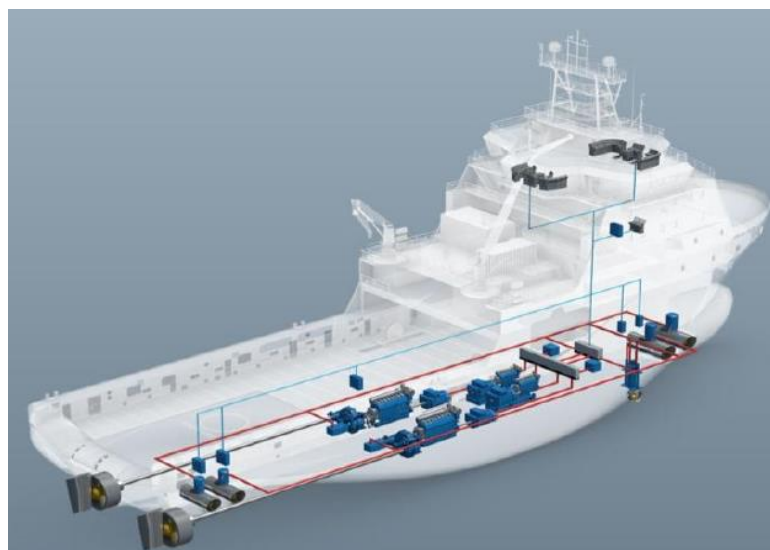


Figura 9: Visão geral Sistema Híbrido em uma embarcação Supply, extraído de <http://wartsila.com>.

3.4 Vantagens

O sistema híbrido atualmente possui um grande potencial de utilização devido a grande disseminação de sistemas eletrônicos a bordo. Dentre eles esta o Posicionamento Dinâmico que corresponde a um complexo sistema de controle de posição dinâmica, composto por varias variáveis capazes de tornar seu posicionamento mais preciso (GPS, DGPS, Anemômetros, Giroscópios, Agulhas Magnéticas, etc).

Esse sistema permite uma flexibilidade na geração de energia a bordo, atendendo todas as faixas de consumo, dentro das faixas de operação dos motores e geradores do sistema. Trabalhar a maior parte do tempo dentro da faixa de operação de projeto dos motores e geradores resulta em maior eficiência energética e economia de combustível

CAPÍTULO 4

PROPULSORES ELETRICOS

Somando aos já citados modernos sistemas de propulsão estão os propulsores elétricos. Eles foram criados para substituir os antigos propulsores que eram movidos pelo eixo acoplado ao Motor de Combustão Interna.

Caracterizam-se principalmente pelo poder de rotação em 360°, dando ao navio uma maior manobrabilidade.

4.1 Azipod

Introduzidos na indústria naval no início da década de 90 esse conceito de propulsão nasceu na Finlândia, fruto da colaboração das empresas ABB Industry of Finniand e Kvaerner Masa Yard. E como muitas vezes acontece, a marca acabou dando nome a todo um sistema, que é o caso da marca “Azipod” do grupo ABB, sua criadora.

O Azipod combina a propulsão e governo em um único sistema. Substitui as tradicionais hélices, longos eixos de transmissão e os lemes. Esse sistema apresenta uma maior eficiência, diminuição da poluição, baixo ruído e vibração e permite alta manobrabilidade às EAMs.

4.1.1 Funcionamento

Consiste basicamente de um motor elétrico instalado dentro de um capsula chamada de POD (Podded Drive), que permanece dentro da água e que aciona um hélice de passo fixo. Por dispensar o eixo de transmissão é possível ser instalado mais baixo do casco, com isso diminui a turbulência causada pela água, aumentando a eficiência hidrodinâmica e mecânica.

Por não haver a transmissão por eixo, não há perdas de transmissão. A única perda é a elétrica nos cabos de energia por efeito Joule.

Com a substituição do hélice com eixo fixo por um propulsor que pode girar em 360° em torno do seu eixo vertical, foi possível direcionar a força em qualquer direção com alto grau de precisão. Esse fato fez com que não fosse mais necessário a utilização do leme, reduzindo o peso da embarcação e o número de partes moveis.

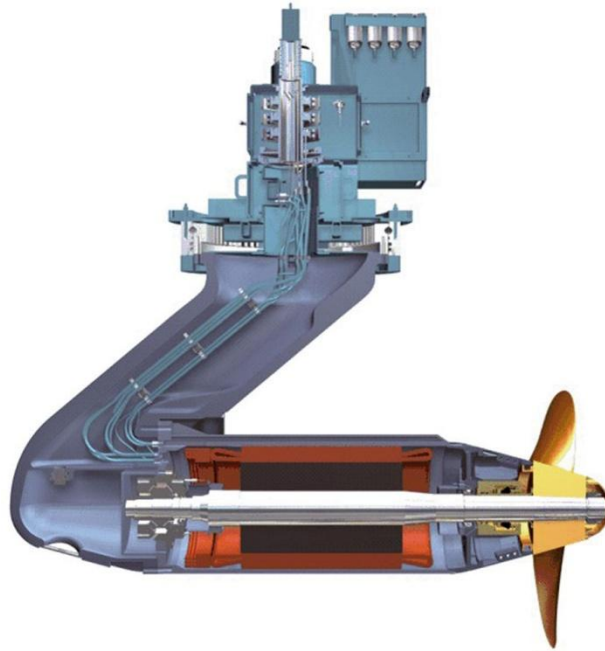


Figura 10: Azipod, extraído de <http://marineinsight.com>.

Porem, o sistema não consiste apenas na própria unidade POD. Apresenta também conversores de frequência, transformadores, quadros, geradores, automação e controles. Engenharia de sistema usada para alcançar a melhor eficiência, funcionalidade e confiabilidade.

A planta de energia além de fornecer energia para o MEP do POD, fornece eletricidade para diversas maquinas auxiliares e outras necessidades elétricas em todo o navio.

Um dos fatores que mais influenciam hidrodinamicamente para proporcionar uma menor resistência de movimento e eficiência da propulsão é a necessidade do diâmetro do POD ser menor do que o diâmetro do hélice.

4.2 CRP Azipod

Esse sistema de propulsão combina dois diferentes sistemas de propulsão: um hélice principal acionada convencionalmente e outro hélice por trás deste, alinhado com o principal e girando em sentido contrário.

O hélice principal de passo variável é acoplado ao motor de combustão principal, enquanto o segundo hélice, de passo fixo, é acionado por um motor elétrico que está alojado dentro do Azipod e que pode girar 360° em torno do seu eixo vertical. Neste caso, o Azipod também é instalado para substituir os lemes convencionais.



Figura 11: CRP Azipod, extraído de <http://navalunivali.wordpress.com>.

A propulsão contra rotatória, que dá o nome ao sistema, permite que o hélice principal direcione um melhor fluxo de água para o propulsor POD, fornecendo mais energia e uma maior eficiência.

- a) A relação de carga entre o hélice principal e o hélice do Azipod pode ser ajustada, 60 a 70% de carga para o principal e 40 a 30% de carga para o Azipod.
- b) O diâmetro do hélice do Azipod é menor do que o hélice principal para prevenir cavitação.
- c) O número de pás entre os hélices são diferentes para prevenir ressonância.
- d) A velocidade do hélice do Azipod é maior do que o hélice principal para garantir uma máxima eficiência para os dois hélices.

4.3 Siemens Schottel™

O sistema Siemens Schottel se assemelha ao sistema Azipod, também podendo girar 360° em torno de seu eixo vertical. O que o diferencia daquele é o fato do motor elétrico estar presente dentro da praça de máquinas.

A Siemens Schottel apresenta diversos tipos de propulsores, o qual cada um possui uma aplicação diferente.

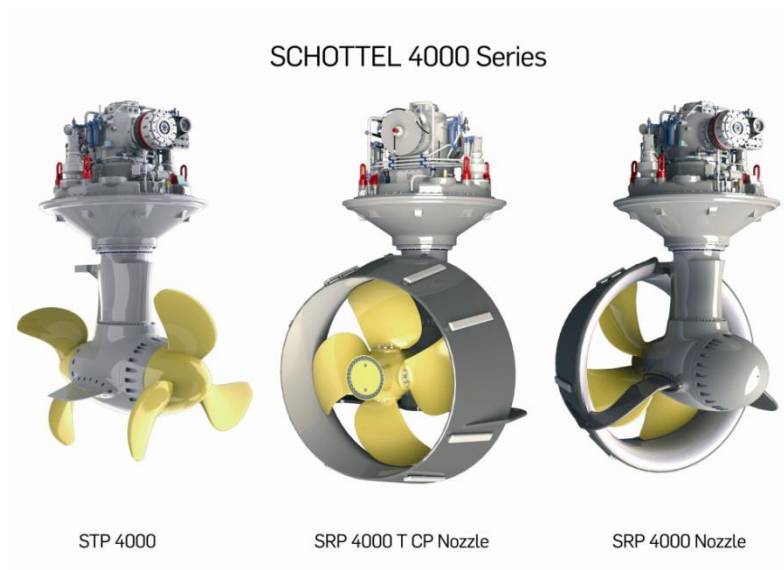


Figura 12: Serie de propulsores Schottel, extraído de <http://maritimejournal.com>.

CAPÍTULO 5

PROPULSÃO POR ENERGIA SOLAR

Entende-se como energia solar a energia proveniente da luz e do calor do Sol e que, assim como a energia eólica, caracteriza-se por ser inesgotável. Por ser inesgotável e acima de tudo limpa deveria ser mais utilizada para a geração de eletricidade, porém não é o que se vê na prática.

A Terra possui um grande potencial em geração de energia solar. Ela recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, correspondente a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Para se ter uma ideia desse potencial, em apenas 12 minutos a Terra recebe energia do sol equivalente ao consumo anual mundial de energia. No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe $1\,410 \text{ W/m}^2$ de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo reto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% é refletido pelas nuvens.

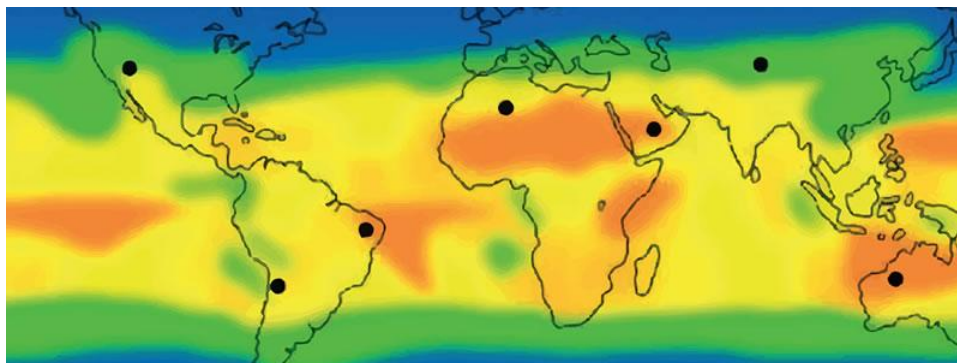


Figura 13: Radiação Solar na superfície terrestre, extraído de www.gaia.forumlivre.com.

Em terra, a energia solar vem crescendo a cada ano, mas permanece muito atrás da energia hidrelétrica, líder mundial em energia renovável. Apesar disso, o uso de placas fotovoltaicas já alcança uma redução de CO₂ na atmosfera na ordem de 70 milhões de toneladas, anualmente, segundo a German Solar Industry Association (BSW Solar).

5.1 Propulsão

Apesar de não existir um navio cargueiro movido totalmente à energia solar, como já existe em barcos menores, o primeiro navio mercante movido em parte por essa energia foi criado.

O navio mercante Auriga Leader foi inaugurado em 2008 pela construtora naval Nippon Yusen KK e a petrolífera Nippon Oil e representa mais um projeto inovador que se torna real.

Auriga Leader possui 328 painéis que geram 40KW, suficiente para prover 0,2% da energia requerida para propulsão além de outras necessidades elétricas a bordo. O enorme navio de 60 mil toneladas e 200 metros de comprimento é usado para o transporte de carros, com capacidade de transportar até 6400 automóveis.



Figura 14: Navio Auriga Leader equipado com 328 painéis fotovoltaicos, extraído de www.vesseltracker.com.

Além de reduzir a quantidade de emissão de carbono, a utilização de placas fotovoltaicas auxiliando na propulsão diminui o consumo de combustíveis, o que faz reduzir consequentemente seus custos com esse.

5.1.1 Energia Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico baseia-se, basicamente, pela transformação direta de energia solar em energia elétrica por meio de efeitos da radiação sobre materiais semicondutores. Isso decorre da excitação dos elétrons presentes nesses materiais na presença de luz e calor oriundos do Sol. Entre os materiais adequados para essa conversão, que são geralmente chamados de células fotovoltaicas, encontra-se o silício.

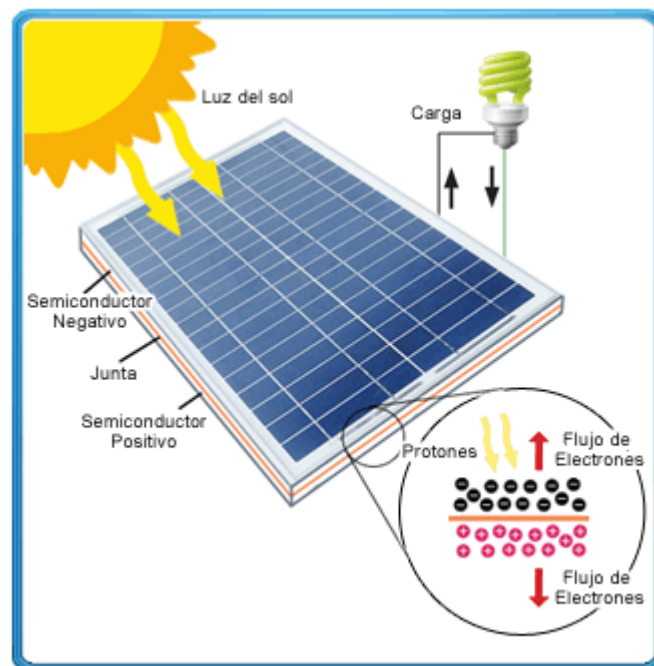


Figura 15: Placa fotovoltaica, extraído de www.damiasolar.com.

Uma vantagem do efeito fotovoltaico é que ele não precisa de luz do Sol para funcionar. Ele gera eletricidade também em dias nublados, porém, em menor quantidade. Ou seja, a quantidade de energia depende da densidade das nuvens.

O principal obstáculo para o seu uso em larga escala tem sido o custo das células, tendo seu custo médio atual de US\$ 8,00W.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi demonstrado nesse respectivo trabalho alguns dos modernos sistemas propulsivos dos navios mercantes atuais, tomando-se parte de seus funcionamentos, componentes e aplicações. Era de suma importância o surgimento dessas tecnologias, tendo em vista da grande quantidade de poluentes que o Motor de Combustão Interna emitia e a necessidade de uma maior eficiência de propulsão.

Conforme soluções tecnológicas foram sendo criadas, cada vez mais surgiam inconvenientes que inviabilizavam o seu uso. O POD junto com outros propulsores elétricos azimutais e o sistema híbrido foram inovações que deram certo e se tornaram excelentes respostas ao mercado consumidor, principalmente aos que utilizam o DP.

Com o surgimento do Sistema Common Rail de injeção eletrônica muitas necessidades foram supridas, como a diminuição da poluição e a economia de combustível, porém ainda se utilizava de uma fonte de energia não renovável. O planeta precisava, e ainda precisa de uma maior utilização de fontes energéticas limpas, foi então que se teve a ideia de aproveitar a força do vento e o poder do Sol para auxiliar na propulsão dos navios.

Todos esses modernos sistemas de propulsão citados no trabalho, apesar de parecerem pequenos passos, representam grandes avanços no ponto de vista ambiental. E fica a esperança de que esses sistemas possam ser desenvolvidos para que possam atingir 100% de toda a frota da marinha mercante internacional e que novos sistemas de propulsão sejam criados e que venham a somar aos já existentes.

REFERÊNCIAS

Powerful-Unlimited-Free. Disponível em: <www.skysails.info/english/skysails-marine/skysails-propulsion-for-cargo-ships/ > Acesso em: 29 jun. 2014.

GERKE, Thomas. **21st-Century Sailing: 80 Years Later-A New Beginning, E-Ship 1 -.** Disponível em: <www.cleantechnica.com/2012/04/10/e-ship-1-21st-century-sailing/> Acesso em: 20 jun. 2014.

PINTO, Ricardo. **Japão estreia cargueiro movido a energia solar.** Disponível em: <http://www.wikienergia.pt/~edp/index.php?title=Jap%C3%A3o_estreia_cargueiro_movido_a_energia_solar> Acesso em: 04 jul. 2014

Man Diesel & Turbo. **Hybrid Propulsion:** Flexibility and maximum efficiency optimally combined. Disponível em: < <http://www.mandieselturbo.com/files/news/files/17642/Hybrid-Propulsion-Brochure.pdf> > Acesso em: 15 jun. 2014.

ABB. **Azipod gearless propulsors.** Disponível em: < <http://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/electric-propulsion/azipod>> Acesso em: 22 jun. 2014.

Bosch. **Sistemas para navios.** Disponível em: < http://www.bosch-tecnologiaautomotiva.com.br/pt_br/br/powertrain_2/powertrain_systems_for_commercial_vehicles_3/diesel_systems_for_marine_applications/dieselsystemsformarineapplications.html > Acesso em: 10 jul. 2014.