

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM

CARLOS ROBERTO DA SILVA JUNIOR

**PORQUE UTILIZAR A PROPULSÃO HÍBRIDA DIESEL-ELÉTRICA EM
EMBARCAÇÕES MERCANTES**

RIO DE JANEIRO

2015

CARLOS ROBERTO DA SILVA JÚNIOR

**PORQUE UTILIZAR A PROPULSÃO HÍBRIDA DIESEL-ELÉTRICA EM
EMBARCAÇÕES MERCANTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professor Jander dos Santos Anjos

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico esta monografia a meus pais, amigos e ao meu orientador, que muito me auxiliaram nesse novo desafio em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço por todas as graças em minha vida. Dentre elas gostaria de citar meu pai e minha mãe. Melhores orientadores, amigos e educadores não se pode ter. Gostaria também de agradecer ao meu orientador, que teve papel decisivo na elaboração e produção do trabalho. Obrigado pela paciência professor!

“A Felicidade só é real quando compartilhada.”

Alex. Supertramp

RESUMO

A propulsão elétrica é um campo emergente onde várias áreas de competência se encontram. Soluções inteligentes para embarcações com propulsão elétrica são encontradas em ambientes onde os mais experientes em engenharia naval, engenharia de hidrodinâmica / propulsão e engenharia elétrica, cooperam nas condições operacionais, econômicas e de construção. Vale destacar que o design otimizado aliado à alta tecnologia, só pode atingir seu objetivo com uma linguagem conceitual comum para se alcançar o mútuo entendimento dos diferentes e variados assuntos.

ABSTRACT

Electric propulsion is an emerging area, which has various competence areas meet. Successful solutions for vessels with electric propulsion are found in environments where naval architects, hydrodynamic and propulsion engineers. Moreover, electrical engineering expertise cooperates under constructional, operational, and economical considerations. Furthermore, Optimized design and compromises can only be achieved with a common concept language and mutual understanding of the different subjects.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Embarcação Diesel-Elétrica CBO

Figura 2 – Funcionamento do sistema Híbrido em automóveis

Figura 3 – Funcionamento da célula combustível

Figura 4 – Planta de antigo projeto de submarino nuclear

Figura 5 – Criação de Ferdinand Porsche

Figura 6 - MV Midnight Sun

Figura 7 – Gerador Cummins Marine

Figura 8 – Arranjo de um Sistema Diesel-Elétrico

Figura 9 – Centro de treinamento MAN PrimeServ

Figura 10 – Motor de 4-Tempos Médio porte

Figura 11 – Alunos em um dos cursos da Man PrimeServ

SUMÁRIO

- 1 INTRODUÇÃO**
- 2 PORQUE UTILIZAR A PROPULSÃO DIESEL-ELÉTRICA?**
- 3 O QUE É A PROPULSÃO HÍBRIDA?**
 - 3.1 Sistemas Híbridos Elétricos**
 - 3.2 Sistemas Com Célula Combustível (FCV)**
 - 3.3 Híbrido Energia Nuclear e Turbinas**
- 4 HISTÓRIA DOS SISTEMAS HÍBRIDOS**
- 5 QUEM UTILIZA OS SISTEMAS HÍBRIDOS?**
- 6 COMPONENTES DO SISTEMA DIESEL ELETRICO DE PROPULSÃO**
- 7 COMO É FEITA A CAPACITAÇÃO DO PROFISSIONAL PARA A OPERAÇÃO?**
 - 7.1 Introdução Ao Motor De 4 Tempos**
 - 7.2 Operação Básica Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.3 Operação Avançada Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.4 Teoria Da Manutenção Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.5 Manutenção Básica Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.6 Manutenção Avançada Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.7 Revisão Básica Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.8 Revisão Avançada Do Motor De 4 Tempos**
 - 7.9 Workshop Do Maquinista Sobre O Motor De 4 Tempos**
 - 7.10 Sistemas De Automação Do Motor De 4 Tempos**
- 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS**
- REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores batalhas da Humanidade sempre foi à busca por uma fonte de energia com alto rendimento e baixo custo de obtenção. Desde a época dos moinhos d'água até as hidrelétricas, o ser humano está sempre em busca de meios para suprir sua necessidade de evoluir tecnologicamente assim como auxiliar a sua própria subsistência.

Porém no presente a realidade é outra. A sociedade possui diversas fontes de geração de energia, mas agora, mais do que nunca, existe uma grande preocupação com o rendimento e com os resíduos danosos à natureza e humanidade, provocados pelos meios de geração de energia.

O meio marítimo é o principal e mais eficiente meio de comunicação e comércio físico em larga escala entre povos, sempre foi. Precisamos de meios para impulsionar os diversos tipos de embarcações utilizadas no ambiente aquaviário.

Existe uma grande preocupação com a poluição marítima, da qual os navios têm um grande papel como agente poluidor. A convenção MARPOL foi criada com o intuito de regulamentar, educar e auxiliar as empresas em meios para diminuir a poluição do mar e também da atmosfera.

Os meios de propulsão contemporâneos das embarcações mercantes ainda estão pecando no seu rendimento e no quesito ambiental. Tendo em vista esses parâmetros, engenheiros de todas as áreas de competência trabalham juntos com o objetivo comum de criar meios para uma fonte de propulsão mais limpa e rentável, tanto para os armadores quanto para o meio ambiente e a humanidade.

Uma área promissora na propulsão de embarcações mercantes no quesito tecnologia, rendimento, flexibilidade e acima de tudo rentabilidade é a propulsão híbrida diesel-elétrica.

Nesse trabalho será feita uma análise e um estudo da Propulsão diesel-elétrica e suas diversas particularidades, visando demonstrar o porquê desse ser o futuro da propulsão naval tanto em embarcações de grande porte quanto em navios pequenos.

2 PORQUE UTILIZAR A PROPULSÃO DIESEL-ELÉTRICA?

Figura 1 – Embarcação Diesel-Elétrica CBO



Fonte: CBO – Compton, 2012

A propulsão Híbrida Diesel Elétrica, depende de uma série de fatores para sua implementação. Sua utilização não é tão moderna como se imagina, data-se de mais de um século atrás. Porém o raio de ação desse tipo de propulsão era economicamente inviável e nem um pouco atraente para os armadores. Contudo grande atenção foi voltada para a propulsão elétrica à medida que motores elétricos mais potentes, compactos e sensíveis à variação de carga foram aparecendo no mercado. Sem contar com a decrescente popularidade dos combustíveis fósseis.

A procura por uma fonte de propulsão com melhor aproveitamento de energia e ecologicamente correta, é o principal fator do porquê da propulsão elétrica.

Os benefícios da propulsão Híbrida estão gradualmente superando os estorvos e o alto preço de sua implementação. Dentre eles podemos destacar os seguintes:

- Menor consumo e emissões nocivas à atmosfera provenientes do marine diesel (MD). Isso devido a possibilidade de otimizar o carregamento de diesel nos motores / conjunto gerador. Os conjuntos

geradores em operação podem funcionar com grandes cargas e ainda manter alta eficiência no motor. Isso se aplica especialmente para embarcações que tem uma grande variação na demanda de potência por exemplo. Para um navio de apoio *offshore* seria ideal.

- Um Menor custo com combustível e manutenção de equipamentos auxiliares e principais. Especialmente em operações que exigem uma grande variação de carga. No caso, embarcações de apoio marítimo.
- Espaço interno otimizado, o que influencia num aumento do volume de carga fretada que poderá ser transportada. As plantas de propulsão Diesel-elétrica requerem um espaço muito menor, principalmente por não contarem com muitos sistemas auxiliares. Em consequência disso, a praça de maquinas pode ser projetada muito menor.
- Localização dos Thrusters mais flexível, devido à transmissão de energia ser feita através de cabos elétricos. Existe a possibilidade de escolher o local mais otimizado possível.
- Um reduzido custo no ciclo de vida da máquina, resultado dos baixos custos com manutenção e operação.
- Performance otimizada, mantendo o torque do motor sempre alto. Consequência do Sistema elétrico, que pode prover torque máximo também a baixas velocidades. Isso garante vantagens em condições de manobras no gelo.
- Manobrabilidade e maior resposta em operações de docagem, carga e descarga devido a utilização de Thrusters azimutais.
- Tamanho dos eixos diminuído devido à flexibilidade na hora de alocar os propulsores, em consequência uma redução considerável das vibrações é alcançada.
- Utilização de combustíveis mais refinados com consequente diminuição dos gases poluentes da atmosfera.
- O propulsor possui um melhor rendimento hidrodinâmico. Normalmente as plantas de propulsão Diesel-elétrica operam com um propulsor de passo fixo em conjunto com a variação de torque e velocidade. Como o propulsor opera sempre no passo a que foi designado, velejando a baixas velocidades a sua eficiência aumenta significativamente, pois

utiliza rotações mais baixas. Comparado com uma velocidade constante de rotação de um propulsor de passo variável, a planta diesel elétrica é muito mais eficiente. Isso também é um dos fatores que contribui para a diminuição do consumo de combustível, que por sua vez limita a emissão de gases danosos à atmosfera.

- Alta confiabilidade. Mesmo que um motor / planta de geração tenha problemas de funcionamento, ainda teremos energia suficiente para operar a embarcação com segurança. Ou seja, possui alta vulnerabilidade a falhas pontuais, que afetariam o sistema de propulsão como um todo. Isso é a base que promete cumprir todos os requerimentos de aceitação por parte das empresas.
- Barulho e vibrações do propulsor minimizados. Por exemplo, um motor elétrico de baixa rotação permite que se evite a caixa de marchas e propulsores *Pods* mantem a maior parte do ruído fora do casco do navio.

3 O QUE É A PROPULSÃO HÍBRIDA?

O MCP está com seus dias contados. Sua utilização a longo prazo não será viável por conta de diversos fatores. A poluição atmosférica, escassez de combustíveis fósseis e acima de tudo o baixíssimo aproveitamento de energia do ciclo Diesel e Otto são fatores que contribuem para a busca por novos meios de propulsão. Contudo a transição deve ocorrer gradual e lentamente devido a fatores econômicos e políticos. Ainda existe grande lucratividade no comércio de Petróleo por parte de poderosos empresários.

A lenta e gradual transição de propulsões ocorre por meio de veículos híbridos. Aos poucos se introduz diferentes tipos de propulsão para testar a aceitação de mercado e definir os fatores: Implementação X Rendimento X Tempo X Lucro.

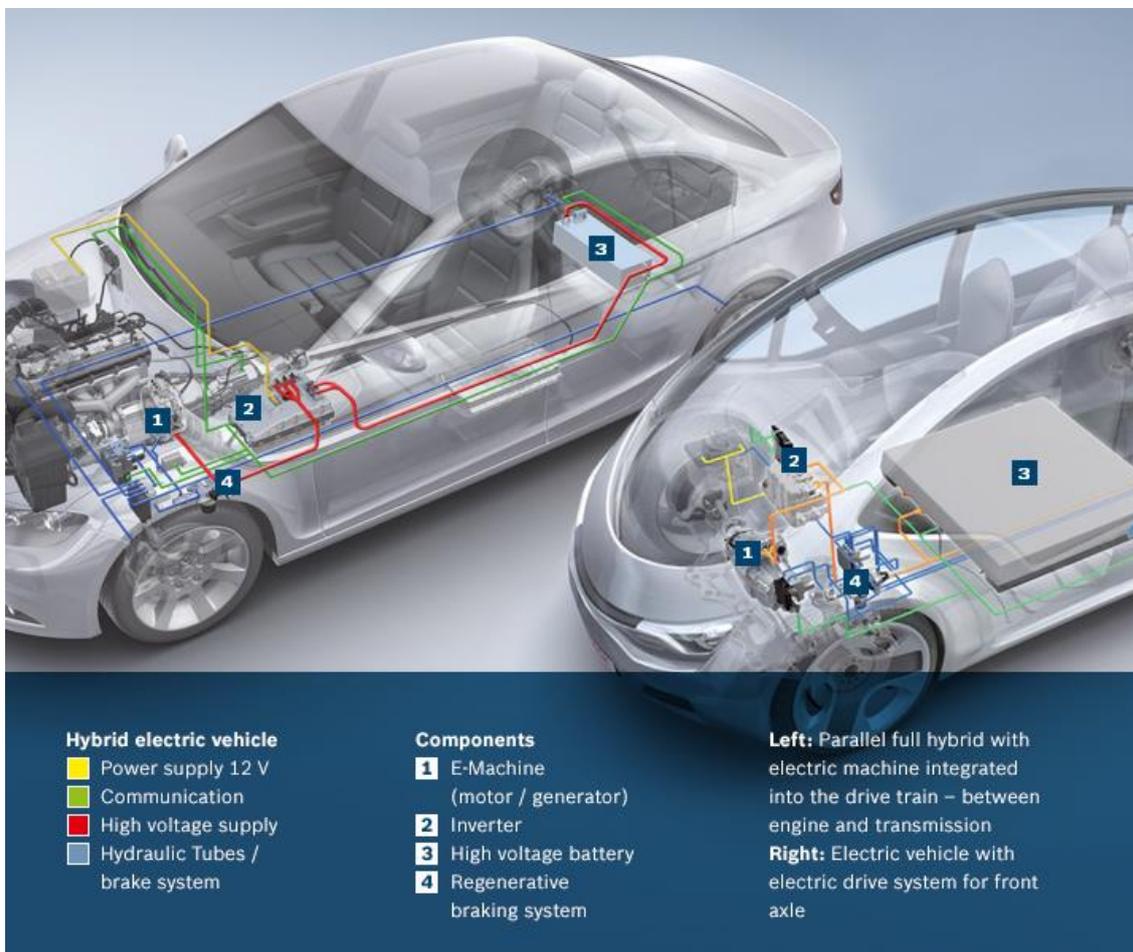
A definição de veículo híbrido ainda está em fase de construção e definição de parâmetros. Geralmente um meio de locomoção é considerado híbrido quando um motor elétrico funcionando como propulsão auxiliar é instalado. No entanto, alguns ambientalistas costumam definir como híbrido,

todo veículo projetado com intenções de diminuir o consumo de combustível. Já a Comissão Internacional de Eletrotécnica – IEC considera híbrido qualquer veículo em que o sistema de propulsão utilize dois ou mais fontes de energia. Os Principais Sistemas Híbridos Utilizados Hoje em dia São:

3.1 SISTEMAS HÍBRIDOS ELETRICOS

Segue abaixo um exemplo desse tipo de sistemas em veículos automotivos:

Figura 2 – Funcionamento do sistema Híbrido em automóveis



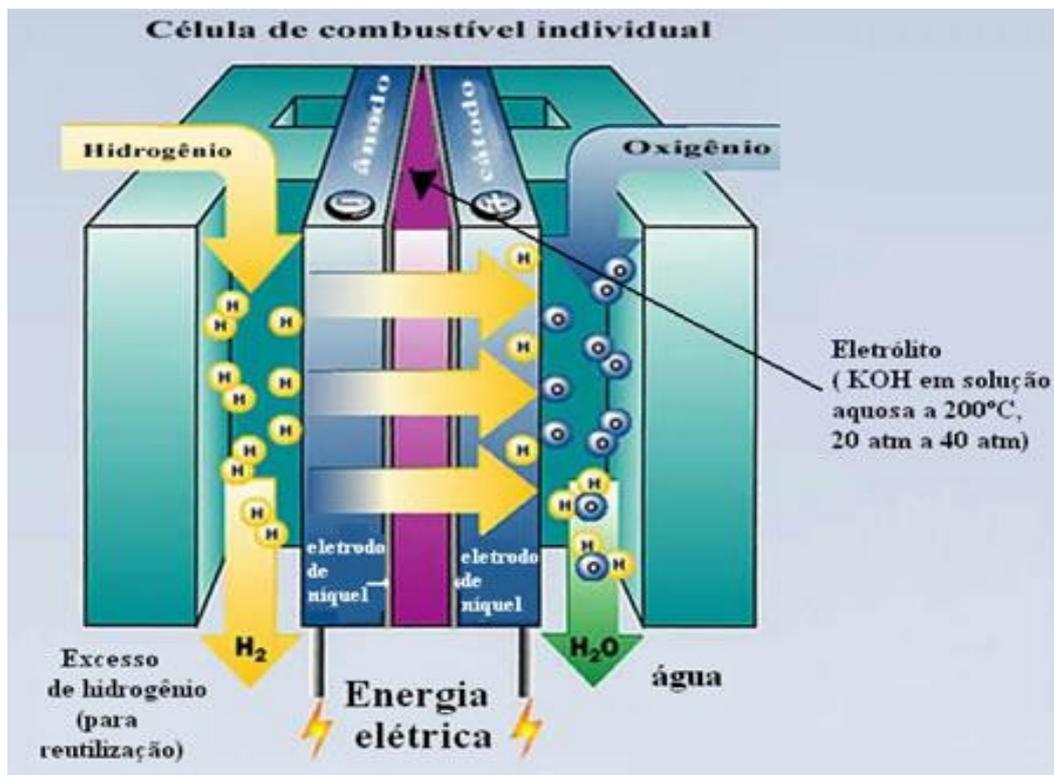
Fonte: www.BOSCH-automotive.com, 2013

Com crescente aplicação no meio automotivo e marítimo, a figura acima exemplifica em pequena escala, o funcionamento de um sistema híbrido elétrico desenvolvido pela BOSCH. Como podemos perceber, o meio

automotivo também segue as tendências de um futuro com maior rendimento de energia alinhada à proteção do meio ambiente.

3.2 SISTEMAS COM CELULA COMBUSTIVEL (FCV)

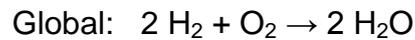
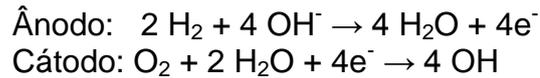
Figura 3 – Funcionamento da célula combustível



Fonte: www.MundoEducação.com.br, 2010

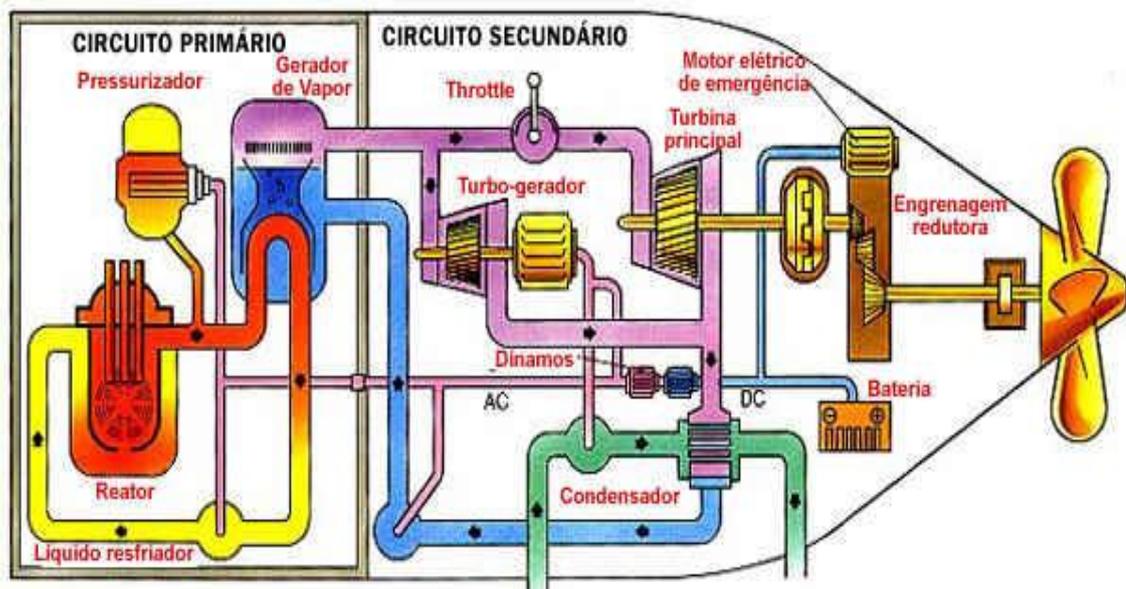
As células de combustíveis possuem gases como combustíveis. Possuem três compartimentos: em um está o primeiro gás, hidrogênio (H₂), no segundo compartimento fica o outro gás que irá reagir, como exemplo, pode ser o gás oxigênio (O₂). Eles ficam separados por um terceiro compartimento, que consiste em um ambiente apropriado no qual os dois gases irão se difundir passando pelos eletrodos e, por fim, reagirão. Assim, essas células convertem a energia liberada nas reações de combustão em eletricidade.

A nave americana Apollo é movida à pilha de combustível e em 7 dias consome 680 kg de hidrogênio, produzindo 720 L de água. Abaixo segue um exemplo da reação química que ocorrerá.



3.3 HÍBRIDO ENERGIA NUCLEAR E TURBINAS

Figura 4 – Planta de antigo projeto de submarino nuclear



Fonte: www.Mundosubmarino.com.br, 2010

Esta imagem mostra uma proposta antiga de construção de um submarino nuclear da marinha do Brasil o SMB-10. O princípio de funcionamento é semelhante ao de uma usina nuclear.

O método que as usinas nucleares utilizam para obter energia elétrica é chamado de fissão nuclear e consiste na quebra de átomos grandes em menores. Apesar de ser um processo físico extremamente complexo com inúmeras variáveis ele pode ser explicado e assimilado facilmente.

Basicamente a fissão nuclear gera calor que aquece uma quantidade de água, por sua vez ela irá se transformar em vapor superaquecido. Esse vapor será o responsável por impulsionar a turbina.

Porém, neste trabalho será dada uma maior ênfase aos sistemas híbridos diesel elétricos. Os outros tipos não são muito empregados em embarcações mercantes. Esses tipos de propulsão são amplamente estudados e utilizadas em navios de guerra. Para os armadores é economicamente mais

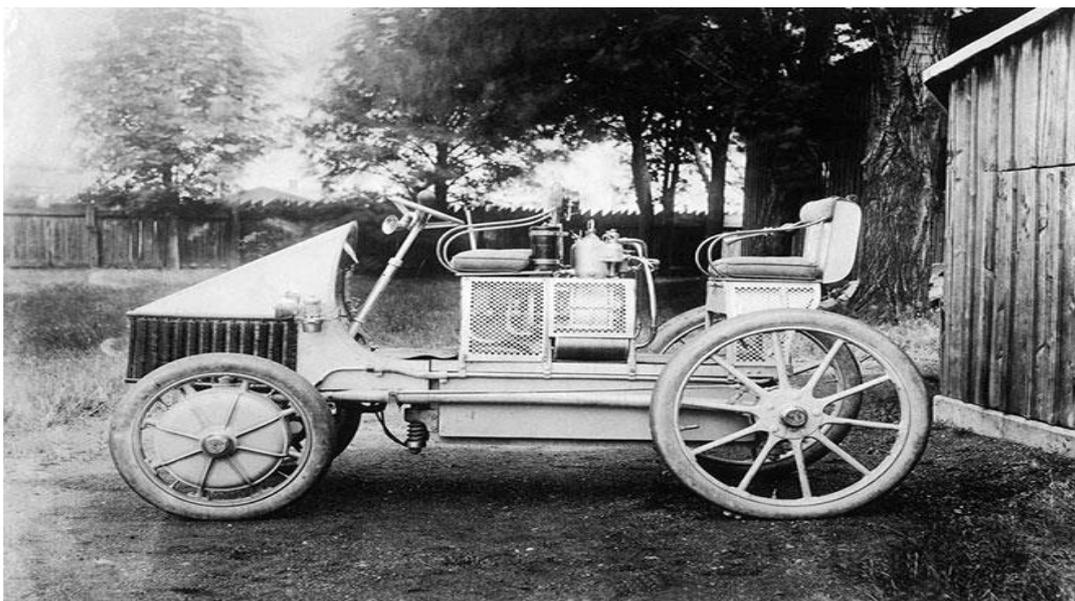
viável a aplicação dos sistemas diesel elétricos, que permitem uma transição mais homogênea dos clássicos MCPs de grande porte.

Mas antes de uma explicação mais técnica, iremos analisar a história da propulsão híbrida mixando motores de combustão interna e sistemas elétricos no meio automotivo, que foi de onde surgiu a inovadora ideia.

4 HISTÓRIA DOS SISTEMAS HÍBRIDOS

- Séc. XIX: Surgimento dos primeiros veículos elétricos equipados com baterias.
- 1834: Motores elétricos foram utilizados pela primeira vez em conceitos sobre o “automóvel”.
- 1859: Bateria Recarregável utilizada em conceitos envolvendo MEs (Motores Elétricos) e automóveis.
- 1874: Criado o primeiro modelo funcional do veículo híbrido pelo inglês David Salomons. Destaque para o funcionamento silencioso e o bom desempenho desse modelo, porém, apresentava pouca autonomia.
- 1903: Ferdinand Porsche cria um veículo híbrido economicamente viável.

Figura 5 – Criação de Ferdinand Porsche



- Séc. XX: Até esta data existia uma concorrência igualada entre os veículos elétricos com baterias e os de combustão interna. A maior aceitação de mercado ocorria nos estados unidos. Diversos veículos elétricos foram empregados em serviços urbanos como taxis e polícia. Nessa época existiam mais de 50 empresas que trabalhavam na fabricação de veículos elétricos.
- 1899: O piloto belga Camille Jenatzy conquistou o recorde de piloto mais rápido do mundo, em uma estrada de terra situada em Paris. Atingindo uma velocidade máxima de 105,9 km/h seu carro elétrico o “La Jamais Contente” chamou grande atenção para os veículos elétricos.
- 1900: O belga Phipps construiu um veículo em que o motor elétrico era acoplado axialmente a um motor de combustão interna. Patente que foi comprada pela empresa Auto-Mixte. Foi comercializado entre 1906 e 1912.
- 1905: Patenteado um veículo híbrido pelo americano H. Piper. Chegava a marca de 40,2 km/h com um motor elétrico assistindo um MCI.
- Segunda metade do Séc. XX: Os veículos elétricos começaram a perder mercado. O sucesso e o baixo custo dos modelos de Henry Ford, a expansão dos postos de gasolina e o maior custo da energia elétrica foram fatores que contribuíram para o desaparecimento dos modelos híbridos.

5 QUEM UTILIZA OS SISTEMAS HÍBRIDOS?

O futuro claramente tende para a utilização crescente de sistema híbridos de propulsão. Já existem diversas empresas que acreditam na tecnologia e nos lucros advindos dos sistemas Diesel Elétricos. Diversos exemplos de companhias ambiciosas com planos de mudar sua estrutura aparecem no mercado:

- A *Nippon Yusen Kabushiki Kaisha* (NYK Line) encomendou três navios tanques de gás natural liquefeito (LNG tankers) da Mitsubishi heavy

industries (MHI). São tanques 'Sayarigo STaGE', navios da próxima geração de carregadores LNG.

- *MV Midnight Sun* and *MV North Star*, navios ro-ro construídos em Nassco em San Diego, Calif., para a *Totem Ocean Trailer Express, Inc.* (TOTE) em 2002 e 2003 são exemplos dos benefícios operacionais da propulsão diesel elétrica. TOTE tinha decidido construir dois novos navios para substituir a sua frota de três antigos movidos a turbinas a vapor usados em Tacoma, Wash.-Anchorage, Alaska. No início da construção, a *Nassco statement* notou que os *designs* inovadores da nova embarcação de 24 nós faziam deles "os primeiros navios nos Estados Unidos movidos totalmente a energia Híbrida diesel elétrica".

Figura 6 - MV Midnight Sun



Fonte: www.MVServices.com, 2012

- Outro exemplo é a *Cummins Marine*, que tem sido uma líder, suprindo mais de 900 pacotes diesel elétricos, desde que entregou o seu primeiro em 2003.
- A firma americana *Rigdon Marine* é um exemplo de uma empresa que adotou bem cedo a ideia da *Cummins Marine*, com seu *design* de propulsão flexível e tecnológica, possui vinte embarcações do tipo,

juntamente com a *France-based Bourbon Offshore*, que possui mais de 100 embarcações Diesel Elétricas.

- No final de 2011 a Aries Marine construiu dois PSV's da classe *STX Tiger Shark*. Após nove meses operando no México, um dos seus engenheiros, *Darrell Bickham*, se entusiasmou com a performance: "Nós colocamos somente o número necessário de motores na linha de operação para o trabalho requerido. Podemos ficar perto de plataformas fora da zona de 500 metros em somente um dos quatro geradores Cummins QSK60. Viajando atingimos 10 nós de velocidade com os geradores operando a somente na faixa de 50 a 60% da sua potência estimada". Os novos geradores da classe prometem inovação e versatilidade no setor naval. Seu custo relativamente baixo de implementação chama a atenção dos armadores e sua confiabilidade na operação, facilita muito o trabalho dos profissionais no dia a dia.

Figura 7 – Gerador Cummins Marine

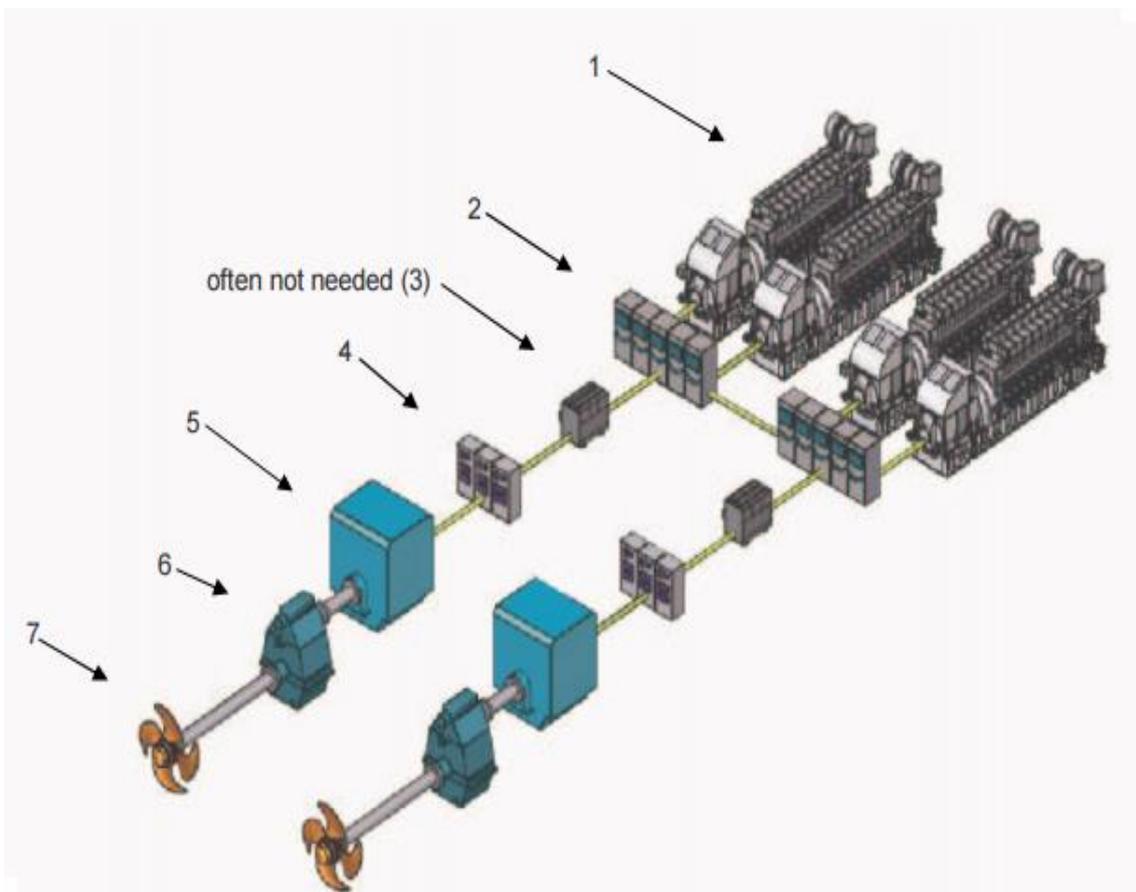


Fonte: www.Cummins-yomotawa.com, 2013

6 COMPONENTES DO SISTEMA DIESEL ELÉTRICO DE PROPULSÃO

A Imagem abaixo ilustra uma típica planta Diesel-elétrica:

Figura 8 – Arranjo de um Sistema Diesel-Elétrico



Fonte: www.ManDieselHybrid.com, 2014

- | |
|---|
| • Número 1: Conjunto gerador, ou seja, motores mais os alternadores |
| • Número 2: Quadros principais de energia. |
| • Número 3: Transformadores (opcional). Dependente do tipo de conversor: Não é necessário caso forem utilizados conversores de frequência de 6 pulsos, um <i>Active Front End</i> ou um <i>Sinusoidal Drive</i> . |
| • Número 4: Conversores de frequência. |
| • Número 5: Motores de propulsão elétrica. |
| • Número 6: Caixas de marcha (opcional). Dependem da velocidade de rotação do motor elétrico. |
| • Número 7: Propulsores e hélices. |

7 COMO É FEITA A CAPACITAÇÃO DO OFICIAL PARA A OPERAÇÃO?

Diversas empresas oferecem cursos que permitem a capacitação de profissionais para a operação de motores 4 tempos de média velocidade, amplamente utilizados na propulsão híbrida. Dentre eles será citada a Man Diesel que oferece pacotes e cursos de alta qualidade e renome no setor naval.

A capacitação do profissional pela Man Diesel é feita em módulos de ensino que cobrem os principais tópicos, do básico ao avançado na condução das máquinas.

Figura 9 – Centro de treinamento MAN PrimeServ



Fonte: www.ManPrimeServAcademy.com, 2012

7.1 INTRODUÇÃO AO MOTOR DE 4 TEMPOS

- Esse treinamento visa atingir a qualquer um que precise de conhecimento adicional sobre motores de 4-tempos.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:

V28/33D, 32/40, 48/60, K Major, MB190, MB275, MB430, ESL Mk 1/2, VP185, Valenta/RP200, Ventura/YJ, RK270, RKC/G, RKC/G RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC2, PC4

- Conteúdo do curso:
 - a) Peças e o posicionamento dessas
 - b) Descrição
 - c) Funcionamento de cada componente
 - d) Como um motor de 4 tempos funciona
 - e) Classificação de motores
 - f) Fluidos

7.2 OPERAÇÃO BÁSICA DO MOTOR DE 4 TEMPOS

- Completando esse curso, os participantes serão capazes de ligar um motor, parar e opera-lo em condições normais de funcionamento. Também serão capazes de identificar e analisar o funcionamento normal e anormal do motor, assim como os parâmetros de operação. Adicionalmente, os participantes entenderão os intervalos para a manutenção e também os procedimentos corretos para realiza-la.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
16/24, 21/31, 23/30, 27/38, 28/32, V28/33D, 32/40, 48/60, K Major, MB190, MB275, MB430, ESL Mk 1/2, VP185, Valenta/RP200, Ventura/YJ, RK270, RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC2, PC4
- Conteúdo do Curso:
 - a) Dados e design do motor
 - b) lidando com manuais
 - c) Sistemas do motor
 - d) Introdução ao sistema de controle e governador do motor
 - e) Operação do motor e do turbocharger
 - f) Parâmetros de monitoramento e alarmes
 - g) Solução de problemas

7.3 OPERAÇÃO AVANÇADA DO MOTOR DE 4 TEMPOS:

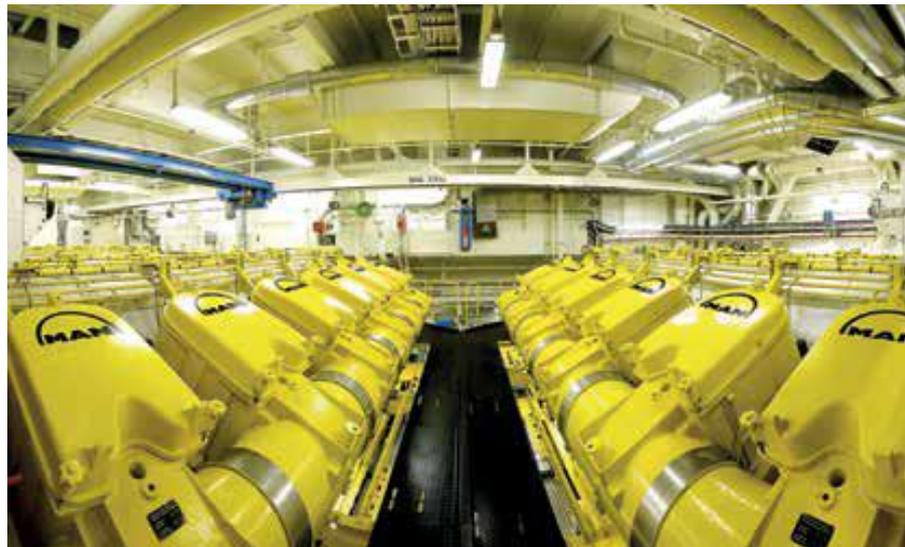
- Completando esse curso, os participantes irão entender como operar o motor com segurança e analisar se os parâmetros do motor estão em conformidade com a operação. Adicionalmente entenderão o monitoramento dos dispositivos de segurança do motor, assim como a reação adequada a cada alarme de emergência.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
16/24, 21/31, 23/30, 27/38, 28/32, V28/33D, 32/40, 48/60, K Major, MB190, MB275, MB430, ESL Mk 1/2, VP185, Valenta/RP200, Ventura/YJ, RK270, RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC2, PC4.
- Conteúdo do curso:
 - a) Partida, parada e operação
 - b) Parâmetros de informação
 - c) Condições de operação específicas
 - d) Checagem e otimização da performance do motor
 - e) Componentes de segurança
 - f) Análise de óleo lubrificante

7.4 TEORIA DA MANUTENÇÃO DO MOTOR DE 4 TEMPOS „

- Terminando esse curso os participantes irão entender como operar o motor com segurança e conduzir com eficiência os procedimentos de manutenção.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
V28/33D, 32/40, 32/44CR, 35/44G, 48/60, 48/60CR, 51/60DF, 58/64, K MAJOR, MB190, MB275, MB430, ESL, Mk1/2, VP185, VALENTA/RP200, VENTURA/YJ, RK270, RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC2, PC4.
- Conteúdo do Curso:
 - a) Dados do motor e *design*

- b) Manuais de instruções
- c) Programação das manutenções
- d) Segurança durante a manutenção e operação
- e) Sistemas dos motores
- f) Operação do motor e do *turbocharger*
- g) Introdução ao sistema de controle do motor

Figura 10 – Motor de 4-Tempos Médio porte



Fonte: www.ManServices.com, 2011

7.5 BASICO DA MANUTENÇÃO DO MOTOR DE 4 TEMPOS

- Completando esse curso os alunos entenderão como conduzir com segurança o motor. Também terão conhecimento de como aplicar tarefas seguindo os procedimentos corretos de operação e manutenção. Adicionalmente aprenderão a operar corretamente ferramentas hidráulicas.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
16/24, 21/31, 23/30, 27/38, 28/32, V28/33D, 32/40, 32/44CR, 35/44G, 48/60, 48/60CR, 51/60DF, 58/64, K Major, MB190, MB275, MB430, ESL, Mk ½, VP185, VALENTA/RP200, VENTURA/YJ, RK270, RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC, PC4
- Conteúdo do curso:

- a) Design do motor e seus dados
- b) lidando com manuais
- c) Sistemas do motor
- d) Tarefas de manutenção após 6000 horas de uso
- e) Operação do motor e do *turbocharger*
- f) Equipamento de tensionamento hidráulico
- g) Introdução ao sistema de controle do motor

7.6 MANUTENÇÃO AVANÇADA DO MOTOR DE 4 TEMPOS

- Completando esse curso os participantes entenderão como operar com segurança o motor. Adicionalmente aprenderão a conduzir uma checagem geral do motor seguindo procedimentos de manutenção corretos. No mais, haverá um estudo geral do *turbocharger* e seus componentes.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
16/24, 21/31, 23/30, 27/38, 28/32, V28/33D, 32/40, 32/44CR, 35/44G, 48/60, 48/60R, 51/60DF, 58/64, K MAJOR, MB190, MB275, MB430, ESL MK ½, VP185, VALENTA/RP200, VENTURA/YJ, RK270, RKC/G, RK215, PA4, PA6, PC2, PC4
- Conteúdo do curso:
 - a) Design do motor e seus dados
 - b) Requerimentos de qualidade dos fluídos em operação
 - c) Revisão da manutenção em *turbochargers*
 - d) Visão geral e detalhada dos sistemas dos motores
 - e) Introdução ao governador do motor
 - f) Tarefas de manutenção após 32000 horas de serviço

7.7 REVISÃO BÁSICA DO MOTOR DE 4-TEMPOS

- Completando esse curso, os participantes entenderão como realizar a montagem e desmontagem do motor com segurança. Adicionalmente aprenderão a checar as tolerâncias de desgaste das peças e compara-las com as especificações e tolerâncias dos manuais dos fabricantes.

- Se aplica aos seguintes equipamentos:
VP185, Valenta/RP200, Ventura/YJ, PA4, PA6, PC2, 48/60
- Conteúdo do curso:
 - a) Design do motor e seus dados
 - b) lidando com manuais
 - c) Operações de desmonte e remontagem dos pistões, varetas de
 - d) conexão, cilindros e rolamentos principais

7.8 REVISÃO AVANÇADA DO MOTOR DE 4-TEMPOS

- Completando esse curso, os alunos serão capazes de desmontar, inspecionar e remontar o motor com segurança. Isso inclui remover e trocar peças e componentes maiores do motor.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
VP185, Valenta/RP200, Ventura/YJ, PA4, PA6
- Conteúdo do curso:
 - a) Design do motor e seus dados
 - b) lidando com manuais
 - c) Técnicas básicas de encaixe e desencaixe
 - d) Prática extensiva de procedimentos de manutenção
 - e) profundo conhecimento das características de construção do motor
 - f) Desmontagem e remontagem completa do motor

7.9 WORKSHOP DO MAQUINISTA SOBRE O MOTOR DE 4-TEMPOS

- Completando esse curso, os participantes entenderão como analisar partes desmontadas do motor e determinar a sua condição. Também serão capazes de medir e comparar as tolerâncias contra as específicas informações de serviço da peça.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
PA4, PA6, PC2, PC4, 48/60
- Conteúdo do curso:
 - a) Checagem de tolerância das principais peças do motor

b) *Machining* das principais partes do motor

7.10 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO DO MOTOR DE 4-TEMPOS

- Completando esse curso os alunos entenderão os diferentes sistemas de automação existentes num motor de 4 tempos. Também aprenderão como ler manuais em busca de informações específicas para cada componente. Em adicional aprenderão um pouco sobre os diferentes sistemas de software e hardware.
- Se aplica aos seguintes equipamentos:
SaCoS99, SaCoS, Speed Governor, Heinzmann Governor system, Woodward Governor System.
- Conteúdo do Curso:
 - a) Sensores no Motor
 - b) Introdução ao sistema de controle e segurança do motor
 - c) Básicos do Controlador de velocidade
 - d) Introdução ao governador mecânico e atuador
 - e) *Troubleshooting* básico
 - f) lidando com manuais

Figura 11 – Alunos em um dos cursos da Man PrimeServ



Fonte: www.ManServices.com, 2011

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando otimizar os sistemas pertinentes a bordo, foi verificada a necessidade de se aplicar meios de propulsão mais eficientes do que os utilizados em nossa época contemporânea. Em vista desses desafios, diversas possibilidades e novos *designs* de motores para as embarcações mercantes estão sendo desenvolvidos por arquitetos e engenheiros de diversas áreas de competência.

Nesse breve trabalho, foram apresentadas de forma sucinta, as diversas qualidades e benefícios da aplicação do sistema híbrido Diesel-Elétrico de propulsão. Sempre alinhadas com os lucros dos armadores, preservação do meio ambiente e otimização de operação pelos maquinistas.

Num ambiente em constante mudança e adaptação que é o meio aquaviário, é de extrema importância que tenhamos meios de propulsão cada vez mais simples, versáteis e econômicos. Tendo em vista todos esses fatores, conclui-se que atualmente a propulsão Diesel-Elétrica é uma das mais viáveis e lucrativas a médio prazo. Trazendo lucros não só aos armadores como também a todos os profissionais treinados para operar tal Sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARINE LINK, **Sistemas Híbridos**. Disponível em <<http://marinelink.com>> acesso em: 08 julho 2015.

WILLARD W. PULKRABEK, **Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine**. Platteville, Universidade de Wisconsin; 2008

MAN DIESEL, **Diesel Electric Drives**. Disponível <<http://manprimeserv.com>> acesso em: 20 julho 2015.

ASGEIR J. SØRENSEN, **Marine Control Systems**. Trondheim, Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia; 2009

MARKO VALČIĆ, **The Learning Resource For Marine Engineers**. Warsash Maritime academy; 2007

ANTHONY E MOLLAND, **the Maritime Engineering Reference Book**. British Academy; 2006

MAN PRIMESERV, **PrimeServ Academy Courses**. Disponível em <<http://manprimeserv.com>> acesso em 20 julho 2015