

INTRODUÇÃO

As vantagens apresentadas pela propulsão elétrica, aliadas a aspectos econômicos relacionados a custos de projeto, construção e manutenção ao longo da vida útil, juntamente com sua eficiência em utilização de energia, foram extremamente importantes e decisivas para que este tipo de propulsão passasse a ser utilizado em larga escala no meio marítimo.

Existem dois tipos de propulsão elétrica que se pode citar: propulsão elétrica de corrente contínua, que utiliza motores do tipo série universal, e propulsão elétrica de corrente alternada, que utiliza motores de indução. A evolução da tecnologia permitiu o desenvolvimento de sistemas, de propulsão elétrica de corrente alternada, mais eficientes como o AZIPOD[®].

Os motores elétricos atuais são capazes de oferecer ao seu operador um maior conforto em suas operações e evitar um desgaste maior nas linhas de energia do navio.

A associação da propulsão elétrica com um bom gerenciamento de energia a bordo, torna este sistema muito eficiente e econômico, fazendo com que diversos tipos de navios mercantes passassem a utilizá-lo.

CAPÍTULO 1

Propulsão elétrica

1.1 História da propulsão elétrica

A propulsão elétrica no setor naval não é uma tecnologia recente. A aplicação deste tipo de propulsão tem como primeiros registros a construção de uma pequena lancha, no século XIX, na Rússia, movida à bateria, para o transporte de passageiros, e antigas utilizações em submarinos do século XX. Na época, o grande inconveniente era a utilização de baterias para o armazenamento de toda a carga necessária para o fornecimento de energia das embarcações.

As baterias ainda são utilizadas em navios mercantes, mas esta utilização restringe-se ao sistema temporário, utilizado apenas para manter funcionando utilizadores essenciais, como automação, no caso de falta de energia, até que haja o acionamento do gerador de emergência.

Os Estados Unidos não têm como inovação tecnológica a aplicação da propulsão elétrica em navios. Durante a primeira metade do século XX, foi implementado no navio carvoeiro USS “Jupiter”, da marinha americana, um sistema elétrico que consiste em um turbo gerador de corrente alternada que alimentava dois motores de indução. Após o sucesso da primeira tentativa de implementação da propulsão elétrica, o USS “Júpiter” foi transformado no primeiro navio aeródromo da marinha americana, que anos depois construiu outros navios com o mesmo tipo de propulsão.



Fig. 1. USS “Langley”Primeiro navio aeródromo da marinha americana.

Logo após a segunda guerra mundial, rebocadores de alto mar começaram a ser produzidos com um arranjo de propulsão similar aos utilizados em navios de escolta de comboios, da marinha americana, batizados com a sigla “DEs”, que participaram da segunda guerra. Este arranjo de propulsão elétrica utilizava a corrente contínua, mas sem a necessidade da presença de baterias, pois vários GEPs produziam energia para os motores elétricos acionava o eixo e conseqüentemente o hélice.

Durante o crescimento da indústria do petróleo, o número de plataformas flutuantes aumentou consideravelmente, e como consequência deste aumento, aumentou-se o número de embarcações de apoio que realizassem operações em que suas posições, em relação às plataformas, se mantivessem. A partir da necessidade de uma maior estabilidade no posicionamento das embarcações de apoio, próximo as plataformas, para a realização de operações, foi desenvolvido o sistema de posicionamento dinâmico. Este sistema controla automaticamente a posição de uma embarcação por meio de propulsão ativa. Em geral, corresponde a um complexo sistema de controle, composto por sensores (GPS, sonar,

anemômetros, giroscópios etc.), atuadores (propulsores e leme) e um processador central responsável pela execução do algoritmo de controle e pela interface com o operador.

Ao início do século XXI criou-se o sistema AZIPOD[®]. Este sistema é capaz de girar 360° dando maior manobrabilidade ao navio. A evolução da propulsão elétrica obriga cada vez mais seus operadores a se capacitarem no setor.

1.2 Propulsão elétrica de corrente contínua

O motor elétrico de corrente contínua é composto por duas estruturas magnéticas que consistem em um enrolamento de campo, ou ímã permanente e em um enrolamento da armadura, chamados de estator e rotor respectivamente. O estator é formado por uma estrutura ferromagnética com polos salientes onde são enroladas as bobinas que formam o campo, ou de um ímã permanente. O rotor é um eletroímã com um núcleo de ferro com enrolamentos em sua superfície. Este sistema contém um comutador (coletor), que é responsável pela comutação da corrente, com lâminas conectadas aos enrolamentos do rotor e as escovas.

Uma vez que a corrente elétrica produz campo magnético, a bobina do rotor se comporta como um ímã permanente e ocorre a atração entre os polos opostos do estator e da bobina, girando o rotor. Quando os polos opostos da bobina e do estator se encontram, o sentido da corrente é invertido, pelo comutador, e conseqüentemente os polos da bobina se invertem, fazendo com que o rotor se movimente.

A propulsão elétrica de corrente contínua utilizava motores do tipo série universal. Neste tipo de motor os ímãs permanentes do estator são substituídos por eletroímãs ligados no mesmo circuito do rotor e comutador. A principal diferença entre o motor universal e um motor de ímã permanente é que o motor universal (motor com eletroímãs) pode funcionar tanto com corrente contínua, quanto com corrente alternada.

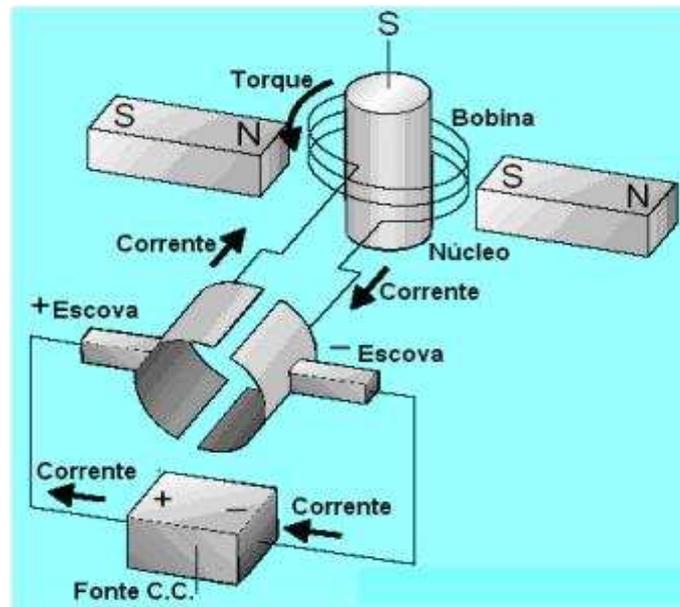


Fig.2. Esquema de um motor de ímã permanente – Corrente contínua

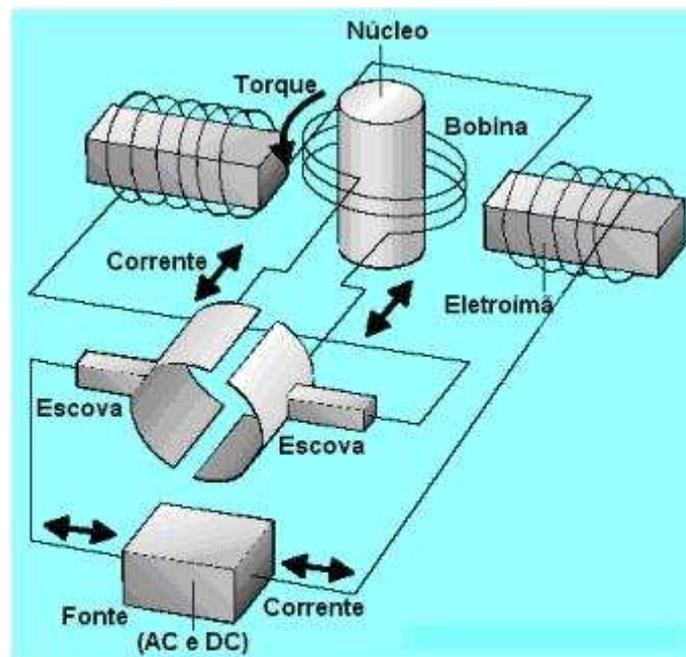


Fig.3. Esquema de um motor do tipo série universal

Os antigos motores elétricos principais da propulsão elétrica de corrente contínua de embarcações não podiam ser enclausurados como os motores de corrente alternada, do tipo gaiola de esquilo. O grande calor gerado pela comutação escova-coletor precisava ser

dissipado, o que ocorria através do uso de ventoinha. Essa circulação de ar introduz nos campos das máquinas o pó produzido pelo atrito da escova com o comutador, o que juntamente com a umidade e poeira da praça de máquinas geravam uma alta vulnerabilidade às baixas de isolamento e resistência nos seus campos. Apesar desses problemas, a propulsão elétrica em corrente contínua era largamente adotada em rebocadores de alto mar, devido a sua grande capacidade de variar suavemente sua velocidade na partida, o que era de grande importância nas operações de reboque e especialmente pela questão da manobrabilidade, pois se conseguia ajustar a velocidade da embarcação de acordo com a necessidade da operação.

Comutação elétrica entre o comutador e as escovas cria um desgaste na mesma, o que gera a necessidade delas estarem sendo trocadas em curtos espaços de tempo, além disso, esse tipo de motor exige uma manutenção frequente, de alto custo e complexidade.

1.3 Propulsão elétrica de corrente alternada

1.3.1 Motores de corrente alternada

Existem dois tipos de motores elétricos de corrente alternada utilizados em embarcações, os síncronos e os de indução.

Nos motores síncronos o rotor é um ímã permanente que gira entre dois eletroímãs estacionários. Como esses ímãs estacionários são alimentados por corrente alternada, seus pólos invertem sua polaridade conforme a corrente inverte seu sentido. Os polos dos eletroímãs estacionários repelem os lados de mesma polaridade, do rotor, e atraem os de polaridade oposta. Cada vez que os pólos de polaridades opostas se aproximam, a corrente inverte seu sentido, invertendo a polaridade dos eletroímãs fazendo com que o rotor gire.

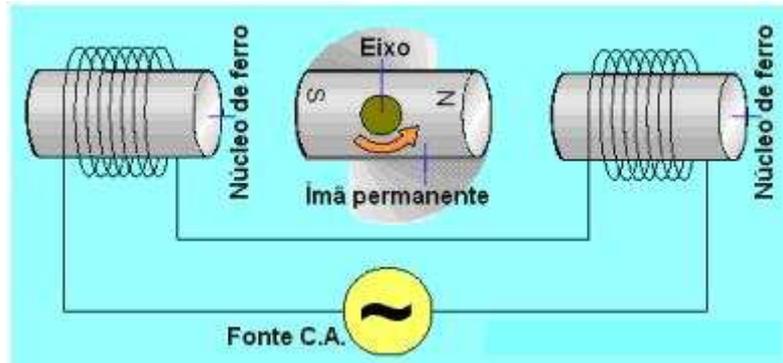


Fig. 4. Esquema de um motor síncrono – Corrente alternada

Alguns motores de corrente alternada tem rotores que não são nem ímãs permanentes e nem eletroímãs. São feitos de materiais não-magnéticos, como alumínio, e não têm nenhuma ligação elétrica, esses são chamados de motores de indução. Ao expor o alumínio a campos magnéticos, correntes elétricas fluem por ele tornando-o, através destas correntes induzidas, um rotor magnético. O estator contém um eletroímã sofisticado, capaz de movimentar o campo magnético que ele produz. Esses polos magnéticos se deslocam em um círculo e se movimentam em torno do rotor fazendo com que ele se movimente também.

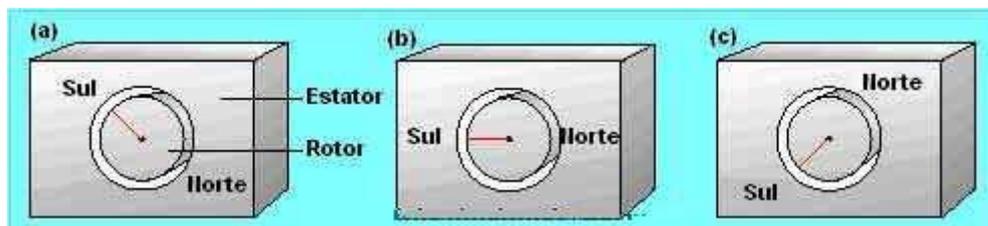


Fig. 5. Esquema de um motor elétrico de indução

1.3.2 Formas de partida de um motor elétrico de corrente alternada

As formas de partidas mais utilizadas em motores elétricos de corrente alternada são:

- Partida direta
- Partida Estrela-triângulo
- Partida eletrônica (Soft-starter)

Partida direta é o método de acionamento de motores de corrente alternada, na qual o motor é conectado diretamente a rede elétrica. Ou seja, ela se dá quando aplicamos a tensão nominal sobre os enrolamentos do estator do motor, de maneira direta.

Neste tipo de partida, a corrente de pico (I_p) pode variar de 4 a 12 vezes a corrente nominal do motor, sendo a forma mais simples de partir um motor. Comumente, a vantagem principal é o custo, pois não é necessário nenhum outro dispositivo de suporte que auxilie a suavizar as amplitudes de corrente durante a partida.

Há inúmeras desvantagens com relação a outros métodos de partida, como por exemplo, um transiente de corrente e torque durante a partida. A corrente variando entre 4 e 12 vezes a nominal, obriga o projetista do sistema elétrico a superdimensionar o sistema de alimentação, disjuntores, fusíveis, que fazem parte do circuito de elétrico que alimenta o motor. Dependendo dos valores de pico de corrente, a tensão do sistema pode sofrer quedas. O Transiente de torque faz com que os componentes mecânicos associados ao eixo do motor, sofram desgaste prematuro. A situação piora à medida que a potência elétrica do motor aumenta.

A Partida estrela-triângulo é um método de partida de motores elétricos- trifásicos, na qual utiliza uma chave de mesmo nome. Esta chave, que pode ser manual ou automática, é

interligada aos enrolamentos do motor, que devem estar desmembrados em seis terminais.

O motor parte em configuração estrela, quando cada enrolamento receberá uma tensão mais baixa (fase-neutro). Após o motor vencer a sua inércia, a chave é atuada, convertendo a configuração para triângulo, aumentando a tensão nos enrolamentos (fase-fase). Logo, para um sistema trifásico 220/ 380 V, cada enrolamento o motor inicia com 220 V e termina a partida em 380 V, a qual será sua tensão nominal.

Através desta manobra o motor realizará uma partida mais suave, reduzindo sua corrente de partida.

A chave de partida a estado sólido (“soft-starter”) consiste em um conjunto de pares de tiristores (SCR) ou combinações de “tiristores” /diodos, para cada fase do motor. O ângulo de disparo de cada par de “tiristores” é controlado eletronicamente para aplicar uma tensão variável no motor durante a aceleração. Este comportamento é, muitas vezes, chamado de partida suave (soft-starter). No final do período de partida, ajustável conforme a aplicação, a tensão atinge seu valor pleno após uma aceleração suave ou uma rampa ascendente, ao invés de ser submetido à transição brusca, como ocorre com o método de partida por ligação estrela-triângulo. Com isso, consegue-se manter a corrente de partida próxima da nominal e com suave variação, como desejado.

1.3.3 Controle de velocidade em motores elétricos de corrente alternada

Os sistemas de variação de velocidade tradicionais empregam motores de indução como dispositivo primário de conversão de energia. Como sabemos, esses motores, quando ligados diretamente à rede de distribuição de energia elétrica, possuem como característica velocidade constante. Assim, para se obter a velocidade variável são necessários:

- Variadores mecânicos
- Variadores hidráulicos
- Variadores eletromagnéticos

A variação mecânica da velocidade com polias é pouco empregada a bordo. A hidráulica é largamente utilizada nos sistemas de governo como o leme, equipamentos de carga e outros, mas tem a manutenção mais complexa e o inconveniente de vazamentos. Os variadores eletromagnéticos utilizam um sistema de discos acoplados e bobinas que podem ter o seu campo magnético variável, através de técnicas baseadas no princípio físico das correntes de Foucault, variando assim o torque (e também a velocidade) na saída do variador.

1.3.4 Sistema de propulsão elétrica de corrente alternada

Os sistemas de corrente alternada oferecem melhores condições do que os sistemas de propulsão elétrica de corrente contínua, pelo fato de apresentarem um menor custo, motores de menor peso, tamanho e de fácil manuseio, além de um torque superior ao dos motores de corrente contínua.

Na propulsão de corrente alternada os MCPs acionam geradores. Esses geradores são ligados a um quadro elétrico principal, de onde é fornecida a energia para os utilizadores da embarcação e para o quadro de manobra (controle). A energia fornecida ao quadro de manobra é levada até os motores elétricos, através de cabos elétricos que substituem os extensos eixos. Esses motores, dentro do navio, estão posicionados próximo ao hélice, o que reduz a extensão do eixo entre o propulsor e o acionador.

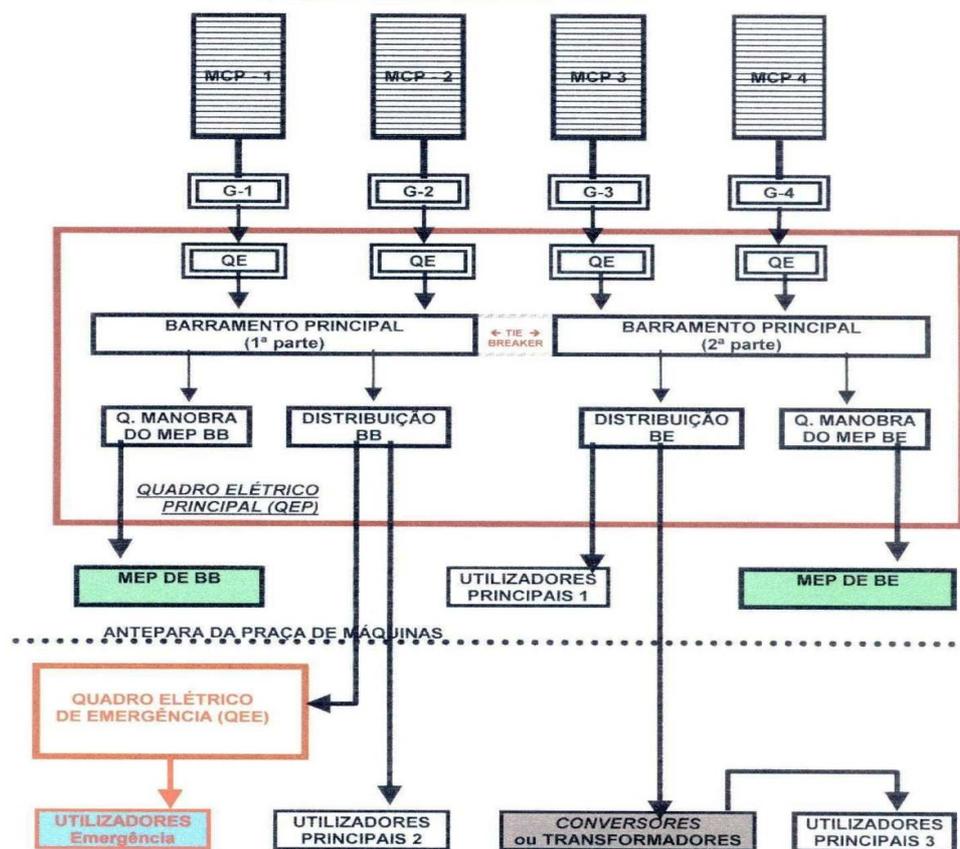


Fig. 6. Esquema básico de uma embarcação com propulsão elétrica

Geralmente os navios utilizam motores de indução para propulsão que tem sua velocidade variada através de artifícios que vão da mudança da amarração de campos múltiplos, até o uso de circuitos eletrônicos e combinações desses métodos.

A utilização da corrente alternada gera o efeito dos harmônicos de frequência, especialmente durante as variações de carga, que não influenciam no consumo de energia, mas prejudicam a automação induzindo sinais falsos nos sensores, o que provoca reações incorretas da mesma gerando instabilidade nos geradores em paralelo no barramento.

Nas variações de velocidade e nas mudanças do sentido de rotação é onde ocorre a maior variação de carga. Nessas horas é que a instabilidade dos geradores em paralelo pode desligar toda a geração de energia da embarcação. Tal situação pode ocorrer quando o navio estiver em operação, esteja ele próximo a plataformas de petróleo ou próximo ao cais, o que

seria indesejável. Para resolver o problema dos harmônicos de frequência elaborou-se uma solução na qual filtros de harmônicos são instalados em locais que podem variar de acordo com o navio.

Essas variações de velocidade de rotação do motor e a inversão do sentido desta rotação, sempre foram fatores problemáticos. Com isso, desenvolveu-se um sistema que associa os geradores elétricos e PODs, com capacidade azimutal, o que eliminava a necessidade de se inverter o sentido e reduzir a rotação do motor para que se realizassem certas operações.

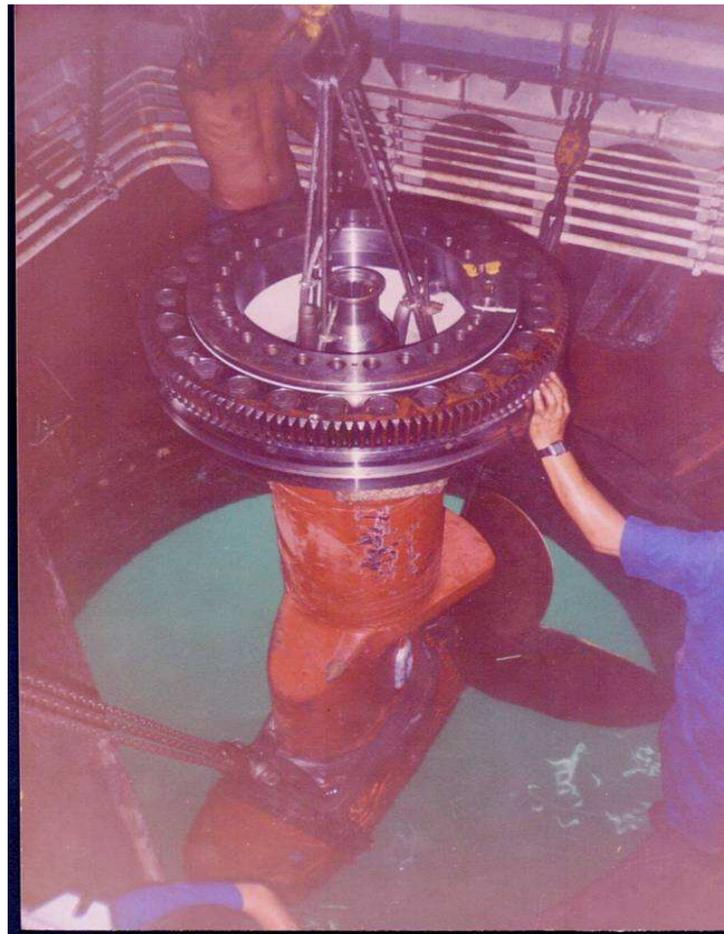


Fig. 7. Imagem de um POD

CAPÍTULO 2

AZIPOD®

2.1 Propulsão elétrica de corrente alternada do tipo AZIPOD®

Alguns navios contêm um tipo de propulsão que consiste em um motor elétrico, do estilo fora- de- bordo, acoplado dentro de um POD, submerso na água. Essa combinação do governo do navio com a propulsão do motor elétrico dispensa, conseqüentemente, a presença do leme. Tal sistema foi denominado de AZIPOD®. Tendo sua criação na década de 90, o sistema AZIPOD® consiste em uma unidade de POD com capacidade de rotação azimute até 360° e uma potência de 30 MW.

O motor elétrico instalado dentro do POD aciona diretamente o hélice e proporciona o torque total em qualquer direção, tanto em alta, quanto em baixa rotação, combinando assim as vantagens de vários tipos de propulsões convencionais já existentes, dentre os quais se destacam:

- Grande manobrabilidade e desempenho hidrodinâmico;
- A possibilidade de projetos de cascos mais simples;
- A flexibilidade de operação do AZIPOD® que resulta em custos de manutenção mais baixos, na redução da emissão de gases e menor consumo de combustível;
- A eliminação da necessidade de longos eixos, lemes, hélices laterais e hélices de passo variável.

A propulsão AZIPOD® é utilizada em navios de passageiros assim como em navios-tanques, quebra-gelos, porta-containers entre outros.

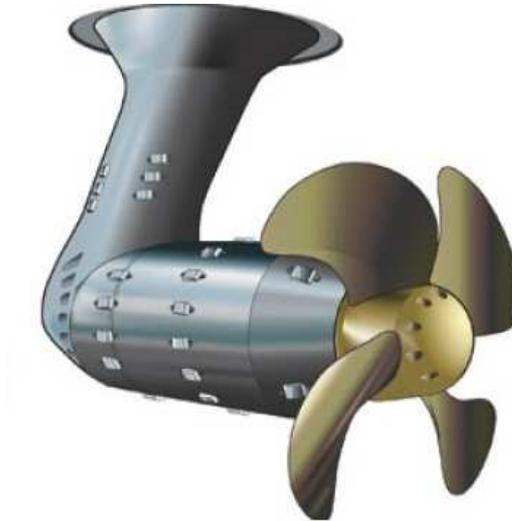


Fig. 8. Imagem de um AZIPOD®

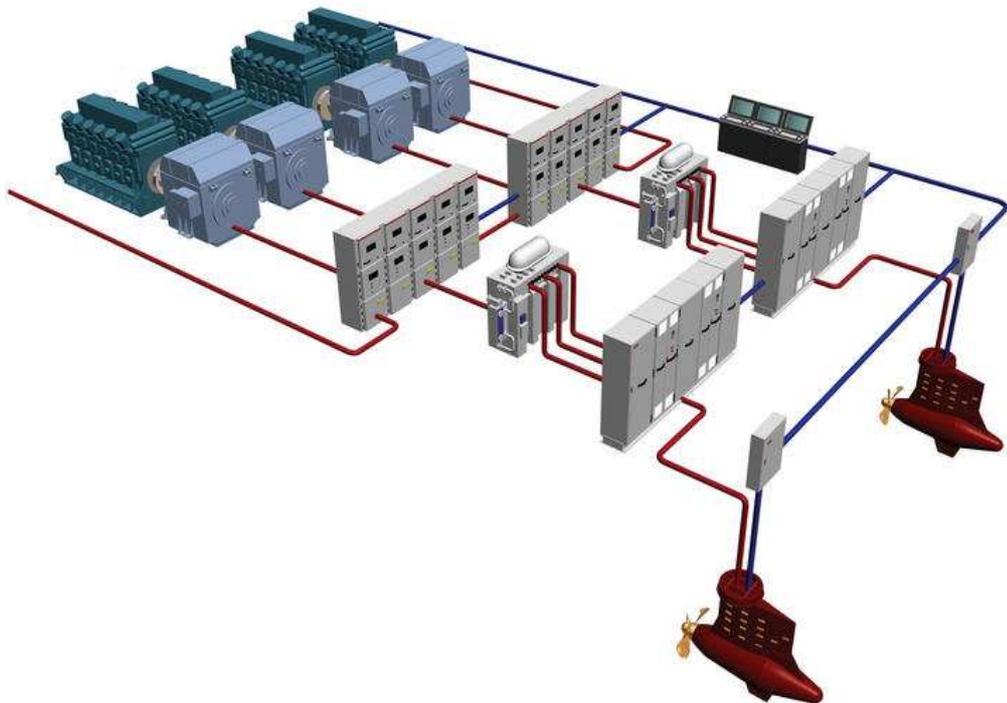


Fig. 9. Arranjo típico de um navio com propulsão AZIPOD®

2.1.1 Aspectos ambientais da propulsão AZIPOD®

A propulsão AZIPOD® também tem a vantagem de um perfil com baixa emissão de gases. É comprovado que máquinas de combustão interna emitem menos óxido de nitrogênio quando operadas em RPM constante. Como a propulsão AZIPOD® emprega máquinas que operam em RPM constante e na faixa de melhor desempenho, as descargas de gases para a atmosfera são reduzidas.

Essa característica será muito importante em um futuro próximo para embarcações que operam em rotas costeiras, fluviais e, especialmente, próximos a plataformas.

2.2 Tipos de propulsão AZIPOD®

A propulsão AZIPOD® pode ser empregada em vários tipos de embarcações. Ela é ideal para navios de cruzeiros e atende às necessidades de qualquer outro tipo de embarcação, além de trazer vantagens para navios-tanque, quebra-gelos e porta-containers.

Até o começo do século XXI, as unidades AZIPOD® têm sido instaladas em arranjos simples, duplos e triplos. O CRP AZIPOD® foi desenvolvido para embarcações do tipo Ro Ro.

2.2.1 Propulsão AZIPOD® simples e dupla

Propulsão AZIPOD® simples, também chamada de singela, é utilizada principalmente em navios de carga e em navios-tanques. Em navios de cruzeiro, por exemplo, utiliza-se a

propulsão elétrica AZIPOD® do tipo dupla. Esse segundo tipo de propulsão oferece um excelente desempenho, quando é necessário alta redundância e capacidade de manobra.



Fig. 10. Imagem de um navio com AZIPOD® dupla



Fig. 11. Imagem de um navio com ZIPOD® simples.

2.2.2 Propulsão CRP AZIPOD®

Os navios de alta velocidade como porta-containers, por exemplo, adotaram como solução competitiva a utilização da propulsão CRP AZIPOD®. Neste sistema o AZIPOD® é utilizado como leme e como um hélice de “contra – rotação”.

A eficiência hidrodinâmica do CRP AZIPOD®, comparada com propulsão convencional, é superior, além de se considerar as vantagens no arranjo da instalação elétrica.

Ao compararem-se duas embarcações: uma com propulsão do tipo convencional (com presença de MCP) e outra com propulsão elétrica, a segunda necessita de menos potência, 10% aproximadamente, o que significa um menor consumo de combustível, além da utilização para outros fins do espaço economizado com a utilização do AZIPOD®.



Fig. 12. Imagem do CRP AZIPOD®

2.2.3 Propulsão AZIPOD® compacta

Esse sistema de propulsão é adequado para várias embarcações com potência entre 0,5 e 4MW, dentre elas destacam-se iates e pequenas embarcações de carga. A propulsão AZIPOD® compacta é modular e simples, o que traz benefícios durante a construção das embarcações e na manutenção durante a operação do navio. Ela é de fácil instalação e economiza espaço a bordo, além de proporcionar excelente capacidade de manobra.

CAPÍTULO 3

Comparação, vantagens e desvantagens da propulsão elétrica

3.1 Comparação da propulsão elétrica com outros tipos de propulsão

A propulsão elétrica é a tecnologia mais promissora nos desenvolvimentos da engenharia naval. Este tipo de propulsão é constituída por um gerador elétrico, acionado por um dispositivo de acionamento principal, que fornece energia para um motor elétrico que aciona o hélice do navio.

No sistema de propulsão elétrica, ao invés de um diesel gerador para suprir as necessidades elétricas dos utilizadores do navio e um sistema para a propulsão, dispõe-se de um sistema único tanto para a geração de energia, quanto para a propulsão da embarcação.

Portanto, o conceito de propulsão elétrica visa basicamente à integração entre o sistema de potência e os sistemas auxiliares.

Os navios dotados de propulsão mecânica convencional, onde o dispositivo principal de acionamento pode ser uma turbina a vapor, um motor diesel ou uma turbina a gás, têm seu acionador principal acoplado diretamente ao eixo propulsor, através de engrenagens redutoras.

Neste tipo de sistema de propulsão é necessário um diesel gerador, instalado em local separado do sistema de propulsão, para os utilizadores do navio que necessitam de carga elétrica.

Nos sistemas de propulsão mecânica tradicional, a rotação do motor diesel é quem define a rotação do hélice, portanto em algumas condições, o motor não opera na faixa de rendimento ideal, gerando assim um consumo excessivo de combustível.

A propulsão elétrica é a transmissão elétrica de potência entre o dispositivo de acionamento principal e a carga representada pelos propulsores do navio. O sistema utiliza a transmissão elétrica para a mudança de velocidade do hélice de acordo com a necessidade do navio.

3.2 Principais vantagens

3.2.1 Redução do consumo de combustível

Propulsão convencional pode não oferecer uma operação do motor na faixa perfeita de rendimento. Isto significa desperdício de combustíveis e um desgaste mecânico. Tal desperdício de combustível e desgaste mecânico não ocorrem na propulsão elétrica pelo fato da não existência de uma conexão mecânica entre o gerador e o hélice

3.2.2 Redução da tripulação

A tendência para os futuros navios elétricos é de uma ampla difusão de sistemas auxiliares e acessórios alimentados por eletricidade, em substituição aos sistemas mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. Sistemas elétricos são mais fáceis de controlar a distância e possuem maior compatibilidade com controles eletrônicos. Esta tendência possibilita o incremento de automação com conseqüente redução de tripulação, proporcionando um benefício adicional através da redução de custo operacional.

3.2.3 Redução dos custos de manutenção

A presença da propulsão elétrica possibilita a não utilização de motores auxiliares, esta redução de equipamentos implica numa redução dos custos de manutenção.

3.2.4 Redução da emissão de poluentes

Em navios com propulsão tradicional, a velocidade do motor é que define a rotação do hélice, conseqüentemente, dependendo do perfil de operação do navio, o motor pode não operar na faixa de rendimento ótimo, associado a altas velocidades. Isto significa desperdício de combustível e excessivo desgaste mecânico.

Com o uso da propulsão elétrica, este problema é eliminado, e o motor primário pode operar no ponto de melhor rendimento independente da velocidade de rotação do hélice. Em virtude da extinção da conexão mecânica entre motor primário (que gera potência através de combustível) e o eixo propulsor, não existe relação direta entre a velocidade do eixo do motor primário e a rotação do hélice.

Modernos sistemas de armazenamento de energia e sofisticados algoritmos de controle acentuam esta vantagem da propulsão elétrica, garantindo que o motor primário não sofra grandes variações no perfil de funcionamento, independente de alterações na demanda de energia de sistema. Isto se traduz em economia de combustível e redução nas emissões de poluentes, além da diminuição nos desgastes e gastos com manutenção.

3.2.5 Aumento da vida útil do navio

Os navios mercantes modernos incorporam cada vez mais equipamentos de alta complexidade tecnológica, tornando-os muito mais potentes que navios de gerações anteriores. Já os investimentos necessários para aquisição destes meios têm crescido numa progressão ainda maior, tornando difícil justificar este gasto considerando o tempo de vida útil dos navios.

Como o advento da automação dos sistemas, nas décadas de 80 e 90, mais equipamentos elétricos e eletrônicos estão sendo incorporados aos navios, aumentando a demanda por energia elétrica. Isto vem fazendo com que geradores instalados a bordo sejam de maior potência, a fim de suprir a demanda e manter uma reserva para crescimento futuro.

Com a propulsão elétrica, o cenário muda radicalmente. Os geradores de bordo alimentam simultaneamente a propulsão, as auxiliares e os sistemas de automação, através de um sistema de distribuição redundante e reconfigurável. Os motores são dimensionados para atender ao navio em velocidade máxima, como todos os sistemas vitais em operação.

Com isto, em velocidade normal, o navio possui capacidade de geração em excesso, capaz de atender a todos os usuários com folga, assimilando, sem dificuldades, as substituições ou inclusões futuras de novos equipamentos ou sistemas.

Navios projetados com propulsão elétrica poderão ter vida útil maior, da ordem de 50 anos, contra 15 ou 20 anos dos navios com propulsões tradicionais, disponibilizando, assim, um maior tempo útil de trabalho pelos armadores.

3.3 Desvantagens

O sistema de propulsão elétrica apresenta desvantagens como:

- Maior custo na aquisição de equipamentos em relação ao sistema Diesel convencional;
- Necessidade de operadores qualificados para a utilização dos equipamentos.

CONCLUSÃO

Todo estudo realizado a cerca do assunto abordado, mostra a importância do estudo e desenvolvimento dos sistemas de propulsão elétrica para embarcações mercantes. A alta capacidade de manobra das embarcações, que utilizam propulsão elétrica, facilitou as operações junto as plataformas de petróleo, tornando este tipo de operação mais segura e rápida.

O desenvolvimento de novos tipos de propulsão como o AZIPOD[®] ajudou a otimizar o espaço das praças de máquinas dos navios mercantes, criando um ambiente maior e com menos equipamentos.

A considerável redução da emissão de gases poluentes na atmosfera (pelos navios que utilizam a propulsão elétrica), a redução de consumo de combustível e outras vantagens que esse sistema oferece fazem com que cada vez mais os navios adotem este tipo de sistema.

Com o desenvolvimento desta tecnologia exige-se, também, o aperfeiçoamento e desenvolvimento das pessoas que irão operar os equipamentos de controle da propulsão elétrica, além de um sistema de automação de alta tecnologia.

Assim, por seu sistema simplificado, a tecnologia da propulsão elétrica se tornará o futuro da propulsão dos navios mercantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FRAGOSO, Otávio e CAJATY, Marcelo. Rebocadores Portuários. Conselho Nacional de Praticagem. Rio de Janeiro. 2002. ISBN 85-89232-01-2.
2. CAMACHO, Ricardo Montez. Moderno Sistema Sistema de Propulsão de Embarcações Mercantes, 2006.
- 3 .H. M. Hobart (1911), The Electric Propulsion of Ships, Harper & Brothers, Londres.
4. HONDA, Flávio. Motores de corrente contínua. Guia rápido para uma especificação precisa. São Paulo. 2006.
5. <http://www.siemens.com.br/motores>
6. <http://www.weg.com.br>