

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

PROPULSÃO ELÉTRICA

Por: Rafael Santana TAVARES

**Orientador
Prof. Osvaldo Pinheiro de Souza e Silva
OSM – M.Sc. COPPE/UFRJ**

**Rio de Janeiro
2012**

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

PROPULSÃO ELÉTRICA

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 (FOMQ) da Marinha Mercante.
Por: Rafael Santana Tavares

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA 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

Agradeço a Deus, por me guiar em minha trajetória , aos meus pais pelo apoio e por todo o suporte que precisei pra alcançar minha meta , por sempre acreditarem em meu trabalho durante a preparação para concursos. A todos os amigos de curso , os quais juntos desenvolvemos o foco , a força e a fé em nossos esforços para que pudéssemos alcançar um só caminho , o da vitória. Aos amigos da EFOMM , esses serão guardados em meu coração pro resto da vida. Agradeço também aos que não acreditaram em mim e aos que tentaram me depreciar de alguma forma , através deles me tornei mais forte. E por fim ao meu orientador, Professor Souza e Silva, por se mostrar presente a fim de qualquer esclarecimento e pelo exemplo de profissional.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,
Batista e Bia, por tudo que fizeram e por
sempre acreditarem.

RESUMO

Esta monografia tem como foco fornecer ao leitor informações úteis a respeito do sistema de propulsão elétrica de modo a abordar os sistemas e os componentes de uma instalação de propulsão elétrica mais comum nas embarcações de passageiros e de apoio marítimo.

Neste sentido, pretende-se apresentar o desenvolvimento das propulsões elétricas ao longo do tempo e sua modernização, explicando claramente as vantagens e desvantagens de cada tipo, sua operacionabilidade e toda a estrutura para a sua funcionabilidade.

Será esclarecido os dois tipos de propulsão, a propulsão elétrica em corrente contínua e a alternada, principalmente pelo surgimento da tecnologia AZIPOD[®] e que revolucionou o mercado da propulsão elétrica em todo o mundo. Outros modos de propulsão elétrica não são mencionados, não menos importantes que estes, mas fugiria do foco deste trabalho.

Palavras-chave: propulsão elétrica em corrente contínua, propulsão elétrica em corrente alternada e tecnologia AZIPOD[®].

ABSTRACT

This study aims to bring to the reader useful information regarding Electric Propulsion System dealing with the systems and the most common components of an installation of an electric propulsion in luxury passenger ships and supply vessels.

Is intended to present the development of electric propulsion over time and its modernization, clearly explaining the advantages and disadvantages of each type their operability and the whole structure to its functionality.

Will be explained the two types of propulsion, electric propulsion in direct current and alternating current, mainly because of the Azipod ® technology and revolutionized the electric propulsion market in the world. Other modes of electric propulsion are not mentioned, not less important than these, but would escape the scope of this work.

Keywords :direct current electrical propulsion,alternating current electrical propulsion and Azipod technology.

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	PÁGINA
1a	- Diagrama com um corte de uma praça de baterias de um submarino	15
1b	-Praça de baterias de um submarino	15
1c	-Modelos de baterias	16
1d	-Modelos de baterias	16
2	-MS Freedom of the Seas	20
3	-Imagens de Coletor , porta-escovas e escovas do MEP de um Submarino e escovas do MEP de um Submarino antigo	22
4	-Janela de Inspeção do Motor de Propulsão do Rebocador: Richard M. Currance, com visão das escovas	23
5	-Processo de desgaste das escovas em um MEP	24
6	-Motor do tipo Gaiola de Esquilo	25
7	-Exemplo do sistema de propulsão em corrente contínua da embarcação: Richard M. Currance	27
8	-Imagens de um Sistema Schottel	30
9	-Diagrama de uma embarcação movida por propulsão elétrica	33
10	-Esquema básico da ligação de um dos enrolamentos de um motor propulsor em corrente alternada com inversor	35
11	-Instalação básica do sistema Azipod e da planta de geração de energia	38
12	-Propulsão CRP Azipod	40
13	-Arranjo de propulsão Azipod dupla	41

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO I A Evolução da Propulsão Elétrica.....	13
1.1-Primeira Aplicação Mundial da Propulsão Elétrica.....	14
1.2-A Contribuição da Guerra ao Desenvolvimento da Propulsão Elétrica.....	14
1.3-Pós-Crise do Petróleo.....	17
CAPÍTULO II Propulsão Elétrica em Corrente Contínua.....	21
2.1-Motores.....	22
2.1.1-Desgaste e Manutenção Básica.....	22
2.1.2-Manobrabilidade e Tempo de Resposta.....	25
2.1.3-Sistema de Motor com Escovas.....	26
2.1.4-Arranjo do Sistema.....	27
CAPÍTULO III Propulsão Elétrica em Corrente Alternada - MEP no Navio.....	29
3.1-Comparação com os Sistemas Previamente Utilizados.....	29
3.2-Propulsão SCHOTTEL.....	29
3.3-Propulsão Elétrica em Corrente Alternada.....	31
3.4-Propulsão Elétrica com Retificação e Inversão.....	34
3.4.1-Sistema Retificador-Inversor.....	34
3.4.2-Sensor de Posição.....	35
3.4.3-Ligação Básica de um Enrolamento com Tiristores.....	35
3.5-Exemplo de Potências Demandadas.....	36
CAPÍTULO IV Propulsão Elétrica em Corrente Alternada – MEP no POD.....	37
4.1-Introdução a Propulsão AZIPOD®.....	37
4.1.1-Sistema de um AZIPOD®.....	38
4.1.2-Propulsão CRP AZIPOD®.....	39
4.1.2.1-Aplicações.....	40

4.2-Vantagens da Propulsão AZIPOD®.....	41
4.3-Sistemas de Governo.....	42
4.4-Modos de Controle.....	43
4.4.1-Modo de Cruzeiro.....	43
4.4.2-Modo Aziman.....	44
4.4.3-Modo Back Up.....	44
4.4.4-Prioridades das estações.....	44
4.4.5-Controle Remoto.....	45
CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
GLOSSÁRIO.....	49

INTRODUÇÃO

Há séculos , no início da prática da navegação , a propulsão dos navios era por meio de vela, no entanto se fazia necessária uma tripulação grande apesar de ter tonelagem bruta considerada baixa para os padrões atuais.A grande revolução da engenharia naval ocorreu a partir do século XIX ,com a introdução do vapor e do ferro.A propulsão passou a ser feita por meio da queima de carvão mineral (tecnologia do vapor).

No século XX , o franco-germânico Rudolf Diesel apresentou o primeiro motor a diesel ao mundo. Após diversos melhoramentos nele implantados, foi utilizado na propulsão de embarcações, fato que deixou de lado a máquina a vapor, já que o motor diesel possui um rendimento muito superior, custo inicial menor e ocupa um espaço reduzido.

No início do século XX, existia a necessidade militar de desenvolver-se uma arma que incorporasse características furtivas sob o ponto de vista tático , nascia então a propulsão elétrica , utilizada de início em submarinos.

A propulsão elétrica dos submarinos necessita de um conjunto de baterias, às quais permitem o armazenamento da energia produzida pelos geradores,movidos por motores Diesel, para posterior utilização quando submerso.

No campo comercial,surgiu por volta de 1930, sistemas de propulsão com total integração de seus utilitários, em inglês Integrated Full Electric Propulsion (IFEP).

Em torno de 1970, sistemas com hélices na proa , BOW THRUSTER , e na popa, STERN THRUSTER, foram incorporados, de início acionados por motores Diesel,passando depois para acionamento hidráulico.Hoje em dia , por razões de velocidade de resposta e por ocupar menores espaços,são acionados eletricamente, resultando em operações mais rápidas e seguras.

Porém o sistema IFEP, inicialmente usado, vem sido substituído pelo Sistema com PODs ou Rabetas derrubando a supremacia do Sistema IFEP, em que os motores elétricos não estão ligados diretamente aos hélices. No sistema com PODs ocorre a independência de cada POD o que resulta numa grande economia do combustível.

Atualmente a Propulsão Elétrica vem se apresentando como uma das melhores opções para preencher os requisitos **velocidade** e **custo de operação**.

CAPÍTULO I

A EVOLUÇÃO DA PROPULSÃO ELÉTRICA

O sistema de propulsão elétrica de embarcações teve seu desenvolvimento iniciado no começo do século XX , a partir da necessidade militar, através deste fato ocorreu então o nascimento do submarino. Esse sistema é utilizado até os dias de hoje em submarinos chamados convencionais, porém o desenvolvimento desta tecnologia ainda esbarra em um inconveniente característico da energia elétrica: a dificuldade de armazenamento de energia. A bateria de acumuladores é o único meio de armazenagem de energia até a atualidade, uma tecnologia antiga, mas que vem melhorando a cada dia com melhores reações químicas e materiais modernos e resistentes.

Tanto os primeiros submarinos quanto os atuais , chamados convencionais, não acionam os seus motores de combustão interna (MCI), quando mergulhados , uma vez que os motores requerem ar para queimarem , elemento em escassez no interior da embarcação quando estão submersos. Sendo assim, os submarinos convencionais operam os seus MCI para acionar geradores enquanto estão na superfície ou em pequenas profundidades utilizando equipamentos chamados SNORKEL , o qual obtém ar da superfície. Os geradores fornecem energia para acionar o motor elétrico de propulsão (MEP) e para carregar as baterias de acumuladores e são estas que vão alimentar todos os equipamentos do submarino enquanto mergulhado em profundidades onde o snorkel não pode operar. Alguns equipamentos do submarino precisam de corrente alternada (CA) e como o sistema de energia do submarino é de corrente contínua (CC), faz-se o uso de inversores de frequência para fornecer energia para estes equipamentos.

1.1-PRIMEIRA APLICAÇÃO MUNDIAL DA PROPULSÃO ELÉTRICA

A primeira embarcação movida a propulsão elétrica foi o navio russo Vandal, tanqueneiro de 75m e 800tdw, operado pela companhia de extração de petróleo Nobel Petroleum Company, baseada em São Petersburgo e com operações no rio Volga e no mar Cáspio. Sua viagem inicial foi dada na primavera de 1903, logo após o gelo do inverno ser quebrado.

O navio possuía três propulsores acionados por três unidades de propulsão elétrica montadas a meia-nau. Cada uma das unidades consistia de um motor diesel de três cilindros e um gerador de corrente contínua de 87 kW 500V. Esses geradores eram conectados eletricamente aos motores elétricos, cada um consumindo 75 kW para girar seus eixos propulsores. Cada unidade propulsora podia ser controlada separadamente a partir do passadiço, o que garantia ao navio mobilidade até então não observada. Os equipamentos elétricos e controle foram projetados e construídos pela empresa Suécia ASEA, adaptando os controles utilizados nos carros elétricos da época até onde se sabe.

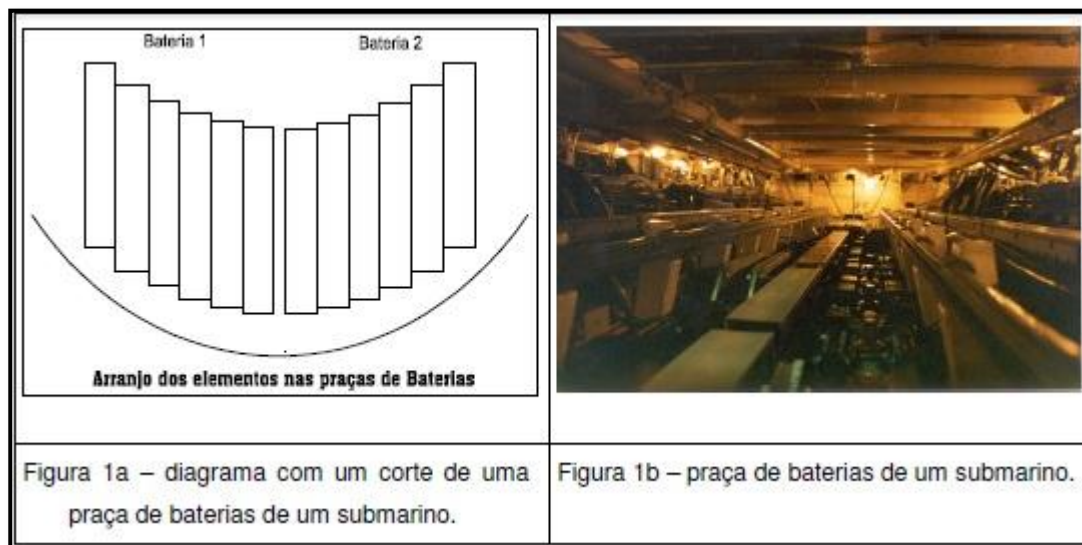
Com exceção de algumas falhas que forçaram o adiamento da viagem inicial, o navio atendeu de forma excelente às expectativas. A manobra de reversão de *full ahead* para *full reverse* levava apenas de 8 a 10 segundos.

1.2-A CONTRIBUIÇÃO DA GUERRA AO DESENVOLVIMENTO DA PROPULSÃO ELÉTRICA

Com a necessidade bélica do século XX se desenvolveram navios submersos ou submarinos, os sistemas tinham que consumir o mínimo possível de oxigênio. A solução novamente foram motores elétricos, neste caso alimentados por um grande grupo de baterias, às quais pela quantidade, dificulta a armazenagem.

Uma das evoluções atuais em alguns submarinos é a geração de energia em CA. Uma parte desta energia é retificada em CC para carregar as baterias dos acumuladores e acionar os motores elétricos de propulsão.

Apesar da propulsão elétrica ser , hoje, única e insubstituível para os submarinos, ela apresenta algumas restrições como gases gerados durante a carga das baterias e mais peso e volume das baterias dos acumuladores. A quantidade de baterias instaladas atualmente nos submarinos teve uma significativa redução , de 500 baterias para 440.





O que difere dos navios mercantes , que transportam em seu BOJO a carga, os submarinos transportam as baterias dos acumuladores.As grandes quantidades de baterias encontradas nos submarinos , não é encontrada nos navios mercantes.Nestas embarcações há poucas baterias instaladas em locais altos e ventilados para melhor administração dos gases explosivos gerados pelo processo de carga.A razão de não haver muitas baterias em embarcações mercantes é que estas perderiam muito espaço reservados para carga e em consequência do excesso de peso , haveria dificuldade para obter uma boa estabilidade. Determinadas atividades que ocorrem em submarinos não podem ocorrer em navios mercantes, um exemplo disto, são alguns processos de carga nas baterias quando é necessário remover toda tripulação de bordo para terra.

Porém quando trata-se de baterias a bordo de um navio mercante o assunto é melhor abrangido ao estudarmos as Regras do Capítulo II-1, parte D, do texto consolidado da Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), 1974 e seu protocolo de 1978, incorporando todas as emendas de 1997. A Convenção SOLAS apenas exige que os mercantes tenham uma fonte de energia alternativa para emergências e não obriga a instalação de um diesel – gerador de emergência (DGE). Porém os navios mercantes com madres do leme maiores que 230 mm, e outros menores, usam um DGE para fornecer a

energia de emergência e acionar a máquina do leme, devido aos problemas que seriam causados por grandes grupos de baterias, como nos submarinos convencionais.

Por isso, o uso de baterias a bordo dos navios mercantes é limitado aos sistemas temporários destinados a manter operando a automação, alarmes, comunicações internas, o GMDSS (comunicações nos navios antigos) e a iluminação transitória (antiga emergência). Durante uma eventual falta de energia dos geradores de bordo, e até o acionamento do DGE, as baterias operam como um “no-break” para os sistemas de automação, dentre outros.

Após a segunda guerra mundial foram produzidos rebocadores com propulsão similar aos “DEs” , navios escolta com propulsão elétrica produzidos nos EUA na década de 40, pois este tipo de propulsão apresentava vantagens fundamentais a este tipo de embarcação, como permitir variações suaves, pequenas e precisas na rotação do eixo propulsor.

Com o passar do tempo , foram sendo encontradas as desvantagens deste tipo de propulsão , tendo como um dos exemplos as reversões de marcha do MEP que produziam altíssimas correntes elétricas, que causavam avarias no circuito ou acionavam o sistema de proteção, o qual cortava a energia, causando o “apagão no navio”. Por causa dos infortúnios, a propulsão elétrica em navios ficou limitada até algumas décadas atrás.

1.3-PÓS-CRISE DO PETRÓLEO

Na década de 70, após a crise do petróleo, foi desenvolvido em vários países uma atividade à qual hoje é uma das que mais crescem, a prospecção de petróleo no leito dos oceanos, ou seja, exploração de petróleo em alto mar. O que deu início à indústria off-shore, com enormes plataformas que precisavam de reboque, abastecimento e outras soluções. Então foram criadas embarcações específicas para esta função, são as chamadas embarcações de apoio marítimo (EAM).Elas fazem o abastecimento das plataformas de petróleo, manobram o seu fundeio, as rebocam e ainda operam em missões específicas, porém todas voltadas para apoio das plataformas de petróleo.

Com a necessidade de permanecer próxima das plataformas por um longo período de tempo, tendo que vencer obstáculos da natureza, para se manter em uma posição precisa e

próxima da plataforma, criaram diversas soluções para resolver os problemas enfrentados pelas “EAM”. Entre as soluções está o surgimento do Posicionamento Dinâmico (DP), o qual constitui-se de um processador digital que recebe informações de uma referência, como Sistema Global de Posicionamento (GPS) ou outra referência na plataforma e ainda, informações de agulha giroscópica e do anemômetro da embarcação de apoio marítimo. Logo, o posicionamento dinâmico aciona as máquinas do navio para manter a “EAM” em uma posição relativa à plataforma, com margem de erro de aproximadamente cinco metros, porém hoje, os receptores com correção Dynamic Geographic Positioning System (DGPS) chegam a uma precisão de um ou dois metros em âmbito mundial.

Outro problema das embarcações de apoio marítimo antigas, com um ou dois hélices na popa, era a dificuldade de se deslocar lateralmente, porém hoje em dia é possível ser feita sem o auxílio de rebocadores, com a utilização de propulsores laterais, na proa e na popa, denominados respectivamente de (“Bow Thruster” e “Stern Thruster”). Existem thrusters acionados por motores hidráulicos e por motores elétricos diretamente. A opção por thrusters elétricos é a melhor escola, no que diz respeito a tempo de resposta e dimensões.

Embarcações como a do sistema acima citado combinam potentes motores de propulsão com o objetivo de um rápido deslocamento base - plataforma - base, e mais ainda geradores de grande potência para produzir energia suficiente durante a manobra junto à plataforma para suprir as necessidades dos “thrusters” laterais. Os piques de carga se alternam entre os MCPs, durante seu deslocamento base-plataforma-base, e os MCAs, durante a manobra. Além da carbonização dos motores operando em baixa carga, o espaço para carga fica reduzido pelo conjunto de dois grandes MCPs para propulsão e três ou quatro MCAs para a geração de energia elétrica, além dos eixos entre os MCPs e hélices propulsores, bem como a máquina do leme.

Ficando evidente que um sistema integrando a propulsão e a geração de energia elétrica permitirá economia de espaço, de combustível e de manutenção, reduzindo os custos e aumentando os lucros, características perfeitas para a finalidade de qualquer atividade econômica.

Em caso da propulsão do navio não apresentar resposta rápida quando acionada pelo sistema de posicionamento dinâmico, não fará sentido instalar hélices laterais, DP, GPS. Diante disto, a propulsão normal na popa da embarcação começou a ser elétrica para se adaptar as necessidades da EAM.

Apesar dessa evolução, o problema nos antigos DEs, alta corrente, continuou pior ainda durante a reversão da marcha no momento da manobra dos motores elétricos principais

em CA com motor de indução. Para este problema foi descoberta uma solução que desta vez consistia em incorporar um hélice de passo variável acionado pelo MEP. Integrando agora ao sistema de posicionamento dinâmico a variação do passo do hélice além da rotação do MEP. Mas a partida de cada MEP obrigava o emprego de três dos seus quatro motores-geradores nessa ocasião.

Uma desvantagem da corrente alternada é que ela se opõe às variações de corrente às quais propiciam a ocorrência de valores harmônicos de frequência que alteram a precisão nos controles automáticos destinados a manter em paralelo no barramento o grupo de quatro ou seis motor – geradores (MCPs) das embarcações de apoio marítimo.

Para tornar mínimo este tipo de problema, uma das soluções seria a separação da planta elétrica, porém em situações de manobra ou qualquer situação extrema o paralelismo dos MCPs no barramento pode ser “derrubado” pelas flutuações de carga e/ou harmônicos decorrentes.

Para solucionar este problema a empresa ABB lançou no início do século XXI o sistema AZIPOD® com energia gerada em circuito alternado distribuída para todo o navio, inclusive para todos os motores elétricos de propulsão. Antes de a corrente chegar ao MEP, ela é retificada para CC, em seguida invertida para CA com tensão e frequência controlada e adequada para a ocasião. Neste tipo de solução o motor elétrico fica mergulhado sob a popa da embarcação de apoio marítimo e o hélice está instalado no prolongamento do eixo do motor elétrico. Uma das vantagens do sistema é que ele é capaz de girar 360° em torno do seu suporte vertical, como os propulsores azimutais (ASD). Desta maneira a embarcação de apoio marítimo não necessita mais de um grande número de partes móveis para transmissão, máquina do leme e não necessita de “thrusters” laterais a ré.

Os navios de passageiros, assim como as EAMs que fazem uso deste tipo de sistema, precisam de boa manobrabilidade em águas restritas que não proporcionam facilidades no apoio portuário. Outras vantagens do sistema AZIPOD® são: proporcionar a redução dos níveis de ruído e vibrações nas áreas destinadas aos passageiros e dispor de mais espaço que podem se tornar camarotes.



Figura 2 -MS Freedom of the Seas – Capacidade para 4300 pessoas

CAPÍTULO II

Propulsão Elétrica em Corrente Contínua

As primeiras embarcações com propulsão elétrica em CC surgiram no início do século XX, rebocadores de alto mar que, na maioria, eram destinados ao socorro e salvamento e formaram a base tecnológica para o que hoje são nossas Embarcações de Apoio Marítimo (EAM).

A propulsão convencional possui uma série de desvantagens para as EAM. Em baixas rotações, MCPs tendem a ter um consumo de combustível muito maior, além de o motor carbonizar mais rapidamente já que todo esse combustível não é queimado por completo. Em rotações muito baixas, equivalente a menos de 5 nós, o MCP simplesmente “morre”. A solução consiste em partir o MCP e pará-lo logo em seguida, manobra limitada pela capacidade de armazenamento das ampolas de ar para partidas sucessivas, o que pode variar de dez a quinze vezes. Após o consumo da carga das ampolas, muitas embarcações precisavam ficar “boiando” enquanto seus compressores se recarregavam.

O sistema de propulsão elétrica em CC também possui vários problemas, descritos a seguir, mas mesmo assim era adotado como solução para as operações das EAM que visavam além de tudo, alta manobrabilidade.

Atualmente, o uso de corrente contínua para propulsão elétrica está em escassez. Porém, ainda hoje existem algumas embarcações que trabalham com propulsão e instalações em corrente contínua, devido às necessidades para manobras em águas restritas. A antiga planta de propulsão elétrica em corrente contínua, ainda usada, é integrada por quatro geradores elétricos da propulsão (GEPs) em 220 volts CC e mais quatro motores elétricos da propulsão (MEPs), sendo dois por eixo, inseridos no eixo propulsor entre o mancal de escora e o hélice.

2.1-MOTORES

O MEP da propulsão elétrica em corrente contínua era um motor do tipo série universal com coletor (comutador) de teclas e muitas escovas. O uso contínuo e as grandes variações de corrente em manobras provocavam desgaste acelerado de ambos e requeriam constante manutenção das escovas e do coletor, por causa disto o uso de motores com escova está em declínio.



2.1.1-DESGASTE E MANUTENÇÃO BÁSICA

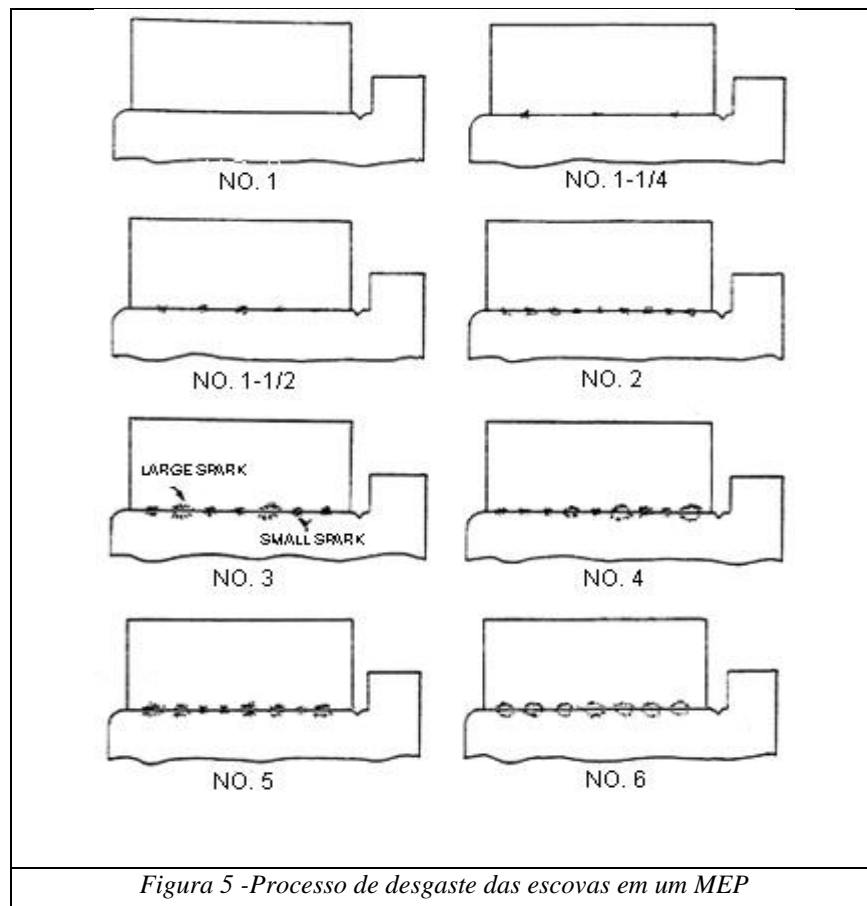
Na medida em que o atrito escova – coletor provoca o desgaste da escova, as centelhas começam a surgir, desde uma pequena centelha (small spark) até várias grandes centelhas (large spark). O processo é cumulativo, aumentando exponencialmente as centelhas e,

consequentemente, o calor produzido. Se esse calor for exagerado, ele pode destruir o material isolante entre as teclas e o eixo e avariar o coletor do motor.

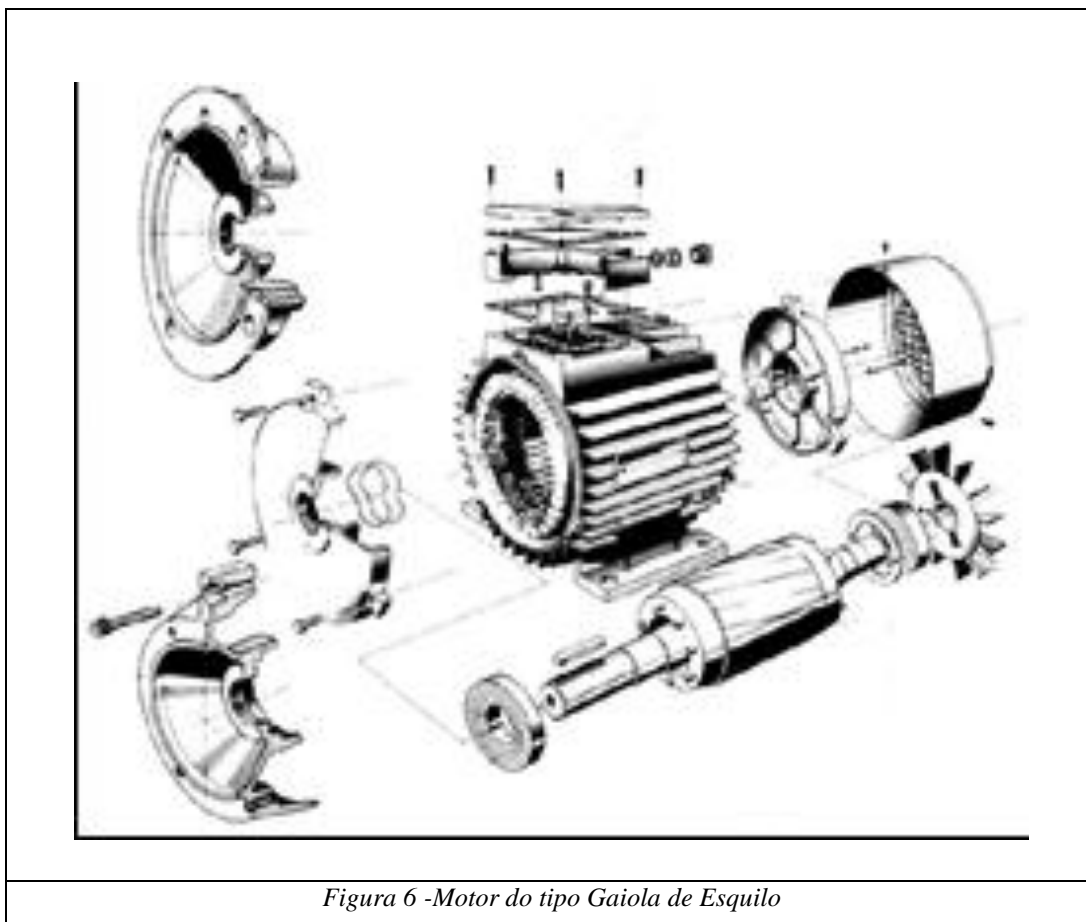
A menos que uma manutenção preventiva seja adotada, o momento certo para ser feita manutenção ainda é pouco evoluído. Quando o centelhamento observado no coletor é intenso está na hora de parar o MEP e proceder à manutenção nas escovas e coletor.



Figura 4-Janela de Inspeção do Motor de Propulsão do Rebocador: Richard M. Currance, com visão das escovas.



Antigamente GEP e MEP da propulsão elétrica em corrente contínua não podiam ser enclausurados como os modernos motores de corrente alternada do tipo gaiola de esquilo. O calor gerado pela comutação escovas – coletor, mais o calor dos campos da máquina precisavam ser dissipados, o que normalmente é feito por uma ventoinha. A circulação de ar introduz nos campos da máquina o pó produzido pelo atrito da escova de encontro ao coletor e pequenos pedaços das escovas. Desse modo, além da umidade e poeira da praça de máquina, tanto o MEP como o GEP recebe uma grande quantidade de partículas de carbono e, ocasionalmente, algum corpo estranho. Por isso, essas máquinas são muito mais vulneráveis às baixas resistências de isolamento nos seus campos.



2.1.2-MANOBRAILIDADE E TEMPO DE RESPOSTA

O sistema era na época considerado de alta manobrabilidade. Era possível realizar ajustes fino na rotação dos hélices propulsores conforme a necessidade da situação, RPM por RPM, a partir do zero. A regulagem era realizada em Controles, que consistiam basicamente em chaves manuais e reostatos. A aceleração era obtida aumentando a corrente de excitação no campo dos MEPs pela redução da resistência em seus reostatos de campo. O tempo de resposta de um motor com escovas varia muito de acordo com o tamanho do motor. Um motor de 4.000KW leva aproximadamente sete segundos para parar, o que para os padrões da época não era ruim, mas atualmente é considerado lento.

Apesar de todos esses problemas, a propulsão elétrica em corrente contínua era empregada, porque se constituía em uma solução para as missões das embarcações de

superfície que a empregavam, especialmente a manobrabilidade. No caso de algumas embarcações a variação suave da velocidade, especialmente na partida, é fundamental nas fainas de reboque.

A limpeza do coletor é feita com materiais não rugosos ou não abrasivos e não condutores. A limpeza do isolante no espaço entre as teclas deve ser feita com cuidado para não destruir o material que isola uma tecla da outra. Em alguns casos é feita uma deposição de liga de níquel recobrindo as teclas.

Em suma, a propulsão elétrica com corrente contínua é vantajosa, pois apresenta melhor capacidade de manobra pela variação da RPM uma a uma, resultando em fainas de reboque mais seguras, e tem por desvantagem a exigência de manutenção freqüente em máquinas elétricas, e o todo do equipamento é caro e complexo devido ao problema da comutação elétrica (escovas – coletor).

2.1.3-SISTEMA DE MOTOR COM ESCOVAS

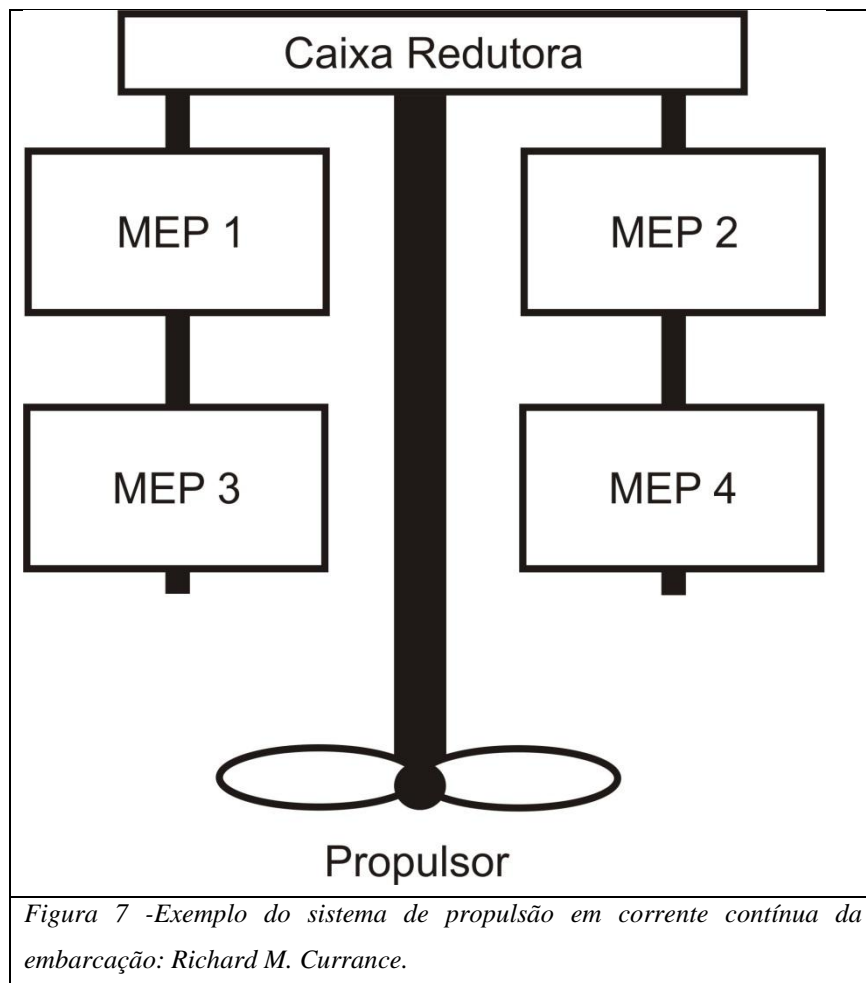
O sistema de um motor com escova é um arranjo considerado simples. O sistema é composto por diesel-geradores com quatro geradores de altíssima potência, grupo transformador, grupo retificador de tensão baseado em Retificador Controlado de Silício “SCR” e um grupo de motores. Eles operam em conjunto de quatro motores por eixo propulsor, os quais ficam instalados em pares onde cada par é montado em um único rotor, estes pares destes motores são acoplados a uma caixa redutora, para só em seguida ser conectado ao eixo propulsor.

A operação dos grupos geradores tem uma enorme dependência de um sistema de automação, pois de acordo com a necessidade de potência, a automação coloca ou retira os geradores no barramento, para suprir a demanda energética e evitar gastos desnecessários. Para que o sistema de automação possa colocar mais um gerador no barramento, este deve estar pronto para tal, ou seja, em “stand by”.

2.1.4-ARRANJO DO SISTEMA

Normalmente o sistema é um arranjo simples, composto por:

- Diesel-geradores de altíssima potência;
- Transformadores;
- Retificadores de tensão (“SCR” ou Retificador Controlado de Silício); e
- Motores.



Resumindo:

- Vantagens da propulsão elétrica em corrente contínua → melhor capacidade de manobra pela variação da RPM uma a uma, resultando em fainas de socorro mais seguras;
- Desvantagens da propulsão elétrica em corrente contínua → máquinas elétricas com manutenção freqüente, cara e complexa devido ao problema da comutação elétrica entre as escovas e o coletor.

CAPÍTULO III

PROPULSÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA – MEP NO NAVIO

Apesar dos motores de propulsão elétrica por corrente alternada (CA) só se popularizarem na década de 80, eles surgiram na indústria naval no final da década de 50. O aumento da demanda por potência provocou uma diminuição no uso de sistemas baseados em corrente contínua já que o peso e o tamanho dos MEP e dos GEP aumentava expressivamente conforme sua potência subia.

3.1-Comparação com os sistemas previamente utilizados

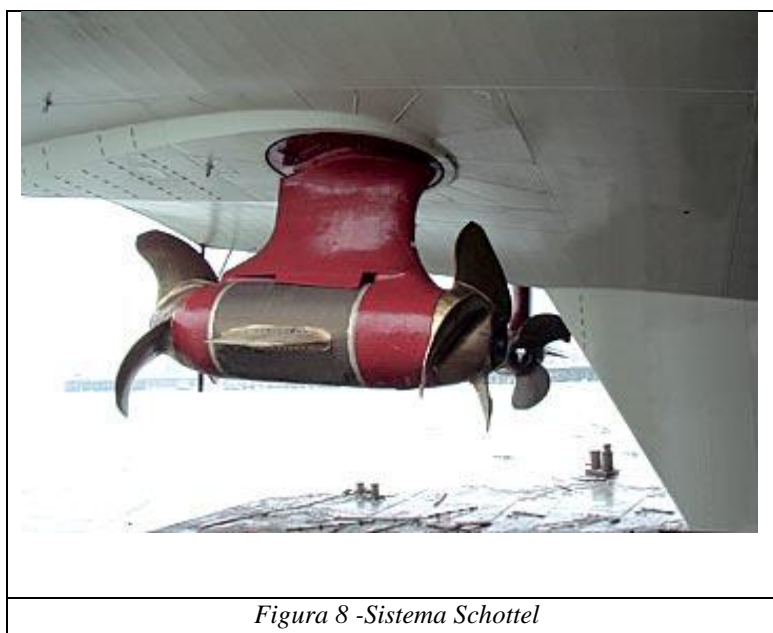
A propulsão elétrica por corrente alternada não requer manutenção constante como o sistema por corrente contínua requer, daí sua evidência no mercado atual. Comparado com propulsão por combustão interna, o sistema por CA também é mais atrativo. MCPs precisam de grande espaço interno , além da enorme quantidade de ruídos e vibrações que diminuem a vida útil e o desempenho de equipamentos, além de gerar desconforto, principalmente em navios de passageiros.

Outro fator que evoluiu foi o tempo de resposta, que antes era lento e incluía limitações para a reversão e controle de velocidade uma vez que tais manobras eram realizadas inserindo e removendo bancos de resistores nas ligações entre os enrolamentos.

3.2-Propulsão Schottel

O mercado para embarcações de apoio marítimo começou a se desenvolver a partir da década de 70. Visto que era necessário manobrar navios cada vez maiores nas áreas restritas de um porto , usando embarcações de apoio portuário. Com o fechamento do Canal de Suez e o

surgimento da crise do petróleo, surgiram os imensos navios tanque para transportar petróleo do Oriente Médio para portos europeus e japoneses. A manobra desses grandes navios requeria embarcações de apoio capazes de manobrar em águas restritas . Ilustrado nas figuras a seguir , o Sistema Schottel é um resultado da tecnologia daquela época.



O Sistema Schottel , com representação na figura acima consiste de hélices montadas em um conjunto que pode ser movimentado no plano horizontal (em azimute). O MCP aciona o hélice e o sistema de governo aciona em azimute, o conjunto onde o hélice está montado. Detalhe que apesar de ainda não ser uma propulsão elétrica, o leme já era dispensado.

O conjunto formado pelo propulsor e pelo sistema que o direciona em azimute é chamado de “POD” ou “RABETA”(esta por semelhança com os propulsores das embarcações de recreio).

Para embarcações como tratores, com hélices propulsores na proa , o comprimento do eixo entre o POD e o MCP não gera problema.

Já para EAMs com hélices na popa, o alinhamento de eixos mais longos pode ser um grande problema, já que o MCP está localizado avante com a finalidade de deixar a popa desobstruída para estivar a carga e para fainas de transbordo e de reboque.

Com o fim da crise do petróleo, no final da década de 70, ocorreu um aumento nas taxas do petróleo . Então , tornou-se muito conveniente para os países banhados pelos oceanos, o investimento na atividade de prospecção e extração de petróleo nos campos que

pertencem às suas plataformas continentais. Houve então uma multiplicação das plataformas de petróleo nas áreas do Mar do Norte e em diversos locais. No Brasil, a Bacia de Campos é um exemplo de onde ocorre até hoje esta atividade.

São necessárias cerca de cinco EAMs para fornecer combustíveis, rancho, material de abertura dos poços e sua manutenção, substituir tripulações, reposicionar a plataforma, fazer socorro e salvamento, dentre outras fainas, tudo para apenas uma plataforma. Já as embarcações de apoio portuário não podem ser utilizadas para prestar serviço às plataformas, pois o seu porte, sua capacidade de carga e outros fatores não se adequavam para tal finalidade.

As embarcações de apoio marítimo que começaram a surgir no período têm o porte de alguns navios, mas possuem quase os mesmos problemas das embarcações de apoio portuário, especialmente, na característica que se refere a capacidade de manobra. Por outro lado, as EAMs exigem uma capacidade de carga que a embarcação de apoio marítimo não tem e nem necessita ter.

3.3-Propulsão elétrica em corrente alternada

Um dos problemas das embarcações de apoio marítimo que empregam o Sistema Schottel é a grande extensão de eixo entre o MCP avante e o POD na popa. Esse problema se agrava nas plataformas de petróleo auto propulsadas com maior distância entre o POD e o hélice. Uma solução para este problema, é encontrada nos rebocadores, mas esta solução não é completamente adequada para as embarcações de apoio marítimo, pois por exemplo não são adequadas as velocidades das embarcações e a hidrodinâmica de seus cascos, dentre outras características.

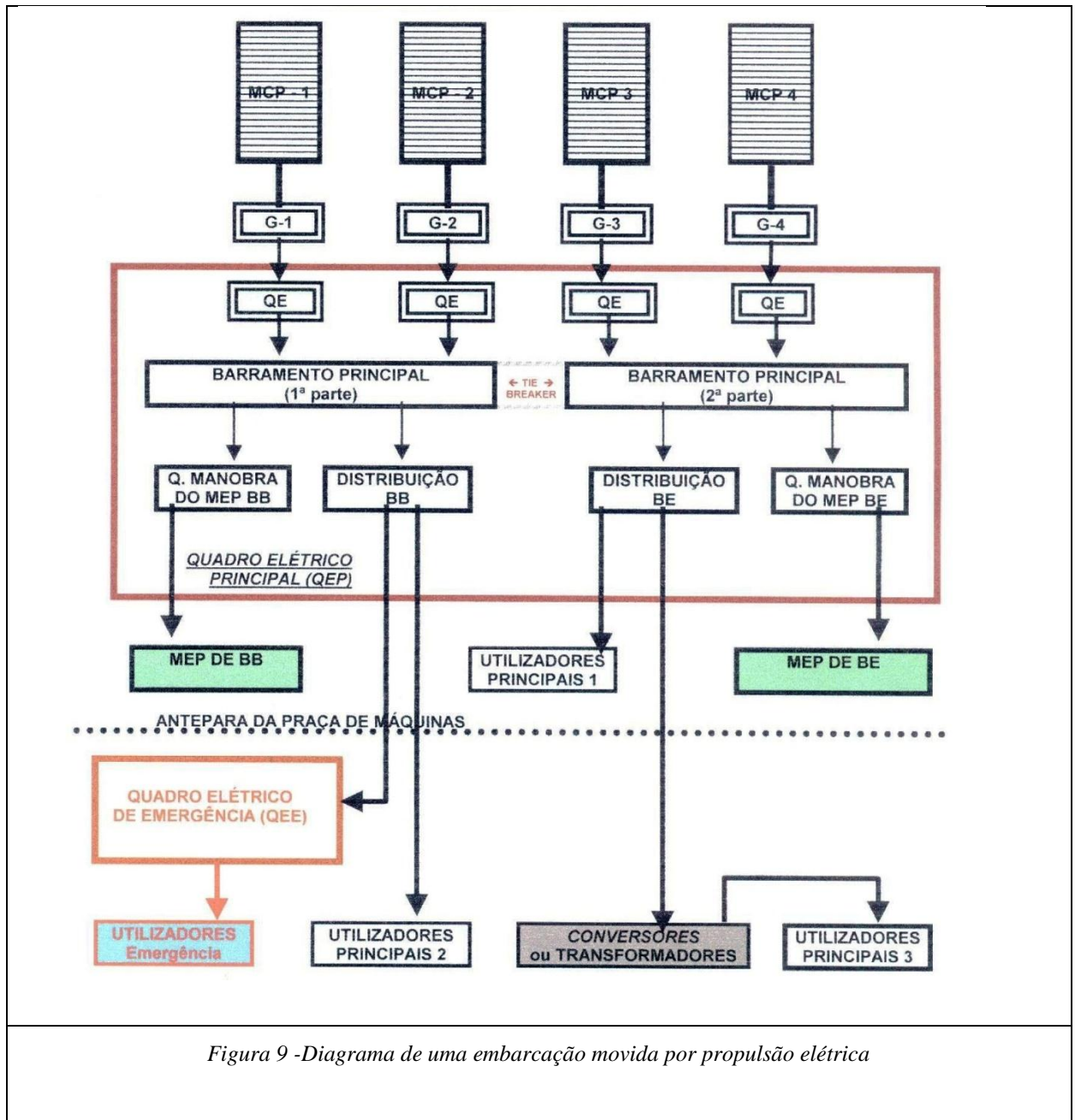
Diante desses problemas, na década de 70, foi criado um sistema onde era possível eliminar o eixo que interligava o MCP e o hélice. Esta solução denomina-se propulsão elétrica. Este tipo de propulsão consiste em quatro a seis motores de combustão principal que acionam um mesmo número de geradores de energia principais (GEPs). Os GEPs são diretamente conectados a um quadro elétrico principal (QEP) e desde esse quadro a energia é direcionada para os utilizadores do navio e para o quadro de manobra dos Motores Elétricos Principais (MEPs) assim, substituindo o eixo que interliga hélice e MCP, que são então

interligados por meio de cabos elétricos incluindo o QEP e os MEPs. Os MEPs , dentro do casco do navio, ficam posicionados nas proximidades do propulsor o que reduz a extensão do eixo entre o acionador e o hélice, mas ainda tem uma seção de eixo na popa.

Na Convenção SOLAS , é mencionada a obrigação das embarcações com propulsão elétrica ter no barramento do QEP uma chave seccionadora (Tie breaker), à qual pode ser encontrada como normalmente aberta (NO) ou normalmente fechada (NC).

Esta convenção é em relação à chave seletora, porém,não possui normas detalhadas sobre o sistema de automação da embarcação,embora seja corriqueira a automação do quadro elétrico principal supervisionar a situação da carga elétrica do navio.

Desta forma, é habitual haver navios em que um gerador pode ser “posto em barra” por meio da automação, em caso de haver aumento na demanda de energia. Ou seja, a automação atua sobre o motor diesel do MCP, acionando-o e verificando a geração do gerador elétrico principal inclusive a excitação, fechando o disjuntor, distribuindo a carga, para, depois, liberar o aumento da velocidade do navio pela aceleração da rotação do motor elétrico principal.



Em navios dessa classe, os motores elétricos de propulsão elétrica são motores de indução em corrente alternada, e, a variação de velocidade é feita através de vários artifícios que, isoladamente ou combinados, são projetados para atender as necessidades da embarcação onde será instalado o motor.

3.4 – Propulsão elétrica com retificador e inversor

Os sistemas com retificadores e inversão só teve sucesso com o incremento dos tiristores (componentes básicos da Eletrônica Industrial, chaveando grandes cargas, como motores, eletroímãs, aquecedores, convertendo CA em CC, CC em CA e gera pulsos de controle para outros tiristores), que até hoje estão em pleno desenvolvimento. Com o advento dos tiristores foi possível controlar a frequência de onda de energia que se envia para o motor, modulando assim a onda certa para cada operação. Isso faz com que o campo induzido acelere ou atrase de acordo com a resposta do rotor, que é acompanhado por um sensor de posição, mostrando exatamente a posição do rotor em relação ao estator.

3.4.1-Sistema Retificador-Inversor

O sistema de propulsão elétrica com retificador e inversor consiste de componentes eletrônicos que tornam possível a modulação precisa da onda que é enviada ao motor.

Nesse sistema a energia em corrente alternada produzida pelos grupos geradores (diesel-gerador, turbo-gerador, ou qualquer outro) é primeiramente retificada pelos grupos retificadores, o que a transforma em corrente contínua. Essa corrente contínua é modulada por um inversor para atingir a amplitude e a frequência desejada, que pode ser aumentada ou reduzida fazendo com que o campo induzido acelere ou atrase.

A maioria dos inversores de frequência utilizam Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT's) para a ligação dos enrolamentos, que são transistores bipolares com facilidade de acionamento e pequenas perdas permitindo operação em dezenas de kHz nos componentes para correntes na faixa de algumas dezenas de ampéres.

Nos sistemas retificador-inversor temos a geração de energia em corrente alternada gerada por grupos diesel-geradores ou por qualquer outro grupo gerador, convertendo-a em seguida em corrente contínua por um retificador para só então ser modulada em frequência e amplitude por um inversor, o qual monitora continuamente através do sensor de posição cada volta do rotor, podendo assim gerar o tipo de onda necessária. Os inversores de potência atuais utilizam a modulação por largura de pulso (PWM).

3.4.2-Sensor de Posição

O sensor de posição é hoje um inconveniente necessário, pois seu sistema tem um altíssimo custo e manutenção especializada e difícil acesso, já que existem elementos dentro dos motores. Atualmente a maior barreira a ser vencida na propulsão por corrente alternada é a construção de motores sem o sensor de posição ou com um sensor viável.

3.4.3 – Ligação básica de um enrolamento com tiristores

No esquema simples de ligação de um enrolamento com tiristores temos a entrada de energia em corrente contínua, que é controlada pelo sinal de base do tiristor onde é gerado por um controlador, o qual analisou anteriormente o desempenho do rotor. A energia agora em forma de ondas controladas que sai dos tiristores passa pelo enrolamento do motor em dois ramos, fechando uma onda completa e sendo assim aproveitada ao máximo. Continuamente, o controlador que emite os sinais, compara a resposta do rotor com a forma de onda gerada e em seguida altera de imediato a nova forma de onda até que se tenha uma proximidade maior.

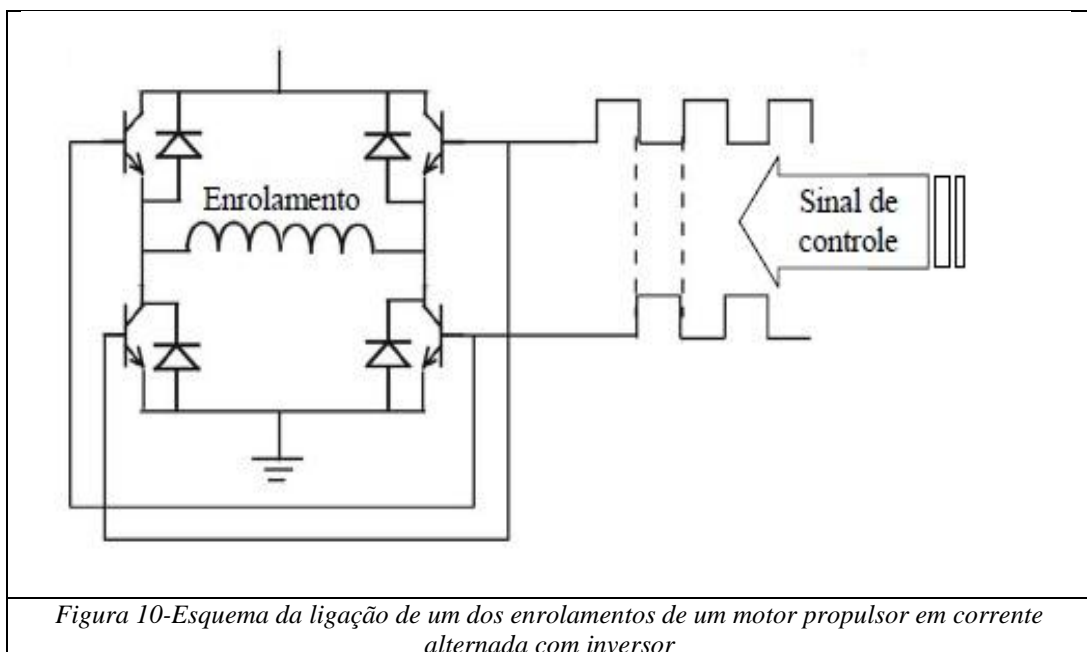


Figura 10-Esquema da ligação de um dos enrolamentos de um motor propulsor em corrente alternada com inversor

3.5-Exemplo de potências demandadas

Para exemplificar tal potência , o navio de passageiro “Six Blue Dream” da empresa Pullmantur Cruises , possui um conjunto gerador com quatro diesel alternadores de 5812KW por 6600 volts cada, totalizando uma potência de 23248 KW, ligados a dois barramentos principais independentes com interligação, quatro transformadores de 6600 volts para 1160 volts, dois transformadores de 6600 volts para 440 volts, quatro conversores de corrente contínua dois MEPs de campo duplo com 3375 KW cada campo por 1100 volts Bifásicos, tendo como resultado uma propulsão de 13.5 MW, dois controladores e excitadores, dois thrusters de 750 KW por 6600 volts cada três “chillers”.

CAPÍTULO IV

PROPULSÃO ELÉTRICA EM CORRENTE ALTERNADA – MEP no POD

4.1 – Introdução à propulsão AZIPOD®

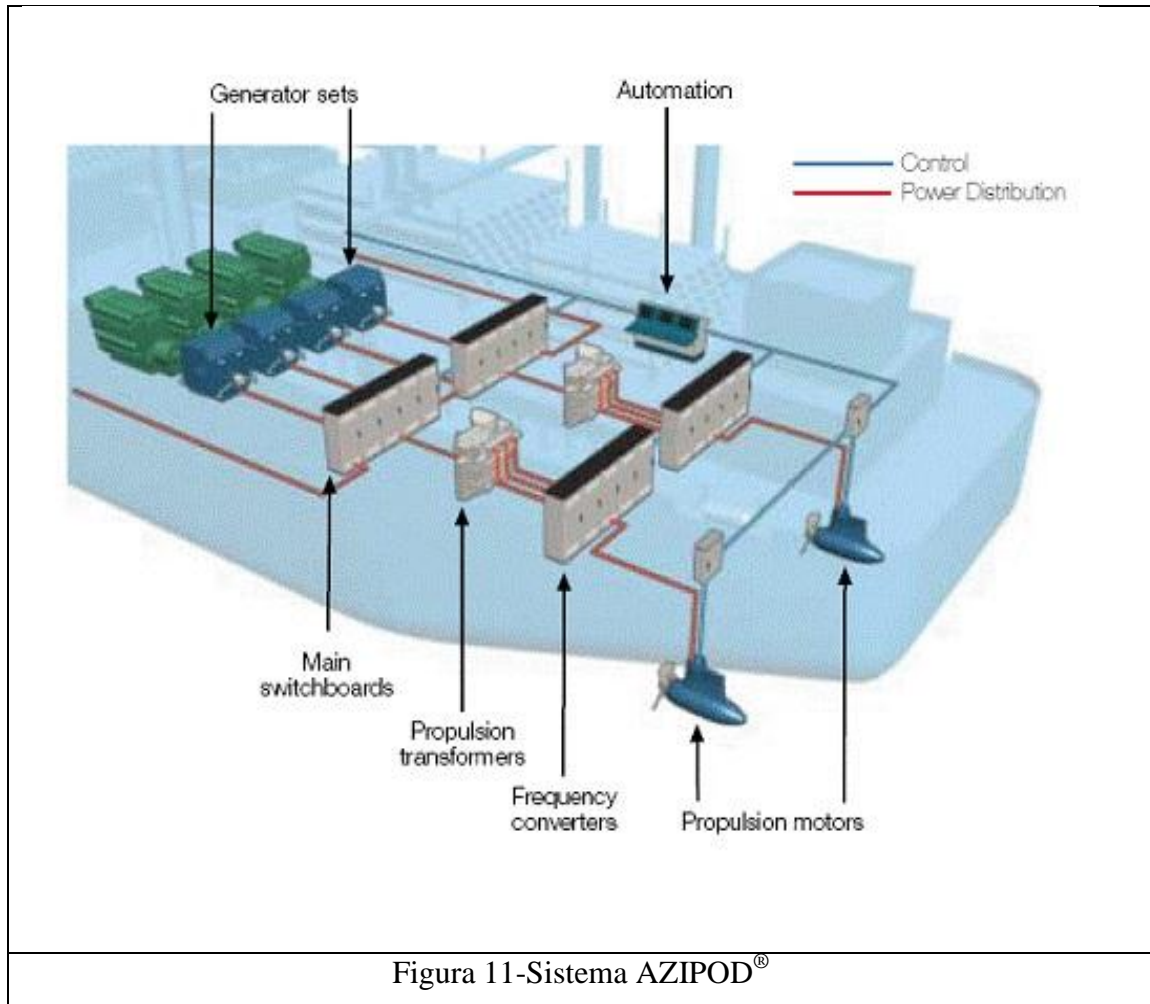
O sistema com PODs, ou Rabetas, tem acabado com a hegemonia do Sistema IFEP (Integrated Full Electric Propulsion), em que os motores elétricos não estão ligados diretamente aos hélices. Já no sistema com PODs , cada POD é independente o que resulta em uma considerável economia de combustível.

Os sistemas de propulsão elétrica tiveram um incremento considerável no início dos anos 90 com a utilização do MEP instalado internamente em um POD, logo, mergulhado na água. Este sistema foi desenvolvido com um grau de liberdade horizontal, onde um movimento azimutal proporciona um giro de quase 360 graus em torno do seu eixo vertical. Este sistema recebeu a denominação de AZIPOD® (Azimuthing Podded Drive) pela ABB. O Motor pré-fabricado é instalado em um POD, o qual será conectado aos sistemas elétricos e de governo da embarcação. Desta forma as embarcações dispensam a existência de muitas partes moveis para transmissão, maquina do leme, e ainda elimina a necessidade de “thruster” lateral a ré.

A alimentação deste AZIPOD® é feita em corrente alternada, retificada em corrente continua, para só em seguida ser invertida em corrente alternada utilizando o sistema PWM como na propulsão por corrente alternada que também utiliza motor de indução. O sistema de alimentação destes MEPs funciona continuamente com sensores de baixa de isolamento, os quais são de estrema importância, já que o motor está mergulhado na água e com um acesso difícil.

4.1.1 – Sistema de um AZIPOD®

No sistema de propulsão AZIPOD® de uma embarcação são empregados normalmente quatro grupos geradores acoplados ao quadro elétrico principal, distribuindo esta energia aos transformadores, para os vários utilizadores e para o sistema de propulsão. Desta forma se torna possível planejar as manobras de manutenção, podendo até parar um gerador em viagem para serviços de manutenção, sem interromper a operação da embarcação.



A propulsão AZIPOD® é um sistema de alta potência, podendo atingir cerca de 30 MW, o que proporciona uma excelente capacidade de manobra e com um ótimo torque, em

qualquer direção, permitindo giros em torno de seu eixo e uma rápida mudança na direção do empuxo do hélice.

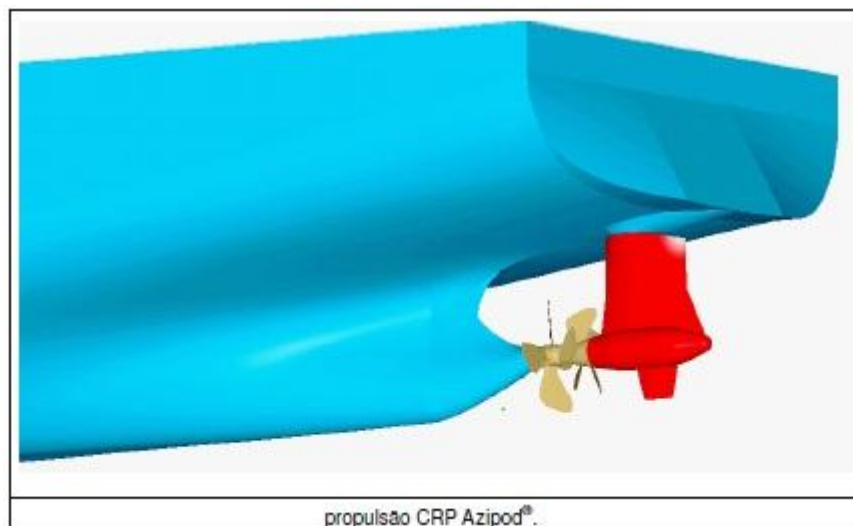
O sistema AZIPOD® consiste das unidades de propulsão AZIPOD® propriamente dita, dos “ACS Series Marine Drive”, dos transformadores, dos sistemas de controle e os de energia com grupos geradores e quadros elétricos. Os motores de propulsão que podem ser síncronos ou assíncronos são instalados no POD e acionam diretamente um hélice propulsor de passo fixo no prolongamento do eixo.

Os hélices da propulsão AZIPOD® são montados com passo fixo porque o controle do torque e da rotação é feito através do inversor de frequência PWM. A instalação mais comum do sistema AZIPOD® compreende hélices com pás monobloco, para puxar com mais eficiência. O projeto também pode ser montado com hélices do tipo de empurrar e hélices com “nozzle”, que é normalmente utilizado em embarcações que necessitem de um grande “bollard pull”. Os hélices são forjados em bronze para embarcações comuns e em aço inox para embarcações quebra-gelo.

Para obter melhor eficiência os hélices são projetados especificamente para cada embarcação, o que é feito pela ABB em conjunto com os projetistas dos estaleiros construtores. Desta mesma forma são efetuados os cálculos referentes aos esforços resultantes das forças desenvolvidas pelo hélice.

4.1.2-Propulsão CRP AZIPOD®

Ela é uma solução competitiva para os porta-containers de alta velocidade e ferries. Nessa nova propulsão existe uma linha de eixo convencional e, por ante a ré dela, o AZIPOD® atua como um leme e um hélice de “contra-rotação”. Isso permite uma maior capacidade de manobra e redundância, quando comparado com embarcações que empregam as antigas linhas de eixo rígidas, além de eliminar uma das linhas de eixo.



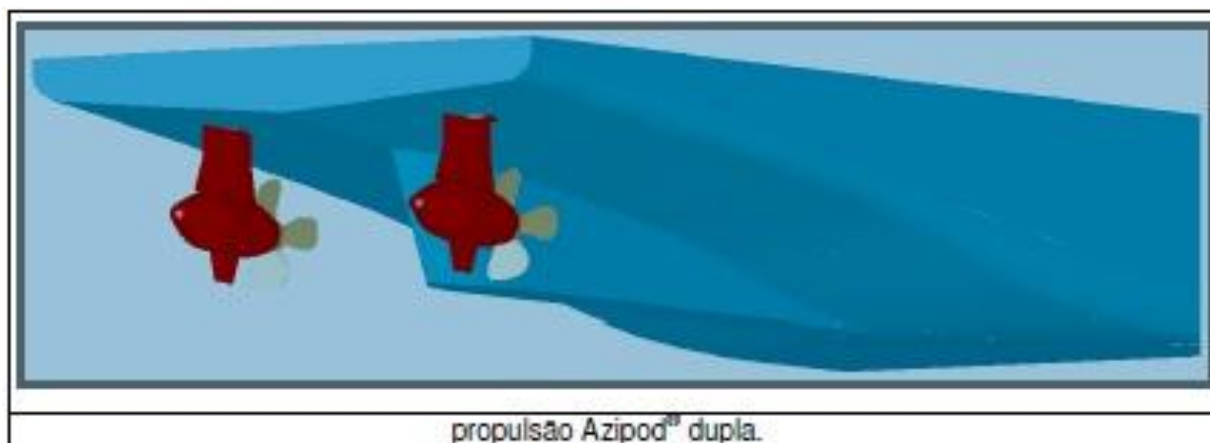
Os testes feitos com modelos CRP AZIPOD[®] resultaram numa eficiência hidrodinâmica muito maior se comparado ao navio com a convencional linha de eixo além das vantagens no arranjo da instalação elétrica .

4.1.2.1- Aplicações

Os sistemas de propulsão por AZIPOD[®]s podem ser utilizados em diversos tipos de embarcações. Este tipo de propulsão é ideal para embarcações que necessitem de uma boa manobrabilidade, aliada a espaço como para as embarcações de cruzeiro, plataformas de alto mar, quebra-gelos e diversos tipos de ferry-boats

Até o início do século XXI as unidades AZIPOD[®] têm sido instaladas em arranjos simples, duplos e triplos. A solução CRP AZIPOD[®] (CRP=Contra Rotating Propellers) foi desenvolvida especialmente para embarcações RoRo, ferries e de carga.

A propulsão AZIPOD[®] simples, ou singela, é mais empregada em navios de carga, navios-tanque, por exemplo. Já a propulsão dupla é muito usada em navios de cruzeiro e ferries. É um excelente sistema de propulsão nos casos em que é preciso uma boa capacidade de manobra e alta redundância.



4.2 – Vantagens da propulsão AZIPOD®

- Características da embarcação com propulsão AZIPOD®, é a excelente manobrabilidade, uma vez que proporciona melhor desempenho hidrodinâmico, mesmo nas piores condições como em ambientes árticos e em offshore;
- Combinado com uma planta de energia elétrica bem elaborada, a propulsão AZIPOD® proporciona melhor distribuição e aproveitamento do espaço na praça de máquinas e carga, com menores níveis de ruído e vibrações, menos tempo de indisponibilidade e mais redundância, o que aumenta consideravelmente a segurança da embarcação;
- Elimina a utilização de longas linhas de eixo, bem como lemes, thrusters, hélices de passo variável e caixa redutora;
- O propulsor AZIPOD® proporciona uma excelente capacidade de resposta, com torques consideráveis em qualquer direção, permitindo uma rápida mudança na direção do empuxo do hélice;
- O dinamismo de operações com o sistema AZIPOD® traz um consumo mais econômico de combustível, com menor emissão de gases e manutenção reduzida;
- A unidade AZIPOD® é um projeto versátil. Ela pode ser montada para puxar ou para empurrar, em águas livres ou em águas com gelo, pois a unidade pode ser montada com hélices fora do centro e com ou sem “nozzle”, possibilitando assim projetos de cascos mais simples e com excelente desempenho de campo de esteira (wake field).

4.3 – Sistemas de governo

O sistema AZIPOD® está de acordo com as regras da Convenção SOLAS, que exige condições de manobrabilidade tanto em condições normais quanto em condições de emergência, trazendo grande redundância no sistema, não deixando que a embarcação perca o governo.

A rotação horizontal do sistema AZIPOD® é feita como um leme, acionada por uma máquina hidráulica. O arranjo básico é compreendido de uma unidade hidráulica (Hydraulic Power Unit – HPU) por AZIPOD®, a qual fornece a pressão necessária para que os motores hidráulicos atuem. Os motores hidráulicos fazem girar em azimute as engrenagens de acionamento do POD através de pinhões no seu eixo.

As bombas hidráulicas da unidade HPU são acionadas por seus próprios motores elétricos. Um destes motores é alimentado pelo QEP e o outro pelo QEE, o que faz com que a sistema de governo se assemelhe com os sistemas de governo das demais embarcações classificadas de acordo com a Convenção “SOLAS”.

Uma outra bomba hidráulica faz a recirculação (flushing pump). Esta bomba recircula o óleo hidráulico entre os tanques das bombas e as tampas dos motores hidráulicos, mantendo assim equilibrada a diferença de temperatura. A bomba de flushing é acionada automaticamente, sempre que uma das bombas principais entra em funcionamento. O painel do sistema de governo é instalado na CCM, com repetidoras no passadiço e no compartimento do AZIPOD®.

Como estabelece a Convenção “SOLAS”, durante a operação emprega-se apenas um conjunto motor-bomba hidráulica por HPU e por AZIPOD®, enquanto um outro conjunto que permanece em standby. A rate de giro da bomba pode variar de acordo com a necessidade de cada operação, tendo um alcance de 2,5 graus por segundo com uma única bomba acionada e passando para 5 graus por segundo com duas bombas acionadas, o que pode ser utilizado em uma manobra da embarcação.

Uma outra rate pode ser utilizada em circunstâncias onde se faz necessário. Nesta rate podemos variar o ângulo do AZIPOD® em 7,5 graus por segundo desde que o torque não ultrapasse 2/3 da potência máxima. Especificamente para o uso desta opção cada grupo motor-bomba hidráulica é equipado com uma válvula de duas velocidades, permitindo que a rate de giro seja aumentada uma vez e meia em cada condição de manobra.

Em embarcações com um único AZIPOD®, ao ocorrer uma falha hidráulica, as unidades hidráulicas se separam automaticamente, para manter o governo em funcionamento. Nas embarcações com AZIPOD® duplo o sistema hidráulico pode ser separado manualmente em secções distintas, através de um controle no painel da CCM, para que então se corrija a falha detectada pelo sistema de supervisão. O sistema de governo também inclui controle remoto e os alarmes mais comuns, os quais podem detectar entre outras as falhas de energia elétrica e contornar o problema através de controladores duplos e classificados.

Em uma eventual falha energética na bomba hidráulica alimentada pelo QEP, outra bomba é acionada pelo QEE em poucos segundos mantendo uma autonomia indeterminada, até que a situação se normalize e a bomba alimentada pelo QEP volte a rodar, liberando assim a outra bomba para o standby. O mesmo deve ser feito pelo operador se uma linha da rede hidráulica romper entre o “safty block” e a bomba. Caso a ruptura ocorra entre o “safty block” e o motor hidráulico, o sistema deve ser separado manualmente em secções independentes.

4.4 – MODOS DE CONTROLE

4.4.1 – Modo de CRUZEIRO

Nesse modo a potência (thrust) é controlada pela posição no console central do passadiço através as alavancas de potência ali existentes, e o governo é feito pelo timão ou piloto automático. O ângulo de governo é sincronizado para cada Azipod® em 35° para bombordo ou boreste. A máxima potência da instalação é obtida dentro desses máximos

ângulos de governo. A potência no hélice é reduzida a zero quando, eventualmente, esse ângulo for maior do que a faixa citada.

4.4.2– Modo AZIMAN

No modo Aziman a potência (thrust) de cada Azipod[®] é controlada pela manete no tope da alavanca de azimute para um valor ajustado “AV / A ré”. O ângulo do Azipod[®] é controlado em 360° pela rotação da alavanca de azimute. Um valor predefinido de redução de potência é implementado no hélice. A potência resultante neste modo é obtida nos 360° de azimute.

4.4.3 – Modo BACK UP

Este é o modo NFU (non follow up) para a potência “para AV / para ré” e governo “para BB / para BE” na posição do console central do passadiço. A limitação de potência dependerá do ângulo de governo assumido pelo drive.

4.4.4 – Prioridades das Estações

Como preconiza a Convenção SOLAS essa instalação, com múltiplas posições de controle da propulsão e do governo, tem que possuir prioridades e uma rotina de transferência do controle para que apenas uma posição controle o Azipod[®] de cada vez e sejam evitados acidentes ao passar de uma posição para outra. Isso é especialmente importante em embarcações como as EAM, onde existem outras posições de controle, além das básicas acima citadas, nos locais mais próprios para a manobra.

4.4.5- Controle remoto

O controle remoto do Azipod[®] consiste de um dispositivo manual combinado para ajustar a potência e o governo, por uma manete e uma alavanca. Além disso, existem painéis para operação e indicações do sistema.

Os painéis são usados para operar os conversores de frequência e os sistemas auxiliares que forem necessários. Esses painéis também possuem indicações do Azipod[®], sistema de governo e estado dos conversores. Na CCM e no passadiço existe um painel de gerenciamento do sistema de governo para cada Azipod[®], atendendo assim a Regra 29 da Convenção SOLAS sobre controle dos sistemas de propulsão e de governo.

CONCLUSÃO

Com o conteúdo exposto nesta pesquisa, é possível perceber que os antigos sistemas de propulsão eram restringidos e com muitas carências, que com o passar do tempo foram sendo aprimoradas por novos sistemas junto com novos inconvenientes o que levou a necessidade de aperfeiçoamentos e a tecnologias de propulsão cada vez mais modernas.

A principal vantagem da propulsão elétrica é o aumento da manobrabilidade, por isso o sistema não é muito utilizado por embarcações que fazem grandes travessias e manobram pouco porque não valeria a pena pagar um elevado preço pela aquisição de motores elétricos e sistemas azimutais. Este é o motivo pelo qual muitos navios, sobretudo de longo curso utilizam motores de combustão interna para sua propulsão; o que permite uma navegação durante dias com velocidade constante e próxima a nominal; e optam pagar pelo auxílio de rebocadores quando for necessário manobrar nos portos.

Por isso não podemos dizer que o futuro da propulsão para todas as embarcações marítimas é a Propulsão Elétrica, porque ela é usada para facilitar as manobras e para travessias consideradas curtas, ou seja, para a operação das EAMs, das plataformas petrolíferas e para navios de passageiros.

A Propulsão Elétrica associada a um sistema de posicionamento dinâmico (DP) pode manter um navio, automaticamente em uma mesma posição com margem de erro de poucos metros.

No caso das Ferries a vantagem da propulsão elétrica vai além do conforto, prezado pelos navios de passageiros, já que os Ferries atracam e desatracam constantemente, e os gastos com rebocadores tornariam todo o processo comercialmente inviável. A propulsão elétrica também abriu novos mercados. Não necessitando mais de rebocadores, navios transatlânticos passaram a poder manobrar melhor em vários pontos turísticos, onde, juntamente com hélices laterais e sistemas de posicionamento dinâmico, inseriram nos roteiros várias localidades que antes não podiam ser visitadas por grandes embarcações.

Concluimos que o atual mercado para propulsão elétrica é muito extenso, maior ainda com a recente descoberta da camada pré-sal e o promissor futuro que, no Brasil, aguarda principalmente as embarcações de apoio marítimo. Com todos os fatos apresentados, conclui-se que os sistemas marítimos de propulsão elétrica terão cada vez mais importância e espaço nos cenários nacional e internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Código Internacional de Gerenciamento de Segurança (Código ISM)**. Rio de Janeiro: Diretoria de Portos e Costas da Marinha Brasileira. 2001. Disponível em <http://www.dpc.mar.mil.br>. Acesso em 24/05/2009.

BRASIL. **Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar, (SOLAS), 1974 e seu protocolo de 1978, incorporando todas as emendas até 1997**. Diretoria de portos e costas da Marinha Brasileira. Rio de Janeiro. 2001. Disponível em: <http://www.dpc.mar.mil.br>. Acesso em: 24/05/2009

.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Dicionário Aurélio - Século XXI**. São Paulo: Editora Nova Fronteira. 2002.

HALL, Dennis T. **Practical Marine Electrical Knowledge**. 2. ed. London: Witherby & Co Ltd. 1999

.

IBRAHIM, Édén Gonzalez Ibrahim. **Propulsão elétrica de embarcações**. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, 2006.

OEHLERS, Werner. **95 years of diesel-electric propulsion form a makeshift solution to a modern propulsion system**. 2. ed. Helsinki, Finlândia: Norwegian Society of Chartered Engineers, 1998.

WATSON, G. O. **Marine Electrical Practice (Marine Engineering Series)**. 6. ed. New York: Book News Inc. 1991.

<http://www.abb.com>

<http://www.wartsila.com>

[ww.weg.net/br/](http://www.weg.net/br/)

GLOSSÁRIO

AZIPOD - abreviatura da expressão em língua inglesa “azimutal POD”. Usada para designar um produto da ABB.

CA - abreviatura de corrente alternada.

CC - abreviatura de corrente contínua.

DGE - acrônimo de diesel gerador de emergência.

EAM - acrônimo de embarcação de apoio marítimo, significando navio ou embarcação empregada em apoio às plataformas marítimas de petróleo.

GEP - acrônimo de Gerador Elétrico da Propulsão.

Hz - sigla da unidade de medida de frequência elétrica hertz (antigo ciclos por segundo).

MCA - sigla de Motor de Combustão Auxiliar, significando um motor de combustão interna empregado no acionamento de um gerador de energia.

MCP - sigla de Motor de Combustão Principal, significando um motor de combustão interna empregado na propulsão do navio, conectado diretamente ao eixo propulsor na maioria dos casos, ou a um gerador no caso da propulsão elétrica.

MEP - acrônimo de Motor Elétrico da Propulsão, significando um motor elétrico empregado na propulsão do navio.

MCA - sigla de Motor de Combustão Auxiliar, significando um motor de combustão interna empregado no acionamento de um gerador de energia.

RPM – acrônimo de rotações por minuto.

QEE – acrônimo de quadro elétrico de emergência.

QEP – acrônimo de quadro elétrico principal.

NC - sigla da expressão em língua inglesa “Normally Close” que significa normalmente fechado, indicando a posição normalmente fechada dos contatos mostrados em um diagrama elétrico.

NO - sigla da expressão em língua inglesa “Normally Open” que significa normalmente aberto, indicando a posição normalmente aberta dos contatos mostrados em um diagrama elétrico.

DP - abreviatura da expressão em língua inglesa “Dynamic Positioning”, significando o sistema de posicionamento dinâmico, que inclui sensores de posicionamento mais um processador digital, tudo para controlar automaticamente a posição da embarcação em relação ao referencial desejado.