

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

**CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO
E A RESERVA DE ENERGIA PREVISTA**

Por: Leonardo Mendes Pontes

Orientador

Prof. Osvaldo Pinheiro de Souza e Silva

OSM – M.Sc. COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro

2012

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

CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO
E A RESERVA DE ENERGIA PREVISTA

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: Leonardo Mendes Pontes

CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO 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 Deus, aos meus familiares, à minha noiva, aos meus amigos de escola e aos fora daqui.

Agradeço a todas as pessoas que me permitiram de um modo ou outro chegar até aqui.

A todos muito obrigado, esta vitória não é só minha, é nossa.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e aos meus amigos, por me ajudarem nos momentos difíceis, colaborando assim para tudo que eu consegui até hoje. E em especial à minha noiva que está sempre comigo.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 – Gerador síncrono

Fig. 2 – Motor assíncrono

Fig. 3 – Célula de combustível

Fig. 4 – Bateria

Fig. 5 – Gerador fotovoltaico

Fig. 6 – Sistema de propulsão

Fig. 7 – Por dentro do Queen Mary II

Fig. 8 – Configuração de um sistema de propulsão elétrico

RESUMO

Neste trabalho trataremos primeiramente sobre energia, sua importância na atualidade e como seria a nossa vida sem ela. Em seguida falaremos um pouco sobre alguns tipos de geradores, citando que conversões de energia promovem e algumas características principais.

Falaremos também sobre sistemas de propulsão de navios mercantes, suas composições e modos de atuação. Finalmente trataremos sobre como determinar o quanto deve ser produzido de energia a bordo de modo que todos os equipamentos que sejam alimentados por ela tenham a sua demanda suprida.

Um fato especial deste trabalho será a introdução de um dos sistemas mais modernos e econômicos de produção que vêm se desenvolvendo e tendo uma plena expansão no seu uso a bordo atualmente: o sistema de propulsão elétrica.

Palavras-chave: energia, geradores, produção, propulsão, demanda.

ABSTRACT

This paper will deal primarily about energy, its importance today and how our life would be without it. Then we'll talk a little about some types of generators, citing that promote energy conversions and some main features.

We will also talk about propulsion of merchant ships, their compositions and modes of action. Finally deal about how to determine how much energy must be produced on board so that all the equipment they need it to have their demands met.

A special suit of this work will be introducing one of the most modern and economical system of production that has been developing and having a full expansion in its use on board today: the electric propulsion system.

Keywords: energy, generators, production, propulsion, demand.

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

EPÍGRAFE

“A oportunidade é perdida pela maioria das pessoas porque ela vem vestida de macacões e se parece com trabalho.”

Thomas Edison

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO I – TIPOS DE GERADORES	14
1.1 GERADORES QUE CONVERTEM ENERGIA MECÂNICA EM ELÉTRICA	14
1.2 MOTORES ELÉTRICOS	15
1.3 GERADORES QUE CONVERTEM ENERGIA QUÍMICA EM ELÉTRICA	17
1.4 GERADOR QUE CONVERTE DIRETAMENTE A ENERGIA LUMINOSA DO SOL EM ELÉTRICA	18
CAPÍTULO II – SISTEMA DE PROPULSÃO E GOVERNO	20
2.1 INTRODUÇÃO	20
2.2 SISTEMA PROPULSOR A VAPOR ROTATIVO	20
2.3 SISTEMA PROPULSOR DE COMBUSTÃO INTERNA ALTERNATIVO	21
2.4 SISTEMA PROPULSOR DE COMBUSTÃO INTERNA ROTATIVO	21
2.5 SISTEMA PROPULSOR MISTO	22
2.6.1 A PROPULSÃO ELÉTRICA	22
2.6.2 VANTAGENS DA PROPULSÃO ELÉTRICA	26
CAPÍTULO III – SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	28
3.1 INTRODUÇÃO	28
3.2 DEMANDA ENERGÉTICA DA EMBARCAÇÃO	28
3.3 BALANÇO ELÉTRICO	29

CONSIDERAÇÕES FINAIS_____ **30**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS_____ **31**

INTRODUÇÃO

O mundo hoje, é dependente de energia elétrica. É tão comum para nós que nem chegamos a perceber o quão importante ela chega a ser. Só paramos para pensar nessa importância, quando ficamos sem ela.

Um dia desses, faltou luz lá em casa, logo depois anoiteceu; parecia que tinham tirado uma parte significativa de mim; não conseguia fazer nada. Computador, televisão, DVD, rádio, nada funcionava. Aí, parei e pensei: “Vou fazer algo que não precise de luz.”. Mas o quê? Ler um livro? Jogar cartas? Nem isso podia fazer, não conseguia enxergar. Mas aí veio a ideia. “Vela.” Pronto, aí estava a energia de novo, obviamente, não a elétrica, mas sim a físicoquímica do fogo.

Realmente, não é só a energia elétrica que faz falta. Afinal, o que seriam os transportes sem combustível? O que seria da Terra sem o Sol? O que seria de nós sem a alimentação? Todos esses exemplos e muitos outros demonstram o consumo e a dependência humana por energia.

Da mesma forma que dependemos de energia. Pensemos num navio. A quantidade de sistemas, projetos e atividades a bordo que dependem de energia. Imagine uma noite num navio sem energia nenhuma e o processo de navegação sem nada pelo qual se guiar, nada que permita ver sequer a carta náutica. Se o navio passa a funcionar assim acabamos quase voltando ao período das grandes navegações.

Não vamos aqui neste trabalho falar sobre energia eólica, geólica, muito menos energia celular, mas sim as energias que mais nos importam a bordo.

Os dois principais processos que vamos tratar aqui são:

- A transformação de energia elétrica de um gerador ou químico-térmica de um combustível, em trabalho mecânico passível de ser utilizado na propulsão do navio.
- Ou a produção de energia elétrica visando o governo do navio, a ventilação, refrigeração etc.

Ou seja, neste trabalho vamos tratar sobre energia elétrica produzindo propulsão ou alimentando equipamentos ou sistemas.

Vale ressaltar que a energia elétrica possui como característica de maior importância a versatilidade de poder ser convertida para corrente contínua (CC) ou alternada (CA), inclusive com diferentes níveis de tensão e de frequência. Esta capacidade de conversão é fundamental para o crescimento das já numerosas aplicações da eletricidade em sistemas e equipamentos a bordo de navios.

CAPÍTULO I

TIPOS DE GERADORES

Vamos dividir os tipos de geradores a partir das conversões que eles fazem. Obviamente, existem muitos, entretanto aqui só veremos os principais:

- Geradores que convertem energia mecânica em elétrica:
 - Gerador síncrono;
 - Gerador de indução ou assíncrono;
 - Gerador de corrente contínua.

- Motores elétricos (convertem energia elétrica em mecânica):
 - Motor síncrono;
 - Motor de indução ou assíncrono;
 - Motor de corrente contínua.

- Geradores que convertem energia química em elétrica:
 - Pilhas;
 - Geradores de célula a combustível ou célula de combustível.

- Gerador que converte diretamente a energia luminosa do Sol em elétrica:
 - Geradores fotovoltaicos.

1.1 GERADORES QUE CONVERTEM ENERGIA MECÂNICA EM ELÉTRICA

- **GERADOR SÍNCRONO:** Um dos tipos mais importantes de máquinas elétricas rotativas tem seu nome devido ao fato de esta máquina operar com uma velocidade constante sincronizada com a



Figura 1- Gerador Síncrono

frequência da tensão elétrica alternada aplicada aos terminais da mesma, ou seja, devido ao movimento igual de rotação, entre o campo girante e o rotor (sincronismo entre campo do estator e rotor).

- **GERADOR ASSÍNCRONO:** Roda com uma velocidade superior à velocidade de sincronismo, existindo escorregamento entre o rotor e o campo girante. Há dois tipos de geradores assíncronos: o de rotor em curto circuito (rotor de gaiola de gaiola de esquilo) e o de rotor bobinado. O de rotor tipo gaiola de esquilo tem a constituição mais simples; o indutor está no estator e o induzido está no rotor (constituído por uma gaiola de cobre ou alumínio em curto circuito). Já no de rotor bobinado, o rotor é constituído por um enrolamento trifásico ligado a um reostato trifásico através de anéis coletores (montados no rotor) e escovas (fixas).
- **GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA:** A fonte de energia mecânica (suprida pela aplicação de um torque e da rotação do eixo da máquina) tem o papel de produzir o movimento relativo entre os condutores elétricos (dos enrolamentos de armadura) e o campo magnético (produzido pelo enrolamento de campo) provocando uma variação temporal da intensidade do mesmo, e assim pela lei de Faraday induzir uma tensão entre os terminais do condutor. Desta forma, a energia mecânica fornecida ao eixo, é armazenada no campo magnético da máquina para ser transmitida para alimentar alguma carga conectada ao gerador.

1.2 MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos são usados para converter energia elétrica em energia mecânica.

Os principais são:

- **MOTOR SÍNCRONO:** Nestes motores, o estator é alimentado com corrente alternada, enquanto o rotor é alimentado com corrente contínua proveniente de uma excitatriz, normalmente montado no próprio eixo do motor. Não possuem condições de partida própria, de modo que, para partir e alcançar a velocidade síncrona necessitam de um agente auxiliar, que geralmente é um motor de indução, tipo gaiola. Após atingirem a rotação síncrona mantêm a velocidade constante para qualquer carga, naturalmente, dentro dos limites de sua capacidade. Assim, caso se queira variar a velocidade, é necessário mudar a frequência da corrente.

- **MOTOR ASSÍNCRONO:** Convertem-se no tipo de motor mais usado na indústria, pois é simples, possui um baixo custo, máxima eficácia, manutenção mínima, rendimento elevado para média e máxima carga, e pode-se assegurar

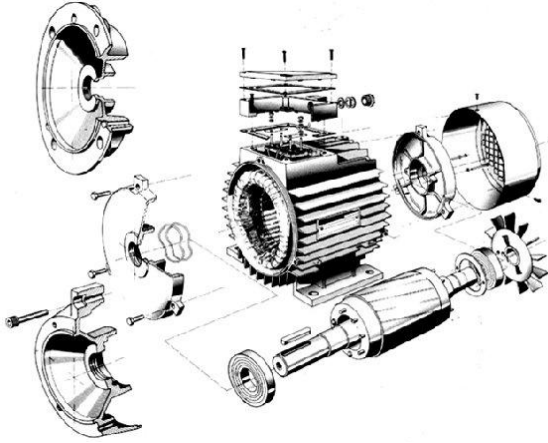


Figura 2- Motor assíncrono

um bom fator de potência com uma seleção correta. A partir do momento que os enrolamentos localizados no estator são sujeitos a uma corrente alternada, gera-se um campo magnético que, conseqüentemente produz no rotor uma força eletromotriz induzida devido ao fluxo magnético variável que atravessa o rotor. A f.e.m. induzida dá origem a uma corrente induzida no rotor que

tende a opor-se à causa que lhe deu origem, criando assim um movimento giratório no rotor.

- **MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA:** A energia elétrica é fornecida aos condutores do enrolamento da armadura pela aplicação de uma tensão elétrica em seus terminais pelo coletor, fazendo com que se circule uma corrente elétrica nesse enrolamento que produz um campo magnético no enrolamento da armadura. Como o corpo do estator é constituído de materiais ferromagnéticos, ao aplicarmos tensão nos terminais do enrolamento de campo da máquina temos uma intensificação dos campos magnéticos no mesmo e, portanto, a produção de polos magnéticos (Norte e Sul) espalhados por toda a sua extensão. Assim, ao termos a interação entre os campos magnéticos da armadura no rotor e do campo no estator, os mesmos tentarão se alinhar, ou seja, o polo norte de um dos campos tentará se aproximar do pólo sul do outro. Como o eixo da máquina pode girar surgirá um binário de forças que produzirá um torque no eixo, fazendo o mesmo girar. Ao girar, o eixo gira o anel comutador que é montado sobre o eixo, que muda o sentido de aplicação da tensão, o que faz com que a corrente circule no sentido contrário, mudando o sentido do campo magnético produzido. Dessa forma, temos novamente a produção do binário de forças que mantém a mudança dos pólos e conseqüentemente o movimento do eixo da máquina.

1.3 GERADORES QUE CONVERTEM ENERGIA QUÍMICA EM ELÉTRICA

- PILHAS:** Pilha elétrica, célula galvânica, pilha galvânica ou ainda pilha voltaica é um dispositivo que utiliza reações de óxido-redução para converter energia química em energia elétrica. Neste dispositivo, têm-se dois eletrodos, constituídos geralmente de metais diferentes postos em dois compartimentos separados, imersos 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 oxi-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 elétrico entre os eletrodos.

- CÉLULA DE COMBÚSTÍVEL:** célula electroquímica em que são consumidos

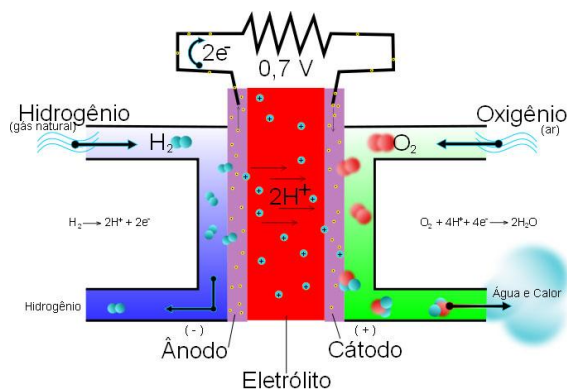


Figura 3 – Célula de combustível

um agente redutor (combustível) e um agente oxidante (comburente), com o objetivo de gerar energia elétrica. Na célula de combustível, ao contrário das baterias ou das pilhas, estes agentes químicos são fornecidos e consumidos continuamente. As células de combustível têm a vantagem de serem altamente eficientes e pouco poluentes. Podem ser utilizadas como sistemas de emergência, em zonas onde não existe rede elétrica, em aparelhos portáteis e veículos. Sua desvantagem ainda é seu alto custo. O modelo que se encontra mais desenvolvido tecnologicamente utiliza como reagentes o hidrogênio e o oxigênio.

- BATERIAS:** Apresentam no seu interior dois eletrodos de metal ou de material composto (a base de carbono, por exemplo) que estão mergulhados num líquido condutor (eletrólito) formando um conjunto que chamamos de cela. A bateria é formada pela combinação de várias celas. Quando a bateria está carregada e conectada a um aparelho a alimentar, o circuito elétrico do conjunto está fechado. Isto ativa uma reação química que provoca a circulação de partículas ionizadas de um eletrodo a outro produzindo corrente. Por outro lado, se um carregador é conectado aos terminais da bateria, produz-se um processo químico inverso. As partículas circulam então na outra direção, e a bateria é recarregada. Deste modo, graças à natureza reversível da reação química, a bateria pode alternativamente ser carregada ou descarregada, o que a diferencia de uma pilha simples.

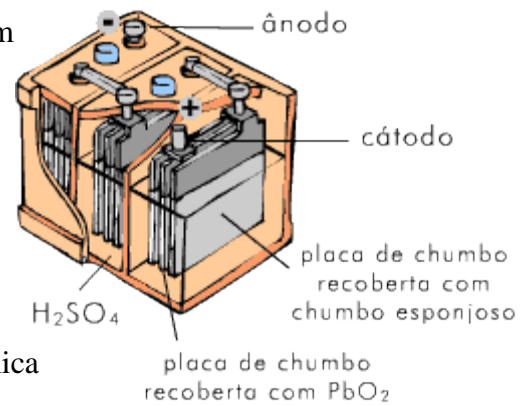


Figura 4 - Bateria

1.4 GERADOR QUE CONVERTE DIRETAMENTE A ENERGIA LUMINOSA DO SOL EM ELÉTRICA

- GERADOR FOTOVOLTAICO:** Tem o seu funcionamento permitido a partir do uso de painéis fotovoltaicos, que são painéis compostos por estruturas chamadas células fotovoltaicas, que têm a propriedade de criar uma diferença de potencial elétrico por ação da luz. O efeito fotovoltaico faz com que essas células absorvam a energia do sol e façam a corrente elétrica fluir entre duas camadas com cargas opostas (positivas ou negativas).

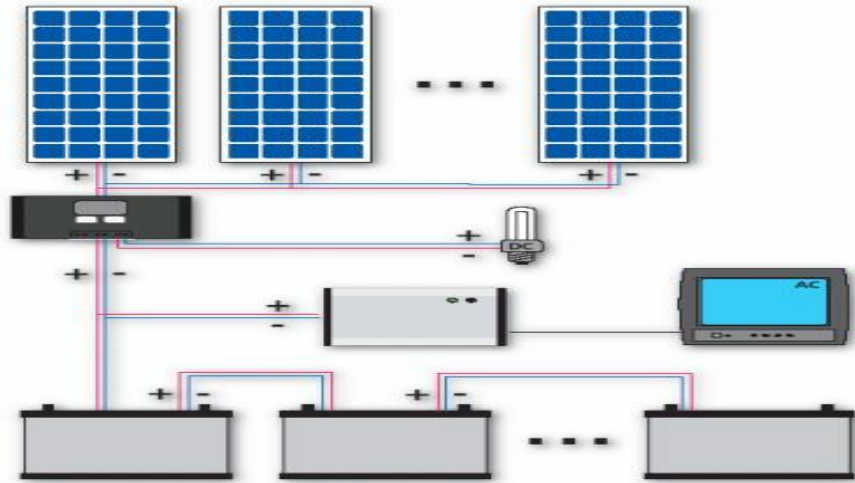


Figura 5 - Gerador fotovoltaico

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE PROPULSÃO E GOVERNO

2.1 INTRODUÇÃO

Sistemas de propulsão representam conjuntos de máquinas que juntas atuam com o objetivo de ter como produto a energia mecânica que será utilizada na propulsão.

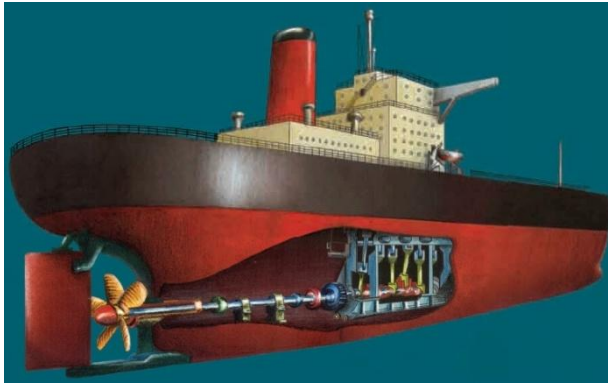


Figura 6 - Sistema de propulsão

Em geral, as embarcações possuem um motor para gerar energia mecânica, diretamente ou indiretamente acoplado a um eixo de modo a gerar nele uma rotação. Tal eixo é chamado de eixo propulsor e é ele que provocará o deslocamento do navio.

Vejamos agora quais são os principais sistemas de propulsão utilizados a bordo de navios mercantes, seus funcionamentos e características principais.

2.2 SISTEMA PROPULSOR A VAPOR ROTATIVO

Este sistema propulsor, embora não muito encontrado, ainda é utilizado em embarcações que requerem uma potência propulsora elevada devido ao grande porte do navio.

Embora tenha evoluído bastante desde a sua criação, já podendo ser utilizado a pressões e temperaturas bastante elevadas, o sistema propulsor a vapor rotativo foi superado pelo sistema de motor Diesel em diversos aspectos, tais como entrada de ar, silenciador, equipamentos auxiliares, chaminé, regenerador, caixa redutora, etc.

Diante de tantas involuções perante outros sistemas, o principal motivo que ainda justifica a sua utilização é que ele pode utilizar outros combustíveis, muitas vezes até residuais de baixa qualidade, incluindo até combustíveis sólidos como carvão pulverizado. Outra vantagem também reside no fato deste sistema possuir um baixo nível de ruídos e

vibrações, fator que assume importância primordial para o bem estar das pessoas em navios de passageiros, por exemplo.

Em termos gerais podemos considerar o sistema a vapor rotativo composto por: gerador de vapor (caldeira); utilizador (turbina de vapor); transmissor (caixa de engrenagens, linha, veios e eixo propulsor); bombas de alimentação; condensadores e propulsor (hélice).

2.3 SISTEMA PROPULSOR DE COMBUSTÃO INTERNA ALTERNATIVO

É a solução mais generalizada no que respeita aos navios de marinha mercante. Sendo dividido em faixas de utilização a partir da velocidade de rotação: lentos (70 a 200 RPM), média velocidade (200 a 600 RPM) e rápidos (acima de 600 RPM).

É basicamente constituído por um motor (Diesel), um conjunto de transmissão (engrenagens, eixo propulsor) e o propulsor (hélice).

O motor é uma máquina de combustão interna alternativa a Diesel, mais vulgarmente conhecida como Motor Diesel, que promove a transformação de energia térmica calorífica em mecânica dentro de seus cilindros.

O transmissor, que leva a energia mecânica produzida ao propulsor e pode conter uma caixa de redução caso a velocidade de rotação do motor seja maior que a necessária ou até que a aguentada pelo eixo propulsor e pelo hélice.

Finalmente, temos o propulsor que é o mesmo usado nos outros sistemas e pode ser de passo fixo (para motores que podem trocar o sentido de rotação, a vante ou a ré) ou de passo variável (para motores que tem um único sentido).

2.4 SISTEMA PROPULSOR DE COMBUSTÃO INTERNA ROTATIVO

Em contraste com os sistemas de propulsão a vapor de elevado peso, ocupando grande espaço e exigindo um grande número de equipamentos auxiliares, a turbina de gás é uma

unidade menor, leve e de grande simplicidade. É nestas características que residem as suas principais vantagens.

O sistema de turbina a gás é constituído, basicamente por duas seções distintas: seção do gerador de gás e seção de potência. Além disso, também necessita de outros sistemas básicos para o seu funcionamento, como: sistema de arranque; sistema de óleo de lubrificação e sistema de alimentação de combustível.

O seu funcionamento ocorre a partir do compressor, que força o ar a entrar nas câmaras de combustão onde o combustível é injetado sendo a mistura queimada e dando origem a um fluxo de gases de alta energia. Uma parte desta energia se destina a acionar a turbina que dá movimento ao compressor, enquanto outra libera a sua energia cinética na turbina de potência que, por sua vez, transmite, direta ou indiretamente, movimento ao propulsor.

2.5 SISTEMA PROPULSOR MISTO (MOTOR DIESEL-TURBINA DE GÁS)

As instalações propulsoras do tipo misto podem associar máquinas de tipos completamente diferentes. Uma das soluções que merece uma atenção particular devido às atuais tendências da indústria de construção naval é o sistema de propulsão misto Motor Diesel/Turbina de Gás. Neste sistema, cada um dos grupos propulsores é constituído por um motor Diesel e uma turbina de gás, sendo a transmissão ao eixo propulsor assegurada por intermédio de caixas redutoras providas de embreagens que permitem o acoplamento e desacoplamento das máquinas.

2.6 SISTEMA PROPULSOR ELÉTRICO

2.6.1 A PROPULSÃO ELÉTRICA

Os navios cada vez mais são projetados de modo a conciliar requisitos como: grande flexibilidade operativa e robustez. Somado a estes aspectos temos o fator econômico envolvendo os custos de projeto, construção, manutenção e operação, ao longo da vida útil da

embarcação, que devem ser os menores possíveis. Devido a esses aspectos, pouco a pouco a convencional propulsão mecânica está perdendo mercado em virtude da recente história de sucessos da propulsão elétrica.

Inicialmente adotada em projetos de navios quebra gelos e outros navios especiais, cada vez mais a propulsão elétrica é utilizada. Tal aspecto pode ser comprovado analisando-se o fato de que este sistema de propulsão já é utilizado em navios de passageiros e nas Marinhas dos Estados Unidos e do Reino Unido.

Até o superpoderoso transatlântico de 150.000 AB, 345m de comprimento, 41m de largura, 72m de altura e que comporta quase 4000 pessoas chamado Queen Mary II a utiliza!

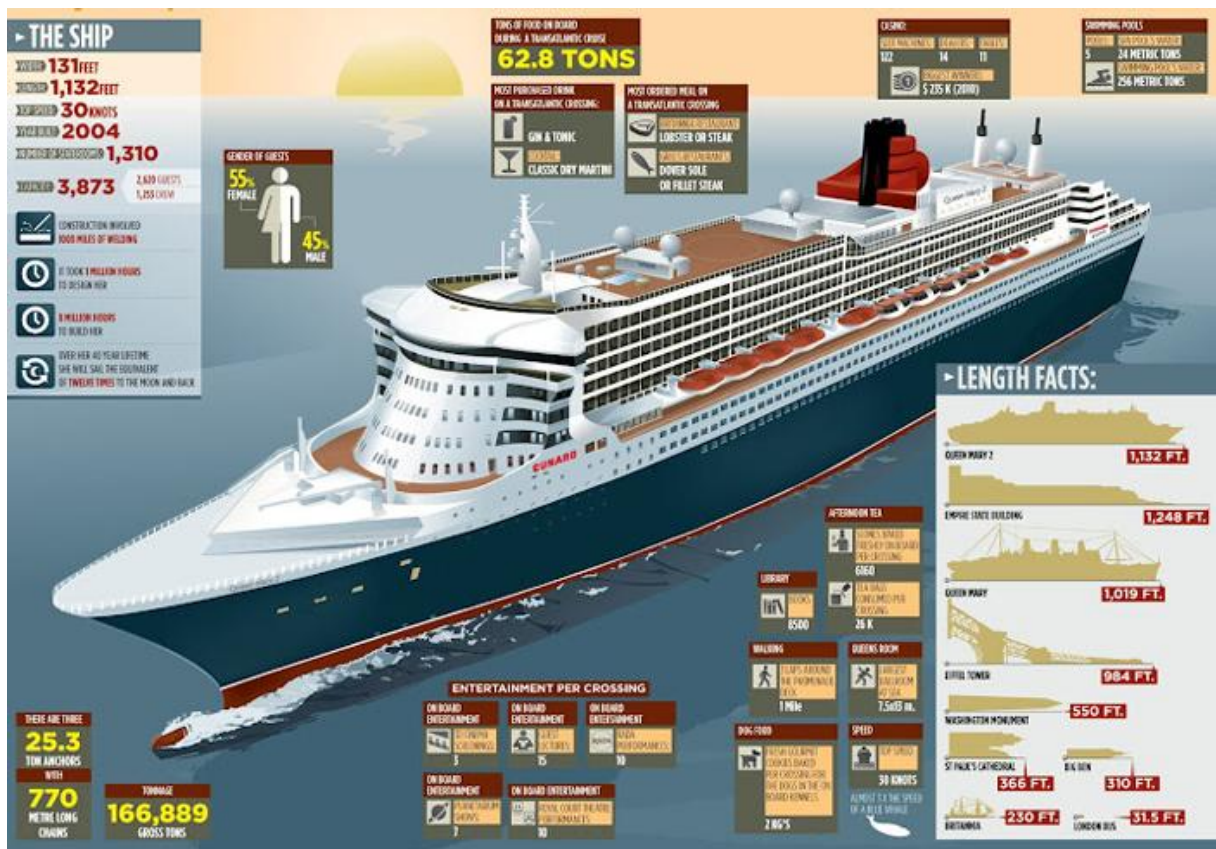


Figura 7 - Por dentro do Queen Mary II

Este grande sucesso se deve ao fato de a propulsão elétrica permitir que se aumente a utilização de potência nos navios sem aumentar o peso e o volume dos motores. Também reduz ou elimina as engrenagens redutoras, promove grande flexibilidade na disposição dos equipamentos a bordo, permite que o motor primário opere frequentemente na faixa do ótimo desempenho, reduz o consumo de combustível e também a emissão de poluentes. Além de proporcionar vantagens nas manobras de parada brusca. O que ocorre pelo fato do motor elétrico proporcionar um melhor controle da rotação do hélice e mudar rapidamente o sentido

da rotação, reduzindo o tempo e a distância de parada. Estudos chegam a apontar uma redução de 30% a 50% na distância de parada em caso de emergência em relação à propulsão convencional para navios de grande porte.

Entretanto, há mais um fato: a energia elétrica possui como característica de maior importância: a versatilidade de poder ser convertida para corrente contínua (CC) ou alternada (CA), inclusive com diferentes níveis de tensão ou frequência. Esta capacidade de conversão, propiciada pela Eletrônica de Potência, é fundamental para o crescimento das já numerosas aplicações da eletricidade em sistemas e equipamentos a bordo de navios.

Vale a pena dar agora uma parada e mostrar o porquê tudo começou. Foi lá no Contratorpedeiro “Type 45” da Marinha Real Britânica. Nele, um motor foi construído tendo como base um projeto inédito e de elevada complexidade tecnológica que levava em consideração os severos requisitos militares de choque, vibração, ruído, interferência eletromagnética, assinatura acústica e principalmente elevada confiabilidade. O motor era um Motor de Indução Avançado (AIM), que é um motor multifásico (HPO), para sermos mais específicos ele possui 15 fases e é acionado através de um equipamento conversor especialmente fabricado para garantir o desempenho desejado do motor.

Como já apresentamos no primeiro capítulo, os motores de indução apresentam várias vantagens. Entretanto eles não tinham muita importância quando se levava em consideração aplicações com velocidade variável e controlada, pois todas as tentativas neste sentido necessitavam de um equipamento adicional, ou então, sofriam grandes perdas de potência.

Somente com o progresso da tecnologia de semicondutores de potência e conversores estáticos de frequência que associados e acionados por microprocessadores de alto desempenho, possibilitaram a construção de sistemas com motores de indução com custo e eficiência capazes de competir com outras tecnologias.

Se usarmos como exemplo um sistema de propulsão elétrica integrada (IFEP) composto de duas turbinas a gás que trabalham como dispositivos de acionamento principal de dois geradores elétricos, fornecendo energia elétrica para dois equipamentos conversores fazerem o acionamento elétrico de dois AIM, que por sua vez, acionarão os hélices que movimentam o navio. A duplicidade de equipamentos é uma característica extremamente desejável e recomendada pela Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no

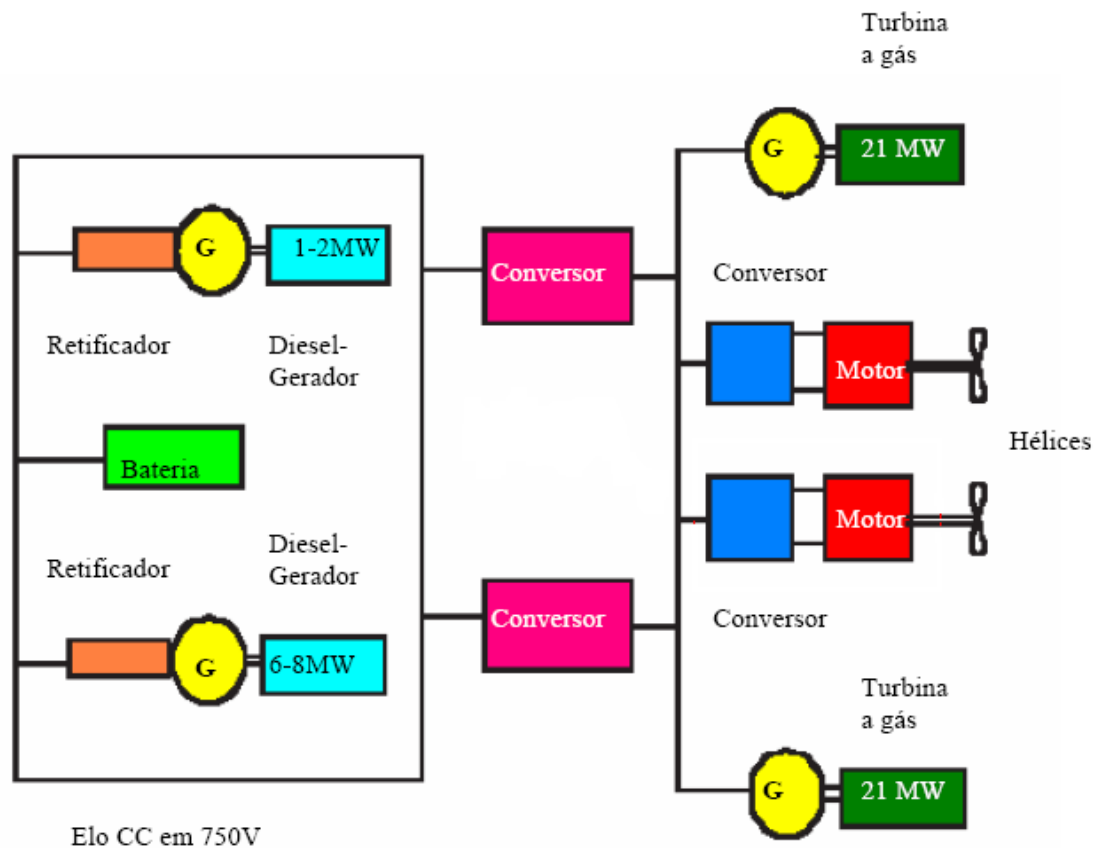


Figura 8 - Configuração de um sistema propulsor elétrico

Mar (SOLAS) em plantas de navios, pois eleva a confiabilidade e evita riscos com relação ao fato de um equipamento parar de funcionar, de modo que se isto ocorrer outro equipamento igual está pronto para entrar no lugar.

A integração deste barramento com o elo em corrente contínua (CC) em 750 V, ocorre por intermédio de dois retificadores/conversores de energia. O elo em corrente contínua possui dois motores diesel geradores de potências nominais mais baixas (1-8MW), que acionam os geradores para produzir energia elétrica para o consumo nos sistemas de bordo. Quando atracado no porto estes diesel geradores atendem plenamente as demandas reduzidas de bordo.

Em caso de avaria no sistema de alimentação principal, as baterias são projetadas para atender as cargas vitais de bordo.

2.6.2 VANTAGENS DA PROPULSÃO ELÉTRICA

- **REDUÇÃO DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL** - Em navios com propulsão mecânica tradicional, a velocidade do motor é que define a rotação do hélice; assim, 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.
- **REDUÇÃO DA TRIPULAÇÃO** - A tendência para os futuros de propulsão elétrica nos navios 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. Isto possibilita o incremento da automação, com óbvia redução da tripulação, proporcionando redução de custo operacional, mas dificultando um pouco mais a vida dos profissionais que precisam trabalhar a bordo.
- **AUMENTO DA VIDA ÚTIL DO NAVIO** - 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 toda carga com folga, assimilando sem dificuldades as substituições ou inclusões futuras de novos equipamentos ou sistemas. Os navios projetados com propulsão elétrica chegam a ter uma vida útil de aproximadamente 50 anos, contra 25 ou 40 anos dos navios com propulsões tradicionais.

- **REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO** – Os equipamentos elétricos apresentam custos e períodos menores de manutenção, que aliados à elevada automação dos sistemas elétricos, encontram nas manutenções preditivas e preventivas ferramentas eficazes para a redução dos custos totais de manutenção.
- **REDUÇÃO DA EMISSÃO DE POLUENTES** - Atualmente todas as Marinhas do mundo são pressionadas pelos órgãos ambientais para que, em seus projetos futuros, e também nos navios já em funcionamento, seja apresentada uma redução na quantidade de poluentes emitidos durante a realização das suas operações. Todos os tipos de poluentes emitidos (gasosos, líquidos ou sólidos) estão sendo cada vez mais monitorados e as legislações estão sendo elaboradas com requisitos mais rigorosos. 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.

CAPÍTULO III

SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de produção e distribuição de energia elétrica a bordo de navios garantem a energia elétrica da qual todas as máquinas elétricas e sistemas de aquecimento, iluminação, refrigeração e muitos outros dependem.

3.2 DEMANDA ENERGÉTICA DA EMBARCAÇÃO

Num navio é sempre necessário que todos os sistemas e equipamentos recebam a potência requerida para o seu funcionamento. A essa carga elétrica necessária para que tudo funcione chamamos demanda de energia.

Assim, para que a demanda seja correspondente ao fornecimento é necessário uma verificação da demanda energética. Tal verificação é feita em duas etapas. Primeiramente é calculada a demanda de sistemas como: ventilação, praça de máquinas, oficinas, sistemas de auxílio à navegação, etc. A este valor soma-se a demanda energética dos equipamentos do sistema de manutenção de carga. O resultado unificado dessas duas contribuições representa a demanda energética total da embarcação.

Dentre todos os elementos de bordo que são alimentados, o sistema propulsor e o sistema de posicionamento dinâmico devem ser os principais a serem considerados. Estes sistemas estão diretamente ligados ao deslocamento e manobrabilidade, logo ao considerar a demanda de energia desses sistemas é preciso garantir a velocidade de serviço desejada e o nível de manobrabilidade exigido.

3.3 BALANÇO ELÉTRICO

Algo que deve ser garantido é o suprimento, em todas as condições de operação da embarcação da demanda de energia. Fato que ocorre a partir da capacidade de produção de potência a partir dos elementos geradores de energia. A comparação entre demanda e produção de energia, de modo que ocorra o suprimento é chamada balanço elétrico.

A realização do balanço elétrico é de extrema importância para que se garanta o suprimento de energia da embarcação, até mesmo que esta se encontre em sua condição mais crítica. Através deste procedimento, será verificado se os motores de combustão auxiliares irão permanecer, caso seja necessária a parada do gerador principal. Se os auxiliares não aguentarem a carga o sistema de geração de energia deverá ser selecionado novamente.

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. Dessa forma, ele será tratado como 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 conseqüentemente selecionar os geradores necessários deve levar 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pudemos acompanhar ao longo deste trabalho a gama de funções que a eletricidade pode assumir a bordo.

Não apenas para gerar energia, ligando os sistemas, aparelhos e garantindo a iluminação a bordo; a eletricidade tende a se tornar o mais novo e popular sistema de propulsão a bordo. Fato este que permitirá a economia de energia e garantirá uma maior vida útil do sistema propulsor, fornecendo maiores potências e um controle mais fácil da velocidade deste navio.

E assim a eletricidade se desenvolve, tornando-se cada vez mais importante para nós, garantindo a cada dia um aumento na dependência que temos dela.

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.