

INTRODUÇÃO

Esta monografia objetiva mostrar os principais meios modernos de propulsão E geração utilizado nos navios mercantes. Os equipamentos instalados nos navios que são responsáveis pela propulsão a bordo serão estudados , tentando mostrar os seus princípios físicos de funcionamento e as principais características.

Este trabalho aborda também os tipos de geradores, baseados em seus acionadores, tais como: o turbo, o diesel e o gerador de eixo, considerando suas características. A importância do bom funcionamento desses geradores é fundamental tanto para a operação do navio, quanto para a segurança da tripulação.

Destaca maneiras de armazenamento de energias como o sistema solar, baterias e célula de combustível.

CAPÍTULO I TIPOS DE GERADORES

Nos navios mercantes encontramos diversos tipos de acionamento para os geradores, caracterizando assim o seu tipo. Podemos citar os geradores de eixo, gerador diesel, gerador a turbina e o gerador de vapor(caldeira) como os mais utilizados a bordo.

Quanto à segurança, a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (Convenção SOLAS, de 1974) estabelece os padrões mínimos para a construção de embarcações, para sua dotação de equipamentos de segurança e proteção, para os procedimentos de emergência e para as inspeções e emissão de certificados.

Cada grupo de gerador tem suas características específicas. Listaremos nesse trabalho algumas delas.

DIESEL GERADOR

Os diesel geradores são os equipamentos de maior utilização a bordo de navios, sendo principal responsável pela geração de energia que atendem motores elétricos, os modernos *thruster*, equipamento de refrigeração e equipamentos essenciais para navegação. São motores de média rotação e tem normas e regras prevista pela Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (Convenção SOLAS, de 1974) que obrigatoriamente deveram ser seguidas, como exemplo dessas regras, é a quantidades de geradores e a sua capacidade de geração de energia.

Explicando seu funcionamento o motor Diesel é alimentado com Diesel Oil (Marine Diesel). O combustível é aspirado dos tanques de serviço (tanques diários de D.O.), por uma bomba acoplada ao motor, sendo depois filtrado e enviado para o coletor

que alimenta as bombas de injeção. O controle destas bombas é efetuado por um regulador de velocidade para manter constante o número de rotações do motor, e em consequência a frequência da eletricidade produzida, independentemente das flutuações de carga (potência elétrica consumida pelos diversos equipamentos do navio). O combustível em excesso retorna ao tanque de serviço de D.O.

O ar de sobrealimentação do motor é aspirado da casa da máquina pelos sobrealimentadores e enviado para o coletor de ar de lavagem depois de arrefecido nos respectivos arrefecedores . Os sobrealimentadores são constituídos por um compressor de ar acoplado a uma turbina montada no mesmo veio e acionada pelos gases de evacuação do motor.

No sistema representado a água doce de circulação (circuito fechado) descreve o seguinte percurso: É aspirada pela bomba acoplada, passa pelo arrefecedor de óleo de lubrificação, atravessa o arrefecedor de ar de lavagem e entra no motor. A água que sai do motor vai passar na válvula termostática que, em função da temperatura medida na descarga da bomba de circulação, controla a sua passagem pelo arrefecedor. Quando a temperatura da água na descarga da bomba tem tendência a aumentar, a válvula termostática de 3 vias faz com que o caudal de água que passa pelo arrefecedor aumente de forma a manter constante as temperaturas de funcionamento do motor, do óleo de lubrificação e do ar de sobrealimentação.

O circuito de água do mar é, como se pode ver, bastante reduzido. A água é aspirada do mar através de filtros pela bomba acoplada e enviada para a borda depois de passar pelo arrefecedor de água de circulação.

Em funcionamento normal o óleo de lubrificação é aspirado do cárter ou do tanque de serviço pela bomba acoplada. A válvula de alívio permite regular a pressão do óleo de lubrificação no circuito. O óleo passa pelo arrefecedor e depois de filtrado entra no motor, lubrificando os diferentes componentes.

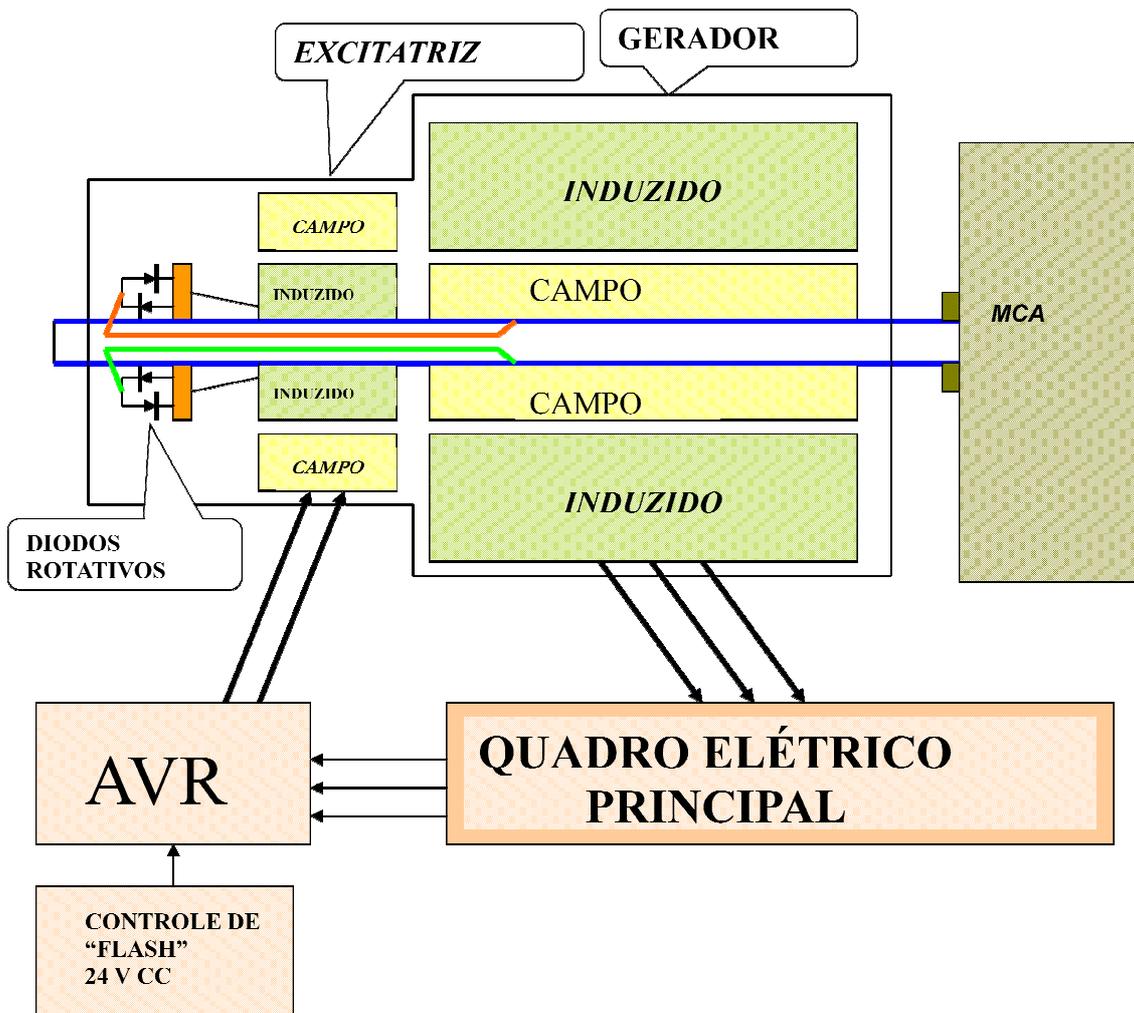


Fig 1 sistema de um diesel gerador

GERADOR DE EIXO

O gerador de eixo é um equipamento que não é encontrado em todos os navios, devido principalmente não ser previsto por uma regra. Apesar do seu uso restrito, pois só poderá ser usado em uma determinada rotação do motor de propulsão principal e não aceitar variação de rotação, o gerador de eixo pode trazer grandes economias de combustível.

O seu acoplamento é feito através de uma caixa de engrenagem e a sua energia alimenta o quadro elétrico principal diretamente.

Durante a década de 1980 o uso de geradores de eixo em conjunto com motores diesel de dois tempos, rapidamente se tornou um popular método de produção de energia elétrica para os diversos consumidores de eletricidade a bordo de navios.

Referências mostram que um número de armadores ainda considera que um gerador de eixo pode ser um investimento atrativo, por exemplo, em navios de contentores, navios de produtos, e navios aliviadores.

O eixo do gerador é conectado ao motor principal por um acoplamento flexível pra poder suportar as vibrações do motor.

VANTAGENS

- Espaço: Ocupa um menor espaço, pois é instalado próximo ao motor e, normalmente, esse lugar já foi reservado para o próprio motor;
- Como são acionados pelo motor principal são confiáveis;
- Manutenção: Durante os primeiros anos de operação, só deve observar se o funcionamento está correto e a troca do óleo lubrificante. Além disso, existe o baixo custo com as peças de reposição;
- Durabilidade; Baixo nível de ruído; Significativa redução de custos de combustível.

DESVANTAGENS

- Sem a produção de energia no porto: o consumo de energia elétrica em geral tem que ser suprido por outro tipo de gerador;
- A carga no motor principal, o consumo de óleo combustível específico e o consumo de óleo do cilindro aumentam quando o gerador de eixo está operando;
- A instalação de um gerador de eixo ao MCP, devido ao fato de necessitar da instalação de engrenagens e acoplamentos flexíveis no motor diesel de dois tempos.

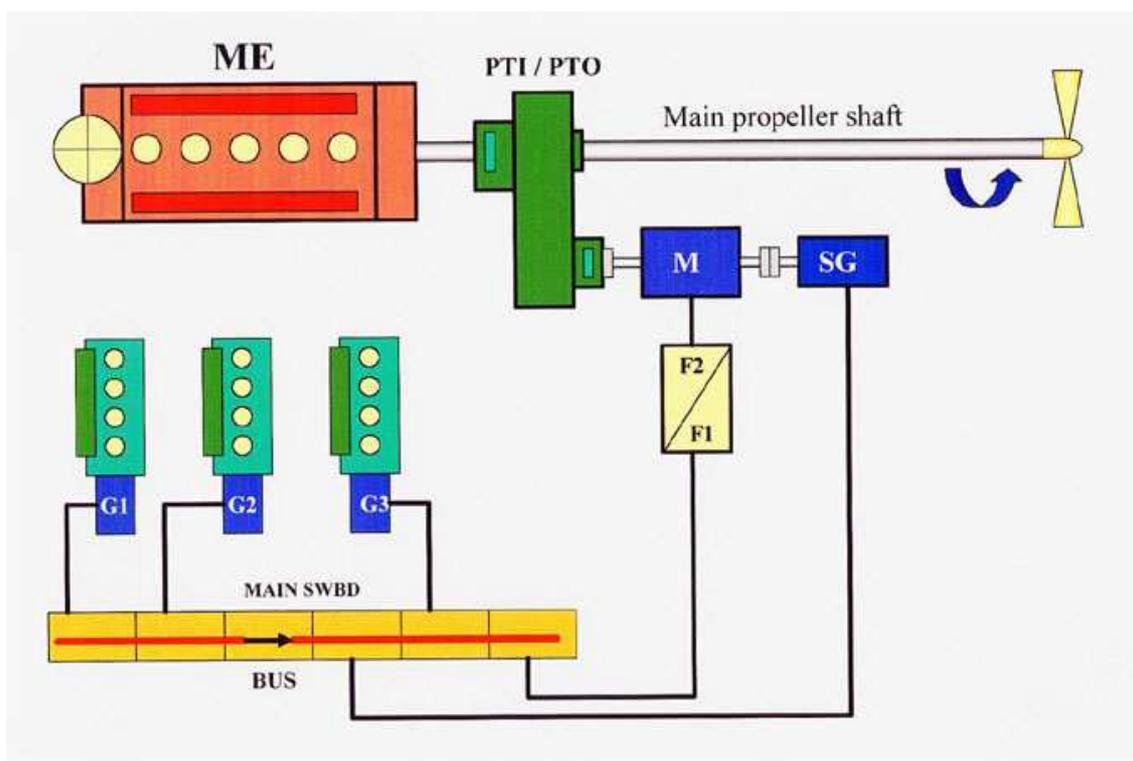


Fig 2 sistema do gerador de eixo

Gerador de emergência

Esse equipamento funciona somente com óleo diesel. Essa característica se dá devido o equipamento ter a necessidade de entrar em funcionamento em no máximo 45 segundos, previsto pela Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar (Convenção SOLAS, de 1974).

Ele deve ser capaz de manter os equipamentos essenciais para navegação assim como determinadas luzes para rotas de fuga. O gerador de emergência também deve possuir sistema de alimentação e arrefecimento próprio e independente.



Fig 3 gerador de emergência

GERADOR DE VAPOR (CALDEIRAS)

São encontrados no mercado de dois tipos o aquatubular tem utilização majoritária a bordo.

Do tipo aquatubular (a água que fica no interior dos tubos) é constituída por tubulões inferiores e superiores comunicados através de diversas fileiras de tubos. A circulação da água entre os tubulões inferiores e superiores pode ser efetuada por convecção ou circulação forçada – através de bombas -. O vapor saturado produzido no tubulão superior percorre posteriormente um conjunto de feixes tubulares, denominados por sobreaquecedores, cuja finalidade é transformar o vapor saturado em vapor sobreaquecido – totalmente isento de umidade.

O gerador de vapor superaquecido surge como uma unidade separada sendo que, na realidade, este gerador faz, normalmente, parte integrante da caldeira de chama, funcionando como um tubulão secundário colocado sobre o tubulão primário (caldeira de dupla pressão). O vapor do sistema primário da caldeira de chama é condensado no gerador de vapor, passando por gravidade, na forma de água para o tubulão primário. A água do gerador de vapor é aspirada para a secção de vaporização da caldeira recuperativa e uma mistura de água e vapor retorna ao tubulão secundário.



Fig 4 caldeira aquatubular

CAPÍTULO II

PROPULÇÃO ELÉTRICA

Os sistemas de propulsão elétrica são divididos em duas partes:

- I) Propulsão Elétrica de Corrente Contínua
- II) Propulsão Elétrica de Corrente Alternada

- **Propulsão Elétrica de Corrente Contínua**

O MEP da propulsão elétrica em corrente contínua era um motor do tipo serie universal com coletor (comutador) de teclas e muitas escovas. O uso contínuo e as grandes variações de corrente em manobras provocavam desgaste acelerado de ambos e requeriam constante manutenção das escovas e do coletor.

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

Por isso, essas máquinas são muito mais vulneráveis às baixas resistências de isolamento nos seus campos.

Resumindo:

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



Fig 5 motor elétrico de corrente contínua.

- **Propulsão Elétrica de Corrente Alternada**

O sistema de propulsão elétrica de corrente alternada ofereceu condições melhor que o outro sistema a partir do momento em que apresentou menor peso e custo, menor tamanho e facilidade de manuseio. Possuía como característica, também, torque superior ao torque no sistema de corrente contínua para embarcações menores.

Nas embarcações dessa espécie os MEPs são motores de indução em corrente alternada. A variação de velocidade é feita através de vários artifícios que, isoladamente

ou combinados vão atender às necessidades do navio. Conforme o navio e a época da construção, esses artificios variam desde mudanças na amarração de campos múltiplos, como nos motores Dahlander, até o emprego de circuitos eletrônicos e uma combinação desses métodos modernamente os CLPs (computador lógico programável).



Fig 6 motor elétrico de corrente alternada

- **Propulsão AZIPOD[®]**

Propulsão AZIPOD[®] (**A**zimuthing **P**odded **D**rive) é um sistema de propulsão elétrica que emprega uma unidade POD com capacidade de rotação em azimute até 360° e potências até 30 MW.

O motor elétrico instalado no POD aciona diretamente um hélice propulsor de passo fixo e é capaz de proporcionar o torque total em todas as direções, e, do mesmo modo, nas baixas rotações. Também podem ser usados valores maiores do que o máximo projetado (mantido), por exemplo, em navios quebra gelos.

O propulsor AZIPOD[®] proporciona uma excelente capacidade de manobra com ótimo torque, em qualquer direção, e permite uma rápida mudança na direção do empuxo do hélice propulsor.

A propulsão AZIPOD[®] pode ser empregada em várias espécies de embarcações. Ela é ideal para navios de cruzeiro turístico e atende as necessidades de qualquer outra espécie de embarcação, bem como trás várias vantagens aos navios-tanque, quebra-gelos, porta containers e vários tipos de *ferry-boat*.

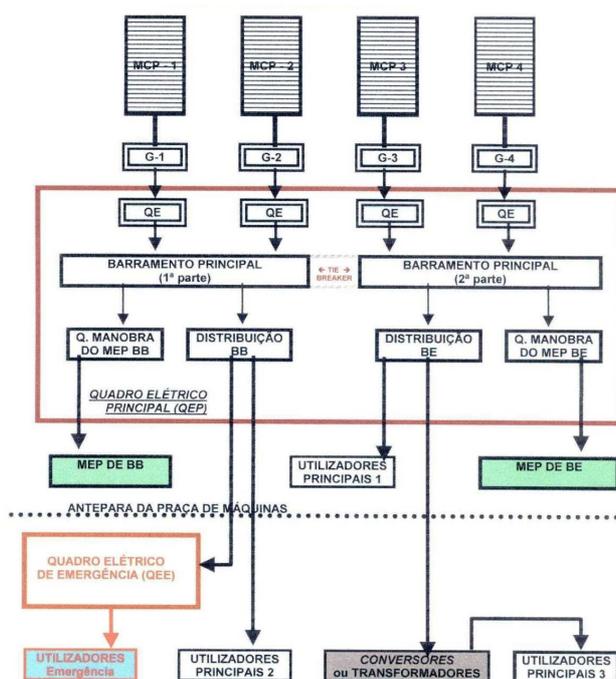


Fig 7 Diagrama básico de uma embarcação movida por propulsão elétrica

PROPULÇÃO DIESEL-ELÉTRICA

Tem sido crescente a utilização de acionamento diesel elétrico no sistema de propulsão de navios, empregando-se vários motores de media rotação. A concepção é adotada por diversos tipos de embarcações.

Para woodyard (2004) a propulsão diesel-elétrica também esta sendo usada nos cruzeiros e na propulsão de navios tanques no mar do norte, além de embarcações *offshore* e carregamentos de gás natural.

As vantagens desse sistema elencado por vários fabricantes são: capacidade de atender mudanças bruscas de carga, possibilidade de controle suave de velocidade e preciso, níveis baixos de ruídos e vibração.

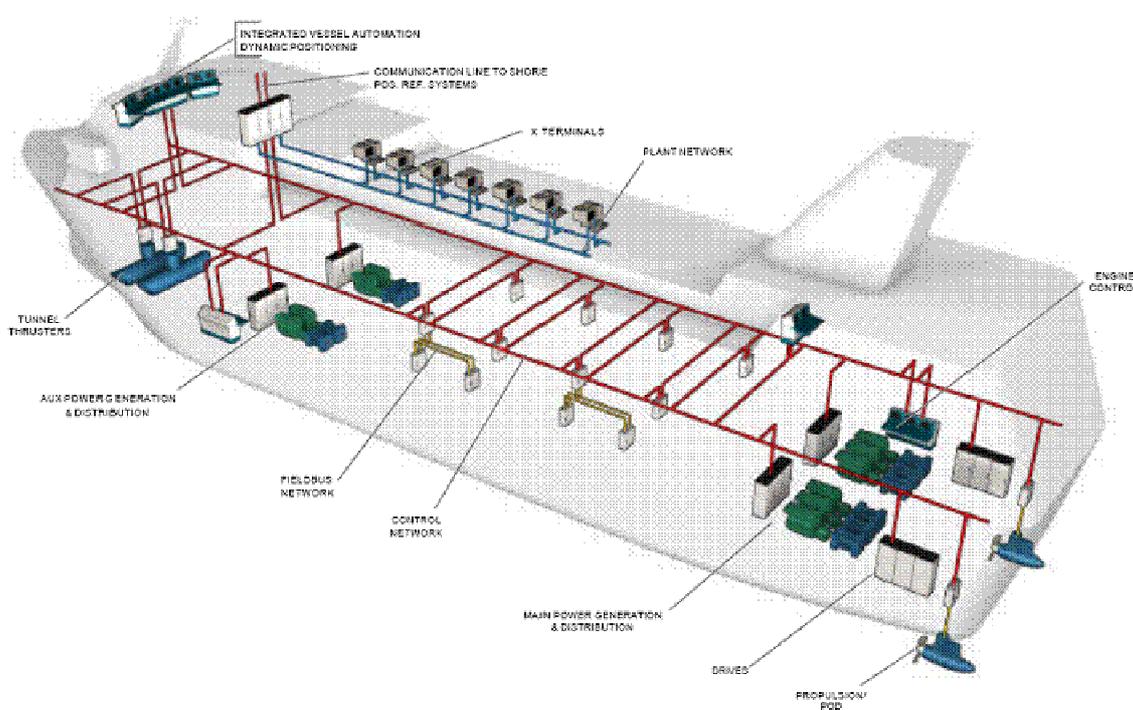


Fig 8 sistema diesel-elétrico navio RO/RO

DEMANDA ENERGÉTICA DA EMBARCAÇÃO

A demanda energética da embarcação deve fornecer a potência necessária para que todos os sistemas operem de forma plena.

Uma verificação da demanda energética da embarcação é feita em duas etapas: inicialmente calcula-se a demanda de sistemas como: ventilação, praça de máquinas, oficinas, sistemas de auxílio à navegação, etc.

Após isso se acrescenta a demanda energética dos equipamentos do sistema de manutenção de carga. A soma dessas duas contribuições representa a demanda energética total da embarcação.

Os geradores de energia devem fornecer potência para os elementos consumidores de energia de toda embarcação. Dentro destes elementos, os principais que devem ser considerados são os necessários para a navegação de acordo com o SOLAS.

As possibilidades de produção de energia são as mais diversas possíveis, dentre elas, as principais consideradas para uma embarcação são: motor diesel elétrico e turbo geradores, a partir dos gases de descarga do motor.

As figuras abaixo mostram os resultados obtidos de demanda energética de um sistema frigorífico.



Fig 9 –sistema frigorífico

PLANTA DE REFRIGERAÇÃO	
Dimensões:	13,3m x 5,0 m x 6,3m
Peso:	83 ton
Potência:	6000 KW

Fig 10 planta de refrigeração

Deve-se garantir que a demanda de energia elétrica da embarcação seja suprida em todas as condições de operação da embarcação. Todos os equipamentos possuem esse tipo de planta para determinação de características importantes.

A demanda energética deve ser suprida analisando a capacidade de produção de potência a partir dos elementos geradores de energia. É recomendado deixar uma margem de segurança, garantindo a redundância nos equipamentos de geração de energia.

Elementos de síntese que sustentabilizam a análise do Suprimento Energético:

- Praça de máquinas;
- Sistema propulsivo e posicionamento dinâmico (Demanda Energética);
- Arranjo Geral e
- Superestrutura (Demanda energética).

BALANÇO ELÉTRICO

A realização do balanço elétrico é muito importante para que se garanta o suprimento de energia necessária da embarcação, mesmo que esta se encontre em sua condição mais crítica, situação de atuação do gerador de emergência. Através deste procedimento, será verificado se os *MCA*s - *motor de combustão auxiliar* (gerador) - foram estimados de maneira correta.

Sabe-se de antemão que o sistema de posicionamento dinâmico será responsável por um acréscimo na demanda de energia que representa um valor muito acima do necessário ao funcionamento normal da embarcação.

O sistema de geração de energia do posicionamento dinâmico será tratado como um sistema independente do sistema de geração de energia dos demais consumidores do navio. No entanto, isso não exclui o fato de que um sistema possa estar conectado ao outro no caso de uma eventualidade.

O procedimento para se calcular a potência requerida por uma embarcação, e consequentemente selecionar os geradores, consiste em se realizar a soma de todos os consumidores elétricos a bordo, levando em consideração a simultaneidade de funcionamento dos mesmos.

Esse fator de simultaneidade é analisado de acordo com a condição de operação do navio como: em navegação, em manobra, durante a carga e descarga, nas operações junto ao porto e durante a limpeza de tanques.

Para a realização do balanço elétrico, utilizou-se uma planilha (Versão Eletrônica - Balanço Elétrico – Lorex III. xls) onde cada equipamento consumidor de energia elétrica foi separado em grupos de acordo com a sua localização.

GenSets	
Wartsila Genset 20	760 kW
Wartsila Genset 32	6680 kW
Wartsila Genset 32	6680 kW
TOTAL:	14120 kW

Fig 11 capacidade de geração de energia.

Em navios com mais de três geradores, geradores de eixo e todas as formas de obtenção de energia entram nessa conta de capacidade.

CAPITULO 3

SISTEMA SOLAR

A utilização de energia solar é a grande aposta do futuro por possuir recursos inesgotáveis. As duas principais formas de captação desse tipo de energia são: energia solar foto-térmica através de células fotovoltaicas que convertem luz em energia elétrica. Qualquer que seja a forma de captação, a área dos coletores e células é o requisito fundamental para o aproveitamento deste recurso.

O rendimento de conversão para uma condição ideal de irradiação de pico de 1000 W/m^2 é muito pobre, podendo ser aproveitado cerca de 10 % desse valor. Portanto, mesmo considerando a área total de um navio de grande porte e condição de pico essa instalação produz uma baixa potencia. Além disso, o aproveitamento da energia solar é variável e depende principalmente das condições climáticas e da alternância dia/noite. Porém, como está abundante na natureza e a custo zero deve ser usado a bordo de navios mercantes. Dependendo do tipo de navio pode se transportar mais ou menos células.



Fig 12 - Protótipo de navio

BATERIAS

É um dispositivo que utiliza reações de óxido-redução para converter energia química em energia elétrica. A reação química utilizada será sempre espontânea.

Neste dispositivo, têm-se dois eletrodos que são constituídos geralmente de metais diferentes, que fornecem a superfície na qual ocorrem as reações de oxidação e redução. Estes eletrodos são postos em dois compartimentos separados, imersos por sua vez em um meio contendo íons em concentrações conhecidas e separados por uma placa ou membrana porosa, podendo ser composta por argila não-vitrificada, porcelana ou outros materiais. As duas metades desta célula eletroquímica são chamadas de compartimentos e têm por finalidade separar os dois reagentes participantes da reação de óxido-redução, do contrário, os elétrons seriam transferidos diretamente do agente redutor para o agente oxidante. Finalmente, os dois eletrodos são conectados por um circuito elétrico, localizado fora da célula, denominado circuito externo, garantindo o fluxo de elétrons entre os eletrodos.

As baterias fazem a interconversão entre energia química e elétrica. São muito utilizadas a bordo e seu uso é de vital funcionamento para o sistema transitório.

É importante saber que na bateria, os elétrons fluem do ânodo para o cátodo, sendo que o sentido da corrente elétrica, frequentemente utilizado na Física, se dá do anodo para o catodo

A sala de bateria dos navios devem ser ventiladas pois podem tornar uma atmosfera perigosa aos seres humanos.

CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL

As células de combustível são reatores de estado estacionário que aparentemente funcionam como uma bateria. Como fundamentado a diferença em relação a uma bateria é uma célula de combustível que não se extingue e não precisa de recarga.

Produzirá energia em forma de eletricidade e calor enquanto for abastecida de combustível. Basicamente consiste em dois eletrodos, localizados em cada lado de um eletrolítico. O oxigênio passa por um eletrodo e o hidrogênio pelo outro, gerando eletricidade luz e calor.

Um sistema de célula de combustível que inclui um reformador de combustível pode usar o hidrogênio de qualquer hidrocarboneto já que ela não depende da combustão.

As emissões chegam a dez vezes menos do que o aceitado nos padrões mais rígidos de controle ambiental.

No setor marítimo a aplicação do sistema está apenas começando e já é a promessa de solução para o futuro no médio prazo, apesar de não existir ainda nenhuma instalação.

O sistema já está pronto para atender pequenos consumos como carros e similares e pode apresentar um retorno a curto prazo. O custo comparativo em 2008 era de 2000 Euros/Kw para geradores diesel e 4500 Euros/ Kw para células de combustível.

Outras vantagens incluem redução de custos de manutenção, de gases nocivos, da assinatura de localização dos navios, redução de ruídos e ainda maior autonomia.



Fig13 célula de combustível wartsila

CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou mostrar os principais meios modernos de propulsão, suas principais características e princípios de funcionamento. Em cada um dos sistemas apresentados foi mostrado a vantagem e a finalidade de cada tecnologia. Adjacentes a eles ressaltou os sistemas básicos de partida, lubrificação e combustível necessários para a operação destas máquinas.

Em relação a geração de energia explicou e citou exemplos de geradores usados em navios mercantes.

Quanto ao armazenamento falamos de sistemas já utilizados como as baterias e sistemas que poderiam ser utilizados em navios a fim de reduzir gastos e poupar o nosso meio ambiente.

Espera-se que num futuro próximo a marinha mercante brasileira possa através destes recursos aumentar o seu potencial nas atividades marinhas no transporte como nas atividades de apoio marítimo o que acarretará em tempo de viagens menores, redução do consumo de óleo combustível e maior espaço nos navios para transporte de cargas e acomodações a bordo para os tripulantes .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASEA BROWN BOVERI – ABB, **Reliable marine propulsion**. 3BFV000245R01 REV E © ABB Oy, Marine and Turbocharging, ADAMS OY/F.G. Lönnberg. 2002. Disponível em: <www.abb.com/marine>

ARPIAINEN, M.; JUURMAA, K.; LAUKIA, K.; NIINI, M.; JARVINEN, K., NOBLE, P., **Naval Architecture of Electric Ships – Past, Present and Future**, SNAME Transactions, Vol. 101, pp. 583-607, 1993.

BARROS, F. S. **Análise das condições de operação de turbinas a gás industriais utilizando biomassa gaseificada**, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, EFEI, Agosto, 1998.

FONSECA, M. M. **Arte Naval**. Rio de Janeiro. 6ª ed, 23 – 24. 2002.

HANSEN, J.F.; LYSEBO, R., **Electric Propulsion for LNG Carriers**. LNG Journal, pp. 12, Setembro, 2004.

LAUKIA, K., The Azipod System – Operational Experience and Designs for the Future. The Institute of Marine Engineers, Paper 5, **Electric Propulsion The Effective Solution?**, October, 1995.

SOLAS (2002): **International Convention for the Safety of Life at Sea**, International Maritime Organization, London.

SOLER, A.L.R.; MIRANDA, S. L. C., **Sistema Elétrico de Propulsão Naval**. Relatório Final, EPUSP, 1997.