

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

PROPULSÃO ELÉTRICA EM NAVIOS DA MARINHA MERCANTE

Por: Marcelo Medeiros da Silva

Orientador:

Mestre CMG-Ref Eden Gonzalez Ibrahim

Rio de Janeiro

2011

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

PROPULSÃO ELÉTRICA EM NAVIOS DA MARINHA MERCANTE

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Máquinas da Marinha Mercante.

Por: Marcelo Medeiros da Silva.

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, de agradecer à minha família que me apóia e me ajuda em todas as situações, aos meus amigos que estão sempre ao meu lado, aos irmãos do CIAGA, que durante esses anos estiveram presentes em minha vida, ao Mestre que me orientou neste trabalho, e, principalmente à Deus, que me ajudou a trilhar este percurso do início ao fim.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao Mestre CMG Eden Gonzales Ibrahim e a todos os outros Mestres que durante todo este tempo dividiram conosco seus conhecimentos e lições de vida, que levarei não somente para minha vida profissional, como também para minha vida pessoal.

RESUMO

Esta Monografia tem como objetivo principal explicar e proporcionar o entendimento do funcionamento da Propulsão elétrica em navios da Marinha Mercante, fazendo uso de informações desde o início de sua utilização no século XIX até os dias de hoje.

Veremos a propulsão elétrica em corrente contínua (CC), a propulsão elétrica em corrente alternada (CA), ambas em diferentes níveis de tensão e frequência e a tecnologia AZIPOD[®], que, como observaremos a seguir, revolucionou o mercado mundial da propulsão elétrica.

ABSTRACT

This monograph's main objective is to explain and provide the understanding about the operation of electronic propulsion on Merchant Marine Vessels, using the information from the beginning of its use in the XIXs centuries until today.

We'll see the direct current electric propulsion (DC), the electric propulsion alternated current (AC), both at different levels of voltage and frequency and the AZIPOD[®] technology, as noted below, has revolutionized the world market for electric propulsion.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE IMAGENS _____	08
INTRODUÇÃO _____	09
1 - Propulsão Elétrica – História _____	10
2 - Propulsão Elétrica em Corrente Contínua _____	15
2.1 - Vantagens e desvantagens _____	18
3 - Propulsão Elétrica em CA – MEP no Navio _____	19
3.1 - Sistema de propulsão Schottel _____	20
3.2 - Vantagens e desvantagens _____	27
4 - P.E. com retificação e inversão _____	28
5 - Propulsão Elétrica em CA – MEP no POD _____	30
5.1 - Introdução à tecnologia AZIPOD® _____	30
5.2 - Emprego da tecnologia AZIPOD® _____	32
5.2.1- Propulsão AZIPOD® simples e dupla _____	32
5.2.2- Propulsão CRP AZIPOD® _____	32
5.2.3- Propulsão AZIPOD® Compacta _____	33
5.3 - Vantagens e desvantagens _____	34
CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	38

ÍNDICE DE IMAGENS

Fig. 1 – USS Júpiter _____	12
Fig 2 – USS Saratoga _____	25
Fig 3 – USS Lexington _____	25
Fig. 4 –Motor a Diesel _____	32
Fig. 5 – Rebocador de Alto Mar Triunfo – R-23 _____	32
Fig. 6 – Escovas e Coletor de Motor elétrico _____	33
Fig. 7 – O Riachuelo - Submarino da MB _____	39
Fig. 8 – Forma de onda da corrente alternada _____	39
Fig. 9 – Formas de ondas da corrente alternada _____	32
Fig. 10 – Sistema de propulsão Schottel _____	32
Fig. 11 – Primeiro rebocador Schottel _____	16
Fig. 12 – Embarcação de apoio marítimo _____	16
Fig. 13 – NSS Felinto Perry (K-11) em 2009 _____	16
Fig. 14 – “Ferry-Boat” utilizado na Bahia _____	32
Fig. 15 – Tecnologia CRP AZIPOD® _____	42
Fig. 16 – Propulsão AZIPOD® Compacta _____	42

INTRODUÇÃO

O primeiro aspecto a ser considerado, é a importância da utilização dos mares para todo o comércio mundial. Portanto, nada mais natural do que a tecnologia acompanhar o desenvolvimento deste tipo de comércio.

Antes da utilização da propulsão elétrica, certos tipos de navios utilizavam, com dificuldade, outros meios para realizar suas tarefas, como por exemplo, a propulsão mecânica, que terá seu uso devidamente explicado no primeiro capítulo, por serem utilizados até os dias de hoje, em grande escala.

Abordaremos também, o início da utilização da propulsão elétrica por corrente contínua e alternada, mencionando, além destas, a tecnologia AZIPOD[®], que como dito, revolucionou o mercado.

Diversas serão as vantagens citadas sobre estas novas tecnologias, como, por exemplo, melhor aproveitamento da energia produzida, melhor desempenho, flexibilidade, e outras.

Como falamos de uma área onde há uma grande demanda interessada em seus serviços e grandes investimentos, não seria exagero citar que ela está sempre sofrendo modificações, estudos de novas tecnologias e profissionais que sempre buscam o aprimoramento deste serviço.

Com esta monografia, temos um estudo completo sobre esta área, a fim de explicar seus pontos positivos e negativos e explicar acerca deste assunto em especial, a fim de esclarecer dúvidas e levar o conhecimento.

CAPÍTULO 1

PROPULSÃO ELÉTRICA – HISTÓRIA

Ao começarmos uma dissertação sobre a utilização de propulsores elétricos em uma embarcação, devemos, primeiramente, lembrar que o uso da mesma não é essencialmente recente, sendo que sua primeira utilização como avanço tecnológico, em Navios, ocorreu no século XIX, onde a Rússia foi a pioneira com o desenvolvimento de uma lancha para passageiros, seguida, assim, pelos USA. E suas primeiras aparições em submarinos no século XX.

Conforme as figuras abaixo, veremos como foram suas primeiras utilizações, inicialmente em navios americanos, que utilizam propulsores elétricos desde 1913, onde foi implementado de maneira experimental.



Fig. 1 - O USS Jupiter, navio pertencente à Marinha Americana, desenvolvido em 1913, em caráter experimental para a nova tecnologia.



Fig. 2 – O Navio USS Saratoga, também inovador na tecnologia de propulsão elétrica, desenvolvido pela Marinha Norte Americana em 1934.



Fig. 3 – Navio USS Lexington, desenvolvido em 1942, também pertencente à Marinha Americana.

Nesta época, havia, no entanto, algumas desvantagens para a utilização da propulsão elétrica, o que a tornou um conceito pouco utilizado para o desenvolvimento de novas embarcações, como por exemplo, maiores peso e volume e menor eficácia no que se tratava a eficiência energética, comparando-a com a propulsão mecânica, utilizada grandemente e popularmente conhecida como propulsão convencional.

Sobre o conceito de propulsão mecânica, há uma definição da Marinha Brasileira, para efeito de regulamentos internacionais, que todo o Navio movido a hélice ou, mais raramente a rodas, é um navio de propulsão mecânica.

A propulsão mecânica é feita pela rotação de um hélice, promovida por um motor, onde a água reage e empurra o hélice para frente, fazendo com que o navio se movimente. Considerado muito mais econômico e de fácil manutenção, o navio com propulsão mecânica de motor a diesel, continua sendo uma opção mais vantajosa em termos de gastos para diversas embarcações.

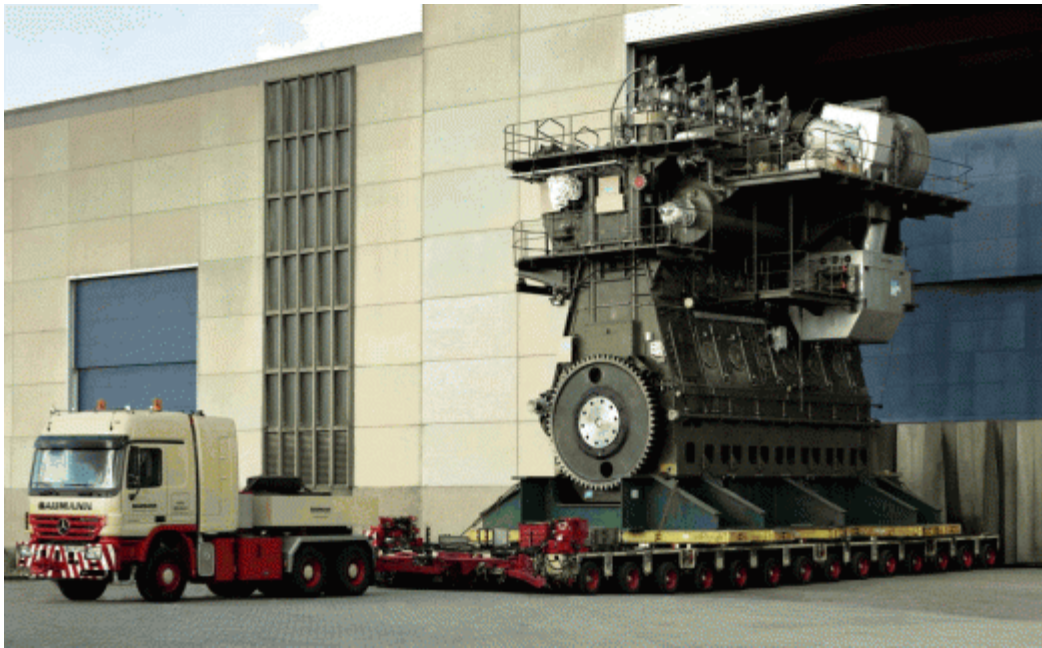


Fig. 4 – Motor a Diesel da empresa Maersk, considerada a maior empresa em navios cargueiros do mundo.

Ao escolher-se a melhor opção para propulsão em grande escala, levou-se em consideração todas as melhorias tecnológicas obtidas no setor de engrenagem, como a redução do peso e do volume e melhores desempenhos dos equipamentos. Nas décadas de 1980 e 1990, estes mesmos avanços tecnológicos tornaram a propulsão elétrica mais eficiente e compacta, possibilitando o retorno da utilização deste tipo de propulsão em diversos tipos de navios, como tanques, oceanográficos, quebra-gelos e transatlânticos.

Ainda neste contexto sobre a propulsão elétrica, se faz importante o fato que, durante a Segunda Guerra Mundial, a Marinha Americana construiu cerca de 160 navios de escolta dotados desta tecnologia. Os mesmos utilizavam turbo a Diesel ou geradores de 4,5 a 9,0 MW.

Além disso, nesta mesma época, cerca de 500 navios de pequeno porte foram desenvolvidos e equipados com esta propulsão.

Como durante a Segunda Guerra a produção de engrenagens se tornou escassa, os navios de propulsão elétrica se tornaram uma ótima fonte de desenvolvimento para embarcações neste período.

No caso dos submarinos, no século XX, a propulsão elétrica surgiu quando se utilizava baterias para armazenar a carga a ser utilizada em todo o fornecimento de energia daquelas embarcações, o que gerava alguns problemas.

Nos submarinos, a solução para esses problemas até hoje ainda é utilizada, no que conhecemos hoje como submarino convencional. Esta solução tem como base uma característica própria da energia elétrica: a dificuldade de armazenamento de energia.

Ao submergir, os submarinos atuais não conseguem acionar seus geradores movidos por motores de combustão interna (MCI), pois não existe ar suficiente para a queima do combustível no MCI.

O Motor Elétrico de Propulsão (MEP) veio como solução para os problemas envolvendo o deslocamento dos submarinos, acompanhando sua história, sendo acionado pelos geradores que são carregados pelo MCI na ida à superfície, ou a poucos metros da mesma, utilizando o “Snorkel”.

Até os dias de hoje, não há substituto para a velha e boa bateria, apesar de seu desenvolvimento ter sido melhorado ao longo dos anos.

Mesmo com as inovações e avanços na tecnologia, até hoje utilizam baterias para armazenar energia, porém, novas reações químicas e desenvolvimento materiais mais resistentes, que otimizam esta armazenagem.

Quando se trata de navios mercantes, estas baterias são utilizadas em sistemas que visam manter o funcionamento de comunicação interna, GMDSS, automação, alarmes e etc., funcionando também como um no-break no caso de faltar energia elétrica, mantendo assim, os sistemas de pequeno porte essenciais do navio operando normalmente. Estas baterias além de serem poucas, ficam dispostas em locais ventilados e arejados, a fim de evitar qualquer problema relacionado aos gases gerados. Não há a necessidade de se manter uma grande quantidade de baterias em um navio mercante, pois as mesmas trazem uma série de problemas devido ao peso e ao espaço que ocupam.

Deve-se frisar que, a propulsão elétrica, como solução, pode não ser aplicada a todos os navios, por isso não devemos entender a propulsão elétrica como uma revolução tecnológica, sendo uma ferramenta utilizada e empregada em embarcações específicas.

Os “DEs”, navios de propulsão elétrica, foram recebidos pela Marinha do Brasil na década de 1940. Outras embarcações como os rebocadores de alto mar, também foram desenvolvidos com esta tecnologia após a Segunda Guerra Mundial, pois possuíam várias vantagens como, por exemplo, permitir suaves variações na rotação do eixo propulsor, o que é uma característica importante em fainas de reboque e salvamento.

A utilização de propulsão elétrica em navios continuava muito limitada, e após a crise do petróleo que ocorreu na década de 70, entre 1974 e 1978, muitos países se lançaram na prospecção de petróleo nos mares. Até hoje, a extração de Petróleo é conhecida como uma das atividades de maior crescimento freqüente em todo mundo.

As embarcações de apoio marítimo (EAM), como rebocadores, embarcações que realizam o abastecimento das plataformas e outras, atuam no apoio a estas estruturas, permanecendo por um longo período próximos às plataformas.

Com isso, foram criados alguns métodos que ajudam a realizar este tipo de serviço, como por exemplo, o “Dynamic Positioning” (DP), que ajuda a controlar a posição da embarcação através de GPSs, satélite, agulha giroscópica e anemômetro da EAM.

Como veremos a seguir, o sistema de propulsão elétrica é dividido em duas partes, sendo elas:

- Propulsão elétrica em corrente contínua;
- Propulsão elétrica em corrente alternada.

CAPÍTULO 2

PROPULSÃO ELÉTRICA EM CORRENTE CONTÍNUA

Como dito anteriormente, após a 2ª Guerra Mundial, muitos rebocadores foram desenvolvidos utilizando sistemas de propulsão elétrica em corrente contínua, devido a sua grande manobrabilidade, com sua instalação muito parecida com as utilizadas nas “DEs” e em submarinos.

Estes mesmos rebocadores de alto mar que existiam no século XX, eram utilizados, em sua maioria, para o salvamento e socorro.



Fig. 5 – Rebocador de Alto Mar Triunfo – R-23

Devido as necessidades de realizar manobras em áreas restritas, até hoje existem dragas que trabalham com esta propulsão e instalações em corrente contínua. A planta de propulsão elétrica contínua, utilizada por esta draga, é constituída por quatro geradores elétricos da propulsão (GEPs) e mais quatro motores elétricos da propulsão (MEPs), posicionados dois por eixo, que são mecanicamente posicionados ao eixo propulsor entre o mancal de escora e o hélice.

Como há a necessidade da flexibilidade na manobra, os controles são muitos e muitos deles eram constituídos de chaves manuais e reostatos, com dissipação de calor.

Para obter a aceleração do eixo propulsor, aumentava-se a corrente de excitação nos MEPs, pela redução de resistência no seu reostato de campo.

Os reostatos de campo e os reguladores de velocidade dos motores de combustão também mantinham a tensão nos GEPs.

Para explicar acerca do MEP da propulsão elétrica em corrente contínua, deve-se dizer que era um motor do tipo série universal, com coletor de teclas e uma série de escovas.

Os mesmos frequentemente ficavam rapidamente desgastados devido ao uso contínuo e as variações de corrente em manobras. Por isso, a grande necessidade de se manter uma constante manutenção das escovas e do coletor.

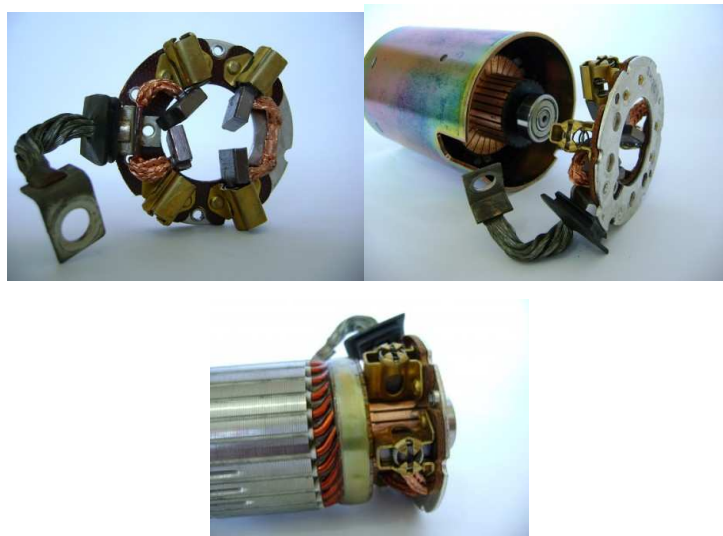


Fig. 6 - Escovas e Coletor de Motor elétrico

Devido ao atrito, o coletor desgasta a escova, fazendo assim, com que comece a surgir centelhas, conhecidas como small spark (pequena centelha) e large sparks (grandes centelhas).

Aumentando o calor que é produzido, automaticamente aumenta-se as centelhas, pois este processo é cumulativo. No caso de o calor ser exagerado, ele pode destruir o material isolante entre as teclas ou entre as teclas e o eixo e também há a possibilidade de avaria no coletor.

Para realizar a manutenção das escovas e do coletor, devemos observar se este centelhamento está muito grande, exagerado. Se sim, deve-se parar o MEP e realizar a manutenção.

Nesta manutenção, é feita a limpeza do coletor com materiais que não sejam abrasivos e/ou condutores. Deve-se também ter cuidado na limpeza do isolante no espaço entre as teclas

para que não haja avaria no material que isola as teclas umas das outras. As escovas podem ser regularizadas em sua superfície, ou trocadas, dependendo de seu estado, se foi muito gasta, ou se ainda há uma extensão de escova suficiente para que a mola tenha tensão para manter a escova de encontro ao coletor.

Para verificar a tensão da mola, é necessário ter prática ou utilizar um aparelho medidor.

Quando falamos sobre os antigos MEPs e GEPs da propulsão elétrica em corrente contínua, devemos lembrar que os mesmos não podiam ser enclausurados como os atuais motores de corrente alternada, pois, o calor gerado pela comutação das escovas, precisavam ser dispersados, o que acontece no caso de utilizar uma ventoinha. Este pó que é produzido pela escova em contato com o coletor, pedaços de escovas, umidade e poeira, é levado pela circulação de ar e ocasionalmente, introduzido nos campos da máquina. Assim, o MEP e o GEP, recebem uma quantidade de partículas de carbono e, pode ocasionar também, um recebimento de algum corpo estranho presente neste ambiente.

Estas máquinas, diga-se de passagem, são muito vulneráveis às baixas resistências de isolamento nos seus campos.

Por ser uma solução principalmente no quesito de manobrabilidade, suave variação de velocidade e outros, a propulsão elétrica em corrente contínua era adotada mesmo com esses problemas.

Nos Rebocadores de Alto Mar, era fundamental também, por estes mesmos motivos, e, por isso, utilizada nestas embarcações.

Estes rebocadores em corrente contínua, possuem os motores diesel acionando os GEPs, e os acionamentos dos hélices propulsores pelos MEPs, pode ser realizado lentamente, ajustando o rebocador conforme as necessidades da faina, a fim de evitar choques no cabo ou nos dispositivos de reboque.

Tendo sido a Propulsão elétrica em corrente contínua devidamente explicada, devemos então citar algumas vantagens e desvantagens da utilização da mesma.

2.1- Vantagens e desvantagens

A começar com as vantagens, temos como fator prioritário, citar a capacidade de manobrabilidade gerada pela mesma, o que proporciona fainas de socorro mais seguras, diminuindo assim, os riscos.

As desvantagens poderão ser citadas desta forma: O alto custo da manutenção que deve ser realizada com frequência.

Esta mesma manutenção é complicada e complexa, e ocorre devido aos problemas que foram citados anteriormente, com o atrito das escovas e do coletor, precisando assim, de observação frequente, prática e a utilização de materiais específicos para a realização da mesma.

Cabe agora, colocarmos em uma balança estas vantagens e desvantagens e observar se, como no caso dos rebocadores de salvamento e socorro é mesmo viável a utilização da Propulsão elétrica em corrente contínua.



Fig. 7 – O Riachuelo - Submarino da Marinha do Brasil que utilizava a propulsão elétrica em Corrente Contínua

CAPÍTULO 3

PROPULSÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA – MEP NO NAVIO

Para falar sobre a propulsão elétrica em corrente alternada, devemos, primeiramente, entender a principal diferença entre a corrente alternada e a corrente contínua.

A corrente alternada, sendo um tipo de corrente elétrica, tem seu sentido variado no tempo, ao contrário da corrente contínua, que permanece constante ao longo do mesmo.

Em um circuito de corrente alternada, a forma de onda é a senoidal, por ser a mais eficiente.

Porém, em algumas aplicações essas ondas são utilizadas nas formas triangular ou quadrada. Enquanto a fonte de corrente contínua é constituída por pólos positivo e negativo, a de corrente alternada é composta por fases, e, muitas vezes, pelo fio neutro.

A corrente alternada foi adotada para transmissão de energia elétrica a longas distâncias, devido à facilidade relativa que esta apresenta para ter o valor de sua tensão alterada por intermédio de transformadores. Além disso, as perdas em corrente alternada são bem menores do que em corrente contínua.

No entanto, as primeiras experiências e transmissões foram feitas em corrente contínua.

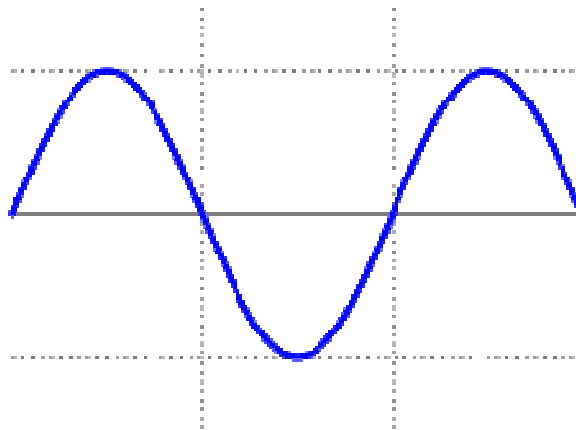


Fig. 8 – Forma de onda da corrente alternada

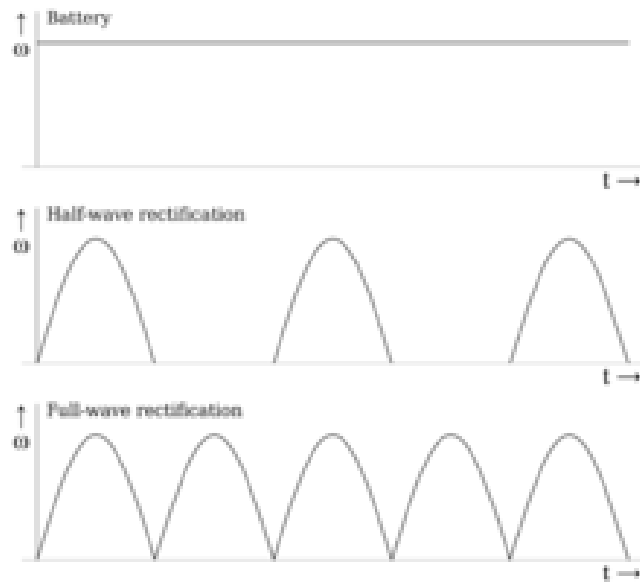


Fig. 9 – Formas de ondas da corrente contínua

Como o sistema de propulsão elétrica em corrente alternada apresentava vantagens em relação a menor custo, peso, tamanho, facilidade no manuseio e torque superior ao torque no sistema de corrente contínua, oferecia melhores condições de aplicabilidade do que o outro sistema.

3.1 – Sistema de propulsão Schottel

Quando falamos em propulsão segura e compacta, falamos do sistema de propulsão Schottel, que proporciona uma excelente capacidade de manobra.

Possui um sistema de propulsão autônomo, uma instalação rápida e uma unidade potente.



Fig. 10 – Sistema de propulsão Schottel

A Schottel é nos dias de hoje, mundialmente conhecida por seu alto padrão de qualidade e tecnologia em sistemas de propulsões marítimas.

O crescimento do mercado para embarcações de apoio começou a crescer a partir da década de 1970. Com isso, navios cada vez maiores eram manobrados em águas restritas de um porto ou terminal, utilizando embarcações de apoio portuário.

Com as crises do petróleo e o fechamento do Canal de Suez, começaram a parecer os enormes navios tanque transportando petróleo, que vinham do oriente médio para os portos japoneses e europeus.

O sistema Schottel foi utilizado como solução para estas embarcações, que requeriam uma capacidade de manobra maior.

Para que possamos entender o funcionamento do Sistema Schottel, deve-se saber que o mesmo consiste em um hélice montados em um conjunto que pode ser movimentado em azimute. O MCP aciona o hélice e o sistema de governo movimenta, em azimute, o conjunto onde o hélice está montado.

No entanto, não era ainda considerada uma propulsão elétrica, porém, já dispensava o leme.

Entendemos como “POD” ou “RABETA”, dependendo da forma em que muitos autores se referem, o conjunto formado pelo propulsor e pelo sistema que o direciona em azimute.



Fig. 11 – Em 1967, o primeiro rebocador construído com sistemas de propulsão Schottel

As embarcações que possuem hélices propulsores na proa, não observam problemas em relação ao comprimento dos eixos. Já as EAMs com hélices na popa, o alinhamento desses eixos maiores e mais longos, pode sim ser um problema. O mesmo se deve a posição do MCP, bem avante com a finalidade de deixar a popa desobstruída, para estivar a carga e para as fainas de transbordo e de reboque.

No final da década de 1970, muitas nações se lançaram à extração e prospecção de petróleo em alto mar, devido ao grande aumento nos preços do barril de petróleo, fazendo assim, com que o número de plataformas no mar aumentasse substancialmente.

No caso do Brasil, a exploração na Bacia de Campos também começou e ela é hoje, responsável por grande parte do consumo nacional.

Para ficarem em alto mar, as plataformas de petróleo precisam de cerca de cinco embarcações de apoio marítimo para fornecer material para a abertura de poços, a manutenção dos mesmos, substituir as tripulações, realizar o socorro e salvamento, fornecer combustível e rancho, dentre outras atribuições.

As embarcações de apoio portuário, não realizam os serviços de apoio às plataformas, devido a sua capacidade de carga, tamanho, e outros.

As EAMs que surgem posteriormente tem quase o porte de alguns navios, mas os mesmos problemas das embarcações de apoio portuário, especialmente quando falamos sobre a sua manobrabilidade.

Porém, estas EAMs, possuem uma maior capacidade de carga, que as embarcações de apoio portuário não tem necessidade de possuir.



Fig. 12 – Embarcação de apoio marítimo atuando junto à plataforma de petróleo

Fica claro, desta forma, que a embarcação de apoio marítimo precisa de uma grande capacidade de manobra, para que não haja nenhum tipo de colisão com a plataforma durante os serviços que estão sendo ou foram prestados.

Neste caso, o sistema Schottel é essencial para auxiliar no quesito manobrabilidade, porém, tem como principal inconveniente, os eixos propulsores muito longos.

As EAMs que utilizam o sistema Schottel tem uma grande extensão de eixo entre o MCP avante e o POD na popa. No caso das plataformas de petróleo auto propulsadas a distância POD – hélice seria muito maior.

Além disso, a solução do rebocador trator, com hélice na proa, nem sempre é cabível para as EAMs e plataformas, devido à velocidade da embarcação e da hidrodinâmica de seu casco, dentre outros.

Sendo assim, outra solução foi projetada na década de 1970. Eliminaram assim, o longo eixo entre o hélice e o MCP, e, em seu lugar foi utilizada a propulsão elétrica.

Nela, os MCP, sendo eles quatro ou seis, acionam um igual número de GEPs.

Estes GEPs são ligados a um QEP e deste QEP sai a energia utilizada no navio e também para o quadro de manobra e controle dos MEPs.

Para reduzir a extensão do eixo entre o acionador e o hélice, estes MEPs ficam posicionados dentro do casco do navio, nas proximidades do propulsor. Porém, ainda possuem um eixo na popa.

Nas embarcações com propulsão elétrica, o barramento do QEP é obrigado pela convenção SOLAS a ter uma chave seccionadora, conhecida com “Tie Breaker”. Esta seccionadora pode ser normalmente encontrada aberta (NO) ou fechada (NC).

Os balanços elétricos das instalações e os planos dos quadros devem indicar qual a posição normal dessas seccionadoras, se abertas (NO) ou fechadas (NC).

Em função da corrente de carga, podem existir várias chaves seccionadoras nos quadros, ao invés de apenas uma.

Na convenção SOLAS, não encontramos normas detalhadas sobre como deve ser a automação em todos os navios, e é comum a automação do QEP supervisionar a situação da carga elétrica do navio. Assim, a automação chama outro gerador aumentando a demanda de energia devido à aceleração do navio, ou seja, ela aciona o motor diesel do MCP programado, verifica a geração do GEP, fecha o disjuntor e distribui a carga, para poder, em seguida, liberar o aumento da velocidade do navio pela rotação do MEP.

Em embarcações onde os motores de indução são em corrente alternada, a variação da velocidade é feita através de vários artifícios que, isolados ou combinados, irão atender à todas as necessidades da embarcação.

Tudo isso depende da época da construção do navio, pois estes mesmos artifícios podem variar desde mudanças na amarração de campos múltiplos, como nos motores Dahlander, até o emprego de circuitos eletrônicos, ou até mesmo uma combinação destes métodos.

Também é comum encontrar hélices de passo controlado (HCP) nestas instalações, diminuindo assim, a necessidade de variação na carga do MEP. A variação de passo permite também e reversão se precisar parar o MEP e inverter o sentido e sua rotação, como é preciso nos motores menores, como, por exemplo, nos guinchos de atracação e molinetes dos ferros.

Comprado pela Marinha do Brasil em 1980, o NSS Felinto Perry é uma EAM adaptada para pesquisa submarina. O antigo proprietário adquiriu uma EAM e acrescentou

uma série de sistemas de apoio ao mergulho, como central de gases especiais e uma baleeira especial com câmara hiperbárica.

Este navio está equipado com câmaras de descompressão, sino atmosférico, que permite a realização de resgates a profundidades superiores a 300 metros e um veículo não tripulado controlado remotamente para operações de até 600 metros.

Dispõe de sistema de posicionamento dinâmico, que possibilita que o navio permaneça parado em relação a um determinado ponto, e ainda, uma plataforma para helicópteros e guindastes.



Fig. 13 - NSS Felinto Perry (K-11) em 2009

O K-11 é em essência uma embarcação de apoio marítimo, e sua propulsão continuou como era, elétrica e em corrente alternada. As necessidades da pesquisa submarina e do socorro submarino são muito similares, senão idênticas, como foi provado no socorro do submarino nuclear russo Kursk no mar de Barents, no final do século XX.

O NSS Felinto Perry, o K-11, possui quatro MCPs, dois MEPs que acionam os hélices de passo variável, dois DGEs, dois sistemas de baterias, o posicionamento dinâmico, como dito anteriormente com vários sensores, dois lemes de acionamento elétrico, dois bow e dois stern thrusters acionados por motores elétricos.

Ele ainda requer dois lemes e quatro propulsores laterais porque os PODs propulsores não são azimutais. Tem ainda guardas, que são hélices instalados na popa para concentrar o fluxo dos hélices sobre os lemes e reforçar o efeito das portas dos lemes.

O K-11 possui um MEP de corrente alternada do tipo gaiola de esquilo, resultando em uma corrente de até 5.000 amperes, mesmo com o hélice em passo zero e embreagem aberta.

Assim, a propulsão elétrica do navio precisa ter três GEPs em barra para dar partida em um MEP.

A automação do QEP não permite a partida de um MEP sem três geradores em barra, assim, é inviável a reversão do MEP durante a manobra do navio, o que demanda o emprego do HPC.

Ao contrário do previsto pela IEC, que é de um $M\Omega$, o valor mínimo de resistência de isolamento aceitável nos MEP do K-11 é de dois $M\Omega$. E, a chave seccionadora do barramento no QEP é “NO”.

Os hélices laterais somente têm algum efeito em baixas velocidades, até quatro a seis nós, desta forma, é o leme que mantém o rumo. Estes hélices laterais são usados para manter o navio pairando na superfície em uma posição sobre o leito do oceano.

Esta posição tem erro de poucos metros, ou menos, uma vez que o navio utiliza DGPS e possui vários sensores do posicionamento dinâmico. O DP aciona os thrusters ou os hélices na popa da forma que for preciso.

Assim, pode-se manter o navio em posição com uma margem de erro mínima, mas o K-11 precisa de propulsão longitudinal e lateral para levar a bom termo a missão.

Pode-se saber desta forma, que o navio possui a capacidade de pairar, porém ainda tem desvantagens, como os dois lemes e suas máquinas ocupando espaço na popa e a enorme corrente de partida dos MEPs.

Outra desvantagem que pode ocorrer também é a instabilidade dos GEPs em paralelo.

Temos como efeito indesejável na corrente alternada, especialmente durante as variações de carga elétrica, os harmônicos de frequência, que não trazem grandes problemas, porém, no caso dos sinais ou informações empregadas pela automação, eles são prejudiciais, pois induzem sinais falsos nos sensores de automação, e esse por sua vez, provoca reações incorretas da automação, o que resulta na instabilidade dos GEPs em paralelo ao barramento.

Na variação de velocidade e sentido de rotação das máquinas durante as manobras do navio, é onde ocorre, principalmente, a maior variação de carga na propulsão elétrica.

É exatamente no momento da manobra, seja junto ao cais ou nas proximidades de uma plataforma, que a instabilidade no paralelo dos GEPs pode desligar toda a geração de energia do navio, e, em nenhuma destas situações, isso é desejável.

Para resolver este problema, foram criadas soluções que incluem a utilização de filtros harmônicos que são conectados de formas variáveis dependendo do navio.

Estes filtros no QEP eliminam indesejáveis frequências harmônicas, múltiplas de 60Hz e deixam passar apenas o valor puro. Esta filtragem é realizada com circuitos LC, que jogam para a terra as frequências harmônicas.

Assim, o maquinista deve sempre verificar o filtro ou filtros de frequências harmônicas se os GEPs do navio tiverem problemas para permanecer em paralelo no barramento do QEP.

3.2 – Vantagens e desvantagens

Podemos então, numerar da seguinte forma as vantagens e desvantagens do Sistema Schottel:

- Vantagens:

- ✓ Propulsão segura e compacta e
- ✓ Excelente capacidade de manobra.

- Desvantagens:

- ✓ Lemes e máquinas ocupam um grande espaço na popa;
- ✓ Enorme corrente de partida;
- ✓ Instabilidade dos GEPs em paralelo;
- ✓ Harmônicos de frequência induzem sinais falsos nos sensores de automação.

CAPÍTULO 4

PROPULSÃO ELÉTRICA COM RETIFICAÇÃO E INVERSÃO

Tendo em vista uma série de problemas como a variação de velocidade de rotação do motor e inversão do sentido de rotação, a indústria naval projetou outra tecnologia para a propulsão elétrica. Esta mais aperfeiçoada, é a tecnologia empregada em embarcações do tipo “Ferry – Boat”, que é utilizada para transportar veículos e pessoas, atravessando um curso de água e até mesmo o canal da mancha, o mar do norte ou o mar Báltico.

Pouco utilizada no Brasil, esta embarcação possui um sistema que possibilita a associação entre GEPs e PODs, com capacidade azimutal.

Assim, não sendo mais necessário reduzir ou inverter a velocidade ou o sentido de rotação do motor, para que fosse atendida e necessidade preterida.

No Brasil, as embarcações mais parecidas aos “Ferries” são as pequenas embarcações que atravessam alguns canais, rios ou baías, como o canal de Santos, o rio Itajaí e os “Ferries” que atravessam de Salvador para Itaparica.

Como exemplo, temos o Ferry “Baía de todos os Santos”, com propulsão elétrica que foi fabricado em 1970 na Noruega.



Fig. 14 – “Ferry-Boat” utilizado na Bahia

Os ferries têm características bem peculiares, por exemplo, eles não param, atracam, para saída de passageiros e veículos, e para a entrada de novos passageiros e veículos, depois, desatracam e reiniciam uma nova travessia.

O período de tempo que estas embarcações ficam atracadas, não justifica parar e esfriar os motores da propulsão. Por outro lado, deixar grandes motores funcionando em baixas cargas significa carbonização excessiva e consumo inútil de combustível.

A solução encontrada foi a propulsão elétrica com vários GEPs e PODs com capacidade azimutal.

Como exemplo, o ferry “Baía de todos os santos” tem dez MCPs, cada um acionando um GEP. Os chamados MCAs, nas embarcações com propulsão elétrica passam a ser chamados de MCPs. Estes fornecem energia para todos os equipamentos elétricos do navio, inclusive os quatro MEPs, dois em cada extremidade da embarcação.

Este ferry não possui leme, seu sistema emprega a rotação dos PODs em azimute de modo similar ao utilizado no sistema Shottel. Estes PODs não giram até 360° como nos sistemas mais atuais, porém, permite a embarcação dispensar os lemes e os grandes cilindros hidráulicos da máquina do leme.

Seu sistema de governo atua nas engrenagens dos PODs através do motor hidráulico e das engrenagens “steering planetary gear” e “steering spur gear”. Uma Skeg instalada sob o POD auxilia o efeito direcional do conjunto.

Dessa forma, as unidades hidráulicas do sistema de governo, as bombas, não precisam estar perto do motor, facilitando assim, a ocupação do espaço disponível na embarcação.

CAPÍTULO 5

PROPULSÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA – MEP NO POD

5.1 - Introdução à propulsão AZIPOD®

O sistema de propulsão AZIPOD® consiste em um sistema no qual o MEP fica instalado dentro do POD, e portanto, dentro da água.

Este POD possui movimento azimutal, inclui a estrutura e o motor, que, no momento mais adequado da construção, é instalado e conectado ao sistema elétrico do navio e ao sistema do governo. Este POD foi denominado AZIPOD®.

Em março de 2003, alcançou a marca de 700.00 horas de funcionamento desde sua primeira operação em 1990, e este número continua crescendo rapidamente.

Quando falamos em vantagens deste sistema, devemos dizer que o mesmo combina uma série de vantagens de outros sistemas já existentes anteriormente no mercado.

Por isso, veremos abaixo as principais vantagens do mesmo, descritas por seu fabricante, para assim, termos a possibilidade de observar e compará-las com outros sistemas.

- ✓ O Sistema AZIPOD® possui menos cilindros de motor para manter, devido a sua menor quantidade de máquinas;
- ✓ Excelente capacidade de manobras e desempenho hidro-dinâmico, mesmo em severos ambientes antárticos e offshore;
- ✓ Possui hidrodinâmica avançada e com isso, excelente desempenho de campo de esteira;
- ✓ Com a utilização deste sistema, não há a necessidade de longas linhas de eixo, lemes, hélices laterais, hélices de passo variável e engrenagens redutoras.
- ✓ Possibilita a utilização de cascos mais simples;

- ✓ Proporciona melhor aproveitamento e distribuição dos espaços de carga e máquinas, e níveis reduzidos de ruído e vibração, maior segurança, mais redundância e menor tempo de indisponibilidade.
- ✓ Seu projeto é flexível, pode ser construído para empurrar ou puxar, em águas livres ou com gelo. Sua unidade pode ser equipada com hélices fora de centro, com ou sem “nozzle”.
- ✓ Devido a essa flexibilidade, conduz ao menor consumo de combustível, possui custos de manutenção menores, reduzidos níveis de emissão de gases e maior redundância.

Devemos lembrar ainda, que todas estas vantagens contam com uma menor quantidade de máquinas, ou seja, tornam ainda mais viável a utilização deste sistema.

O sistema elétrico de uma embarcação, utilizando o sistema AZIPOD® de propulsão, normalmente possui um conjunto de vários geradores, podendo ser todos a diesel, ou diesel combinado com turbos geradores, que quando postos todos em funcionamento, possui uma capacidade de gerar energia elétrica, superior ao consumo em uma rotina normal de trabalho, o que possibilita ao usuário do sistema realizar manutenções em motores alternados, podendo manter motores inoperantes, enquanto outros continuam trabalhando normalmente.

Os motores podem ser idênticos quando tratamos de grupos geradores a diesel, minimizando assim, os estoques de peças sobressalentes e a quantidade de máquinas auxiliares.

Este sistema emprega máquinas que operam em RPM constante e na faixa de melhor desempenho. Assim, as descargas de gases para a atmosfera são reduzidas, o que é muito importante em futuro próximo para as embarcações que operam em rotas costeiras.

Vale a pena lembrar ainda que, a propulsão elétrica é ideal para empregar novas fontes de energia, como as “Power Cells” de hidrogênio.

Quando falamos em propulsão AZIPOD®, falamos sobre um sistema de propulsão elétrica que emprega uma unidade POD com capacidade de rotação em azimute de até 360° e potências até 30 MW. Seus motores de propulsão podem ser assíncronos ou síncronos, dependendo da aplicação dos mesmos.

O motor instalado no POD aciona diretamente um hélice propulsor de passo fixo e é capaz de proporcionar o torque total em todas as direções, e, do mesmo modo, nas baixas rotações.

Este sistema possui uma ótima capacidade de mudança rápida na direção do empuxo do hélice propulsor e possui uma grande capacidade de manobra em qualquer direção.

5.2 – Emprego da tecnologia AZIPOD®:

Esta propulsão pode ser empregada em diversos tipos de embarcações. Atende, de navios de cruzeiro à navios – tanque, quebra gelos, porta containers e ferries-boat.

Ela tem sido instalada em arranjos simples, duplos e triplos. A solução CRP AZIPOD® foi desenvolvida especialmente para embarcações do tipo de carga, ferries e Ro-Ro.

As unidades AZIPOD® podem ser conjugadas com “ nozzles”

5.2.1 – Propulsão AZIPOD® simples e dupla:

A propulsão mais empregada em navios de carga e navios-tanque é a propulsão AZIPOD® simples. Já a propulsão dupla, é utilizada em navios de cruzeiro e ferries.

Este sistema de propulsão é excelente em casos onde é preciso uma alta redundância e uma boa capacidade de manobra.

5.2.2 – Propulsão CRP AZIPOD®:

Esta propulsão é uma solução competitiva para os porta-containers de alta velocidade e ferries. Nela, existe uma linha de eixo convencional, e por ante a ré dela, atua como um leme e um hélice de “contra-rotação”, possibilitando assim, maior capacidade de manobra e redundância, se compararmos à velhas embarcações que empregam as antigas linhas de eixo rígidas, além de eliminar uma das linhas de eixo.

Quando falamos em vantagens deste sistema, citamos a eficiência hidrodinâmica maior comparado a navios com a convencional linha de eixo, menor consumo de combustível e menos cilindros de motores para manter. Além, da possibilidade de empregar em outras destinações o espaço de bordo que foi economizado com o AZIPOD[®].

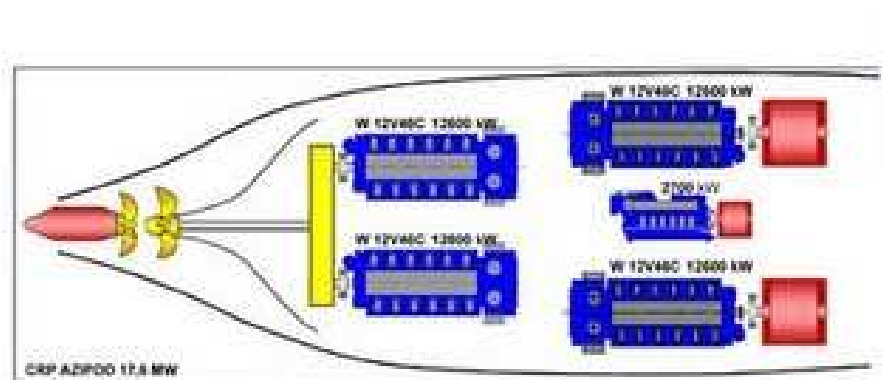


Fig. 15 – Tecnologia CRP AZIPOD[®] utilizada em dois ferries japoneses.

5.2.3 – Propulsão AZIPOD[®] Compacta:

A propulsão compacta é modular e simples e traz uma série de benefícios para a construção da embarcação e na manutenção durante a operação do navio. É uma ótima solução para iates e pequenas embarcações de carga, que possuam entre 0,5 e 4MW.

É de fácil instalação e economiza espaço a bordo, proporcionando grande capacidade de manobra.

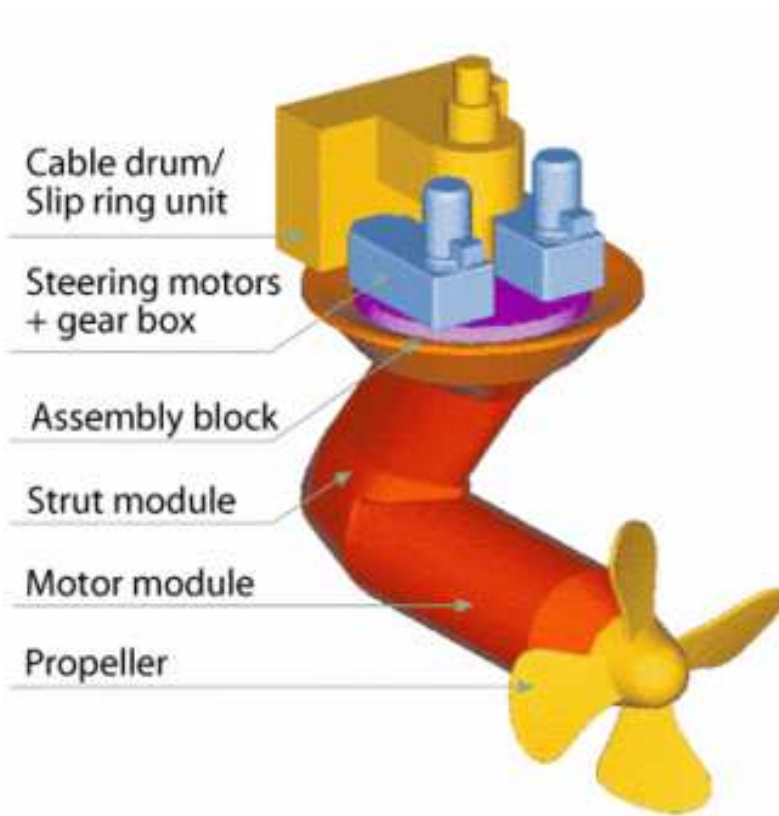


Fig. 16 – Propulsão AZIPOD® Compacta

5.3 – Vantagens e desvantagens:

Veremos abaixo as principais vantagens e desvantagens da utilização da tecnologia AZIPOD®.

- Vantagens:

- ✓ Redução do consumo de combustível;
- ✓ Menor emissão de gases;
- ✓ Flexibilidade no arranjo;
- ✓ Maior capacidade de carga;
- ✓ Alocação das máquinas em outros compartimentos;

- ✓ Redução dos ruídos e vibrações;
- ✓ Melhor Manobrabilidade;
- ✓ Controle da rotação do hélice durante operação;
- ✓ Reversão rápida dos motores;
- ✓ Maior torque em baixas rotações;
- ✓ Vantagem ambiental.

- Desvantagens:

- ✓ Maior custo para a aquisição do equipamento;
- ✓ Maior peso em relação ao Motor Diesel convencional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar este trabalho que necessitou de muita dedicação e tempo de pesquisa, notamos o tamanho da importância do tema que foi abordado.

Quando falamos em Propulsão elétrica, um enorme leque de assuntos e tópicos surge para o melhor entendimento do leitor. Assim, é preciso entender suas principais características e vantagens que este tipo de propulsão trouxe não somente para a marinha mercante como para as embarcações em geral.

Um fato notório é que, antes da chegada do sistema de propulsão elétrica, os sistemas anteriores possuíam uma série de deficiências e limitações que foram solucionadas com os sistemas posteriores.

Assim, tornou-se necessária uma nova busca por sistemas que poderiam não somente substituir os sistemas anteriores, como trabalhar junto a eles, trazendo benefícios e respostas para alguns problemas.

Todos os sistemas listados nesta monografia possuem uma série de vantagens que provam que há sim, a possibilidade de dominarem não somente o mercado de navios de passageiros como também o de Embarcações de Apoio Marítimo, trazendo inovações e sua grande capacidade de manobrabilidade e outros.

Deve-se dar uma grande atenção ao Sistema de Propulsão elétrica por corrente alternada, que, segundo especialistas, deve ser o culpado por esta dominação do mercado, por diversas vantagens, dentre elas, de proporcionar maior espaço dentro da embarcação.

Ao estudar sobre este tema, notamos que não devemos nos ater somente nas vantagens, como também nas desvantagens acima descritas, para que a pesquisa de aprimoramento neste setor continue sempre, para suprir necessidades abordadas anteriormente como, por exemplo, custo, peso, etc.

Por fim, sobre a tecnologia AZIPOD[®], o que podemos dizer é que desde sua primeira utilização em 1990, este sistema vem conquistando cada dia mais adeptos.

Como um fator principal que deve ser citado, é que seu MEP fica localizado dentro do POD, ou seja, dentro da água, possibilitando assim, a utilização de uma menor quantidade de máquinas.

Falando em sistema AZIPOD[®], lembramos-nos de sua flexibilidade, manobrabilidade, entre outros.

O que concluímos na verdade é que, com o tempo e o avanço tecnológico nesta área, o Sistema de propulsão elétrico poderá sim, ser o futuro dos navios em todo o mundo, por suas vantagens e simplicidade, atuando com menos agressão ao ambiente e proporcionando maior espaço útil dentro das embarcações.

Aguardaremos assim, que o mundo aumente seu investimento neste tipo de propulsão, que como visto, trará vantagens a todos os usuários e responsáveis pelos serviços náuticos prestados por todas estas embarcações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GONZALES Ibrahim, Eden e PINHEIRO de Souza e Silva, Osvaldo. **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. Centro de Instrução Almirante Graça Aranha. Rio de Janeiro. Março de 2003. 2ª Edição

FRAGOSO, Otávio e CAJATY, Marcelo. **Rebocadores Portuários**. Conselho Nacional de Praticagem. Rio de Janeiro. 2002. 1ª Edição.

BRASIL. **Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar**, (SOLAS), 1974 e seu protocolo de 1978, incorporando todas as emendas atuais, incluindo as emendas de 1997. Diretoria de portos e costas da Marinha Brasileira. Rio de Janeiro. 2001.

HALL, Dennis T. **Practical Marine Electrical Knowledge**. Second Edition. Witherby & Co Ltd. London. 1999.

SITES PESQUISADOS PARA A ELEBORAÇÃO DO TRABALHO:

<http://www.dpc.mar.mil.br>

<http://www.ipen.org.br>

<http://www.mar.mil.br/>

<http://www04.abb.com>