

Introdução

Navio tem usado motores de propulsão elétrica desde a virada do século. Uma investigação inadequada durante o estágio de design pode ter impedido tomar em consideração a propulsão elétrica devido ao seu custo inicial muito alto, espaços adicionais e pesos. A propulsão elétrica pode, entretanto prover frequentemente melhores espaços de utilização, operações mais econômicas com menor manutenção das máquinas e redução na poluição do meio ambiente.

Na propulsão elétrica existe uma maior flexibilidade na planta de layout, operações, redundância e disponibilidade de equipamentos. Ela é bem utilizada quando aplicada a navios especiais como embarcações de apoio marítimo, embarcações de perfuração, plataformas submersíveis, rebocadores, quebra gelo, ferries, navios de pesquisa e navios de passageiros. Em todos os casos o controle elétrico é exigido em todos os sistemas de engenharia e exigências operacionais

Objetivo

Este trabalho tem o objetivo de mostrar que essa nova tecnologia relativa à propulsão elétrica aplicada a embarcações pode ser mais um grande aliado na redução da poluição proveniente de navios e também, na eficiência desse tipo de propulsão.

Será apresentado um breve histórico sobre a propulsão elétrica, como é o sistema desse tipo de propulsão, com os principais equipamentos utilizados na sua composição, suas aplicações em diversos tipos de embarcações suas vantagens com relação à propulsão de motores a dois tempos e a turbina, seu consumo, o comportamento ambiental e se estamos preparados para esse tipo de tecnologia.

Justificativa do tema

A utilização da Propulsão Elétrica vem se difundindo fortemente nos diversos setores da indústria marítima, e está se estabelecendo como uma das melhores e mais atrativas opções para promover a redução dos custos operacionais, tão desejada neste ambiente altamente competitivo.

Delimitação do Trabalho

Este trabalho procura demonstrar que a propulsão elétrica proporciona vantagens em relação aos sistemas de propulsão empregados nos dias atuais e que será esse mais um aliado na tentativa da redução de emissão da poluição proveniente de navios.

Metodologia

Quando é selecionado qualquer tipo de sistema de propulsão é importante estabelecer uma lógica metodológica justa de comparação. Um critério de seleção deverá estabelecer qual será o objetivo d embarcação. Cada sistema de propulsão deverá então avaliar contra e a favor dos seus atributos e suas limitações. Este trabalho documental sobre propulsão elétrica demonstra como essa alternativa poderá ser empregada num futuro não muito distante e que pode ser mais uma aliada na redução da poluição oriunda de navios em todo o mundo.

1.0 - O CENÁRIO ATUAL

1.1 - UM BREVE HISTÓRICO SOBRE A PROPULSÃO ELÉTRICA.

A propulsão de navios e submarinos utilizando motores elétricos não é uma inovação tecnológica recente. A primeira aplicação de propulsão elétrica no setor naval ocorreu no século XIX, com a construção e operação de uma pequena lancha movida a baterias para o transporte de passageiros na Rússia. A utilização da propulsão elétrica também não é um conceito novo para a Marinha Americana (USN). Em 1913, a bordo do navio carvoeiro USS “Júpiter” (Fig. 1), foi implementada uma instalação experimental com 4.1 MW de potência instalada por eixo.

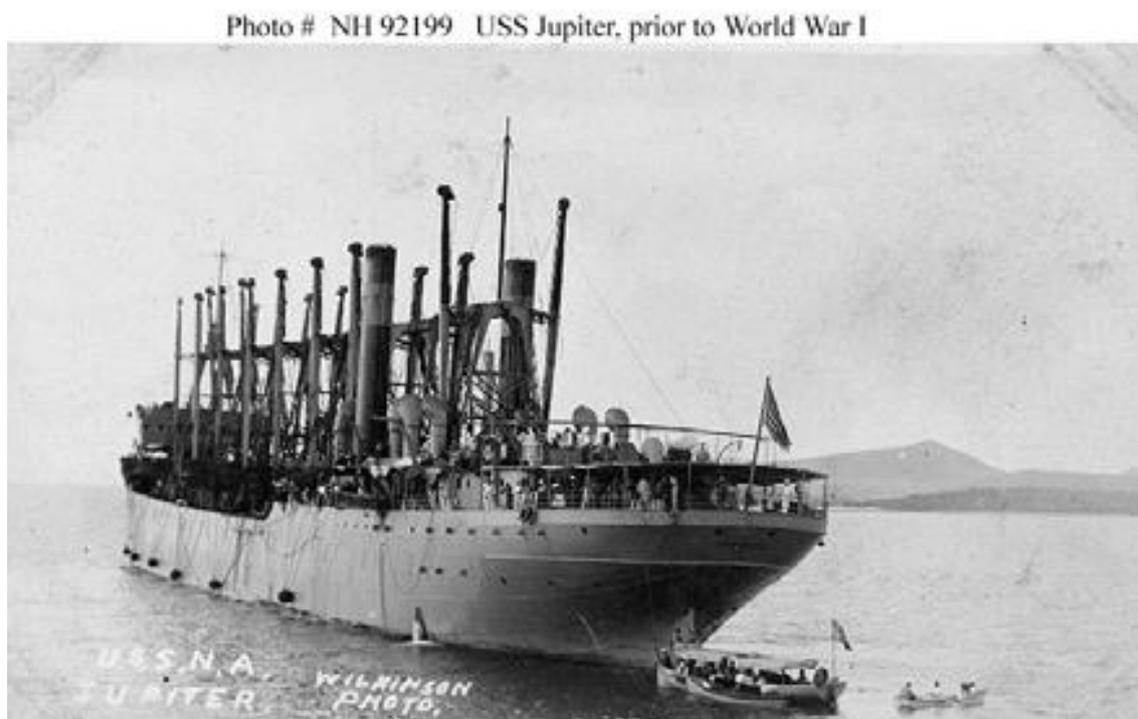


Fig. 1: USS “Júpiter”.

O sistema de propulsão do USS “Júpiter” consistia de um turbo gerador em corrente alternada (CA) que alimentava dois motores de indução com rotor bobinado. O experimento obteve sucesso e o navio foi convertido em 1922, no primeiro navio-aeródromo da Marinha Americana, chamado USS “Langley”. O navio apresentou uma elevada robustez e permaneceu em plena capacidade operativa até 1942, quando foi afundado em combate.

O que vem a ser Propulsão Elétrica?

Entende-se por Propulsão Elétrica um sistema constituído por um gerador elétrico, acionado por um dispositivo de acionamento principal, que fornece energia para um motor elétrico que aciona o hélice do navio. A principal característica deste sistema é o controle da velocidade do navio pelo controle da rotação do motor elétrico.

No Sistema de Propulsão Elétrica ao invés de dois sistemas de potência separados, cada um com sua limitação de carga específica, passa-se a dispor de uma capacidade de geração única que pode ser distribuída com maior flexibilidade entre as diversas áreas e sistemas de bordo de acordo com as alterações de demanda. Portanto, o conceito de Propulsão Elétrica visa basicamente à integração entre o sistema de potência da propulsão do navio com os sistemas auxiliares (Fig. 2). E com a eletrificação dos sistemas auxiliares, abre-se a possibilidade de utilização de estruturas modulares com maior flexibilidade para expansões futuras.

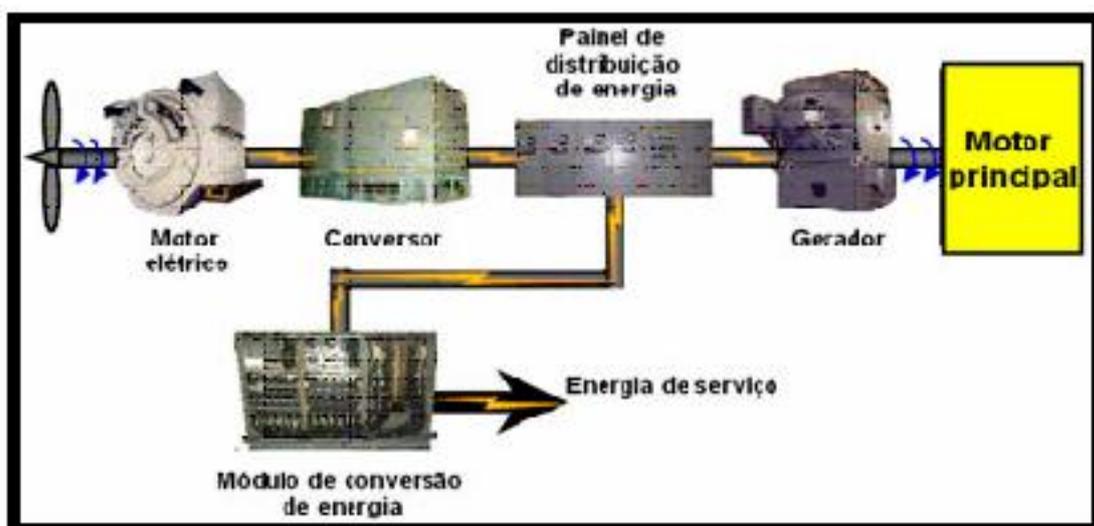


Fig. 2: Sistema de Acionamento Elétrico Integrado

Nos navios dotados de Propulsão Mecânica tradicional, a rotação do motor diesel é quem define a rotação do hélice, portanto, o motor em algumas condições de operação não opera na faixa do rendimento ótimo, gerando desta forma um inevitável desperdício de combustível.

Neste tipo de configuração do sistema de propulsão é necessário um diesel gerador auxiliar, instalado em local separado do sistema de propulsão, que fornecerá a potência elétrica para o atendimento da carga hotel, do sistema de combate e demais auxiliares de bordo.

A Propulsão Elétrica pode ser descrita de forma mais precisa como a transmissão elétrica de potência entre o dispositivo de acionamento principal e a carga representada pelos propulsores do navio (Fig. 3). Este sistema de propulsão consiste essencialmente na transmissão elétrica para a mudança entre a relativamente alta velocidade e baixo torque do dispositivo de acionamento principal para a baixa velocidade e elevado torque requerido para girar os propulsores

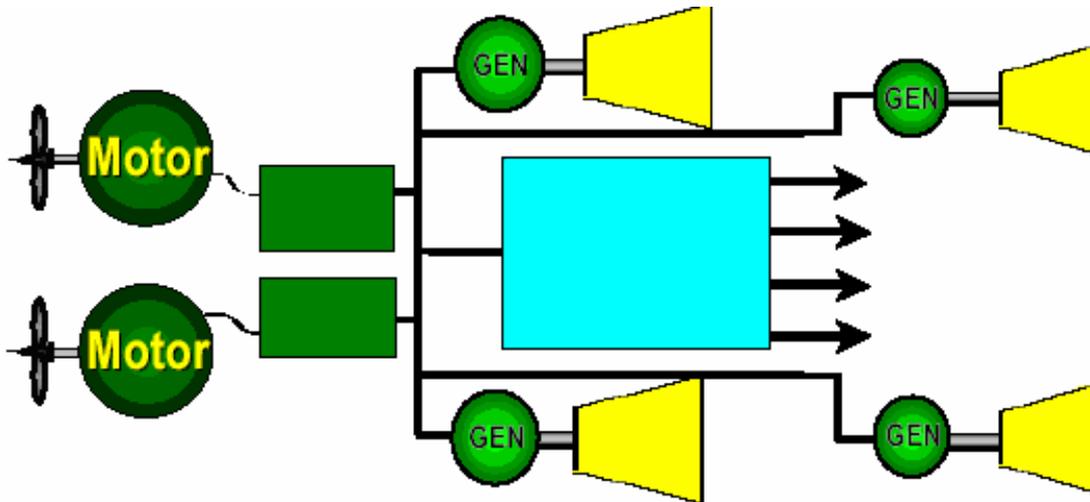


Fig. 3: Diagrama em blocos de um Sistema de Propulsão Elétrica.

No sistema de Propulsão Elétrico a eficiência da transmissão não é tão sensível à variação da velocidade do eixo propulsor, como ocorre com a transmissão mecânica convencional. Portanto, nos períodos em que o navio opera com velocidade mais baixa a eficiência da transmissão elétrica é maior do que a da transmissão mecânica. E considerando que, o navio militar opera aproximadamente 85% do tempo em atividades com baixas velocidades de navegação, tem-se aí o grande diferencial positivo para justificar o emprego da Propulsão Elétrica.

2.0 - QUAIS COMPONENTES DEVEM TER O SISTEMA ELÉTRICO?

2.1- Introdução.

Um sistema simples de propulsão elétrica deve conter um motor elétrico e um dispositivo de controle. Existem vários tipos diferentes de motor elétrico, todos com suas características distintas. Existem vários tipos de dispositivos de controle também com características distintas. Esta seção examina os componentes do sistema de propulsão elétrica e os alertas das características que afetam a escolha deste tipo de propulsão.

A escolha do sistema de propulsão elétrico depende:

- potência requerida;
- a rotação do eixo;
- características do controle requerido.

Como os acionadores (motores a diesel, turbinas a vapor ou a gás), os motores elétricos em partículas são mais apropriados em certas aplicações do que outros. Conhecer a potência e a rotação do eixo, a escolha pode ser feita entre:

- um motor de indução AC;
- um motor síncrono AC;
- um motor DC.

Conhecendo as características de controle requeridas, um pode ser selecionado um conversor compatível.

2.2- DOIS/QUATRO CONTROLES QUADRANTES.

Seja qual for o sistema de propulsão usado, deve ser capaz de controlar a embarcação. Para algumas aplicações o controle pode ser limitado a fornecer potência para girar o eixo e impulsionar o navio a atingir sua velocidade operacional. Para reverter o navio não é necessário a frear o eixo, o navio quebrará seu seguimento devido a sua própria resistência friccional. Entretanto o sistema de propulsão deverá ser capaz de controlar o eixo na direção contrária.

O controle de propulsão elétrica marítima tem a capacidade nos dois quadrantes de controle (força à vante e a ré) e um controle de quatro quadrantes (força à vante, freio regenerativo, força reversa e novamente freio regenerativo). A escolha do controle pode determinar quais componentes do sistema serão necessários e como serão aplicados.

Da posição parado até toda força à vante, aplica-se ambos torque positivo e velocidade positiva no eixo.

Da posição toda força à vante até a parada, o eixo deverá frear e a energia resultante se regenerar no movimento do navio para vante, deverá ser controlada e absorvida pelo sistema. Para funcionamento a ré o oposto é verdadeiro. Desta maneira as características do propulsor são do eixo a baixa rotação, a energia a ser absorvida aumenta e conseqüentemente o sistema de propulsão usado deverá ser capaz de controlar esse aumento de energia em adição da taxa dissipada.

Uma característica inerente do sistema de propulsão elétrico é a de ter efeito direto nos componentes mecânicos que são conectados. É essencial que a máquina elétrica esteja sob controle o tempo todo de modo que o fluxo de energia do sistema do elétrico para o mecânico e vice versa seja suave e dentro das taxas e capacidades dos componentes do eixo. Ambas potências e freios devem combinar com os componentes mecânicos para assegurar que a sobrecarga e ruptura dos componentes não ocorram.

2.3 – MOTORES DE SISTEMAS DE PROPULSÃO.

Os sistemas elétricos de propulsão também podem ser:

- motores de corrente contínua (DC);
- motores de corrente alternada (AC).

Hoje em dia a tecnologia vem usando conversores e inversores, permitindo que ambos motores – AC e DC – possam ser controlados com alto grau de precisão e a escolha do motor é mais dependente da potência e velocidade requeridas em taxas maiores de controlabilidade das máquinas.

2.3.1- MOTOR DE DC

Motores de corrente contínua são mais amplamente e extensivamente aplicados em propulsão elétrica. Aplicações típicas incluem navios de pesquisa, lançamento de cabos e navios de perfuração. A potência requerida gira em torno de algumas centenas de Quilowatts variando até de dois a quatro Megawatts com velocidades de 120 RPM ou mais.

O motor de corrente contínua pode ser aplicado em baixas rotações (120 a 200 RPM) aplicadas diretamente no comando de velocidade ou a altas velocidades (600 a 1200 RPM) onde uma caixa redutora pode ser utilizada.

A de maior rotação, o motor é mais barato e em muitos casos, o motor de alta velocidade a combinação da caixa redutora é mais barato do que um comando direto para o motor. A construção do comutador limita a potência de saída do motor DC e conseqüentemente em instalações de maior potência, não pode ser usado.

Comparando com os motores AC, motores DC requerem mais manutenção. Entretanto o motor DC de propulsão é uma máquina totalmente blindada em circuitos fechados. Nesse ambiente, a demanda de manutenção não é excessiva e muitas máquinas podem funcionar mais do que vinte cinco anos sem apresentarem problemas de operação.

2.3.2- O MOTOR AC

O motor AC é a sustentação da indústria marítima. Um simples motor de indução AC é usado quase exclusivamente para acionar motores auxiliares. Na propulsão marítima, síncronos e dos motores de indução síncronos tem sido favorecidos, entretanto com recentes avanços tecnológicos, os motores de indução AC estão sendo mais aplicados.

O uso de conversores em motores AC vem aumentando. Assim como seu acionamento pode ser economicamente aplicados acima de dois Megawatts.

2.3.2.1 – ACIONADORES DOS MOTORES SÍNCRONOS.

Motores de propulsão Ac síncronos tem sido usados extensivamente em sistemas de propulsão marítimos.

Em sistemas antigos de propulsão AC, o controle de velocidade era obtido mudando a prioridade da velocidade. Sistemas mais modernos utilizam conversores.

Motor síncrono tem características de elevada eficiência e fator de potência do que motores de indução e são mais econômicos em alta potência e baixa velocidade. O motor síncrono tem uma construção mais robusta tendo uma resistência superior ao choque, vibração e características de sustentabilidade. É mais adequado ao acionamento de altas potências, e baixas rotações.

Motores síncronos podem ser econômicos quando projetados a operar em baixas rotações, a cerca de 80 RPM. O campo do motor é acessível e conseqüentemente pode ser controlado facilmente para prover um ótimo torque e controle de velocidade.

2.3.2.2 – ACIONADORES DOS MOTORES DE INDUÇÃO.

Motores de indução são extensivamente utilizados em sistemas auxiliares marítimos e seu uso, como motor de propulsão é muito atrativo. O motor tem uma configuração simples, requer pouca manutenção e uma eficiência razoável. Um controlador de fácil utilização pode ser aplicado em thrusters e configurações POD que irá facilmente aumentar sua popularidade no acionamento de propulsão elétrica.

O motor de indução tem uma alta margem de torque do que motores síncronos, mas pouca diferença. Conseqüentemente o alinhamento é particularmente crítico quando o eixo é submetido a altos torques e cargas impulsivas.

Motores de indução são economicamente mais aplicados em rotações entre 900 a 1800 RPM, com potência superior a oito Megawatts.

2.4- QUAL CONVERTOR?

2.4.1 – TIPOS DE CONVERSORES

A simplicidade de conversão é a carga de frequência que converte a alimentação da frequência para outra frequência e as vezes de zero Hz ou corrente direta. Controle do motor, tanto em DC quanto em AC, depende do tipo de conversor utilizado e seus atributos inerentes.

Muitos acionadores de propulsão utilizam conversores para converter o sistema de tensão constante de alimentação e frequência constante para:

- estabelecer uma tensão direta (retificador DC – sem controle);
- tensão direta variável (conversor – controlável);
- uma tensão variável, alimentação variável de frequência alternada (retificador/inversor e conversor/inversor).

Modernos acionadores de motores DC utilizam um conversor conectado à armadura do motor. O conversor fornece a tensão variável do motor, que obtém a velocidade variável. Antes os motores DC e o campo do motor usavam retificadores para obterem a velocidade variável.

Modernos acionadores AC utilizavam uma variedade de conversores, incluindo:

- síncrono-conversor;
- ciclo conversor;
- PWM (conversor modulado com pulso).

O síncrono-conversor usa um conversor controlador para obter DC da fonte de AC. O DC é então convertido novamente para tensão variável, frequência variável para alimentação AC do motor.

O ciclo-conversor utiliza conversores controlados em uma configuração “back to back” conectado em cada fase do motor AC. Ele fornece a conversão direta entre a tensão constante, fonte AC de frequência constante e tensão variável, frequência variável de alimentação do motor AC.

O PWM (conversor modulado com pulso) utiliza um conversor sem controle (retificador) para obter uma tensão estabelecida DC, que é “agitado” para produzir uma tensão variável, força de alimentação de frequência variável para o motor.

2.4.2 – ESTADO SÓLIDO DO CONTROLE DO CONVERSOR.

Sistema de controle de velocidade do motor AC utiliza um conversor de estado sólido para controlar motores síncronos e motores de indução. O método de controle empregado depende do tipo de conversor utilizado.

O sistema de motor AC usa:

- ciclo-conversores;
- fonte conversora de corrente-tensão/ sistema de inversão, e.
- inversor de carga comutado/ sistemas de conversão.

Uma característica comum de todos esses sistemas é utilizar um “modelo matemático” eletrônico que prevê o comportamento do motor, e um “vetor-fluxo” de controle que determina a velocidade do motor assim como o controle de torque.

2.4.2.1 – APLICAÇÕES DOS MOTORES SÍNCRONOS.

Sistemas de motores síncronos usam conversores síncronos ou ciclo conversores.

Operações com conversores síncronos exigem que um motor funcione cerca de 10% de sua velocidade. Abaixo disto, técnicas forçadas devem ser usadas para obter sucesso na

operação de conversão. O motor induz pulsações de torque n eixo podendo ocorrer uma atenção particular ao eixo mecânico.

A maioria dos sistemas de propulsão AC usam ciclo conversores. Os ciclos conversores possuem características inerentes a operar cerca de 1/3 da frequência de alimentação, sendo feitas para aplicações de operação de 200 RPM. Esses sistemas são mais apropriados para baixas rotações, e os acionadores diretos são econômicos para cerca de 2-4 MW.

Ciclo conversores possuem características harmônicas complexas. “Batimentos” ocorrem entre a entrada e a saída de ondas senoidais sub-harmônicas, que são difíceis de prever. Experiência com sistemas ciclo conversores é, entretanto extensiva e seus problemas harmônicos reconhecidos. Sistemas podem ser projetados para certificar que tais harmonias não causem sérios problemas.

2.4.2.2 – SISTEMAS DE MOTORES DE INDUÇÃO.

Sistemas de motores de indução são também PWM (conversores modulados com pulsos), fonte inversora de tensão ou corrente. Sistemas de motores de indução frequentemente definidos como econômicos de médio para baixo em aplicações de propulsão de potência marítima onde o baixo custo, motores de alta velocidade podem ser usados juntos com uma caixa redutora.

Um acionador de motor de indução AC PWM oferece vantagens para aplicações em propulsão marítima acima de 8MW e em particular em aplicações de thrusters. Como experiência operacional de acionador de propulsão principal é obtida, é comumente substituído o motor DC para aplicações em baixa potência.

Conversor PWM usa retificadores não controlados permitem alimentação do sistema de força a reter um alto fator de potência contendo uma baixa harmonia. Utilizando retificadores ponte, a energia regenerada do propulsor não pode ser absorvida também pelo sistema elétrico e conseqüentemente a energia adicional absorvida pelos resistores deve ser conectada entre o retificador e o inversor.

Quando se freia o propulsor a energia regenerada aumenta com a redução da velocidade do eixo. Uma característica do resistor é absorver a energia de voltagem aplicada diretamente, que diminuirá assim como a rotação do eixo, diretamente oposto as exigências da aplicação. Controle preciso do eixo em muitos navios é relativamente sem importância onde o controle preciso da máquina em todas as velocidades é importante,

uma boa reserva de controle de RPM pode ser prejudicial para a segurança operacional e performance.

2.4.2.3 – CONSIDERAÇÕES MECÂNICAS.

Em projetos de eixos para sistemas elétricos de propulsão modernos (onde conversores SCR são usados) necessitam de configuração cuidadosa para fornecer pulsações de torque como resultados de correntes harmônicas na forma de onda de corrente do motor. Tais pulsações precisam ser analisadas como parte na análise de vibração torcional para certificar que não haverá ressonância na operação normal do sistema.

Uma consideração adicional deve ser dada para o alto potencial de torque no eixo que pode ocorrer sob condições de falha do motor, e ações consideradas no projeto para limitar o máximo torque imposto no eixo.

2.4.3 – BARULHOS E CONDIÇÕES HARMÔNICAS.

Condições harmônicas introduzidas em conversores estáticos devem ser endereçados. Os harmônicos ocorrem como resultado do corte da forma de onda da corrente produzidas com um conversor estático. Experiência com harmônicos é extensiva e produzida para seus controladores serem disponíveis.

2.4.3.1 – CONDIÇÕES HARMÔNICAS DE DISTORÇÃO ACEITÁVEIS.

Existem alguns padrões nacionais e internacionais que especificam o critério harmônico aceitável para sistemas marítimos. ““““ ““““ O guia de referência pode ser produzido para IEEE 519 “práticas recomendadas e controles harmônicos exigidos em sistemas elétricos de potência”, IEC 92” instalações elétricas em embarcações fixas e móveis” sociedades classificadoras e corpos governamentais.

IEEE 519 – práticas recomendadas e controles harmônicos exigidos em sistemas elétricos de potência.

IEEE 519 foi escrito primeiramente pela indústria e pelas concessionárias de energia. Esse padrão estabelece níveis de distorção de voltagem aceitáveis para sistemas de distribuição de consumidores elétricos na ordem de proteger a qualidade de força das concessionárias de energia quando entregam para outros consumidores do sistema. Um

padrão também em linhas gerais calcula e analisa na adição de fornecer níveis harmônicos recomendáveis.

Embora os métodos harmônicos de análises do IEEE 519 não são especificados na indústria marítima, os índices harmônicos podem ser aplicados em sistemas elétricos marítimos. Níveis aceitáveis de distorção harmônica devem ser usados com cuidado em sistemas marítimos e tem sido operados com sucesso com alto níveis de distorção que são especificados como padrão.

IEC 92 – instalações elétricas em embarcações fixas e móveis.

Para sistemas marítimos, IEC 92 – anexo 101 # 1 cláusula 2.8 especifica que o THD não deve exceder 5%. Esse nível é aplicado ao sistema de distribuição às embarcações em geral e não especificamente em propulsão alimentadas com alta carga SCR. A cláusula reconhece que níveis harmônicos podem ser altos e somente exige cuidado quando retira consumidores selecionados se essa for a causa. IEC 92 anexo 304 exige que conversores semicondutores não devam causar distorções de tensão, que possuem capacidade limitada de outros consumidores do sistema.

Sociedades classificadoras e corpos governamentais.

Lloyds register exige um THD de não mais que 8% de qualquer quadro elétrico. ABS e DNV possuem específicas exigências.

2.4.3.2 – CRITÉRIO DE JULGAMENTO DE CONDIÇÃO HARMÔNICA RECOMENDADA.

A menos que a regulação seja aplicada a um projeto específico dos padrões de distorção harmônica, níveis aceitáveis devem ser determinados pela capacidade para conectar equipamentos ao sistema “infestado” de harmônicos pelo julgamento da engenharia.

IEEE 519 recomenda que os seguintes índices harmônicos e critérios de julgamento harmônicos ambientes:

- marca profunda, áreas marcadas e distorção no barramento de tensão (RSS);
- distorção total e individual da tensão;
- distorção total e individual da corrente.

Uma distorção harmônica aceitável para uma dedicada alimentação somente em equipamento harmônico produzindo, dependendo unicamente da capacidade do sistema SRC conectado para operar satisfatoriamente no ambiente harmônico que produz. Esses níveis devem ser definidos e aceitados pelo sistema SCR.

Para barramentos de navios, as recomendações do IEEE 519, IEC 92 e Lloyds Register of Shipping deverá ser aplicadas e as distorções harmônicas limitadas de 5-10% THD.

2.4.3.3 – EFEITOS HARMÔNICOS

Harmônicos no sistema de alimentação elétrica podem:

- exigir cabos, motores e geradores para serem maiores para exigências de potências diretas;
- causa má operação nas medidas eletrônicas e outros equipamentos;
- causa interferências na iluminação e quebra prematura de reatores de lâmpadas fluorescentes;
- causa oscilação de torques em máquinas elétricas;
- causa dispersão eletromagnética e barulho acústico.

Harmônicos podem ser transmitidos por

- uma instalação de supressão “engasgada” ou filtros;
- sistema de configuração para isolar a infestação harmônica do barramento ou aumentar um número de pulsos do sistema.

Quando usado com conversores SCR, o projeto do motor deverá considerar que harmônicos e sub-harmônicos podem ocorrer no sistema e ações implementadas no projeto para certificar que a saturação magnética também ocorrerá no motor. As condições harmônicas podem ser aumentadas usando reatores entre o motor e o seu conversor.

A redução harmônica reduzirá o nível de barulho e vibração. Outros recursos são possíveis reduzindo a excitação e ventilação exigida durante ao baixo nível de ruído. Se excepcionalmente esse baixo nível de ruído e vibração são necessários em projetos específicos e podem ser incluídos no projeto do motor de modo a aumentar a fresta de ar, máquinas com altas reatâncias aumentam de espessura, montagem resiliente dos motores, etc.

3.0- VANTAGENS DO SISTEMA DE PROPULSÃO ELÉTRICA

3.1 Reduções do Consumo de Combustível

Em navios com propulsão mecânica 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 às 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 da queima de combustível) e o eixo propulsor, não existe mais relação direta entre a velocidade do eixo do motor primário e a rotação do hélice.

Se compararmos os três tipos de instalações propulsoras diferentes (turbina, motor há dois tempos e propulsão elétrica) durante um ano de operação, a Propulsão Elétrica foi a que apresentou os melhores resultados e as maiores vantagens em relação ao consumo de combustível (Fig.4).

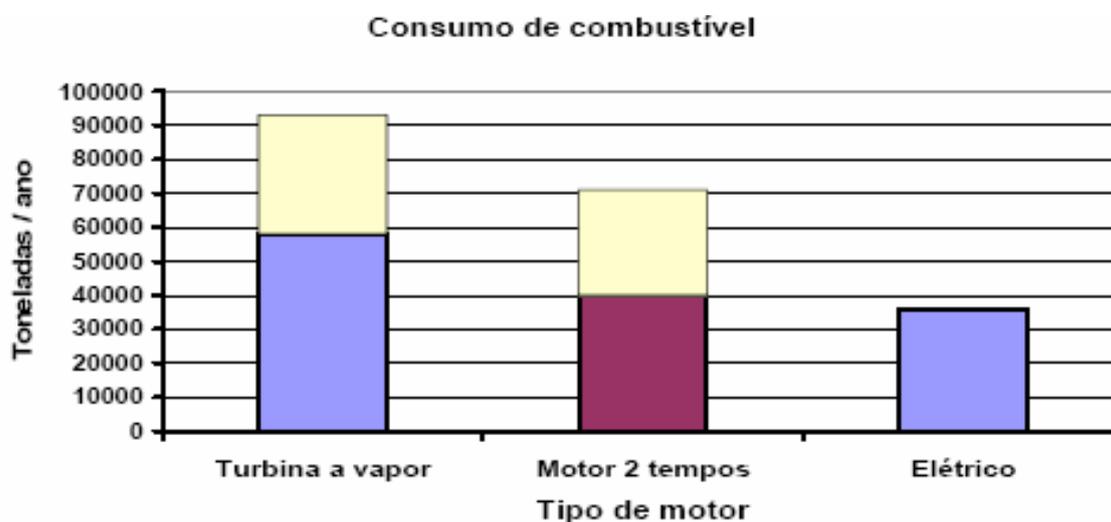


Figura 4

3.2) 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 à Distância e possuem maior compatibilidade com controles eletrônicos. Esta tendência Possibilita o incremento de automação com conseqüente redução de tripulação,

Proporcionando adicional benefício através da redução de custo operacional

3.3) Flexibilidade do Projeto

Os equipamentos da propulsão elétrica são modulares e não precisam ser Posicionados próximos uns aos outros (podem inclusive ser instalados em compartimentos diferentes). Dependendo do tamanho das máquinas, elas podem ser instaladas nas partes mais altas do casco, deixando apenas o motor elétrico junto ao fundo do casco conectado ao propulsor

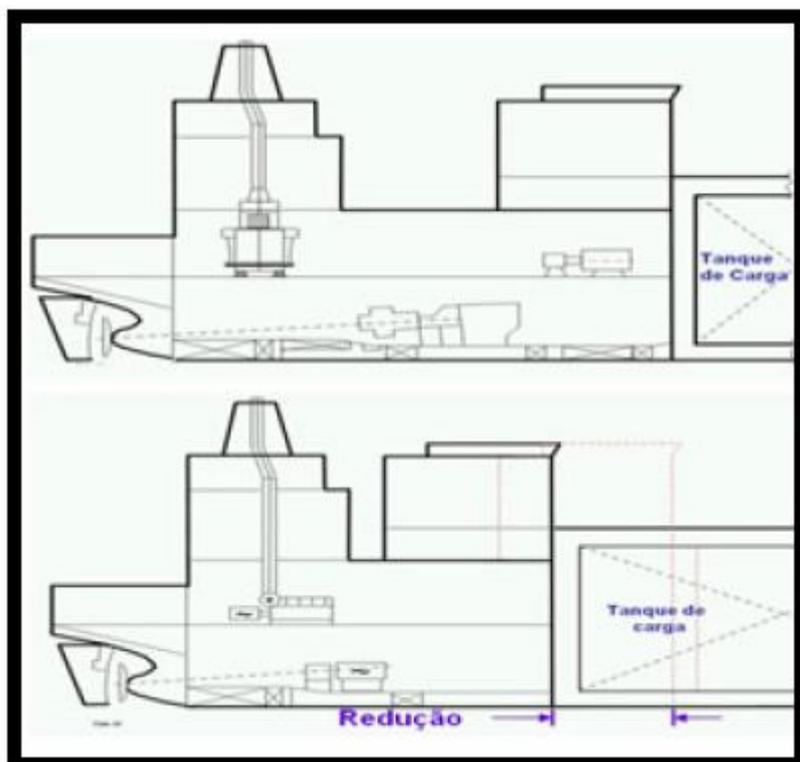


Fig. 5 – Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas.

Observa-se na Fig. 5 um ganho no espaço destinado ao transporte de cargas reposicionando a máquina diesel no convés superior, e desta forma, reduz-se o volume ocupado pelos dutos de admissão e exaustão dos motores.

Como resultado desta flexibilização, torna-se desnecessário concentrar equipamentos em praças de máquinas principais; sendo possível espalhar os compartimentos de máquinas pelo navio, em áreas menos críticas, com um aproveitamento otimizado do espaço disponível a bordo.

No navio com propulsão elétrica não são necessários motores auxiliares. Toda

energia demandada pelo navio será gerada pelos motores principais. Esta diminuição na quantidade de motores também provoca redução de custos e economia de espaço.

A modularidade do sistema permite também que em altas velocidades sejam utilizados todos os dispositivos de acionamento principal e, nas velocidades econômicas sejam desligados os que não forem necessários.

3.4) Aumento da Capacidade de Sobrevivência do Navio

A modularidade e a flexibilidade proporcionam um sistema de geração de energia e de propulsão redundantes, distribuídos e reconfiguráveis. Conseqüentemente os danos em um compartimento de máquinas, seja provocado por incêndio, alagamento ou simples mau funcionamento, podem facilmente ser detectados e “by-passados”, mantendo-se o funcionamento do sistema inalterado

A facilidade para o redirecionamento da energia elétrica a bordo, possibilita uma elevada gama de possibilidades de ações para minimizar os efeitos decorrentes de múltiplas falhas simultâneas

3.5) Aumento da Vida Útil do Navio

Os navios militares modernos incorporam cada vez mais sensores e armas de alta complexidade tecnológica, que os tornam muito mais potentes do que os navios de gerações anteriores. Já os investimentos necessários para a aquisição destes meios têm crescido numa progressão ainda maior, tornando difícil justificar este gasto considerando o tempo de vida útil dos navios tradicionais

Com o evento da automação dos sistemas de armas, 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 os geradores instalados a bordo sejam de potência mais elevada, a fim de suprir a demanda já instalada e manter uma reserva para crescimento futuro. A futura adoção das armas elétricas, que estão atualmente em pleno desenvolvimento, tende a agravar ao extremo esta situação

Com a propulsão elétrica, o cenário muda radicalmente. Os geradores de bordo alimentam simultaneamente a propulsão, as auxiliares e os sistemas de armas, através de um sistema de distribuição redundante e reconfigurável. Os motores são dimensionados

para atender ao navio em velocidade máxima, com todos os sistemas vitais em operação.

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

Os navios projetados com propulsão elétrica podem ter vida útil maior, da ordem de 50 anos, contra 25 ou 40 anos dos navios com propulsões tradicionais

3.6) Redução dos Custos de Manutenção

A viabilidade da existência de uma tecnologia comum dentre as diversas plataformas navais (ex: navios de superfície e submarinos), com a adoção da Propulsão Elétrica, possibilitará a coordenação do desenvolvimento e aplicação de modelos comuns, ferramentas de projetos, métodos de fabricação, novos materiais, componentes, sistemas, contribuindo para significativas reduções no risco do projeto e maximizando os custos e a logística

Uma vez que com a adoção da Propulsão Elétrica não são necessários motores auxiliares, esta redução na quantidade de equipamentos instalados resulta numa diminuição dos custos de manutenção. Associado a este fato, sabe-se que os equipamentos elétricos apresentam custos e períodos menores de manutenção e devido à elevada automação dos sistemas elétricos, as manutenções preditiva e preventiva são ferramentas eficazes para a redução dos custos totais de manutenção

.

3.7) Redução da Emissão de Poluentes

Atualmente todas as Marinhas do mundo são pressionadas pelos órgãos ambientais para que as mesmas em seus projetos de futuros navios, e também em relação aqueles já em funcionamento, apresentem uma redução na quantidade de poluentes emitidos durante a realização das operações militares . Todos os tipos de poluentes emitidos (gasosos, líquidos ou sólidos) estão sendo cada vez mais monitorados e as legislações (ex: MARPOL) estão sendo elaboradas com requisitos mais rigorosos.

Em decorrência das pressões internacionais busca-se utilizar cada vez menos combustíveis fósseis. As emissões de gases poluentes oriundas da queima de óleo diesel

e gasolina são os maiores responsáveis pelo efeito estufa. Neste contexto, a propulsão elétrica está sendo fortemente indicada, principalmente para navios que operam em países que assinaram o Protocolo de Kyoto .

Durante a operação com navios civis e militares, deve-se sempre levar em conta os aspectos ambientais do transporte. Neste sentido, a utilização da propulsão elétrica apresenta vantagens em relação à propulsão mecânica, tais como:

- Redução das emissões de gases poluentes oriundos da queima do óleo diesel;
- Menor utilização de insumos que podem gerar resíduos poluidores; e
- Menor emissão de ruídos durante as viagens.

De acordo com a linha de pesquisa apresentada em, a Fig. 6, apresenta claramente que a Propulsão Elétrica gera menos gases poluentes que os sistemas convencionais (que operam somente com turbinas a vapor ou motores diesel), pois o motor diesel opera constantemente no ponto ótimo de projeto, o que proporciona uma redução no consumo de combustível e conseqüentemente uma menor liberação de gases poluentes (ex: CO² - Dióxido Carbônico, NO_x – Óxido de Nitrogênio e SO_x – Óxido de Enxofre) durante as operações. É interessante destacar que o modelo utilizado na pesquisa considerou também a geração de gases durante a operação portuária e tempos com o navio parado durante as viagens.

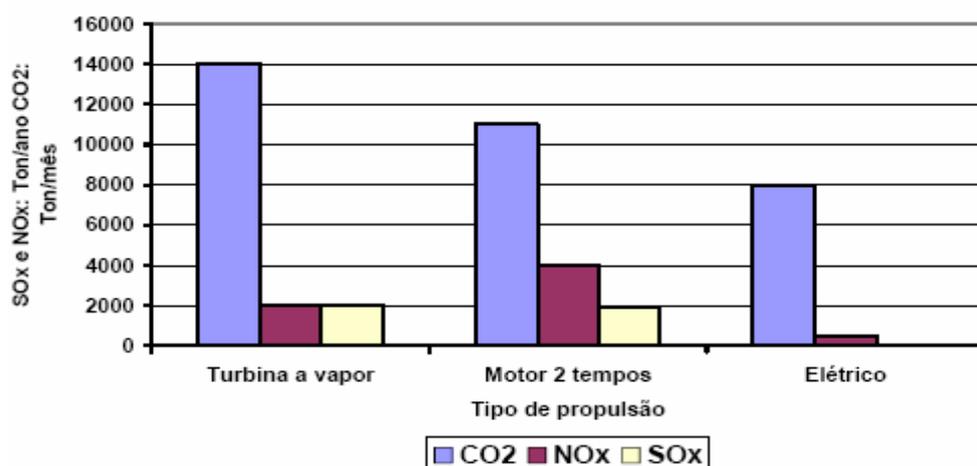


Fig. 6: Emissões de Gases na Atmosfera.

No futuro não somente os poluentes emitidos durante a vida operativa do navio

serão controlados, mas também todos aqueles produzidos durante a sua construção até o encerramento do período operativo do meio (desativação do meio naval). É uma nova filosofia, ainda de difícil aplicação prática, mas que está ganhando muita força nos dias atuais, devido à atitudes políticas de interesse mundial.

3.8) Redução da Assinatura Acústica

Na Propulsão Elétrica não é necessário haver o alinhamento das máquinas acionadoras principais com as linhas de eixo, tornando, portanto desnecessária a utilização de engrenagens redutoras. A eliminação desta engrenagem contribui significativamente para a redução nos níveis de ruído e vibração, garantindo desta forma uma significativa diminuição da assinatura acústica do meio, reduzindo conseqüentemente a possibilidade do navio ser detectado.

Além disto, os motores elétricos apresentam menor nível de ruído irradiado, devido às suas características construtivas e, portanto, não produzem tanta vibração e ruído quanto os equipamentos mecânicos.

E à medida que os sistemas e equipamentos que atualmente são mecânicos forem substituídos pelos elétricos, ocorrerá à diminuição da assinatura acústica total emitida

4.0 - PROPULSÃO ELÉTRICA: ALIADA DO MEIO AMBIENTE?

De acordo com a convenção Marpol 73/78 anexos I e V, que tratam especificamente o controle da poluição proveniente de resíduos oleosos e emissão de poluição do ar, respectivamente, este tipo de sistema de propulsão visa a redução de consumíveis de produtos combustíveis e lubrificantes, bem como a redução de boa parte do sistema de propulsão empregada nos dias atuais, a propulsão mecânica, que tem uma tendência de ser substituída pelo sistema de propulsão elétrica, pois este tipo de sistema tem uma maior durabilidade em comparação ao tradicional.

Tendo em vista que o consumo do combustível e óleos lubrificantes seria reduzido, devido a ausência de outros equipamentos auxiliares, como a caixa redutora de engrenagem, e fazendo com que os geradores fossem interligados aos sistemas principais e auxiliares, a emissão de gases e resíduos seria reduzido de uma maneira muito significativa, sem contar que a exploração da matéria prima seria também reduzida, pois a embarcação que utilizar essa tecnologia teria uma vida útil maior, a manutenção nos motores elétricos é mais simples do que nos motores com mais componentes mecânicos.

Pode-se então supor que, além da propulsão elétrica, o homem busque uma maior harmonia com o meio ambiente, através do emprego de novas tecnologias para suprimento de energia de alguns sistemas de baixa tensão ou mesmo, tecnologia lâmpadas que tenham um alto poder de luminosidade (led) com um consumo de energia baixo, reduzindo assim, o consumo de combustível e ,consequentemente, o consumo de combustível.

Na busca mundial da harmonia do homem com o meio ambiente, essa tecnologia, a propulsão elétrica, poderá ser uma das soluções para a redução da emissão de efluentes nocivos e poderemos, num futuro não muito distante, aumentarmos a segurança da navegação, melhorar a performance das embarcações e vivermos em equilíbrio com o meio ambiente.

5.0 - HIPÓTESE

Observamos, de maneira reduzida, vantagens nesse sistema que promete ser, num futuro muito próximo, uma realidade no meio marítimo. Mas será que estamos preparados para essa tecnologia?

Com essa nova tecnologia, a tendência é que se reduza ainda mais a tripulação. Os oficiais deverão dar uma ênfase maior voltada para a área elétrica /eletrônica devido a tendência da nova geração de embarcações de apoio marítimo(ou embarcações off shore) a utilizar este tipo de propulsão, pela gama de aplicação de componentes eletrônicos. Não adianta ter uma tecnologia de ponta sem pessoal capacitado para operá-la.

6.0 - CONCLUSÃO

Como foi visto neste trabalho, a aplicação da propulsão elétrica em navios tem uma história de sucessos ao longo dos últimos anos.

O sucesso nas tentativas recentes, de aumentar a densidade de potência dos motores elétricos empregados neste tipo de propulsão, permite que navios os possam se beneficiar das vantagens inerentes ao uso da propulsão elétrica em um futuro próximo.

Algumas vantagens associadas à adoção do acionamento elétrico são listadas a seguir:

- Excelente controle de velocidade e torque em toda faixa de velocidade;
- Facilidade para adoção de controles automáticos e remotos;
- Maior capacidade de reversão rápida de velocidade, propiciando a redução de tempo e distância de parada brusca (30 a 50% de redução na distância de parada, em caso de emergência);
- Não é necessário usar hélice de passo controlável, haja vista que, o custo deste hélice representa cerca de 33% do valor da máquina principal, enquanto que, o hélice de passo fixo representa apenas 8%;
- Redução do ruído do motor e da vibração transmitida do eixo ao hélice; e
- Flexibilidade no gerenciamento da distribuição da potência em operações normais e rápida recuperação após a detecção de defeitos (incêndios, alagamentos, ataques a bala, e outros tipos de falhas).

Como foi visto, a aplicação da Propulsão Elétrica pode ser mais uma aliada na redução de poluição oriunda de embarcações.

Algumas vantagens associadas à adoção do acionamento elétrico são listadas a seguir:

- Excelente controle de velocidade e torque em toda faixa de velocidade;
- Facilidade para adoção de controles automáticos e remotos;
- Maior capacidade de reversão rápida de velocidade, propiciando a redução de tempo e distância de parada brusca (30 a 50% de redução na distância de parada, em caso de emergência) ;
- Não é necessário usar hélice de passo controlável, haja vista que, o custo deste hélice representa cerca de 33% do valor da máquina principal, enquanto que, o hélice de

passo fixo representa apenas 8% ;

- Redução do ruído do motor e da vibração transmitida do eixo ao hélice; e
- Flexibilidade no gerenciamento da distribuição da potência em operações normais e rápida recuperação após a detecção de defeitos (incêndios, alagamentos, ataques a bala, e outros tipos de falhas).

Outro fator muito é a emissão de poluentes na atmosfera. A propulsão elétrica, como utiliza a energia produzida por geradores e/ou turbinas como fonte de alimentação, reduz o consumo de derivados de petróleo, pode ser considerado sim, um aliado na redução da emissão de poluentes, tanto resíduos de mistura de água oleosa, óleo lubrificante sujo, quanto gases de descarga que seriam provenientes de motores de combustão principal.

Que essa “nova geração” de propulsão seja, de fato, uma das muitas soluções que poderão nos auxiliar a reconstruir um futuro promissor de maneira que a poluição proveniente de navios reduzam e possamos viver com mais harmonia com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Renata Nunes **Propulsão Elétrica de Navios** (tese)- COPPE/UFRJ , Rio de Janeiro, outubro 2007.

disponível em < <http://www.pee.ufrj.br/teses/?Resumo=2007102901>

ABB AZIPOD(manual)

Disponível em < <http://www.abb.com/marine>.

DC Maritime Technologies Inc., Vancouver BC Canada, Seattle WA & Daphne AL USA, dezembro 2000.

Disponível em <

[http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electrical_engineering/DCMT -
_Electrical_Propulsion_Guide.pdf](http://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/electrical_engineering/DCMT_-_Electrical_Propulsion_Guide.pdf)