

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

RODRIGO NOBRE DE ALMEIDA BENEVIDES

RAFAEL GOMES DOS SANTOS

GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO

RIO DE JANEIRO

2016

RODRIGO NOBRE DE ALMEIDA BENEVIDES

RAFAEL GOMES DOS SANTOS

GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO

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

Orientador: Msc. Prof. Eng. José Barbosa da Silva Filho

RIO DE JANEIRO

2016

RODRIGO NOBRE DE ALMEIDA BENEVIDES

RAFAEL GOMES DOS SANTOS

GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Msc. Prof. Eng. José Barbosa da Silva Filho

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Às nossas famílias, aos amigos de camarote, nossas
namoradas que nos apoiaram nessa etapa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de agradecer a Deus, pois sem ele nada disso seria possível, em segundo plano, aos nossos pais que foram como um pilar para a nossa vitória, ao nosso orientador e professor Barbosa que nos ensinou muito profissionalmente e não poderíamos deixar de exaltar nossos amigos que nos fortaleceram em momentos difíceis que enfrentamos nessa caminhada até a conclusão do curso.

“A grande coisa no mundo não é muito sobre onde
estamos, mas em que direção nos movemos”
(Oliver Wendell Holmes)

RESUMO

Este trabalho foi feito com o intuito de explicar, de forma sucinta, a geração de energia a bordo dos nossos grandes navios mercantes e também alguns meios alternativos que com o avanço da tecnologia virarão tendência no transporte marítimo. Explica também um pouco da história da eletricidade e do seu desenvolvimento ao longo dos anos, até chegarmos nos nossos geradores CC e geradores CA utilizados nos dias de hoje . Acrescenta-se ainda os consumidores de bordo e como é feita a segurança pessoal e dos equipamentos nos sistemas elétricos. Outro aspecto que merece importância são as formas de acionamento dos geradores aos quais foram tratados que variam de acordo com o planejamento da embarcação.

Palavras-chave: Eletricidade. Consumidores. Geradores. Segurança.

ABSTRACT

This work was made to explain in a succinct way the generation of energy on board of our large merchant vessels. In addition to it some alternative ways that with the advance of technology will become tendency in the maritime transport. It explains a little bit the story of the electricity too and its develop during the past of the years until generators CC and generators AC were invented. More than this, this work shows board costumers and how it made the personal and equipment safety in the electrical systems. Another aspect that deserves an importance are the ways that the generators were activated depending on the vessels' type.

Keywords: Electricity. Costumers. Generators. Safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de um diesel gerador brushless	16
Figura 2: DGE e seu Quadro Elétrico de Emergência do NSS Felinto Perry	18
Figura 3: Esquema de um sistema transitório	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 ENERGIA ELÉTRICA	11
2.1 Importância da Energia Elétrica a bordo	12
3 TIPOS DE GERADORES	14
3.1 Diesel Gerador	14
3.3 Gerador de Eixo	18
3.4 Turbo Gerador	19
4 GERADORES A BORDO	20
4.1 Quadros elétricos e consumidores	20
4.1.2 QEP	20
4.1.2 Barramento	22
4.1.3 QEE	23
4.2 Sistema transitório	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

A Marinha Mercante sempre teve um importante papel no desenvolvimento da economia mundial. Vale acrescentar também que tão importante quanto a carga transportada são as embarcações que a transportam. Se tratando de embarcações atuais, deve-se ter uma atenção especial à geração de energia elétrica a bordo, visto que sem eletricidade seria impossível a operação de uma embarcação nos moldes atuais, transformando o nosso principal meio de transporte em um ambiente extremamente perigoso e insalubre como nos primórdios.

Com o avanço da tecnologia novos equipamentos surgem, todos com o intuito de melhorar a operação de uma embarcação, muitos beneficiando a interface homem máquina, ou seja, facilitando o trabalho humano, como por exemplo, sistemas automatizados. Mas todos esses equipamentos necessitam de energia para funcionar, o que demanda mais eletricidade da embarcação. E alto consumo de energia implica em capacidades de geração melhores e mais sofisticadas.

Devido a esses fatos, este trabalho tem como objetivo mostrar a capacidade de geração de energia elétrica a bordo, para tal será demonstrado um pouco mais sobre a importância da energia a bordo distinguindo a energia elétrica em CC da energia em CA. Serão apresentados também os principais geradores a bordo e suas características, bem como todo sistema de distribuição e controle de energia englobando os quadros elétricos principal e de emergência e também a propulsão elétrica.

A operação de um grupo gerador tem riscos que devem ser analisados e evitados, de modo a preservar a segurança dos equipamentos e instalações e das pessoas que operam com os mesmos. Por esse motivo, esse trabalho foi elaborado levando em conta a convenção SOLAS, e todas as regras que abordam a geração de eletricidade em navios mercantes.

2 ENERGIA ELÉTRICA

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.

Entende-se por Propulsão Elétrica um sistema constituído por um gerador elétrico, acionado por um dispositivo de acionamento principal, que fornece energia para um motor elétrico que aciona o hélice do navio. A principal característica deste sistema é o controle da velocidade do navio pelo controle da rotação do motor elétrico.

Conforme o tipo de energia que é transformada, as máquinas se denominam máquinas térmicas, elétricas etc. A função primária de qualquer instalação de máquinas marítimas é converter a energia, elétrica de um gerador ou químico-térmica de um combustível, em trabalho mecânico passível de ser utilizado na propulsão do navio. Outras funções incluem a produção de energia elétrica visando o governo do navio, a ventilação, refrigeração etc.

A refrigeração dos alimentos, o funcionamento da cozinha e dos aparelhos eletrônicos valiosíssimos para a navegação, a iluminação, sistema de governo do navio, ventilação, monitoramento, controle de outros sistemas, alarmes, etc, ou seja, quase tudo no navio depende da eletricidade produzida pelos geradores.

A maioria dos navios de médio e grande porte segue um padrão de instalação elétrica, idealizado com base na Convenção Internacional para Salvaguarda da Vida Humana no Mar (SOLAS), 1974 e seu protocolo de 1978.

Seguindo esse padrão o sistema elétrico de um navio pode ser dividido em três partes: sistema de energia principal (força e iluminação) quase sempre em CA, sistema de energia de emergência (força e iluminação) quase sempre em CA e o sistema de energia transitório em CC.

Esses três sistemas em conjunto provêm toda energia necessária aos mais diversos equipamentos elétricos do navio. Equipamentos estes que são utilizados para diversas finalidades e que sem a perfeita operação dos mesmos seria impossível a condução do navio, ou seja, um navio é totalmente dependente de energia elétrica.

2.1 Importância da Energia Elétrica a bordo

Todo navio tem em sua base de projeto um período chamado de autonomia, que consiste simplesmente no tempo em que essa embarcação se torna autossustentável, com suficiente quantidade de mantimentos e combustível, principalmente, para que possa realizar uma certa viagem. E o sistema elétrico de um navio é fundamental para o funcionamento deste, uma vez que é necessário operar refrigeradores para os mantimentos, o sistema de automação e sistemas de governo do navio precisam de eletricidade, utilização de aquecedores elétricos para melhorar a qualidade do óleo combustível do navio, além do conforto da tripulação, como iluminação, ar condicionado, internet, chuveiros quentes e outros utilizadores que os tripulantes utilizem.

Sem essa fonte de energia à disposição da nossa Marinha Mercante, se utilizariam os métodos de navegação e conservação de alimentos dos tempos das Grandes Navegações, do século XV, tendo como exemplos a utilização de especiarias em alimentos e a utilização de bússolas magnéticas e sextantes para a navegação, não podendo realizar viagens muito longas como hoje são feitas por grandes conteneiros e petroleiros.

2.2 Corrente contínua e Corrente alternada

Atualmente a corrente alternada é mais utilizada a bordo do que corrente contínua. Isto se deve a diversos fatores, tais como:

a) A corrente alternada pode, facilmente, ficar com uma voltagem mais alta que a contínua, e quanto maior é essa voltagem, mais longe a energia chega sem perder força no trajeto, além disso, a voltagem pode também ser mais facilmente controlada, a partir da tensão gerada pode-se reduzir ou aumentar a mesma para determinados fins, como por exemplo, a tensão fornecida por um gerador é reduzida para ser utilizado no sistema de iluminação em um navio, devido a questões de segurança e também pela não necessidade de elevada voltagem para determinado fim. Para isso, utilizam-se transformadores elevadores e abaixadores de tensão, de construção bastante simples e com um bom rendimento, o processo de reduzir e aumentar a

tensão em cc é bastante mais complexo, embora comecem a aparecer, hoje em dia, sistemas de eletrônica de potências, o que por enquanto não serve para os navios.

b) Os alternadores, geradores de CA, são mais simples e tem melhor rendimento que os dínamos, geradores de CC.

c) Os motores de CA, particularmente os motores de indução, são mais simples, Robustos e têm melhor rendimento que os motores de CC e a bordo os motores de CA são uma grande parcela dos consumidores de energia elétrica.

d) A CA pode facilmente transformar-se em CC por intermédio de sistemas retificadores.

e) Menor custo inicial, menor espaço necessário e menor custo de manutenção.

Entretanto a corrente contínua ainda possui utilidades em uma embarcação. A sua principal utilização é como suprimento de emergência. Isto se deve ao fato de a corrente contínua poder ser armazenada enquanto a corrente alternada não. Além disso, a corrente contínua é mais eficiente em circuitos eletrônicos, o que torna sua utilização essencial em automação.

Portanto Baterias são usadas para manter em funcionamento a automação, a iluminação de emergência e também o sistema GMDSS quando o fornecimento principal de energia falha, enquanto o gerador de emergência não entra no barramento, sendo também conhecido como sistema transitório. Já dito anteriormente. A corrente alternada portanto tem mais vantagens perante a corrente contínua, por isso é mais empregada a bordo, mas devido ao fato de precisar ter uma fonte de energia em situações de emergências, se faz necessário o uso da corrente contínua. Por causa disso os navios possuem geradores de corrente alternada, para as diversas finalidades, mas possuem retificadores que permitem que as baterias possam sempre estar carregadas para tais situações de emergência além de garantir a automação.

3 TIPOS DE GERADORES

Um gerador de energia é dividido em duas partes: uma parte responsável pelo movimento do corpo indutor, o qual se chama de parte motriz e outra que está responsável pela indução eletromagnética e conseqüentemente pela geração de energia elétrica, denominada parte geratriz.

É na parte motriz que é produzido a energia cinética, em movimentos rotativos, que está acoplado ao rotor do gerador. Essa energia cinética pode ser oriunda de diversas fontes de energia, como a energia térmica oriunda de carvão mineral, gás natural, diesel e biomassa utilizado nas termelétricas e energias renováveis, como a hidráulica (mais utilizada nas usinas brasileiras), a eólica (em crescimento principalmente na região Nordeste do Brasil). A parte geratriz é onde se encontram o rotor (parte móvel) e o estator (parte fixa) ligado a bobinas que farão o trabalho de produção da corrente induzida que tanto se procura para o funcionamento dos utilizadores, em corrente alternada.

No mundo naval, há alguns tipos de geradores, somente diferenciando-os pela sua parte motriz, que podem ser de motores de combustão interna, aproveitamento do próprio eixo propulsor ou com a utilização de turbinas. Os tipos de geradores mais utilizados a bordo são:

- Diesel gerador;
- Diesel gerador de emergência;
- Gerador de Eixo e
- Turbo-gerador

3.1 Diesel Gerador

Como o próprio nome diz, a fonte utilizada na parte motriz do gerador é o combustível fóssil diesel nos motores de combustão interna. É o mais utilizado em todas as embarcações pela rentabilidade que o armador tem, com a utilização do combustível em função do projeto do navio, pois pode ser utilizado tanto o HFO (Heavy Fuel Oil) quanto o MDO (Marine Diesel Oil) nos motores de combustão auxiliares, ou MCAs. A energia térmica produzida dentro das câmaras de combustão

é transformada em energia cinética pelo eixo de manivelas do motor, que está acoplado ao eixo do rotor do gerador.

A manutenção dos MCAs não é nada diferente de um motor diesel propulsor comum. Deve haver manutenção de todos os sistemas auxiliares do motor, como o de admissão e descarga, de arrefecimento, de partida, de óleo lubrificante e o de óleo combustível. Entretanto, deve-se verificar também a parte geratriz do gerador, observando principalmente a temperatura das bobinas e a frequência que está sendo gerada. Esta última está relacionada diretamente com a carga que o motor está sofrendo. Para que não haja constantes variações de frequência, é instalado ao motor um regulador de velocidade síncrono, ou seja, dependendo da variação de carga imposta ao motor, esse regulador sente essa variação e corrige (por meios mecânicos ou eletrônicos), atuando no sistema de combustível, para que a velocidade continue a mesma pré-estabelecida, assim mantendo a frequência de trabalho.

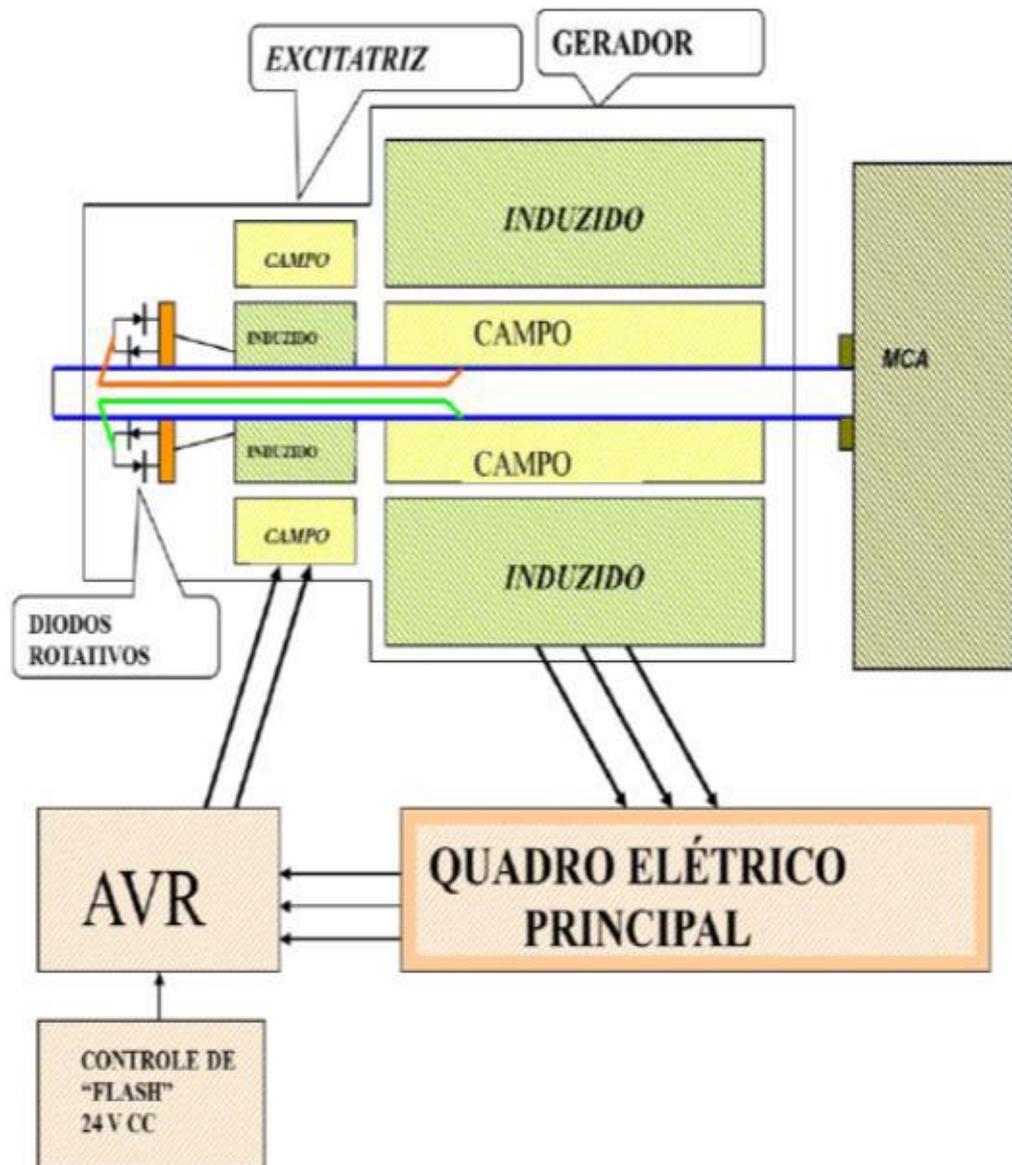
Já parte geratriz mais utilizada a bordo é a de excitatriz, em que não é necessário o uso de anéis coletores e nem escovas ("brushless"), já que necessita bem menos de manutenção do que o excitatriz com escovas. A excitatriz tem com função estabelecer a tensão interna no alternador independente da condição de carga do motor, logo, ela é responsável pela tensão de saída do gerador, mas também pela magnitude de corrente gerada. Esse procedimento ocorre da seguinte forma: o giro do motor junto com o campo magnético residual de ímãs gera uma corrente alternada induzida que é retificada através de diodos rotativos, transformando em C.C. Esta corrente agora alimenta dois eletroímãs ligados ao giro do motor. Desta forma é possível gerar corrente no induzido do gerador e essa tensão alimenta o Quadro Elétrico Principal (QEP) do navio. Com isso, tem-se que controlando a tensão da excitatriz é possível manter também a tensão de saída do gerador. Por esse motivo, foi-se implantado um aparelho denominado de AVR.

O AVR (Automatic Voltage Regulator), ou simplesmente, Regulador Automático de Tensão tem como o propósito de manter constante a tensão gerada, dentro valor ajustado pelo operador, apesar das variações de cargas elétricas e também da velocidade do motor. Ele fica instalado no QEP e há um para cada gerador a bordo. Seu funcionamento é semelhante a um regulador de velocidade do motor, pois o AVR sente a variação de tensão que foi gerada no alternador, através

de constantes medições, e com isso ele atua, modificando a corrente que é impressa na excitatriz, corrigindo a tensão gerada para o valor pré-estabelecido.

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. Quando o gerador é submetido a bruscas variações de carga, como no caso de manobras com vários geradores, a tensão não deve cair para menos de 85% ou subir a mais de 120 % da tensão nominal . O AVR é o dispositivo mais importante para o atendimento dessas exigências para alimentação do Quadro Elétrico Principal.

Figura 1: Sistema de um diesel gerador brushless



3.2 Diesel Gerador de Emergência

De acordo com a Convenção SOLAS, é obrigatório o uso de uma fonte de energia elétrica para algum caso de emergência⁷. E esta fonte é ou o banco de baterias ou o DGE (Diesel Gerador de Emergência), que atua em casos de “blackout” no navio, sendo responsável por manter alguns sistemas essenciais ao navio em funcionamento, como os sistemas de navegação e governo, funcionamento de bombas e compressores de emergência e a iluminação de emergência do navio. Esse Diesel Gerador deve sempre estar pronto para ser operado, pois a qualquer momento por qualquer que seja a causa, o barramento principal pode ficar desenergizado. Então, essa máquina deve ter seus sistemas independentes dos sistemas da praça de máquinas, tendo um tanque de expansão de arrefecimento e tanque de combustível próprio. O motor gerador de emergência é de menor porte que os MCAs, porém a sua manutenção é rígida e freqüente, pois é um elemento obrigatório para a embarcação.

Diferente dos outros geradores, o DGE fica localizado fora da praça de máquinas com fácil acesso ao convés aberto, para no caso de a praça de máquinas se tornar inacessível para a sua partida e deve ser capaz de alimentar todos os elementos ligados ao QEE (Quadro Elétrico de Emergência), que são os elementos essenciais ao navio.

Além desses fatores dessa fonte de energia de emergência, o DGE deve obedecer outras regras contidas na Convenção SOLAS Cap II-1 Parte D, como:

- Partir e alimentar os circuitos de emergência automaticamente em até 45 segundos;
- Usar combustível com mais de 43° C de ponto de fulgor;
- Poder operar com até 22,5° de banda e até 10° derrabado ou abicado;
- Partir sem aquecimento com até 0° C;
- Partida automática com no mínimo três tentativas;
- Possuir mais de um dispositivo de partida, com mais três tentativas em um espaço de 30 minutos, a menos que a partida manual seja efetiva.

Vale ressaltar que esse é um motor que entra em funcionamento por um tempo mínimo estabelecido pela SOLAS, logo não deve ficar em funcionamento deliberadamente. Assim, há um dispositivo de segurança que permite que o DGE só

entre no barramento quando não houver nenhuma outra fonte de energia já ligada no barramento.

Figura 2: DGE e seu Quadro Elétrico de Emergência do NSS Felinto Perry



Fonte: Elaborada pelo autor

3.3 Gerador de Eixo

Pode-se dizer que é um gerador que sua parte motriz é a energia cinética do eixo propulsor do navio, oriundo do MCP (Motor de Combustão Principal). Este gerador é acoplado ao eixo propulsor por meio de engrenagens. Como todo alternador de bordo, precisa-se de velocidade constante para manter constante a frequência da tensão gerada. Assim, há dois tipos de geradores de eixo utilizados em navios: os geradores diretamente acoplados ao eixo propulsor, sendo que o regulador de velocidade encontra-se no motor principal e os geradores acoplados ao eixo por engrenagens entre o eixo e o acoplamento (“clutch”) e o regulador de velocidade está ligada ao alternador.

No primeiro caso, tem-se a utilização da velocidade constante do motor propulsor, ou seja, o regulador de velocidade síncrono está acoplado ao MCP. As variações de carga impressas ao motor, como mau tempo e manobras são corrigidas através do hélice de passo variável. Esse arranjo também é conhecido como PTO (“Power Take Off”).

Já o segundo tipo de gerador não necessita de velocidade constante do eixo propulsor, pois o regulador de velocidade está diretamente ligado ao alternador e este, ligado por acoplamento e uma caixa redutora de engrenagens. Em todos esses casos, o gerador de eixo trabalha apenas em uma faixa de velocidade e em um sentido de rotação do eixo acionador. Fora dessas condições, o gerador de eixo não pode ser empregado, ficando desacoplado do eixo propulsor.

Esse tipo de gerador tem algumas vantagens sobre os Diesel-geradores, como o a utilização de menor espaço na praça de máquinas e a não utilização de combustível somente para o alternador, pois já se aproveita a energia cinética do eixo propulsor do navio. Além disso, sua manutenção é mais simples, uma vez que o gerador não tem os sistemas auxiliares de um motor, tendo que se preocupar somente com a sua lubrificação e da caixa redutora. É, ainda, um equipamento de grande durabilidade e de poucos ruídos.

No entanto, esse aproveitamento de energia do MCP traz algumas desvantagens ao gerador de eixo, como por exemplo, um acréscimo de carga ao motor principal e conseqüentemente uma perda de até 8% da potência nominal, o que acarreta em aumento do consumo específico de combustível e de óleo lubrificante. Ainda assim, há o fato de que esse gerador não funciona sem que o MCP esteja funcionando ou em regime de manobra. Este último deve-se ao fato de estar constantemente mudando a velocidade do motor para a manobra, o que mudaria a frequência da tensão gerada. Ou seja, o gerador de eixo é mais utilizado quando estiver em regime de viagem e, enquanto isso se utilizaria dos MCAs.

3.4 Turbo Gerador

O princípio de funcionamento de um turbo gerador é semelhante aos outros tipos de gerador, porém o que o diferencia dos outros é a parte motriz do alternador, que será o aproveitamento da energia de uma turbina. Os principais tipos de turbinas são: turbina a vapor, turbina a gás, turbina nuclear, turbina hidráulica e turbina eólica. A de tipo hidráulica não é mais utilizada a bordo de embarcações

4 GERADORES A BORDO

Já foi mencionado neste trabalho os princípios e formas de se utilizar um gerador, os geradores de bordo são exatamente iguais aos já vistos, porém de acordo com as convenções pré-estabelecidas pela SOLAS existem algumas especificações em sua instalação e manutenção. Segue a seguir alguns modelos que serão utilizados a bordo.

4.1 Quadros elétricos e consumidores

Os quadros elétricos são responsáveis pelo armazenamento e distribuição da energia de bordo. Tais quadros têm sua voltagem pré estabelecida e um padrão quanto ao seu dispositivo.

Os consumidores de bordo são equipamentos utilizados durante o dia a dia dos tripulantes nas instalações, pode-se ilustrar alguns como chuveiros, televisores, geladeiras, sistemas de automação (um dos principais sistemas de bordo que nos dias atuais substitui por muitas vezes o trabalho manual), entre outros.

4.1.2 QEP

O Quadro Elétrico Principal, ou do inglês, Main Switchboard, é um conjunto de “armários” distribuídos e montados próximos um dos outros no Centro de Controle da Máquina (CCM), sendo, portanto de fácil acesso. Nos navios pequenos pode existir apenas um único armário. O QEP tem a função de receber, controlar e distribuir a energia elétrica produzida pelos geradores principais, como os MCAs ou turbos geradores e também de outros geradores como os geradores de eixo. Este quadro faz parte do sistema principal de energia do navio.

Cada um dos armários do QEP possui uma finalidade e designação. Por exemplo, o quadro com as chaves e instrumentos para controlar o paralelismo dos geradores é chamado de quadro de sincronização ou de sincronia; o quadro com os disjuntores que alimentam os utilizadores é chamado de quadro de distribuição; o quadro alimentado pelos transformadores que tem os disjuntores de iluminação é chamado de quadro de iluminação; e assim por diante. O QEP com suas funções

possibilita que todos, ou praticamente todos, os geradores da Praça de Máquinas entrem em paralelo no barramento, um de cada vez.

Hoje em dia existem QEPs mais modernos que possuem muitas outras funções, como por exemplo, podemos citar a automação do QEP, ou também chamada de supervisão do QEP. Este sistema moderno é composto por circuitos elétricos e eletrônicos com alimentação de 24 volts CC do sistema transitório que tem como finalidade realizar alguns controles automáticos, dentre os quais podemos destacar:

- a) Possibilitar que os grandes disjuntores do QEP sejam abertos ou fechados com o toque de um pequeno botão;
- b) Permitir o funcionamento das seguranças dos disjuntores do QEP e do próprio QEP;
- c) Desligar cargas não essenciais em caso de sobrecarga;
- d) Iluminar o QEP para o operador;
- e) Manter em funcionamento os registros automáticos do QEP.

Cada navio possui finalidades diferentes para a automação do QEP, por exemplo, existem embarcações que possuem, dentre outras funções, o controle da operação dos grupos geradores em paralelo. Então cabe ao tripulante de máquina conhecer e familiarizar-se com cada função da supervisão do quadro para uma perfeita condução dos serviços elétricos de bordo. Cabe ressaltar ainda que as funções da supervisão devem atuar mesmo que ocorra total falta da energia elétrica gerada a bordo e que o QEE também possui um sistema de supervisão próprio, utilizando 24 volts CC do sistema transitório.

Existe outra finalidade importante a ser considerado no sistema de supervisão do QEP que é a prioridade para desligar as cargas elétricas em uma eventual sobrecarga no mesmo. As cargas são divididas, normalmente, em dois grupos, ou mais. No primeiro estão as cargas “essenciais”, como são algumas vezes chamadas, as quais são mantidas ligadas pela supervisão do quadro em caso de sobrecarga, podemos citar por exemplo as auxiliares da propulsão e uma bomba do leme.

No segundo grupo estão as cargas “não essenciais” que são as primeiras a serem desligadas em caso de sobrecarga; nesse segundo grupo no QEP, por exemplo, estão as exaustões de banheiros e o fogão da cozinha.

Um dos fatores mais importantes em relação as partes componentes de um QEP, tão bem como de um QEE, é o controle das baixas na resistência de isolamento

nos cabos elétricos usados na distribuição de energia, ou mais comumente chamado a bordo de “baixas”. Este requisito é exigido pela convenção solas (Regra 45.4.2 do capítulo II-1, parte D).

A cabeaço do navio abrange todos os tipos de cabos elétricos. Ela atravessa os compartimentos do navio presa e apoiada em cabides metálicos de diversas espécies. Esses cabides, por sua vez, estão conectados à estrutura do navio, mecânica e eletricamente (em graus variados). O potencial elétrico da estrutura do navio é zero por definição, porque tem quase o potencial da “terra” (“earth” ou “ground”).

Quando acontece alguma avaria ao isolamento de qualquer um dos cabos elétricos por qualquer motivo que seja e em qualquer fase, já que a bordo não existe o neutro. Teremos então a existência de uma baixa resistência de isolamento, que quanto maior for o dano maior será o valor da baixa.

O controle das baixas de resistência de isolamento é de suma importância e deve ser levado a sério, pois a maioria dos incêndios a bordo de origem elétrica tem início em uma “baixa”.

4.1.2 Barramento

O barramento fica dentro do QEP e tem como finalidade interligar todos os “armários” do quadro elétrico. Ele consiste em conjuntos triplos (trifásicos) com barras de material condutor ligando os terminais dos cabos dos geradores aos disjuntores dos geradores nos quadros dentro de cada armário e desses disjuntores aos demais quadros ou “armários”. É comum a bordo chamar o barramento pela sua finalidade e aplicação, por exemplo, barramento dos geradores, da força, da iluminação, etc.

Ainda dentro do QEP, estão ligados ao barramento, dentre outros, os quadros de distribuição com os disjuntores que alimentam as auxiliares da praça de máquinas e a chave que interliga o Quadro Elétrico Principal (QEP) na praça de máquinas ao Quadro Elétrico de Emergência (QEE) no compartimento do DGE. Esses quadros com disjuntores de 440 volts são conhecidos como quadros de força. Também está ligado ao barramento do QEP o quadro com as chaves de 440 volts que alimentam os transformadores da iluminação principal que energizam o chamado de quadro de

iluminação. Os circuitos após os transformadores podem ser em 220 ou 127 volts conforme o navio, e são designados como circuitos de iluminação.

4.1.3 QEE

O quadro elétrico de emergência possui a mesma estrutura do quadro elétrico principal, mas a sua função é fornecer energia necessária a todos os equipamentos necessários a navegação com segurança, como iluminação de emergência, uma bomba do leme, etc.

Em situações normais de operação o quadro elétrico de emergência é alimentado pelo quadro elétrico principal com energia proveniente dos geradores (MCAs), mas em situações de emergência, ou seja, em caso de falha no suprimento de energia dos geradores O QEE é alimentado por uma fonte de emergência de energia exigida pelo SOLAS, podendo ser baterias ou DGE. Sendo o caso mais comum o uso do DGE.

Ao tratar especificamente da localização do QEE a regra 42 do capítulo II-1, parte D da convenção SOLAS nos itens 1.2 e 1.3 especifica o seguinte:

1.2 A fonte de emergência de energia elétrica, os transformadores a ela associados, se houver, a fonte transitória de energia elétrica de emergência, o quadro elétrico de emergência e o quadro elétrico de iluminação de emergência de verão estar localizados acima do convés contínuo mais alto e deverão ser facilmente acessíveis partindo-se do convés aberto. Tais equipamentos não deverão estar localizados a vante da antepara de colisão.

1.3 A localização da fonte de emergência de energia elétrica e transformadores associados, se houver, a fonte transitória de energia elétrica de emergência, o quadro elétrico de emergência e os quadros elétricos de iluminação de emergência em relação à fonte principal de energia elétrica, transformadores associados, se houver, e o quadro elétrico principal deverá ser tal que garanta, satisfazendo à Administração, que um incêndio ou outro acidente em compartimentos onde estão a fonte principal de energia elétrica, transformadores associados, se houver, e o quadro elétrico principal ou em qualquer compartimento de máquinas categoria A, não venha a interferir no suprimento, no controle e na distribuição da energia elétrica de emergência. Tanto quanto for possível, o compartimento onde está a fonte de

emergência de energia elétrica, transformadores associados, se houver, a fonte transitória de energia elétrica de emergência e o quadro elétrico de emergência não deverão ser contíguos aos limites dos compartimentos de máquinas categoria A ou a compartimentos onde está a fonte principal de energia elétrica, transformadores associados, se houver, ou o quadro elétrico principal.

Devido a estas especificações o QEE pode operar nas mais diversas emergências, mas se torna de difícil acesso a tripulação de máquinas.

4.2 Sistema transitório

A fonte de emergência de energia elétrica de acordo com a convenção SOLAS pode ser um gerador ou uma bateria de acumuladores, e no caso de um gerador a convenção exige a existência de uma fonte transitória de energia elétrica.

A principal parte do sistema transitório é a bateria de acumuladores, que deve ser adequadamente localizada para ser utilizada em uma emergência, que deverá funcionar sem ser recarregada, mantendo a voltagem da bateria durante o período de descarga dentro de 12 por cento acima ou abaixo do seu valor nominal. Esta fonte de energia deverá ter transferência automática, e alimentar, dentre outros: a iluminação transitória mostrada no plano de segurança ("safety plan") do navio; a Luz de Manobra; as comunicações interiores; os sistemas de detecção e alarme de incêndio; a manobra das portas de incêndio; a Lâmpada Aldis ("Day-light"); o apito do navio; e todas as sinalizações interiores de emergência exigidas a bordo (Regras 42 e 43 do capítulo II-1, parte D da convenção solas).

A outra parte essencial do sistema transitório são os retificadores, que recebem a energia do sistema de iluminação de emergência (220 volts CA) do QEE (o qual por sua vez recebem energia do QEP), abaixam para 24 volts e retificam para CC. Os retificadores ainda incorporam um relé ou uma chave estática, que tem como função comandar o acendimento das luzes do sistema transitório quando faltar energia dos geradores do navio (apagão), antigamente chamadas de luzes de bateria e luzes de emergência.

Em condições normais a bordo, a energia do retificador, em 24 volts CC, é empregada para atender vários utilizadores importantes, notadamente os circuitos de automação (automação do MCP, dos MCAs, das caldeiras, de outras máquinas

auxiliares e a supervisão elétrica, ou seja, automação do QEP e do QEE). E, simultaneamente, para manter as baterias do sistema transitório em carga de flutuação (“flickering charge”), ou seja, todo o consumo dos utilizadores é suprido pelo retificador que ao mesmo tempo possibilita que as baterias estejam totalmente carregadas, para uma possível situação de emergência.

O retificador com as baterias e os utilizadores de 24 volts compõem o sistema transitório de energia, do inglês “transitional source for emergency electrical power”.

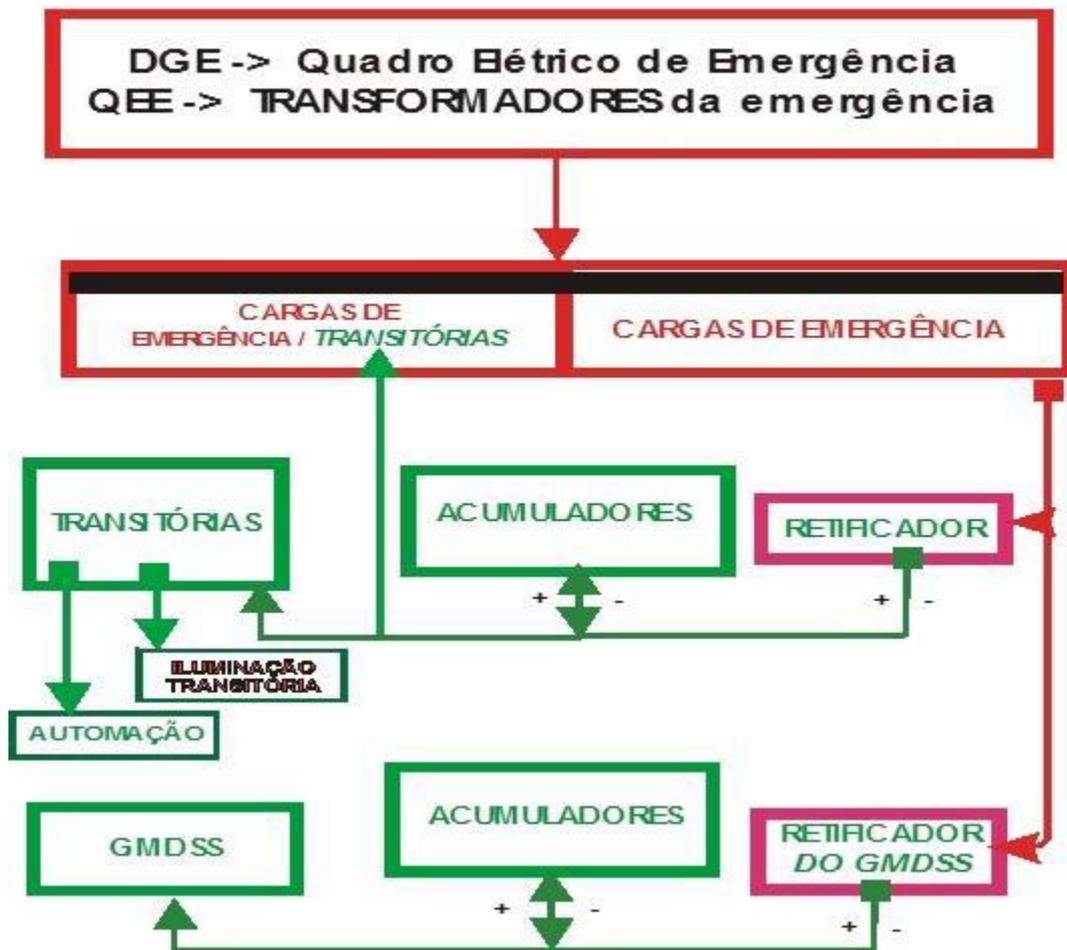
De acordo com a convenção SOLAS as baterias do transitório não podem estar no mesmo compartimento do QEE, nem do carregador. O carregador deve ter indicador e alarme de descarga das baterias. O compartimento que contem as baterias deve ter exaustão mecânica adequada para os gases produzidos pela carga das baterias e instalação elétrica à prova de explosão. (Regra 45.9.1 do capítulo II-1, parte D da convenção solas).

Hoje em dia é comum ver embarcações modernas que possuem diferentes sistemas transitórios, em vez de um sistema único. Estes sistemas são totalmente independentes e separados um dos outros e são dedicados para cada serviço, como por exemplo, um sistema para a iluminação transitória, outro para a automação das MCI, outro para os sistemas de detecção e alarme de incêndio e alarmes, etc.

Cabe assinalar que, até cerca de três décadas atrás, um sistema de energia com baterias de 24 volts CC era a única fonte de energia alternativa aos geradores da praça de máquinas. Ela se destinava quase que exclusivamente ao acendimento das luzes de 24 volts da então chamada iluminação de emergência, agora conhecida como iluminação transitória. A antiga denominação, iluminação de emergência, ainda hoje é válida. Ela é usada para designar as luzes de 24 volts, tanto nos navios antigos quanto nas embarcações menores, as quais podem dispensar o DGE e possuem apenas sistema de baterias.

Outro requisito importantíssimo exigido pela convenção (na regra 13 do capítulo IV, parte C do SOLAS) é a existência de um sistema com baterias dedicadas para o GMDSS totalmente separado e independente do sistema transitório de 24 volts. Nos navios antigos, sem GMDSS, essas baterias separadas também existiam e atendiam à Estação Radio (equipamentos de HF e MF) e um VHF do passadiço. Nos novos navios as baterias ligam todo o GMDSS.

Figura 3: Esquema de um sistema transitório



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho tem como finalidade a apresentação e explicação do sistema elétrico genérico em um navio padrão SOLAS, desde a sua geração, distribuição e o consumo. Foram apresentados como ocorre a geração de energia através de um gerador elementar, os tipos de geradores mais utilizados a bordo, com suas vantagens e desvantagens e a importância de um sistema elétrico de emergência e um sistema elétrico transitório.

Além disso, foi explicado como funciona a distribuição elétrica por barramentos, tendo um barramento de emergência junto ao QEE que alimenta os consumidores essenciais e o barramento principal ligado ao QEP que realiza a alimentação de todos os utilizadores de bordo, além da automação atual que é capaz de supervisionar o sistema e otimizar a interação Homem-Máquina.

Temos que todos esses tipos de informações estão ligados ao plano de balanço elétrico do navio, que é uma ferramenta importante para o entendimento de um funcionamento correto e seguro da praça de máquinas como um todo.

E o mais importante é que todos os requisitos apresentados nesse trabalho estão regulamentados na Convenção SOLAS Cap. II-1 Parte D, que cuida de toda estrutura elétrica de uma embarcação e o oficial de máquinas deve ter esse conhecimento do funcionamento elétrico da praça de máquinas.

Com isso, todo o conteúdo apresentado conclui o objetivo do trabalho que é fazer um apanhado geral a respeito da capacidade de geração de energia elétrica a bordo, e principalmente, fornecer um material útil e resumido sobre o tema. Foi show.

REFERÊNCIAS

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.,

ASEA BROWN BOVERI – ABB, **Reliable marine propulsion**. 3BFV000245R01 REV E ©

BARROS, F. S. **Análise das condições de operação de turbinas a gás industriais**

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.

<http://imtech.com/EN/Marine/Technologies/Propulsion/Diesel-Electrical-propulsion.html>. Acessado em 21 de Junho de 2016

http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_t02.asp. Acessado em 13 de Junho de 2016

<http://www.mundociencia.com.br/fisica/eletricidade/historiaeletricidade.htm>. Acessado em 5 de Julho de 2016

<http://www.professionalmariner.com/October-2007/Diesel-electric-propulsion-pushes-ahead/>. Acessado em 11 de Agosto de 2016

<http://www.significados.com.br/energia/>. Acessado em 28 de Agosto de 2016

https://pt.wikipedia.org/wiki/Indu%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica. Acessado em 18 de Março de 2016

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

Naval Architecture of Electric Ships – Past, Present and Future, SNAME Transactions, Vol. 101, pp. 583-607, 1993.

Utilizando biomassa gaseificada, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, EFEI, Agosto, 1998.