

**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: Gabriela Ivi Dos Santos Oliveira

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: Gabriela Ivi Dos Santos Oliveira

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 e a minha família por ter me dado condições de realizar este trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico a minha família, por me ajudar nas horas difíceis a superar os obstáculos para que pusesse terminar este trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 - Caldeira auxiliar.

Fig. 2 - Funcionamento de um motor diesel de dois tempos com janelas de admissão e janelas de descarga.

Fig. 3 - Diagrama da propulsão elétrica em um navio de turismo, mostrando a consequência da falta de duplicação de uma parte da propulsão elétrica.

Fig. 4 - Geradores ABB de um navio de passageiros.

Fig. 5 - QEE de uma embarcação de apoio marítimo.

Fig. 6 - Diagrama de uma caixa de energia de terra. PSI test = Phase Sequence Indicator test.

RESUMO

Este trabalho aborda de uma maneira didática, os possíveis recursos energéticos, e como eles podem ser aproveitados a bordo de embarcações mercantes, com ênfase no funcionamento das máquinas e seus sistemas. Trata-se de energia obtida com auxílio de máquinas a vapor, através das caldeiras, que foram substituídas pelos motores de propulsão baseados na combustão interna de motores Diesel, e atualmente com modernas embarcações movidas a propulsão elétrica. São feitas algumas análises sobre o balanço elétrico do navio que é muito importante quando queremos saber a quantidade de energia que o navio utiliza em diversas situações. É muito importante que a demanda energética do navio seja suprida de forma eficaz e econômica, a fim de garantir o sucesso da operação.

Palavras-chave: energia, propulsão, demanda energética.

ABSTRACT

This summary treats in a didactic way, the potential energy resources, and how they can be used on board merchant vessels, with emphasis on the operation of machinery and systems. This is energy obtained with the aid of steam through the boiler, which were replaced by propulsion engines based on internal combustion diesel engines, and now with modern vessels powered by electric propulsion. Some analyzes are made on the electrical balance of the ship that is very important when we want to know the amount of energy that the vessel used in various situations. It is very important that the ship's energy demand be satisfied effectively and economically in order to ensure successful operation.

Keywords: energy, propulsion, energy demand

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
1- Energia	11
1.1- Tipos de energia	11
2- Caldeiras	13
2.1- Histórico da geração de vapor	13
2.2- Funcionamento da caldeira	14
2.3- Tipos de caldeiras	15
2.3.1- Partes da caldeira	16
2.4- Empregos de caldeiras a bordo de navios	17
2.4.1- Evolução das caldeiras	17
2.5- Realidade atual do uso do vapor	20
3- Diesel Geradores	22
3.1- Combustão	22
3.2- Ciclo do motor	23
3.2.1- Ciclo operativo do motor Diesel de dois tempos	23
3.3- Sistema propulsor de combustão interna	24
3.3.1- Sistemas dos motores de propulsão	26
3.4- O motor propulsor possibilitando geração de energia elétrica a bordo	28
4- Energia elétrica	29
4.1- Propulsão elétrica	29
4.2- Geradores	30
4.3- Gerador de emergência	32
4.4- Energia de terra	33
4.5- Balanço elétrico	34
4.6- Reserva de energia	36
Conclusão	38
Referências Bibliográficas	39

INTRODUÇÃO

O uso de recursos energéticos, hoje em dia, na propulsão e operação de navios mercantes, é indispensável, para as máquinas e equipamentos eletrônicos de bordo. E para que se realize um bom trabalho, é necessário conhecermos a fundo os principais sistemas geradores de energia que são usados na praça de máquinas, até mesmo para nossa própria segurança.

Este trabalho mostra o funcionamento de máquinas geradoras de vapor, sistemas integrados, como por exemplo, caldeira e turbina, além de contar a história da evolução das caldeiras até os dias de hoje, e sua substituição por motores movidos por combustíveis fósseis.

Em seguida compreendemos melhor o funcionamento de motores Diesel, passando pelo ciclo de uma máquina de combustão interna de dois tempos, que é o mais utilizado em navios de grande porte.

Destaca também a importância que a eletricidade tem atualmente a bordo, principalmente com o advento da propulsão elétrica em algumas embarcações menores. Com isso veio a necessidade de fazer um balanço elétrico de acordo com a convenção SOLAS para quantificar a energia elétrica consumida por todos os sistemas e equipamentos do navio, preservando as boas condições das instalações e um correto funcionamento da embarcação.

CAPÍTULO I

ENERGIA

A energia é necessária para a grande todas das atividades realizadas pelo ser humano. Desde a pré-história o homem vem descobrindo novas formas de realizar trabalho inclusive com a descoberta do fogo que foi revolucionário na história da civilização.

Até hoje, os recursos energéticos são muito importantes para o desenvolvimento das atividades comerciais, industriais, atividades de extração desses próprios recursos, enfim, são essenciais em nossa vida.

Existem várias formas de energia e cada atividade tem uma forma de energia específica a ser utilizada. Em embarcações, objetos deste estudo, temos algumas opções diferentes de energia dentro de um único navio, disponíveis para nosso uso.

Dentre elas: vapor, motores diesel, energia elétrica, entre outros. A maioria dos navios da frota mercante usa motores diesel, consumindo combustível de origem fóssil em suas instalações propulsoras e sistemas auxiliares. Algumas máquinas auxiliares utilizam o vapor como fonte de energia.

1.1 – Tipos de energia:

- O vapor foi uma das primeiras fontes de energia utilizada em larga escala por navios. A geração de vapor através de caldeiras e sua utilização e combinado com turbinas teve um papel importante no desenvolvimento da frota mercante.

O vapor é gerado através de alta pressão e temperatura. Quando está em forma de vapor saturado, serve para o aquecimento de sistemas a bordo e uso da tripulação e quando está em forma de vapor superaquecido, é mais usado em máquinas de propulsão e máquinas auxiliares. É uma forma de energia barata e ecologicamente correta, porém sua relação “custo-benefício” para utilização somente de vapor principalmente como propulsão, não é viável e lucrativo para os armadores, uma vez que existem outras fontes de energia que geram

uma potência maior que a potência gerada pelo vapor, e oferecem mais vantagens econômicas.

- Os combustíveis fósseis foram uma verdadeira revolução na frota mercante. A invenção dos motores diesel permitiu aos navios operarem com maior potência e, portanto com maior velocidade e aperfeiçoou a marinha mercante como um todo.

O diesel e o óleo pesado são muito usados a bordo no motor de combustão principal, que é um motor de combustão interna. Seu funcionamento é baseado na compressão de ar e combustível dentro de uma câmara, ocasionando a explosão da mistura e movimentando o eixo de manivelas do motor que transforma esse movimento alternativo em movimento de rotação, que tem papel principal na propulsão do navio através do eixo do hélice.

- O uso de energia elétrica em embarcações é imprescindível atualmente, tanto em instalações elétricas e máquinas elétricas, quanto em equipamentos eletrônicos. Geralmente o navio utiliza corrente alternada no sistema principal e de emergência, e nos geradores principal e de emergência. E utiliza Corrente contínua no sistema transitório e do GMDSS, e grupos de baterias em embarcações menores.

- Estudos recentes mostram que é possível utilizar também, fontes de energia alternativa, como energia eólica e solar, que são fontes de energia “limpa”, ou seja, não agredem o meio ambiente. Ainda não são utilizadas em larga escala, pois estão na fase de pesquisa.

CAPÍTULO II

CALDEIRAS

2.1 - Histórico da geração de vapor

O vapor d'água é usado como meio de geração, transporte e utilização de energia desde os primórdios do desenvolvimento industrial. Inúmeras razões colaboram para a geração de energia através do vapor. A água é o composto mais abundante da terra e, portanto de mais fácil obtenção e baixo custo. Na forma de vapor, tem alto conteúdo de energia por unidade de massa e volume. As relações temperatura e pressão de saturação permitem utilização como fonte de calor a temperaturas médias e de larga utilização industrial com pressões de trabalho perfeitamente toleráveis pela tecnologia disponível, já há muito tempo.

Grande parte da geração de energia elétrica do hemisfério norte utiliza vapor d'água como fluido de trabalho em ciclos termodinâmicos, transformando a energia química de combustíveis fósseis ou nucleares em energia mecânica e, em seguida, em energia elétrica.

Toda indústria de processo químico tem o vapor como principal fonte de aquecimento: reatores químicos, trocadores de calor, evaporadores, secadores e inúmeros processos e equipamentos térmicos.

2.2 - Funcionamento da caldeira

Mostram os estudos e a prática que quando necessitamos do calor em vários pontos, a melhor solução econômica e operacional é aquecer a água, transformando-a em vapor e, depois, enviá-la para os vários pontos de consumos. Para essa transformação da água, o equipamento a ser usado chama-se caldeira.

Chama-se caldeira o equipamento que ferve a água gerando o vapor num ambiente fechado com pressão e envia esse vapor por linhas de tubulações de vapor para o consumo.

A caldeira compõe-se de água que entra num vaso de pressão e o enche até certo nível. Utiliza-se um combustível que, com sua queima, libera calor e começa a esquentar a água, transformando-a em vapor. Esse vapor tende a expandir-se e cria pressão dentro do vaso.

Os combustíveis usados nas fornalhas de caldeiras podem ser variados, porém os mais usados em navios é o óleo pesado e o óleo diesel.

A caldeira tem seu corpo principal construído com chapas de aço e usa lã de vidro como isolamento térmico do ambiente quente do seu interior. Os tubos de vapor também são revestidos contra a perda de calor.

O vapor, depois de tanto ser usado, agora com menos calor, mas ainda quente, chama-se condensado e é enviado para um tanque de condensado. Este condensado neste tanque retorna por bomba para a caldeira, pois esta água limpa e quente não deve ser desperdiçada.

Vapor superaquecido é o vapor saturado que sofreu mais aquecimento, e as gotículas de água existente viraram vapor, é produzido em supercaldeiras e é usado para girar eixos, turbinas, etc.



*Fig. 1- Caldeira auxiliar
1.6 ~ 6.5 t/h – 10 bars*

2.3 - Tipos de caldeiras

- Fogotubular
- Aguatubular
- Elétrica
- Fissão nuclear

No tipo fogotubular, o fogo decorrente da combustão do combustível e do ar atmosférico é direcionado para dentro dos tubos, que são banhados externamente pela água. Em geral, são caldeiras utilizadas em indústrias, auxiliares marítimas, etc;

No tipo aquatubular é o inverso, a água circula por dentro dos tubos e o fogo decorrente da combustão do combustível e do ar atmosférico banha externamente os tubos. Em geral, são caldeiras utilizadas em usinas termoelétricas, acionamento de turbinas propulsoras marítimas.

No tipo caldeira elétrica, a eletricidade, aquecendo resistências elétricas, gera calor, que é utilizado para transformar a água em vapor.

O famoso navio a vapor Titanic tinha vinte e quatro caldeiras queimando carvão, o grande combustível da Europa e do mundo no início do século XX. Suas caldeiras tinham pressão de 215 psi e o consumo de carvão era da ordem de 825 t/dia.

Vantagens do uso de caldeiras:

- Ausência de produtos resultantes da combustão;
- Custo zero de manuseio de matéria-prima;
- Alto rendimento de 95 a 99,5%;
- Alto grau de automação.

2.3.1 - Partes da caldeira

- Corpo da caldeira de aço, constituindo um reservatório dentro do qual a água alimentada vira vapor;
- Tubos internos, normalmente de aço, por onde passam os gases muito quentes, provenientes da combustão, ou passa água que sofre o aquecimento, envolvida pelos gases que circundam os tubos cheios de água;
- Alimentador de combustível (manual ou automático);
- Queimador de combustível;
- Tubulação de saída de vapor, o vapor produzido dentro da caldeira deve ser enviado aos pontos de utilização;
- Tubulação de saída de gases queimados, depois de aquecer a água da caldeira os gases queimados saem para a atmosfera;
- Válvulas de descarga ou extração de fundo, para esvaziamento, tirar resíduos e dispor o lodo criado pelo tratamento de água;
- Válvulas de segurança contra excesso de pressão, atuam no caso da pressão do valor se elevar mais do que o desejado;
- Dispositivos de controle controlam a entrada de gases combustíveis, a ligação do acendedor da queima dos gases e o acionamento do motor da bomba de água que alimenta a caldeira;
- Entre outros.

No sistema fechado, há o reaproveitamento da água, fazendo o vapor circular em um condensador que o transforma em água novamente e que retorna ao sistema; quando o volume de água baixa por vazamento de vapor, em geral nas gaxetas das válvulas e nos extratores, suplementa-se a água perdida com água tratada.

2.4 - Empregos de caldeiras a bordo de navios

2.4.1- Evolução das caldeiras:

A propulsão a vapor com grandes caldeiras de alta pressão e elevadas temperaturas de vapor superaquecido atingiu o auge na década de 70 com a construção de grandes navios petroleiros e navios de carga de alta velocidade. A necessidade de potências elevadas para a época tornava as instalações a vapor a principal e a melhor escolha; mas um acontecimento veio a mudar os rumos da construção naval.

A crise do petróleo, nesses mesmos anos 70, resultou em altos preços para o óleo combustível e, com isso, os fabricantes de motores Diesel, já dispostos de novas tecnologias, obtiveram motores de combustão interna com consumo específico de óleo combustível significativamente inferior às instalações a vapor, para uma mesma potência. A diferença de preços na conta “combustível” tirou o interesse dos armadores em novas instalações a vapor na propulsão de navios. Saíram de cena as grandes caldeiras chegou a hora e a vez do motor diesel.

Durante as décadas de 70 e 80, a questão ainda era discutida em trabalhos de fabricantes de caldeiras/turbinas e motores Diesel.

Análise dos principais itens da instalação a vapor X motores Diesel:

- 1) RPM (instalações acima de 10.000 HP: Navio propulsionado a turbina a vapor; potências menores, navios propulsionados a motor Diesel.

A faixa acima de 10.000 HP era a predominante e necessária para o então crescente mercado de petroleiros e cabia ao estaleiro construtor a escolha da rotação apropriada, determinando no projeto o passo e o diâmetro da hélice, conveniente.

Ocorria que, no navio a turbina, a cavitação era mínima e o esforço propulsivo era quase todo aproveitado.

A vibração ao longo da estrutura também era mínima, dando um considerável grau de conforto à tripulação.

No projeto de um navio nas mesmas condições, mas propulsado a diesel, houve necessidade de ser acrescentada ao MCP uma potência de cerca de 5%. Em consequência, houve aumento do consumo de combustível e uma vibração indesejável por toda a embarcação, que limitava o projeto com hélices de baixa rotação.

- 2) Tripulação: existia no mercado de navios petroleiros um número maior de oficiais de máquinas com experiência em instalações a vapor.

As praças de máquinas de modernas instalações a vapor eram mais limpas e arejadas, diferentes daquelas do navio a motor, onde havia uma manutenção constante do MCP e MCA's e uma trabalhosa instalação de aquecimento e de purificadores de óleo combustível e lubrificante.

- 3) Manutenção e sobressalentes: nos navios a vapor, a manutenção é mais restrita á ocasião da docagem e também intervalos para a limpeza cada vez maiores – nos navios da época o intervalo chegava a um ano de operação contínua. Quanto á limpeza de trocadores de calor podemos dizer que eram semelhantes em ambas ás instalações.

A manutenção em um motor diesel é mais acentuada, especialmente em motores que queimam óleo pesado. A manutenção leva junto o consumo de sobressalentes. A programada mais constante inspeção de mancais, de abertura de cilindros e de válvulas de descarga leva sempre ao consumo de material sobressalente. Não podemos esquecer a manutenção acentuada dos MCA's, responsável pelo fornecimento de energia elétrica de bordo.

- 4) Óleos lubrificantes: o consumo de óleo lubrificante de uma instalação a vapor é mínimo, a complementação é tão somente para repor perdas por evaporação. A purificação e clarificação continuada mantêm o óleo em condições perfeitas por longo período.

Em um motor diesel, as perdas previstas eram maiores e apesar de constantemente purificado, visto o número de contaminantes encontrados, os cuidados para a continuidade do uso necessitavam ser bem maiores. O custo com óleo lubrificante era significativamente maior em instalação a motor e acrescenta-se a isso o custo com óleo de cilindro, que é exclusivo destes equipamentos. Assim aumentava-se a conta “lubrificante”.

- 5) Óleo combustível: o consumo de óleo era maior em uma instalação a vapor, mas o preço do combustível até então não era um peso que afastasse os fabricantes de instalações de vapor do mercado. O normal da época eram motores queimando óleo pesado, tipo IFO 180 cSt, contra navios-turbinas com óleo mais barato como IFO 260 cSt ou superior.

Os MCA's até então queimavam o óleo tipo *marine diesel*, e as experiências para auxiliares com queima de óleo pesado ainda não eram acentuadas.

Devemos levar em consideração que a conta “combustível” em uma instalação a vapor era global, ou seja, toda a instalação - da propulsão á geração de energia elétrica. No navio a motor, temos que somar o consumo do MCP, MCA's e fonte de aquecimento para o óleo combustível (podendo ser para uma pequena caldeira).

Tivemos a primeira crise do petróleo no final de 1973 com o Embargo do Petróleo e, posteriormente, em 1979 com a Revolução Iraniana. Isso levou os preços do petróleo a níveis até então nunca alcançados. Os preços dos combustíveis subiram o que levou, então, os fabricantes de motores Diesel a altos investimentos em novas tecnologias.

Os fabricantes de caldeiras ainda tentaram instalações com pressões mais elevadas e circuitos de reaquecimento, mas a complexidade da instalação na época, como se não bastasse a notável baixa de consumo, tinha um custo de combustível ainda maior que o dos motores diesel e não foi muito aceita no mercado.

Em princípio o uso acentuado de instalações combinadas MCP X Caldeira de recuperação X Turbo – Gerador foi uma solução aceita pela maioria. Assim, durante um bom tempo, foi o padrão das novas instalações em grandes navios. Aproveitando o calor dos gases da descarga do MCP para geração de vapor em quantidade para os serviços auxiliares de bordo e ainda a geração de energia elétrica, obtínhamos significativa economia, em vez do uso de uma caldeira auxiliar acesa em viagem para a geração de vapor e do MCA funcionando para a geração de energia elétrica.

Os fabricantes dos motores, em ritmo de competição, apresentavam a cada momento potências maiores, consumos específicos menores e uso de combustíveis de viscosidade maior. Os fabricantes de grandes caldeiras e turbinas para propulsão ficaram de vez de fora do

mercado. Começou também o uso de óleo pesado em MCA's, o que reduziu consideravelmente a conta "combustível". Mesmo com o aumento da potência, a temperatura dos gases de descarga do MCP foi sendo reduzida nos novos projetos, deixando a instalação Motor X Caldeira de recuperação X Turbo – Gerador para a aplicação em grandes potências quando necessário.

Nos navios petroleiros, a obrigatoriedade do uso do gás inerte nos tanques de carga, o qual era gerado através dos canos de descarga das caldeiras auxiliares, deu aos projetistas a continuidade do uso de caldeiras e turbinas para bombas de carga e lastro. Essa tendência continua até os dias de hoje, na grande maioria dos projetos. Nos demais navios, a tendência é uma pequena caldeira auxiliar interligada com uma caldeira de recuperação e a energia elétrica com recurso de geração de três MCA's.

Tivemos um grande incremento no mercado com as instalações offshore, especialmente no uso de altas tensões e turbinas geradoras e de bombeio a gás. Essa tendência veio também para as embarcações offshore cada vez com requisitos maiores. A grande maioria dos novos navios dispõe de dois MCP's, com geradores de eixo, em face da necessidade de grandes potências elétricas requeridas quando em serviço.

2.5 - Realidade atual do uso do vapor:

Hoje a propulsão diesel é completa para todas as faixas do mercado. Encontramos motores com potência de 90.000 KW construída para os novos navios conteneiros, mas a caldeira auxiliar fornecendo vapor às turbinas para acionamento das bombas de carga ainda é uma predominância no mercado em navios petroleiro. Encontramos ainda em operação grande número de navios da década anterior e construções atuais que possuem instalações deste tipo de projeto. Aliada às necessidades de vapor, temos ainda com a instalação da caldeira o subproduto da geração do gás inerte obrigatório em navios petroleiros.

Temos ainda, na área offshore, um número de embarcações do tipo FSO's e FPSO's, oriundos de projetos de máquinas da década de 70, que continuaram com as instalações antigas da praça de máquinas e ainda matem a sua planta de vapor em operação para o bombeio da carga e geração de energia.

A instalação de uma pequena caldeira auxiliar fornecendo vapor para serviços gerais e especialmente para o aquecimento e purificação do óleo combustível pesado ainda é mantida, e é comum nas instalações de bordo dos mais diversos tipos de navios.

Com o aumento da eficiência das turbinas a gás, um notável incremento nas instalações combinadas do tipo COGES (ciclo combinado turbina a gás X turbina a vapor X eletricidade). Aproveitando as vantagens da turbina a gás e da confiabilidade das plantas de vapor para a propulsão elétrica dos grandes navios de cruzeiro, esta foi a solução encontrada pela Royal Caribbean Cruises para as suas novas construções.

A produção de vapor é gerada na caldeira de recuperação pelos gases de descarga das turbinas a gás propiciando um ganho extra de 15 a 18% na eficiência das turbinas a gás. A geração de vapor auxiliar para os serviços de hotelaria apresenta ainda um ganho extra.

Isto trouxe de volta os fabricantes de caldeiras com suas plantas a vapor e diversas instalações com novos avanços estão novamente no mercado.

Nos navios de passageiros e petroleiros shuttle-service, a tônica do momento é a propulsão diesel elétrica com tensões em torno de 4,17 a 11 KV, mas a caldeira auxiliar, agora com menor capacidade, continua sendo utilizada para o aquecimento do combustível e serviços gerais.

CAPÍTULO III

DIESEL GERADORES

3.1 - Combustão

A combustão é uma reação química com desprendimento de luz e calor. Para que se processe essa reação, dois agentes químicos têm que estar presentes: o combustível e o comburente. Além disso, é indispensável que a temperatura do combustível corresponda pelo menos à temperatura do seu ponto de ignição.

- Combustível: é tudo aquilo que é capaz de entrar em combustão: óleo diesel, gasolina, madeira, carvão, papel, pano, estopa, tinta, etc. Em navios a palavra combustível estará sempre associada a produtos derivados do petróleo, como óleo diesel e óleo pesado.

- Comburente: é todo elemento que se associando ao combustível, é capaz de fazê-lo entrar em combustão. O oxigênio, presente no ar atmosférico, é o comburente mais facilmente encontrado na natureza. O ar atmosférico é constituído de aproximadamente 76% de nitrogênio, 23% de oxigênio e 1% de outros gases. O nitrogênio é, na realidade, um gás inerte, ou seja, um gás que não queima.

As máquinas de combustão são classificadas em duas categorias: as de combustão externa e as de combustão interna.

Máquina de combustão externa é aquela em que a queima de combustível ocorre fora dela ou, mais precisamente, numa caldeira, onde o calor da combustão é utilizada para produzir o vapor d'água que vai movimentar a máquina, como por exemplo a turbina a vapor.

A primeira máquina alternativa de combustão externa foi patenteada pelo engenheiro James Watt no ano de 1769. Como vimos no capítulo anterior, as máquinas alternativas a vapor foram utilizadas por muito tempo na propulsão e nos sistemas auxiliares dos navios.

Máquina de combustão interna é aquela em que a queima do combustível se processa no interior da própria máquina. Como por exemplo, a turbina a gás, o motor Otto e o motor diesel.

3.2 – Ciclo do motor

A palavra ciclo pode ser definida como o conjunto de transformações que se sucedem na mesma ordem e se repete com lei periódica. No caso do motor térmico pode ser mais bem entendido como a evolução da massa gasosa no interior do cilindro, com variação de pressão, volume e temperatura. Em navios mercantes, é mais importante saber sobre o ciclo diesel, já que os motores principais utilizam diesel e óleo pesado como combustível, e em sua maioria são motores de grande porte e de dois tempos.

3.2.1 - Ciclo operativo do motor diesel de dois tempos:

Nesse tipo de motor o ar é levemente comprimido antes de ser admitido no cilindro. Vários são os métodos utilizados para elevar a pressão do ar de alimentação. Trata-se de um compressor de lóbulos acionado mecanicamente pelo próprio motor.

O ciclo operativo do motor de dois tempos com janelas de admissão de válvula de descarga resume-se ao seguinte:

Ao se deslocar do PMI ao PMS, o êmbolo cobre as janelas de admissão e logo em seguida a válvula de descarga fecha, permitindo que o ar admitido anteriormente no cilindro, seja comprimido. Um pouco antes de o êmbolo atingir o PMS o combustível é injetado e queimado na câmara de combustão. A força expansiva dos gases resultantes da queima empurra o êmbolo para o PMI. Um pouco antes de o êmbolo descobrir as janelas de admissão, a válvula de descarga abre e uma boa parte dos gases da combustão é descarregada. Assim que o êmbolo descobre as janelas de admissão, o ar fresco enviado pelo compressor é admitido no cilindro e expulsa o restante dos gases, efetuando em seguida a carga de ar para o novo ciclo, ao tempo em que fecha a válvula de descarga.

Deslocando-se do PMI para o PMS, o êmbolo cobre primeiramente as janelas de admissão (que são as mais baixas), interrompendo o suprimento de ar vindo do compressor de lóbulos para o cilindro. Entretanto, continua saindo ar pelas janelas de descarga que ainda encontram-se abertas. Prosseguindo o seu caminho em direção ao PMS, o êmbolo cobre as janelas de descarga, iniciando assim a fase de compressão. Em seu movimento para cima o êmbolo comprime cada vez mais o ar, até que, próximo ao PMS, o combustível é injetado,

inflamando-se por causa da elevada temperatura do ar comprimido. A força expansiva dos gases empurra então o êmbolo para baixo.

Antes de chegar ao PMI, o êmbolo descobre as janelas de descarga e, em virtude da considerável pressão ainda nos gases, a maior parte é descarregada para o exterior.

Continuando seu caminho para baixo, o êmbolo descobre as janelas de admissão permitindo que o ar fresco, vindo do compressor, penetre no cilindro expulsando o restante dos gases (lavagem).

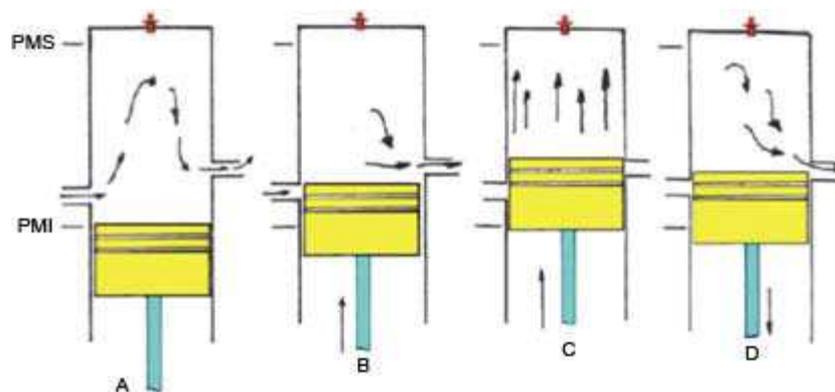


Fig. 2 - Funcionamento de um motor diesel a 2 tempos com janelas de admissão e janelas de descarga.

3.3 – Sistema propulsor de combustão interna:

Na atualidade as máquinas de combustão interna assumem uma posição de grande destaque. Os motores Diesel, por exemplo, são muito empregados em ônibus, caminhões, tratores, usinas de eletricidade e principalmente em navios. O motor diesel é o campeão em aplicações navais, seja em navios de pequeno, médio ou grande porte.

O motor Otto ou de explosão, por sua vez, é o campeão de aplicações na indústria automobilística, sendo muito empregado em automóveis e motocicletas. É também empregado na aviação, principalmente em pequenos aviões e planadores. Na indústria naval, o motor Otto tem seu emprego limitado a embarcações miúdas como alguns tipos de lanchas.

Além dos motores Diesel e Otto, outra máquina de combustão interna muito importante no mundo moderno é a turbina a gás, onde é também aplicada na propulsão de alguns navios de

guerra, onde o fator economia de combustível não é tão importante quanto a velocidade que o navio possa desenvolver.

Vantagens mais significativas do motor Diesel sobre o Otto são:

- O motor diesel queima combustível mais barato;
- O combustível utilizado no motor Diesel é menos volátil e portanto, oferece maior segurança no transporte e armazenamento;
- O rendimento total do motor Diesel é maior ultrapassando hoje os 40%;
- Menor número de peças;
- Não necessita de um sistema elétrico de ignição;
- Melhor adaptação e economia ao ciclo a dois tempos por fazer a lavagem apenas com ar ;
- Maior durabilidade.

As principais desvantagens são:

- Necessita de maior robustez porque trabalha com pressões mais elevadas
- Seu sistema de combustível é mais complexo;
- Funcionamento mais ruidoso;
- Partida mais difícil;
- Maior número de peças;
- Maior preço por unidade de potência.

De um modo geral podemos dizer que o motor Diesel é mais adequado às grandes potências.

3.3.1 - Sistemas dos motores de propulsão:

Entre os sistemas do motor encontram-se: o de lubrificação, o de resfriamento, o de combustível, o de alimentação de ar, o de partida e o de descarga de gases.

. Sistema de lubrificação:

Os motores térmicos e em particular, o Diesel, apresentam pela sua própria natureza, problemas de lubrificação difíceis de serem resolvidos, levando-se em conta os seguintes fatores:

- O motor desenvolve elevadas temperaturas durante a combustão;
- As pressões exercidas pelo ar comprimido no final da compressão são muito elevadas;
- Não há como evitar a formação de fuligem e outras matérias derivadas do carbono oriundas da combustão;
- O motor consome combustíveis com teores de enxofre relativamente superiores aos utilizados nos motores de explosão.

Um motor marítimo de grande porte utiliza vários tipos de óleos lubrificantes, podendo ser um armazenado no poceto para o sistema de lubrificação principal, um para o eixo de cames, outro para a camisa dos cilindros, um para o turbocompressor, outro para o regulador de velocidade, etc. Isso acontece porque buscamos os melhores resultados possíveis utilizando lubrificantes com propriedades específicas para cada tipo de trabalho.

. Sistema de resfriamento:

Quando o motor funciona, o combustível queimado na sua câmara de combustão desprende uma grande quantidade de calor. De todo esse calor, porém, apenas cerca de 40 a 45% é convertido em trabalho mecânico no eixo de manivelas. O restante infelizmente é perdido nos gases de descarga, na água de resfriamento, por irradiação, etc.

O sistema de resfriamento do motor Diesel tem duas finalidades: a primeira é remover o excesso de calor das peças, e a segunda é resfriar o óleo lubrificante, que, para desempenhar sua função principal, acaba absorvendo muito calor. Se o excesso desse calor não fosse

removido do sistema, o lubrificante perderia certas propriedades e não conseguiria cumprir com sua finalidade.

A temperatura dos gases no interior da câmara de combustão de um motor moderno é aproximadamente 2000 °C. Esta temperatura é superior á de fusão da maioria dos metais e ligas que conhecemos.

A remoção do excesso de calor das paredes dos cilindros, cabeçotes, êmbolos, injetores e do próprio óleo lubrificante, continua sendo indispensável para o funcionamento do motor. Entretanto o resfriamento não deve ser excessivo, pois, quanto mais esfriarmos o motor, mais diminuimos o seu rendimento térmico.

. Sistema de combustível:

A finalidade do sistema de combustível é enviar uma quantidade de combustível para dentro dos cilindros do motor, nas quantidades adequadas à carga coma qual o motor opera.

. Sistema de admissão de ar:

O motor Diesel pode ser classificado como de aspiração natural ou superalimentado.

Motor de aspiração natural é aquele que aspira o ar nas condições em que ele se encontra na atmosfera. Já o motor superalimentado é aquele em que o ar aspirado da atmosfera é comprimido antes de ser enviado aos cilindros do motor. Essa compressão, na maioria das vezes, é feita por meio de um compressor rotativo acionado por uma turbina. O conjunto formado por essas duas máquinas é chamado turbocompressor. Quando esse dispositivo é usado, os motores superalimentados são também chamados turbo-alimentados ou turbocarregados.

. Sistema de Partida:

Todos os motores de combustão interna são incapazes de funcionar sem o auxílio de um sistema de arranque ou partida. Esse sistema deve efetuar os primeiros giros do eixo de manivelas do motor. Sua ação é de curta duração e deve terminar tão logo o motor seja capaz de queimar seu combustível e funcionar á custa da energia liberada dessa combustão. Para que isso ocorra o sistema deve imprimir ao eixo de manivelas uma velocidade que lhe permita armazenar, com o auxílio do volante, suficiente energia para vencer a resistência do tempo de

compressão, permitindo que, no caso do motor Diesel, o ar no interior do cilindro atinja a temperatura necessária á ignição do combustível pulverizado no cilindro. Havendo combustão nos cilindros, o motor passa a funcionar pela ação da força dos gases em expansão sobre os êmbolos, ocasião em que o sistema de arranque torna-se dispensável.

. Sistema de descarga:

O sistema de descarga de gases tem várias finalidades. Dependendo do tipo de motor, poderá ser menos ou mais complexo. Tem como funções: coletar os gases dos cilindros e descarregá-los com segurança para fora do ambiente de trabalho, reduzir o ruído originado pela descarga dos gases provenientes das câmaras de combustão e no caso de motores turbocarregados, coletar e direcionar os gases dos cilindros para a admissão na turbina da unidade turbocompressora, antes de enviá-los à atmosfera através de um silencioso.

3.4 – O motor propulsor possibilitando a geração de energia elétrica a bordo

O motor propulsor aciona também o gerador principal de energia elétrica que alimenta os circuitos de luz e força a bordo. Quando o motor propulsor está parado, a energia elétrica passa a ser fornecida por um gerador auxiliar acionado por um motor Diesel. Um quadro elétrico e um grupo de baterias servem para alimentar o motor de partida do MCP e os circuitos de iluminação do navio em situações de emergência.

Em certos navios de médio porte, o motor propulsor também tem a possibilidade de acionar um gerador de energia elétrica por meio de uma caixa de engrenagens. Esse gerador é denominado gerador de eixo. Em regime normal de viagem, o gerador de eixo tem capacidade para suportar toda a carga do navio. Quando o motor principal está em regime de manobra ou parado, a energia elétrica passa a ser fornecida por um ou dois grupos diesel-geradores. Nesses casos, um sofisticado sistema de controle automático consegue fazer a transferência de carga do gerador de eixo para os grupos diesel-geradores, sem que seja necessário apagar o navio.

CAPÍTULO IV

ENERGIA ELÉTRICA

Temos a bordo um sistema de produção e distribuição de energia elétrica que serve para garantir o fornecimento de energia elétrica para as máquinas de bordo e para serviços essenciais á tripulação como aquecimento, iluminação, etc.

Cada vez mais os sistemas elétricos substituem os sistemas convencionais de bordo, como o que vem ocorrendo com a propulsão do navio, por exemplo, uma vez que os mais modernos navios empregam propulsão elétrica com grandes vantagens sobre os sistemas tradicionais.

4.1 - Propulsão elétrica

Nos navios com propulsão elétrica um, dois, ou mais, geradores, fornecem energia a um QEP. Esse quadro alimenta os Motores Elétricos de Propulsão (MEPs) através os seus controles, além de fornecer energia aos utilizadores do navio, diretamente ou através de transformadores ou ainda através de grupos conversores compostos de motores elétricos que acionam geradores (caso mais raro). No caso da propulsão elétrica a caixa de engrenagens entre a máquina de propulsão e a hélice do navio é substituída pelos barramentos do QEP, ou seja, o sistema de partida e reversão e as engrenagens do MCP são substituídos pelos elétrons e controles elétricos no QEP e no MEP.

Nos navios com propulsão elétrica e geração de energia com motores diesel, o grupo motor-gerador, normalmente conhecido como MCA, passa a ser chamado MCP. Os geradores elétricos são conhecidos com GEPs.

A seguir a figura apresenta um diagrama da propulsão elétrica de um navio de turismo para demonstrar a necessidade da duplicação das suas partes. Nesse navio o estaleiro deixou de duplicar o painel representado pelo retângulo mais acima e a esquerda. Um incêndio de pequeno porte, na lavanderia, localizado sob o quadro, avariou os cabos elétricos assinalados e deixou o navio sem propulsão, por várias horas, e sem governo já que os propulsores são parte do sistema de governo.

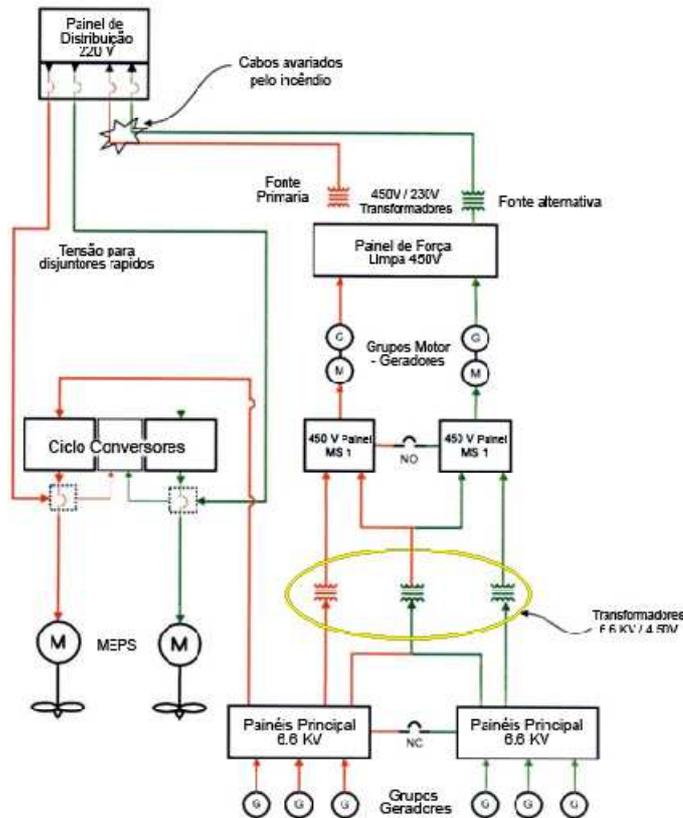


Fig.3 - Diagrama da propulsão elétrica em um navio de turismo, mostrando a consequência da falta de duplicação de uma parte da propulsão elétrica.

4.2 - Geradores

O gerador é uma máquina geradora de tensão alternada (\sim CA ou AC) ou alternador, no caso do navio que estamos considerando, do tipo excitatriz sem escovas (“brushless”), com Regulador Automático de Voltagem (RAV, ou AVR, do inglês “Automatic Voltage Regulator”), para suprir o barramento do QEP com 450 volts, 60 Hz (ou 50 Hz em algumas embarcações europeias) e induzido com enrolamentos trifásicos em “triângulo” ou “delta”, e sem neutro.

O gerador do navio mercante pode ser acionado por um motor diesel (MCA), que é o caso mais comum, mas pode ser também acionado por: turbina a vapor (NTs) ou a gás; eixo propulsor do navio; eixo dependente do MCP; e eixo dependente da caixa de redução da propulsão. O MCA é a máquina acionadora mais considerada neste estudo.



Fig.4 – Geradores ABB de um navio de passageiros.

O Regulador Automático de Voltagem, chamado AVR daqui para frente, é um equipamento eletro – eletrônico instalado no QEP, um para cada gerador, com o propósito de manter a tensão gerada, em cada máquina, dentro do valor ajustado, apesar das variações na carga elétrica do navio e de pequenas variações na velocidade da máquina. Para isso ele está constantemente medindo a tensão gerada e, através de circuitos eletrônicos, atua no campo da excitatriz, a qual por sua vez varia a corrente de excitação do gerador. Em um navio moderno o AVR pode incorporar dispositivos com controles automáticos para distribuir a carga do navio e correntes reativas (chamado de compensador de carga reativa) entre os geradores conectados ao barramento.

O item 4.2.1 da Norma IEC 92-301 estabelece que o gerador de bordo deva ser capaz de manter a tensão dentro de mais ou menos 2,5% da tensão de placa, em cargas desde zero até a máxima, com o fator de potência nominal da máquina. Para o gerador de emergência é permitida variação de mais ou menos 3,5%. Quando o gerador é submetido a uma súbita variação de carga, com transiente, por exemplo, nas manobras com vários geradores, a tensão não dever cair a menos de 85% ou subir a mais de 120% do valor nominal. O AVR é o dispositivo mais importante para o atendimento dessas exigências.

No caso de operação de vários geradores em paralelo, o item 6 da Norma IEC 92-301 estabelece que a carga reativa (entre os geradores) deve ser distribuída na mesma proporção da carga total do navio, com uma tolerância de 10% da potência reativa nominal da máquina de maior capacidade ou 25% da máquina com menor capacidade, dos dois números o que for

menor. De modo semelhante, a carga total deve ser distribuída proporcionalmente com tolerâncias de 15% (da maior máquina) a 25% (da menor máquina). O dispositivo responsável pelo atendimento dessas exigências é o compensador de corrente reativa que trabalha com o AVR.

Todos os geradores são construídos de modo a que as tensões sejam construídas apenas no induzido (estator). Entretanto as massas metálicas do gerador, especialmente os seus mancais, têm tudo para obedecer a fórmula da tensão gerada por um condutor que corta um campo magnético. Desse modo consulte o manual do seu gerador para conhecer as precauções adotadas para que isso não ocorra e a rotina de testes para verificar se nenhuma tensão está sendo construída fora dos locais devidos. Os mancais dos geradores são especialmente suscetíveis a corrosão causada por correntes parasitas, caso sejam construídas tensões indevidamente.

4.3 - Gerador de emergência (DGE)

O navio idealizado neste capítulo tem um Diesel Gerador de Emergência (“Emergency Generator”), com cerca de 20% da capacidade de um gerador da Praça de Máquinas, e trabalhando em um quadro elétrico próprio, o QEE (Quadro Elétrico de Emergência).



Fig. 5 - QEE de uma embarcação de apoio marítimo.

O QEE, Quadro Elétrico de Emergência tem os seus próprios armários para os controles do gerador de emergência e distribuição da energia de emergência. O QEE fica situado fora da praça de máquinas, com fácil acesso do convés aberto. Junto com o DGE ficam os transformadores dos circuitos de emergência, mais os dispositivos de partida e tanque de combustível do DGE, como prevê a Convenção SOLAS.

O DGE que consideramos neste capítulo não pode ser colocado em paralelo com os geradores da Praça de Máquinas, e vice-versa. Esse é o arranjo encontrado com mais frequência. Ainda como é mais comum, o nosso QEE não dispõe de recurso para alimentação de retorno (ou alimentação reversa ou em “feed – back”) do QEE para o QEP na Praça de Máquinas, embora a Convenção SOLAS permita esse retorno, desde que nesse “feed – back” existam proteções contra curto circuito e sobrecarga no disjuntor instalado no QEE para alimentar o QEP. O DGE, o QEE, e os circuitos de força e iluminação que saem do QEE compõem o sistema da “energia de emergência”.

É importante lembrar que o DGE, deve ser completamente independente dos sistemas da praça de máquinas. Desse modo o DGE não é, e não pode ser dependente de qualquer pressão de ar, ou de água para resfriamento, ou de bombas de combustível da praça de máquinas. O DGE é projetado para continuar funcionando, por exemplo, em caso de perda total da praça de máquinas durante um incêndio.

O tempo que o DGE permanecerá funcionando deverá ser igual, ou maior, ao estabelecido pelas Regras da Convenção SOLAS, e dependerá tão somente do combustível existente no seu próprio tanque de combustível. Por isso esse tanque deverá estar sempre cheio.

4.4 - Energia de terra

A energia para o navio também pode ser fornecida por um gerador em terra ou pela rede da concessionária de energia através uma caixa de conexão no cais, manobra que é chamada “receber energia de terra”.

A energia de terra (“Shore Energy”) é ligada em uma caixa no convés do navio, chamada de caixa de energia de terra do navio. A ligação é feita por cabos elétricos flexíveis, normalmente pertencentes ao estaleiro que fornece a energia, ou empresa terceirizada. A caixa do navio, com seus terminais e fusíveis, normalmente fica no primeiro convés aberto acima da praça de

máquinas, em algum ponto de fácil acesso para ligação do cabo de energia de terra. Essa caixa do navio se liga no barramento do QEP de bordo através um disjuntor próprio localizado em um pequeno quadro com medidores, chamado quadro de energia de terra, que é parte do QEP. O maquinista também pode encontrar navios com esse quadro no QEE. Um exemplo de caixa de energia de terra está representado abaixo.

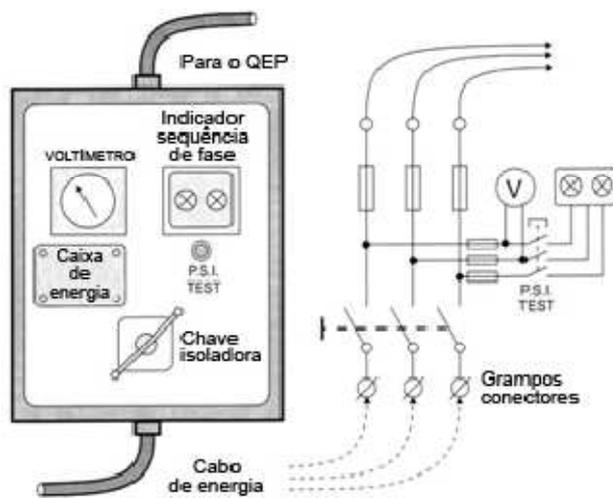


Fig. 6 - Diagrama de uma caixa de energia de terra. PSI test = Phase Sequence Indicator test

As manobras entre o navio e uma fonte de energia de terra dependerão das facilidades oferecidas pela instalação externa, que pode ser um gerador portátil, ou uma caixa de energia no cais, ou mesmo a caixa de energia de outro navio, que é um caso raro. Normalmente essa manobra se destina ao fornecimento de energia ao navio pelo estaleiro quando todos os geradores de bordo são parados durante uma docagem ou um grande reparo, seja por economia, seja para manutenção, ou qualquer outro motivo. As mesmas manobras também podem ser feitas para fornecer energia de bordo para outro navio ou mesmo para uma instalação em terra, embora seja um caso muito fora do comum.

4.5 - Balanço elétrico

O arranjo da geração de energia existente no navio deve ser uma das primeiras preocupações do marítimo que embarca. Esse arranjo é aprovado pela sociedade classificadora contratada pela empresa proprietária e pode ser encontrado, para cada navio junto com várias informações importantes, no plano “Balanço Elétrico da Instalação” também chamado de plano de “Balanço das Cargas Elétricas”, específico para cada navio.

É nesse plano onde, por exemplo, é encontrada a quantidade de geradores empregados em cada condição (viagem, manobra, operação, etc.). O mesmo plano também será indispensável

para planejar qualquer eventual redução no consumo de energia em decorrência de danos ou restrições na capacidade de geração do seu navio, estudando-se o consumo de cada grupo das cargas elétricas. Ainda nesse plano é apresentado o emprego dos geradores de eixo dependentes do sentido e da velocidade da rotação do eixo propulsor do navio, quando for o caso.

Para realizar o cálculo do balanço elétrico foi utilizada a norma 03.092 NBR 7567 NOV/1982 – Execução de Balanço Elétrico. Esta norma determina que equipamentos que devem ser considerados e apresenta a tabela do Balanço Elétrico que deve ser preenchida.

Deve ser lembrado que os geradores de eixo, dependentes da velocidade e sentido de rotação do eixo propulsor, não são levados em conta pela Convenção SOLAS para determinar se as suas Regras estão sendo atendidas pela capacidade de geração de energia elétrica para o navio.

Em um navio com propulsão elétrica o conhecimento dos valores desse plano se torna indispensável à condução.

Condições de operações:

No Mar (essencial)– consumidores necessários para navegação e segurança.

No Mar (Normal) – todos os consumidores na condição essencial e mais os necessários para preservação da carga, conforto e comodidade.

Em Manobra – todos os consumidores na condição no mar (Normal) e mais os necessários para manobra de chegada e partida do navio.

Operando no porto – consumidores necessários para segurança, iluminação, guinchos, bombas e etc.

No Porto Fundeado – consumidores necessários para o conforto, preservação da carga e segurança do navio.

Em limpeza no mar – todos os consumidores da condição no mar (normal) e aqueles necessários a limpeza dos tanques.

GRUPO	CLASSIFICAÇÃO	NO MAR		EM MANOBRAS	CARGA E DESCARGA	NO PORTO FUNDEADO	LIMPEZA DE TQS.
		ESSENCIAL	NORMAL				
1	Praça de Máquinas (serviço contínuo)	31,6	282,9	258,3	143,7	129,6	214,4
2	Praça de Máquinas (serviço intermitente)	0,0	36,1	66,4	59,6	36,5	36,1
3	Praça de Máquinas (diversos)	7,9	11,5	26,9	51,8	82,5	61,7
4	Air condicionado / Ventilação / Aquecimento	5,0	124,9	124,7	123,0	123,0	124,2
5	Frigoníficas de Provisões (equipamentos)	6,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
6	Frigoníficas de Carga (equipamentos)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Máquinas de Convés	33,6	68,7	112,2	144,9	70,0	102,2
8	Cozinha / Copa	0,0	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
9	Lavanderia	0,0	8,0	0,0	0,0	7,7	0,0
10	Oficinas	0,0	6,9	0,0	8,5	8,5	6,9
11	Iluminação	18,9	56,6	79,1	79,1	79,1	56,6
12	Equipamentos Náuticos e de Auxílio à Navegação	5,4	7,0	7,2	4,4	4,1	7,0
TOTAL DOS GRUPOS		108,7	647,2	719,4	699,7	595,5	653,6

Geradores Disponíveis	Diesel-Gerador Cummins KTA38-DM OP/OD (kw):	720		x	x	x	x	x
	Diesel-Gerador Emerg. - Cap. (kw):	150	x					
CAPACIDADE TOTAL DOS GERADORES		150,0	720,0	720,0	720,0	720,0	720,0	720,0
PERCENTUAL DA CARGA DISPONÍVEL		27,5	10,1	0,1	8,4	18,7	9,2	

Fig. 7 – Resumo de um balanço elétrico

4.6 - Reserva de energia

É definida como a diferença entre a capacidade dos geradores em funcionamento e a demanda de carga elétrica, tudo no momento considerado. O navio não deve colocar todos os seus geradores simultaneamente “em barra” a toda hora e por qualquer razão; isso provoca desperdício de combustível e desgaste inútil das máquinas. Por outro lado o operador deve ter sempre em mente, a cada instante, qual é a reserva de energia elétrica disponível na instalação do seu navio, especialmente ao alimentar equipamentos mais potentes como guindastes e bombas de lastro ou de carga.

Se, inadvertidamente, o tripulante alimentar uma dessas cargas maiores sem a reserva de energia necessária, dependendo da instalação de cada navio, poderá acontecer o seguinte:

– A supervisão do QEP poderá diminuir a carga desligando os utilizadores não essenciais, e a automação poderá chamar outro gerador (se o maquinista colocou outro gerador disponível);

CONCLUSÃO

Vimos como a energia é importante para as atividades na marinha mercante, e cada vez mais o ser humano busca novos recursos para aperfeiçoar as operações a bordo e reduzir custos com a energia utilizada.

O vapor continua com alguma utilidade principalmente em navio petroleiros que fazem o uso do gás inerte, que é um produto final na utilização do vapor a bordo, para diminuir a atmosfera explosiva dentro de tanques de armazenamento. E em embarcações antigas podemos encontrar caldeiras associadas a motores modernos como forma de aproveitar as antigas instalações e ao mesmo tempo aumentar a potência da embarcação.

Os motores Diesel apesar de grandes poluidores do meio ambiente são hoje em dia, a principal forma de propulsão utilizada em marinha mercante, devido as suas vantagens econômicas e sua alta capacidade de fornecer potência para a propulsão.

A propulsão elétrica é a mais moderna de todas, através de geradores capazes de fornecer potência adequada. Os geradores requerem cuidados especiais, ou seja, são precauções adotadas para não induzir tensões indevidas. Aos poucos vai se tornando a “energia do momento”, e ganhando espaço no mercado.

Este trabalho tem como finalidade mostrar que existem vários tipos de energia, e que é imprescindível estudar o consumo de energia do navio, antes de escolher a melhor forma de aproveitamento, para isso a Convenção SOLAS estabelece regras para se fazer um balanço elétrico, que é um estudo prévio de quanta energia elétrica este navio vai consumir em diferentes regimes de viagem e operação, conseguindo assim, fornecer essa energia com eficácia e segurança. E apesar de toda modernidade da automação, o maquinista deve estar sempre atento às variações de energia em diferentes situações, para não causar danos no QEP e inviabilizar a operação segura do navio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIFANO, HERCULES MARCELLO/ BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS . **Operação de Caldeiras - Gerenciamento, Controle e Manutenção**, Editora Edgard Blucher , 2011.

BOITEAX, Colbert Demaria. **Caldeiras**. Adaptado [por] Alfonso José Pereira. Rio de Janeiro: CIAGA, 1983 IX-32.

Bruno Amann, Mariana Coelho – Relatório 2 de Proj. Sist. Oceânicos II. http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2009/BrunoAmann+MarianaCoelho/relat2/Relat2.htm

Carolina V Teles, Renato A Vinhas – Relatório 2 de Proj. Sist. Oceânicos II. http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2010/Carolina%20e%20Renato/relat2/relat2.htm

NOVAES, Mário Sole; NANDRUP ingvar. **Operação de caldeiras de vapor**.

PÊRA, Hildo. **Geradores de vapor d'água**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1966.

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.

VON SYDOW, Hermano Alfredo Hebert. **Manual de máquinas de combustão interna**. Rio de Janeiro: Escola Naval, 1961.