

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

MOTORES DE PROPULSÃO ELÉTRICA

Por: Gabriel da Silva MAGALHÃES Lopes

Orientador

CMG Ref. Eden Gonzalez IBRAHIM

Rio de Janeiro

2011

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

MOTORES DE 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: Gabriel da Silva Magalhães Lopes.

**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 conclusão deste trabalho primeiramente a Deus, depois a minha família por todo apoio.

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a meus companheiro nessa viagem
chamada EFOMM, em especia: Affonso, Carol, Felipe,
André, Douglas, Rafael, Ricardo, Câmara, Leitão e Jardim.

RESUMO

Esta monografia tem como objetivo apresentar os principais aspectos da Propulsão Elétrica começando por um pequeno histórico onde são apresentados os primeiros exemplares deste tipo de propulsão. Logo é possível perceber que a evolução da propulsão elétrica em embarcações mercantes não pode ser separada desta evolução na marinha de guerra.

Depois de apresentado o histórico são feitas considerações a respeito do arranjo das instalações elétricas na praça de máquinas do navio e observadas as peculiaridades em relação a as instalações mecânicas convencionais. Também são apresentados alguns dos principais tipos de motores elétricos usados para propulsão nos dias de hoje.

Por fim, são apresentadas as principais vantagens da propulsão elétrica em relação a propulsão elétrica em relação a propulsão mecânica tradicional, mostrando que a primeira é realmente uma tendência moderna principalmente nas embarcações de apoio marítimo.

ABSTRACT

This thesis aims to present the main aspects of the Electric Propulsion beginning with a brief history which presents the first examples of this type of propulsion. Soon you can see that the evolution of electric propulsion on merchant vessels can not be separated from changes in navy.

After presenting the historical considerations are made about the arrangement of the wiring in the engine room of the ship and observing the peculiarity in relation to conventional mechanical equipment. Also are presented some of the main types of electric motors used for propulsion today.

Finally, we present the main advantages of electric propulsion for electric propulsion compared to traditional mechanical drives, showing that the former is actually a modern trend mainly in marine support vessels

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 USS “Jupiter”.....	11
Fig. 2 USS “Langley”	12
Fig. 3 USS “New México”	12
Fig. 4 Motor de Indução Multifásico.....	18
Fig. 5 Motores Síncronos com materiais supercondutores em alta temperatura.....	19
Fig. 6 Motor síncrono de ímãs permanentes.....	20
Fig. 7 Esquema Sistema de propulsão elétrica.....	21
Fig. 8 Sistema Propulsão Elétrica 2.....	22
Fig. 9 Tecnologias para a Propulsão Elétrica em testes no ESTD.....	26
Fig. 10 Comparação: Potência Instalada X Número de Navios Construídos.....	27
Fig. 11 Evolução da Potência Instalada a Bordo.....	28
Fig. 12 Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas.....	30
Fig. 13 Emissões de gases na Atmosfera.....	32

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO I Histórico sobre a propulsão elétrica.....	11
CAPÍTULO II Principais tipos de motor.....	14
2.1.1 - Motores de Indução Multifásicos.....	14
2.1.2 - Síncronos de Imãs Permanentes.....	15
2.1.3-Motores Síncronos com materiais supercondutores em alta temperatura.....	16
2.1.4 - Motores Homopolares em Corrente Contínua.....	17
2.2 – Aplicações.....	18
CAPÍTULO III Comparação entre Propulsão Elétrica e a Propulsão Mecânica.....	21
CAPÍTULO IV Aspectos Relevantes na Escola do Arranjo de Propulsão Elétrica	24
CAPÍTULO V Pesquisa.....	26
CAPÍTULO VI As Principais Vantagens da Propulsão Elétrica.....	29
6.5.1 - Redução do Consumo de Combustível	29
6.5.2 - Redução da Tripulação.....	29
6.5.3 - Flexibilidade do Projeto	29
6.5.4 - Aumento da Capacidade de Sobrevivência do Navio	31
6.5.5 - Redução dos Custos de Manutenção	31
6.5.6 - Redução da Emissão de Poluentes	31
6.5.7 - Redução da Assinatura Acústica	32
CONCLUSÃO.....	31
FONTES BIBLIOGRÁFICAS.....	32

INTRODUÇÃO

Embora hoje existam aqueles que fantasiem uma rivalidade entre marinhas mercante e de guerra, é necessário esclarecer que a evolução de uma está diretamente ligada ao desenvolvimento da outra.

O tempo todo tecnologias migram de uma marinha para outra e nos tempos de hoje onde a troca de informações é acelerada pesquisas na área da construção naval podem ser acessadas por diversos engenheiros em vários lugares diferentes do mundo. E estes por suas vez usam as informações obtidas das mais variadas formas.

Apesar deste modelo de desenvolvimento se aplicar a quase todos as áreas da ciência, ele é particularmente importantes para a indústria naval, devido a sua sempre crescente demanda por equipamentos que consumam menos energia e ao mesmo tempo sejam mais confiáveis.

É neste contexto que a propulsão elétrica vem ganhando força, pois além de suas grande versatilidade e economia de energia, essencial em tempos em que o barril de petróleo chega à casa dos 180 reais.

A evolução dessa tecnologia criou uma alternativa para os tradicionais motores mecânicos de propulsão que atenderam as necessidades da marinha mercante depois da grande crise do petróleo dos anos 70, deixando de lado a propulsão usando turbinas que era dominante até então.

Mas hoje se mostram evidentes as limitações dos modelos puramente mecânicos, principalmente nas embarcações de apoio marítimo que necessitam de grandes variações de velocidade e direções para concluir suas operações com excelência.

CAPÍTULO I

Histórico sobre a propulsão elétrica

O primeiro relato sobre a utilização de propulsão elétrica em embarcações data do século XIX na Rússia. Era uma pequena lancha movida a baterias que era usada para o transporte de passageiros. Portanto, quando falamos de propulsão elétrica não nos referimos a uma tecnologia nova.

No ano de 1913, foi instalada sob caráter experimental a tecnologia da propulsão elétrica foi instalada no navio carvoeiro USS “Júpiter”. Tratava-se de uma instalação com 4.1 MW de potencia em cada eixo que funcionava da seguinte maneira: Um turbo gerador de corrente alternada que era capaz de alimentar dois motores de indução com motor bobinado.

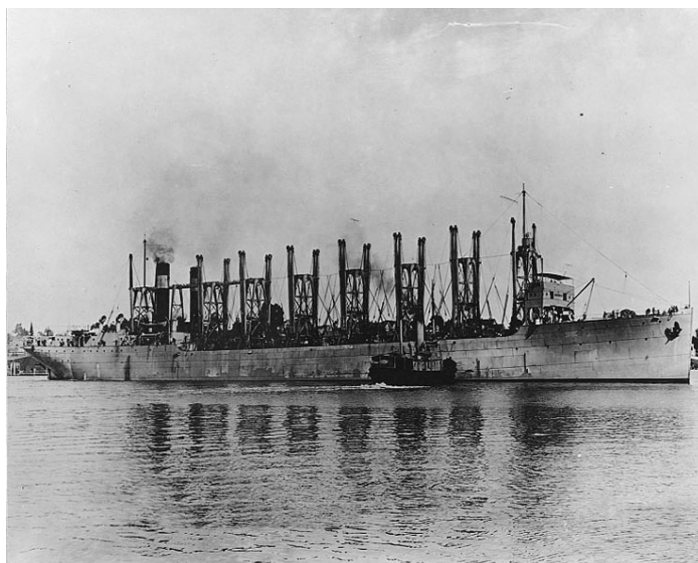


Fig. 1 USS “Júpiter”.

Com o sucesso do experimento este mesmo navio, mais tarde, foi convertido para outro tipo de utilização. Nascia então em 1922 o primeiro navio-aeródromo na Marinha Americana, o USS “Langley”. O navio funcionou plenamente até 1942 quando foi afundado no ataque japonês a Pearl Harbor.



Fig. 2 USS “Langley”

Após perceber as grandes vantagens da propulsão elétrica foram construídos mais de 40 navios durante o período primeira e segunda guerra. Um destes navios foi o USS “New México” que tinha 30 MW de potência, sete vezes mais que o USS “Júpiter”. Em seqüência foram construídos o USS “Lexington” e o USS “Saratoga”, que tinha potência de 135 MW.



Fig. 3 USS “New México”

Na segunda guerra houve um grande número de navios dotados de propulsão elétrica usados para realizar escolta na marinha americana, por volta de 160. Estes usavam turbo ou diesel gerador na faixa de 4,5 a 9,0 MW. Além destes, mas de 500

navios adotaram a propulsão elétrica com corrente contínua com potência entre 225 KW e 15 MW. Esse número provavelmente se deve a falta de mão-de-obra técnica para a produção de engrenagens no período da guerra.

Embora parecesse uma nova tendência o uso em larga escala da propulsão elétrica foi inibido por algumas desvantagens em relação à propulsão mecânica convencional como: maior peso, maior volume e menor eficiência energética. Além disso, a tecnologia do sistema de engrenagens de dupla redução, para a aplicação no setor naval e militar passaram a apresentar preços competitivos nos Estados Unidos.

As melhorias tecnológicas na metalurgia também influenciaram a preferência da propulsão mecânica convencional. Através da manufatura de engrenagem redutora com peso e volume menores e também melhores resultados acústicos dos equipamentos esse tipo de propulsão dominou o mercado. Essa situação perdurou até o início do século XXI.

Nos anos 80 e 90, as melhorias na tecnologia, no que diz respeito à Eletrônica de Potência, transformaram essa forma de transmissão de energia em uma alternativa mais compacta e eficiente, permitindo a volta do uso da propulsão elétrica em vários tipos de navios, como quebra-gelos, oceanográficos, tanque e muitos transatlânticos.

Nos dias de hoje, estão em evolução estudos para o aprimoramento do uso da propulsão elétrica. Tal estudo tem como foco os seguintes requisitos: formato compacto, peso e volume reduzido, elevadas faixas de potência geradas para valores específicos de torque, resistência ao choque, e baixos valores de assinatura acústica e eletromagnética.

CAPITULO II

Principais tipos de motor

Entre os principais investidores da tecnologia da propulsão elétrica um dos mais notáveis é a Marinha Americana, principalmente nas seguintes frentes de estudos:

2.1.1) Motores de Indução Multifásicos

Os tradicionais motores de indução trifásicos foram substituídos pelos motores de indução multifásico devido a uma série de características que tornam esse melhor quando acionados por conversores multifásicos.

A potência convertida e controlada em cada fase é menor, possibilitando desta forma o pleno emprego dos conversores padrão com IGBT's, sem haver a necessidade obrigatória de efetuar ligações em série ou em paralelo de componentes.

Mesmo que sejam perdidas uma ou mais fases algoritmos do sistema de controle são capazes de garantir seu funcionamento, diferentemente dos motores trifásicos que ao perder uma fase tendem a aumentar perigosamente a corrente nas outras fases.

Apresenta um valor de densidade de potência mais elevado quando comparado com o tradicional trifásico. Além de serem capazes de reduzir a amplitude e aumentar a frequência do torque pulsante.

O valor do torque em relação ao valor da corrente eficaz é maior quando considerada uma máquina de mesmo volume e de apenas três fases e também é menor o nível de ruído, característica muito importante em navios militares.

2.1.2) Motores Síncronos de Ímãs Permanentes;

As máquinas síncronas com ímã permanente no rotor são largamente utilizadas em sistemas de acionamento de frequência (ou velocidade) variável de alto desempenho.

Quanto ao tipo de rotor empregado, podemos classificar os Motores Síncronos de Ímãs Permanentes em dois grupos: máquinas síncronas com ímã permanente no interior do rotor e máquinas síncronas com ímã permanente na superfície do rotor.

Existem alguns tipos diferentes de rotor utilizados em máquinas síncronas com ímã permanente no interior do rotor. São eles:

- Rotor com ímã permanente interno longitudinal;
- Rotor com ímã permanente interno transversal;
- Rotor *Lundell* com ímã permanente.

O rotor com ímã permanente na superfície é o tipo de rotor mais empregado na prática. Esse tipo de rotor possui baixo momento de inércia devido ao fato de ser oco, o momento de inércia do rotor é cerca de um terço do momento de inércia do rotor empregado em máquinas CC. Motores Síncronos de Ímãs Permanentes que empregam esse tipo de rotor possuem menor peso e menor volume em relação a máquinas CC de mesma potência.

Outra vantagem, é que esse tipo de rotor apresenta uma variação de relutância muito pequena, em função da variação do ângulo da posição rotórica (em relação ao circuito magnético do estator), sendo desprezada pela maioria dos autores.

Como desvantagem, a máquina que emprega esse tipo de rotor possui velocidade máxima de operação mais baixa do que as máquinas que empregam os outros tipos de rotor, devido à força de retenção dos ímãs na superfície do rotor.

Os Motores Síncronos de Ímãs Permanentes também podem ser classificados de acordo com a forma de onda de FEM de estator, produzida pela variação do fluxo magnético concatenado pelas espiras do estator, produzido exclusivamente pelos ímãs do rotor, ou seja, pela forma de onda da distribuição da densidade de fluxo magnético de entreferro:

- Máquina síncrona com ímã permanente no rotor com forma de onda de FEM senoidal;
- Máquina síncrona com ímã permanente no rotor com forma de onda de FEM não senoidal (ou comumente denominada por FEM trapezoidal).

A máquina síncrona com ímã permanente no rotor com forma de onda de FEM não senoidal é normalmente comercializada juntamente com seu conversor de potência, sendo que, ao conjunto resultante é dado o nome de "motor *brushless DC*". Isso se deve ao fato do conjunto motor-conversor se comportar como uma máquina CC, mas com comutador eletrônico.

2.1.3) Motores Síncronos com materiais supercondutores em alta temperatura;

A aplicação dos supercondutores em máquinas elétricas rotativas tem sido investigada por razões técnicas, econômicas, e para reduzir o desperdício de energia, por causa da resistividade elétrica nula dos materiais.

A maior parte das investigações científicas destinadas ao aproveitamento destes novos e fantásticos materiais procura reduzir os custos, ou o peso, ou as dimensões das máquinas pela aplicação de campos magnéticos maiores que os convencionais, já que os fios supercondutores comerciais permitem uma densidade de corrente bem superior à utilizada pelo cobre, da ordem de 15 a 20A/mm², até a presente data. Esta densidade parece, à primeira vista, baixa, se comparada com a densidade de corrente do material supercondutor em si, que atualmente atinge a

casa dos $500\text{A}/\text{mm}^2$, na temperatura do nitrogênio líquido. Mas, infelizmente esta colossal densidade ainda não pode ser explorada na totalidade para uma bobina ou para um cabo condutor elétrico, pois o material supercondutor ainda precisa de um precursor de sustentação mecânica, e inibidor da oxidação, como uma cobertura de prata, que ocupa razoável espaço, elevando a seção transversal do fio ou do cabo supercondutor. Além disso, por questões conservativas, utiliza-se a corrente de trabalho em 50% da corrente crítica e, ainda, condutores mais longos têm maiores probabilidades de conter pontos defeituosos.

2.1.4) Motores Homopolares em Corrente Contínua

Os motores Homopolares com materiais supercondutores em corrente contínua também utilizam bobinas confeccionadas com materiais supercondutores em seu rotor e apresentam peso e volume reduzidos e estratégias de controle menos complexas]. Conforme as informações de Bobby A. Bassham, no documento da referência, as pesquisas com este tipo de motor estão sendo desenvolvidas pela empresa “General Atomics Corporation”.

Uma das primeiras aplicações foi em rebocadores de alto mar que usava um sistema parecido com o usado em submarinos da segunda guerra.

O grande problema desse sistema era o grande número de escovas que se desgastavam muito e exigiam muita manutenção. Além disso, o contato entre a escova e o coletor provocava fagulhas que produzia calor em isso o que poderia avariar o motor.

A fim de dissipar o calor de dentro do motor alguns fabricantes usam ventoinhas associadas ao eixo para melhor circular o ar. Isso trazia como desvantagem a entrada de pó no motor, além do próprio pó produzido pelas escovas.

O sistema funciona da seguinte maneira: A energia é produzida no diesel-gerador, depois tem a tensão regulada em transformador, em seguida é convertida em contínua em retificadores e esta alimenta os motores elétricos.

2.2) Aplicações

A Marinha Inglesa utiliza o motor de indução multifásico (15 fases), que oferece um design robusto e alta densidade de potência elétrica, em seu navio de escolta.



Fig. 4 Motor de Indução Multifásico



Fig. 5 Motores Síncronos com materiais supercondutores em alta temperatura

Se compararmos os motores síncronos de ímãs permanentes com os motores de indução com o mesmo tamanho verá que o primeiro possui maior densidade de potência elétrica e menos nível de ruído.

A utilização de matérias supercondutores em alta temperatura diminui significativamente o peso e o volume dos motores síncronos, em relação aos motores elétricos normais, por causa de suas bobinas supercondutoras que possuem elevada densidade elétrica que é por volta de cinco vezes maior que a dos motores normais de mesmo tamanho. Em adição a isso também se pode dizer que o nível de ruído é bem mais baixo e a eficiência bem mais elevada, principalmente quando a velocidade do motor é pequena se comparada com a máxima e a demanda de carga é parcial.

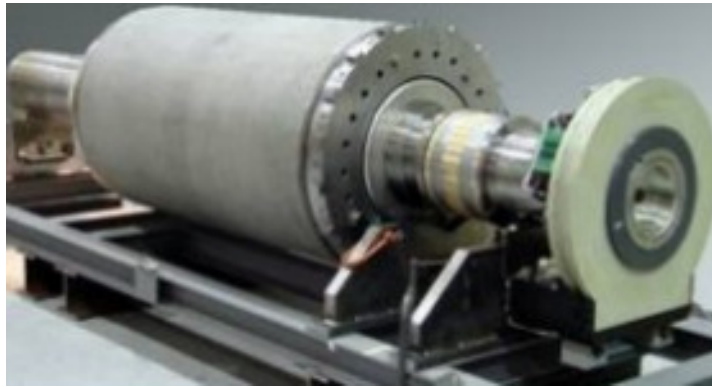


Fig. 6 Motor síncrono de imãs permanentes

Outro tipo de motores Homopolares que utilizam materiais supercondutores são os motores Homopolares. Este tipo de motor utiliza estratégias de controle menos complexas.

CAPÍTULO III

Comparação entre Propulsão Elétrica e a Propulsão Mecânica

Desde a invenção dos reatores nucleares e das turbinas a gás há 50 anos a Propulsão Elétrica Integrada é a tecnologia mais promissora nos desenvolvimentos navais atuais. Vamos definir como 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. Neste sistema o controle de velocidade do navio é realizado pelo controle da rotação do motor elétrico.

Na Propulsão elétrica dispõe-se apenas de uma capacidade de geração que tem maior versatilidade em diversas áreas e sistemas de bordo que variam de acordo com a demanda.

A propulsão elétrica tem como meta principal à integração entre os sistemas auxiliares com o sistema de potência da propulsão do navio. Devido à eletrificação dos sistemas auxiliares, tornou-se possível a utilização de estruturas modulares com maior flexibilidade para expansões futuras.

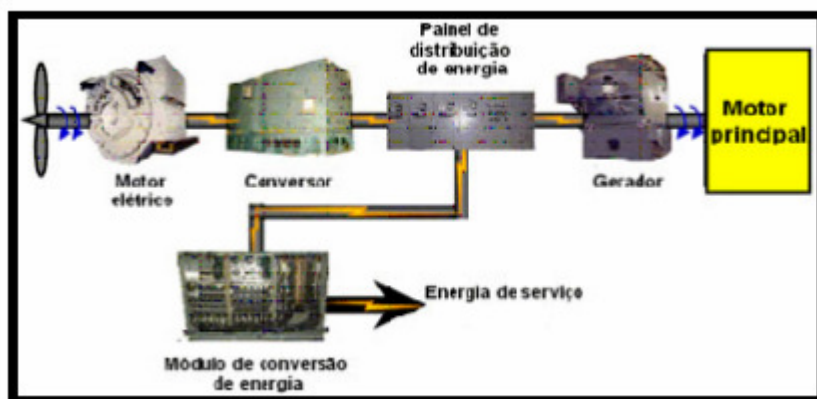


Fig. 7 Esquema Sistema de propulsão elétrica.

Quando tratamos de navios com Sistema de Propulsão Mecânico tradicional, a rotação do motor diesel é quem define a rotação do hélice, logo, não podemos operar com a faixa de rendimento ótimo em algumas condições de operação. Este fato gera um desperdício de combustível.

Uma engrenagem redutora é usada para acoplar diretamente o eixo propulsor ao dispositivo de acionamento que pode ser uma turbina a vapor, um motor diesel, ou uma turbina a gás.

Com essa configuração é preciso um diesel gerador em outra localidade para atender à demanda de energia elétrica no navio, bem como o sistema de combate a incêndio e demais auxiliares de bordo.

Já o nosso alvo de estudo pode ser considerado atualmente a forma mais precisa como a transmissão elétrica de potência entre o dispositivo de acionamento principal e a carga representada pelos propulsores do navio. 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.

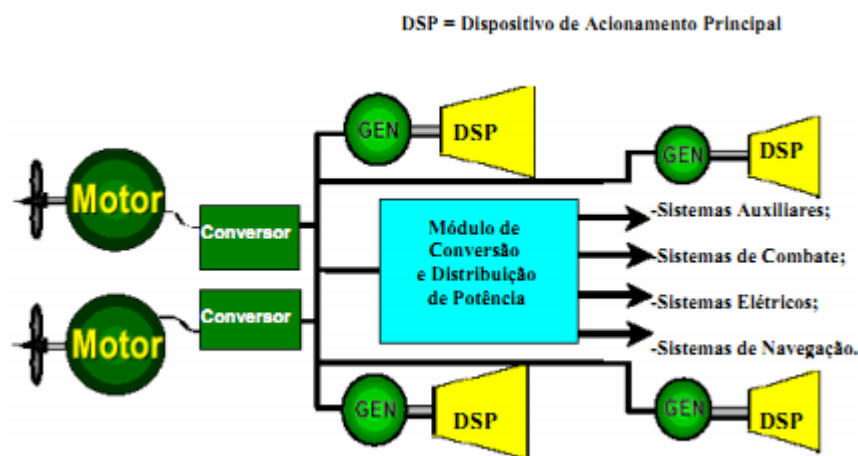


Fig. 8 Sistema Propulsão Elétrica 2

Uma das vantagens do Sistema Elétrico de Propulsão é que a eficiência da transmissão não é tão sensível a variação de velocidade do eixo propulsor, ao contrário do que ocorre com a transmissão por meio mecânico. Sendo assim,

quando a embarcação trabalha com a velocidade mais baixa a eficiência da Propulsão Elétrica é muito maior.

CAPÍTULO IV

Aspectos Relevantes na Escolha do Arranjo de Propulsão Elétrica

No que diz respeito à propulsão elétrica todos os sistemas possuem quatro componentes em comum: o equipamento de acionamento principal, o gerador, o motor elétrico e o seu conversor. Muito embora, o método de operação seja diferente e os arranjos do equipamento sejam distintos.

Existem quatro aspectos de maior relevância na escolha do arranjo da propulsão Elétrica a ser empregado:

- O tipo de potência elétrica disponível entre o gerador e o motor elétrico (CA ou CC);
- O método de controle da velocidade (variação da tensão CC e/ou a variação da frequência e da tensão para aplicações em CA);
- O tipo do equipamento de acionamento principal, e;
- O método de controle do propulsor.

O que, na verdade, vai definir o tipo de equipamento de acionamento principal que será usado propulsão do navio (turbina a gás, a vapor ou motor diesel) são o tamanho e os requisitos operacionais. Atualmente o acionador principal gira em uma velocidade fixa e as variações na frequência ocorrem na saída do conversor.

Há de se considerar na escolha do tipo de acionamento principal: o tamanho, o peso incluindo os calços, a economia de combustível alcançada e os custos operativos (manutenção, estoque de peças sobressalentes, treinamento de pessoal, e o custo de indisponibilidade do meio durante o reparo).

Também merece cuidadosos estudos e análises a escolha da arquitetura da distribuição de energia ao longo do navio. A mais utilizada atualmente nos meios

navais é a distribuição de corrente alternada desde a unidade geradora até a carga consumidora.

A distribuição de corrente contínua por zonas também é uma possibilidade. Ocorre através de um barramento que direciona a energia para diferentes partes do navio onde a regulação da tensão é efetuada até o nível desejado.

Em casos de necessidade a corrente contínua pode ser convertida em alternada para ser utilizada por consumidores locais. A distribuição por zonas em corrente contínua consegue obter uma simples monitoração e controle eletrônico do nível da corrente elétrica, desde a quase instantânea detecção da falta, fato este, que irá possibilitar uma rápida substituição entre as fontes geradoras disponíveis em operação.

Deve ser considerada também a filosofia a ser empregada quando o navio estiver atracado ao cais e recebendo energia de terra. Uma alternativa usual, para esta situação consiste no navio dispor de uma ou mais unidades geradoras com potência nominal menor para serem utilizadas quando o navio estivesse atracado, onde a carga de bordo passa a ter valores bem reduzidos (aproximadamente 30 % da carga total).

CAPÍTULO V

Pesquisa

O Reino Unido juntamente com Estados Unidos e a França estão financiando o alto custo de desenvolvimento e diluindo os riscos em um projeto conjunto, denominado ESTD (“Electric Ship Technology Demonstrator”) [14]. O ESTD (figura) é uma base terrestre para testes de uma planta propulsora elétrica projetada para movimentar um navio militar.

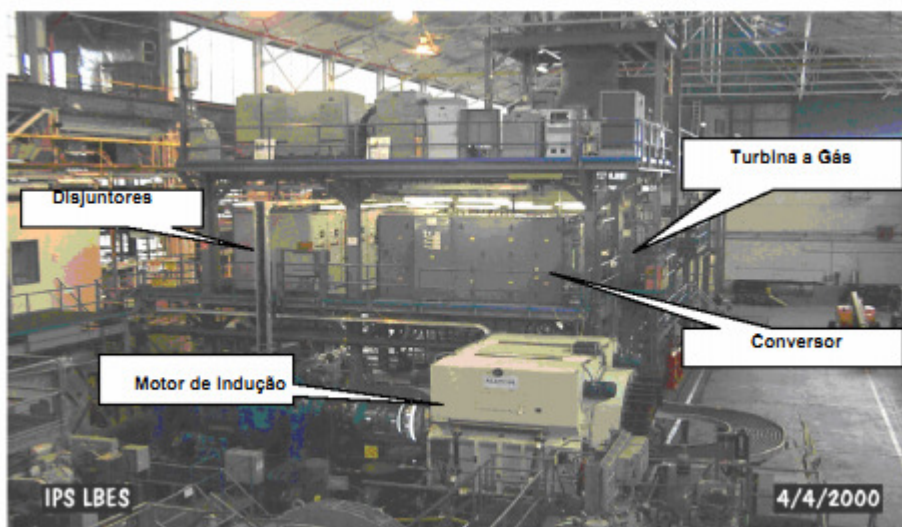


Fig. 9 Tecnologias para a Propulsão Elétrica em testes no ESTD.

A pesquisa está sendo feita com atenção total para o custo de vida útil, de modo a evitar a abordagem geralmente empregada que consiste em diminuir ao máximo os custos de obtenção inicial ao custo de grande gasto com manutenção e modernização no período operativo do navio. O conhecimento técnico obtido com a modelagem e a simulação dos equipamentos e sistemas permitirá a entrada em funcionamento em prazos menores e com melhor controle das potencialidades e dos riscos envolvidos.

O programa tem com meta principal demonstrar através de uma bateria de testes, em um protótipo, que tecnologias irão atender as necessidades operativas dos navios do futuro, e assim sendo, pode ajudar na configuração definitiva do sistema e na validação dos modelos computacionais que poderão servir no futuro para o projeto e a construção destes novos meios.

O gráfico a seguir mostra que apesar da redução no número de navios militares construídos na última década, ocorreu um significativo aumento na potência elétrica instalada a bordo para a propulsão do navio.

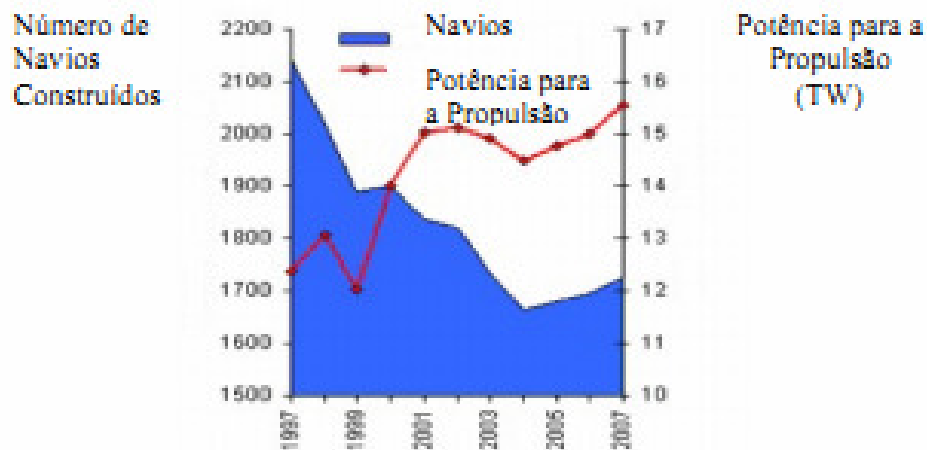


Fig 10 Comparação: Potência Instalada X Número de Navios Construídos

Mas também é possível observar um aumento na demanda de energia elétrica em navios civis (comerciais, transatlânticos e de pesquisas), demonstrando uma tendência no setor naval.

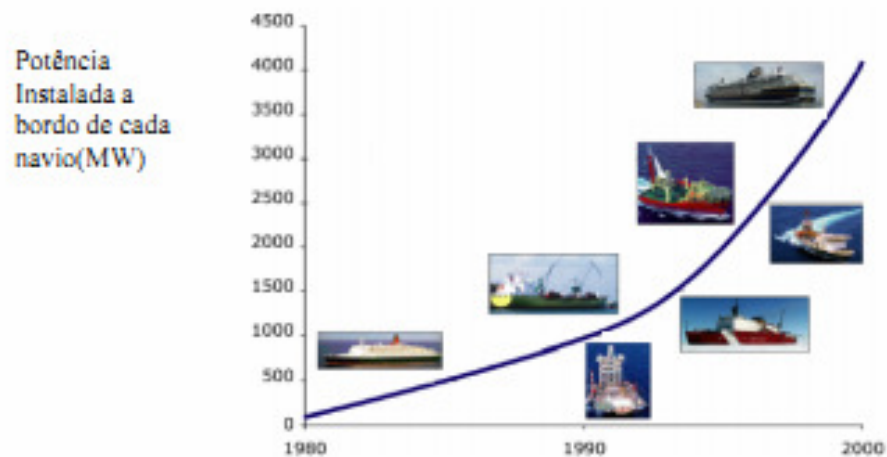


Fig. 11 Evolução da Potência Instalada a Bordo

Devemos saber que nos projetos atuais a planta de geração elétrica é independente da planta propulsora principal. Para que os meios atuais sejam capazes de atender a elevada potência elétrica necessária para a plena capacidade operativa do navio seria necessário efetuar um redimensionamento de toda a planta de geração o que seria o equivalente à instalação de outra planta principal dobrando a capacidade geradora do navio.

CAPÍTULO VI

As principais vantagens da propulsão elétrica

6.5.1) Redução do Consumo de Combustível

Devido à extinção da conexão mecânica entre o motor primário e o eixo propulsor a velocidade do hélice não depende da velocidade do motor, este mesmo pode operar sempre na faixa de rendimento ótimo, associado a altas velocidades.

6.5.2) Redução da Tripulação

Como os sistemas elétricos são mais fáceis de controlar á distância e possuem maior compatibilidade com controles eletrônicos. Isto possibilita a instalação de automação o que diminui a necessidade de tripulação.

6.5.3) Flexibilidade do Projeto

Não a necessidade de se manter os equipamentos da propulsão elétricos próximos uns aos outros, ele estar em compartimentos diferentes.

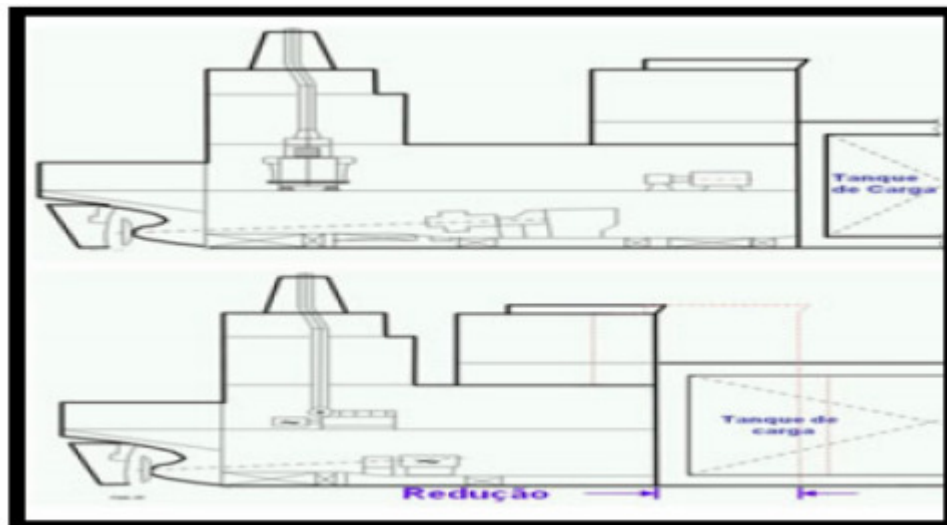


Fig . 12 Distribuição dos Equipamentos na Praça de Máquinas

Observa-se na figura 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. Observa-se na figura 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.

6.5.4) Aumento da Capacidade de Sobrevivência do Navio

Danos em um compartimento de máquinas sejam provocados por incêndio, alagamento ou simples mau funcionamento, podem facilmente ser detectados e “bypassados”, mantendo-se o funcionamento do sistema inalterado. Isso se deve a modularidade e a flexibilidade que proporcionam um sistema de energia em um compartimento de máquinas.

6.5.5) Redução dos Custos de Manutenção

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.

6.5.6) Redução da Emissão de Poluentes

Atualmente órgão ambiental do mundo todo pressiona as marinhas para que os projetos de futuro navios emitam menos poluentes. Neste contexto, a propulsão elétrica está sendo fortemente indicada, principalmente para navios que operam em países que assinaram o Protocolo de Kyoto. Podemos observar como vantagens:

- 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.

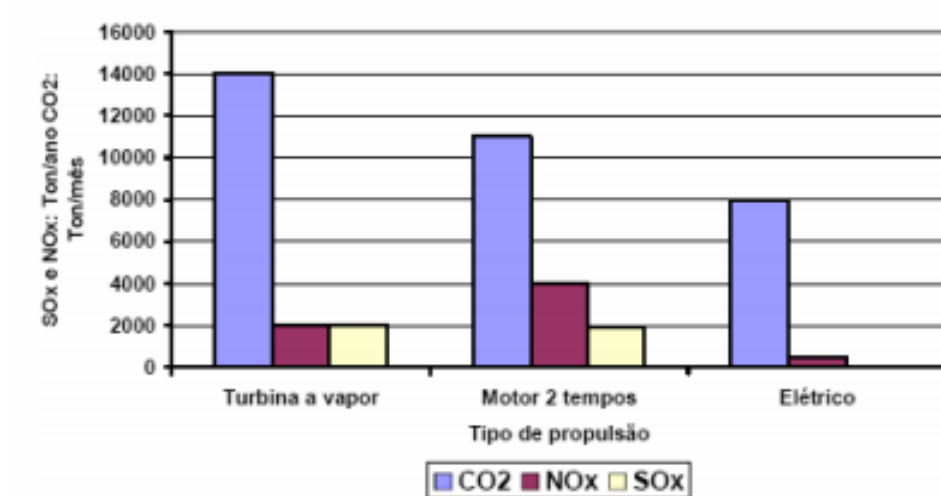


Fig. 13 Emissões de gases na Atmosfera

6.5.7) Redução da Assinatura Acústica

Com a propulsão elétrica não é necessária a utilização de engrenagem redutora, isso reduz drasticamente os níveis de ruído e vibração. No caso de navio de guerra isso reduz bastante a possibilidade do navio ser detectado.

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 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:

- O controle do torque e da velocidade é melhor
- É mais simples no que diz respeito à instalação de automação;
- Reversão do motor muito mais rápida;
- Dispensa hélice de passo variável, que é muito mais caro que o comum;
- Redução da assinatura acústica da embarcação e das vibrações; e
- Flexibilidade no gerenciamento da distribuição da potência em operações normais e rápida recuperação após a detecção de defeitos (incêndios, alagamentos, e outros tipos de falhas).

FONTES BIBLIOGRÁFICAS

FREIRE, P., R., M., FERREIRA, C., L., 2004, “**Propulsão Elétrica – Histórico e Perspectivas Futuras**”, 20º Congresso Nacional de Transporte Marítimos, Construção Naval e Offshore – EXPONAVAL 2004, Sociedade Brasileira de Engenharia Naval – SOBENA.

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.

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

Dias, Moisés de Mattos. **Motores Síncronos Trifásicos com Imãs Permanentes**. Disponível em: www.ufrgs.br/ldtm/publicacoes

Nau, Sebastião Lauro. **Motores Elétricos com Enrolamentos em Supercondutores de Alta Temperatura**. Disponível em: <http://www.essel.com.br/cursos/material/02/motores>