



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



EDSON TEIXEIRA MOREIRA



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

**RIO DE JANEIRO
2013**

EDSON TEIXEIRA MOREIRA

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

Monografia apresentada 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 (A): CMG EDEN GONZALEZ
IBRAHIM**

Rio de Janeiro

2013

EDSON TEIXEIRA MOREIRA

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

Monografia apresentada 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 (a): CMG EDEN GONZALEZ IBRAHIM

CMG – Ref/ CLC/ OSM

Mestrado e Doutorado em Ciências Navais

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, por sempre se mostrarem presentes em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me possibilitar a dar mais um passo à frente em minha carreira e me mostrar que nunca estou sozinho. Aos meus pais por me ensinarem a viver com dignidade e por me apoiarem em todos os momentos. Ao meu irmão e melhor amigo, pois sei que sempre estará ao meu lado. Aos meus familiares e amigos que tornam esta caminhada muito mais fácil. E por último, mas não menos importante, meu orientador e mestre Ibrahim por me auxiliar pacientemente na realização deste trabalho e por ser um exemplo de profissional. Muito obrigado.

Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.
(THOMAS EDISON)

RESUMO

Este trabalho versa sobre a crescente utilização da energia elétrica a bordo e, em virtude deste fato, a grande necessidade de sua geração. Apresenta os diferentes tipos de geradores baseado em seus acionadores e destaca os mais comumente utilizados a bordo de embarcações mercantes explicando o funcionamento dos mesmos e ressaltando a importância na operação quanto à segurança do navio e da própria tripulação.

Explica também como é feita a distribuição da energia para os mais diversos utilizadores a bordo, distinguindo o quadro elétrico principal do quadro elétrico de emergência e mostrando suas características quanto a funcionalidade e operação. Além de apresentar o sistema transitório nas situações em que é exigido pela convenção SOLAS.

Além disso, explica a importância da realização do balanço elétrico em embarcações, sendo este base para escolha dos geradores que possam suprir toda a demanda energética da embarcação, mesmo em momentos críticos. E destaca a importância da reserva de energia a bordo para a operação segura do navio.

E por último cita os exemplos gerais de consumidores energéticos a bordo dando ênfase a crescente utilização de sistemas de propulsão elétrica e thrusters a bordo das embarcações modernas.

Palavras-chave: Energia elétrica. Geradores. Embarcações. Consumidores energéticos.

ABSTRACT

This work deals with the increasing use of electrical power on board, and in virtue of this fact, the great need of electrical generation. It presents the different types of generators based on their triggers, and highlights the most commonly used on merchant vessels explaining their operation and emphasizing their importance in operation as the safety of the ship and her crew.

Also Explains how is the distribution of energy to the more diverse users on board, distinguishing the main switchboard from the emergency switchboard and showing their characteristics regarding the functionality and operation. In addition to presenting the transitional system in situations in which it is required by the SOLAS convention.

In addition, it explains the importance of the electrical balance in vessels, being this basis for choice of generators that can supply the entire energy demand of the boat, even in critical moments. And highlights the importance of energy reserve aboard for the safe operation of the ship.

And finally mentions the general examples of energy consumers on board giving emphasis to the increasing use of electric propulsion systems and thrusters aboard of modern ships.

Key-words: Electrical power. Generators. Ships. Energy consumers.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de um diesel gerador

Figura 2: Sistema de um gerador de eixo do tipo PTO

Figura 3: Sistema de um gerador de eixo com regulador de velocidade

Figura 4: Esquema de um turbo gerador e caldeira de recuperação

Figura 5: DGE de um navio tanque

Figura 6: Esquema de um sistema transitório

Figura 7: Exemplo de um plano de balanço elétrico de uma embarcação

Figura 8: Diagrama de um sistema de propulsão elétrica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 ENERGIA	11
1.1 A importância da energia elétrica a bordo.....	12
1.2 Corrente alternada versus corrente contínua	12
2 SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	14
2.1 Principais geradores a bordo	15
2.1.1 Diesel geradores	15
2.1.2 Geradores de eixo	17
2.1.2.1 Vantagens.....	19
2.1.2.2 Desvantagens.....	20
2.1.3 Turbo geradores.....	20
2.2 Fonte principal de energia elétrica.....	21
2.3 o gerador de emergência e a fonte de emergência de energia.....	22
3 DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E ARMAZENAMENTO.....	24
3.1 QEP.....	24
3.1.1 Barramento.....	26
3.2 QEE.....	26
3.3 Sistema transitório.....	27
4 PLANO DE BALANÇO ELÉTRICO.....	30
4.1 Reserva de energia.....	31
4.2 Consumidores gerais.....	32
4.3 MPE e thrusters.....	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

INTRODUÇÃO

A Marinha Mercante sempre teve um importante papel na economia mundial. E tão importante quanto a carga transportada são as embarcações que a transportam. E se tratando de embarcações atuais, deve-se ter uma atenção especial a geração de energia elétrica a bordo, pois sem eletricidade seria inviável a operação de uma embarcação nos moldes atuais, visto que os navios modernos são totalmente dependentes de energia elétrica.

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 objetiva 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 o sistema transitório. E por último será demonstrado a importância do plano de balanço elétrico.

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.

CAPÍTULO 1

ENERGIA

O conceito de energia é, na verdade, algo intuitivo, pois não existe uma definição específica para esse fenômeno físico. É fácil e notório sentirmos a energia em determinados momentos, como o calor que sentimos com a queima de uma fogueira, a luz emitida pela chama da vela, a água de uma cachoeira movendo as turbinas de usinas hidrelétricas, entre outros.

É bem difundido, não só em senso comum, que energia associa-se geralmente à capacidade de produzir um trabalho ou realizar uma ação. Em verdade, a etimologia da palavra tem origem no idioma grego, onde *εργος* (ergos) significa "trabalho".

Falar sobre o conceito de energia baseando-se no conceito de trabalho é a forma mais simples e compreensível para mostrar às pessoas, com precisão e rigor, uma ideia carregada de significados, como é a energia.

Em verdade, a energia acompanha a humanidade desde o início de sua existência. Os humanos primitivos contavam apenas com seus músculos para sobreviver; aos poucos aprenderam a dominar o fogo e a usar a combustão da lenha, que por longos séculos constituiu a principal fonte de energia que dominavam; depois aprenderam a utilizar a energia do vento e da água e de alguns animais. Há pouco mais de duzentos anos ocorreu a grande transformação técnica e social chamada de revolução industrial, que resultou da invenção de aparelhos capazes de produzir energia com mais eficiência do que os equipamentos que existiam naquela época. Essa mudança foi possível graças à utilização intensa de novo combustível – o carvão mineral. Há uns cento e vinte anos apareceram os primeiros aparelhos apropriados para produzir energia elétrica abundante.

A eletricidade se tornou a principal fonte de luz, calor e força utilizada no mundo moderno, ou seja, a principal fonte de energia atualmente. Fábricas, supermercados, shoppings, navios, plataformas e uma infinidade de outros lugares precisam dela para funcionar. Grande parte dos avanços tecnológicos que alcançamos se deve à energia elétrica.

1.1 A importância da energia elétrica a bordo

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 provêem 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.

1.2 Corrente alternada versus Corrente contínua

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.

CAPÍTULO 2

SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O sistema de geração de energia elétrica a bordo é composto pelos geradores elétricos que tem a função de produzir a energia necessária ao funcionamento de todos os utilizadores de eletricidade a bordo como todas as máquinas elétricas, iluminação, automação, refrigeração, etc.

Dentro desse sistema deve existir uma fonte principal de energia elétrica e iluminação, e em quase todos os navios, uma fonte de emergência de energia elétrica estabelecida de acordo com a convenção SOLAS. Por esse motivo há diferentes níveis de exigência e requisitos quanto à funcionalidade do sistema em relação às fontes de energia elétrica refletindo em diferentes tipos de geradores quanto à construção, operação e funcionalidade.

O processo de geração de energia elétrica envolve a transformação de diferentes tipos de energia em energia elétrica. É um processo que acontece em duas etapas. Na primeira, uma máquina primária transforma diferentes tipos de energia (hidráulica, térmica, química, etc.) em energia cinética de rotação. Na segunda etapa um gerador elétrico transforma a energia cinética de rotação em energia elétrica.

Os equipamentos de geração de energia elétrica ou mais comumente chamados de Geradores recebem energia mecânica proveniente de um acionador (turbina, motor diesel, turbina hidráulica, etc.) e geram energia elétrica para um determinado sistema elétrico (uma grande região, uma cidade, uma base naval, um navio, um automóvel, etc.), ou seja, são constituídos de duas partes básicas: mecânica (máquina motriz) e Elétrica (gerador).

Enquanto sistemas menores (veículos, metrô, submarinos, etc.) podem ser alimentados com geradores de Corrente Contínua (CC), dínamos, grandes quantidades de energia devem ser geradas sob a forma de Corrente Alternada (CA) em Alternadores.

Como se tratando de navios estamos lidando com grandes quantidades de energia, então salvo casos específicos, a produção de energia elétrica é produzida por alternadores. Desta forma, quando nos referimos a grupos geradores estamos pensando em tensão alternada trifásica.

2.1 Principais Geradores a bordo

A bordo encontramos geralmente três tipos diferentes de geradores, classificados quanto ao tipo de acionador, que são: os diesel geradores, os turbos geradores (utilizando turbina a vapor) e os geradores de eixo. Cada tipo de gerador tem suas características, sua vantagem e desvantagem e cabe ao armador escolher o melhor que se enquadra a sua embarcação para o fim que se deseja. Cabe ressaltar o grande uso de turbo gerador (utilizando turbina a gás) em plataformas, mas que por enquanto não são muito utilizados em navios.

A evolução da tecnologia proporcionou maior contribuição da eficiência das turbinas a gás, como também a disponibilidade crescente de gás natural, com preços mais acessíveis, tem favorecido muito a implantação de sistemas de geração a partir de turbinas a gás.

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

2.1.1 Diesel geradores

Os diesel geradores como o próprio nome diz são geradores onde os acionadores são máquinas de combustão interna a diesel, geralmente de média rotação. São os mais comuns a bordo.

O gerador de energia em si é acoplado à máquina motriz. A bordo o tipo mais comum desse gerador é o do tipo excitatriz sem escovas (“brushless”), que necessita de muito menos manutenção do que o do tipo excitatriz com escovas.

Podemos dividir o diesel gerador em duas partes básicas: o motor, responsável por transformar a energia térmica proveniente da queima do combustível em energia cinética, e o alternador, responsável por transformar esta energia cinética em energia elétrica. O alternador é constituído de duas partes básicas: um sistema de excitação ou excitatriz e o gerador propriamente dito.

O motor diesel é semelhante a qualquer outro motor diesel, e sendo assim necessita de todo o cuidado e manutenção que um motor diesel necessita. Cuidados estes referentes a operação do motor, tendo em vista os sistemas de combustível, lubrificação, ar de lavagem, ar de controle, ar de partida, gases de descarga e arrefecimento. Mas um cuidado em especial deve-se ter em relação à velocidade, pois para geração de energia elétrica necessita-se de uma velocidade constante do motor utilizando para isto um regulador de velocidade síncrono.

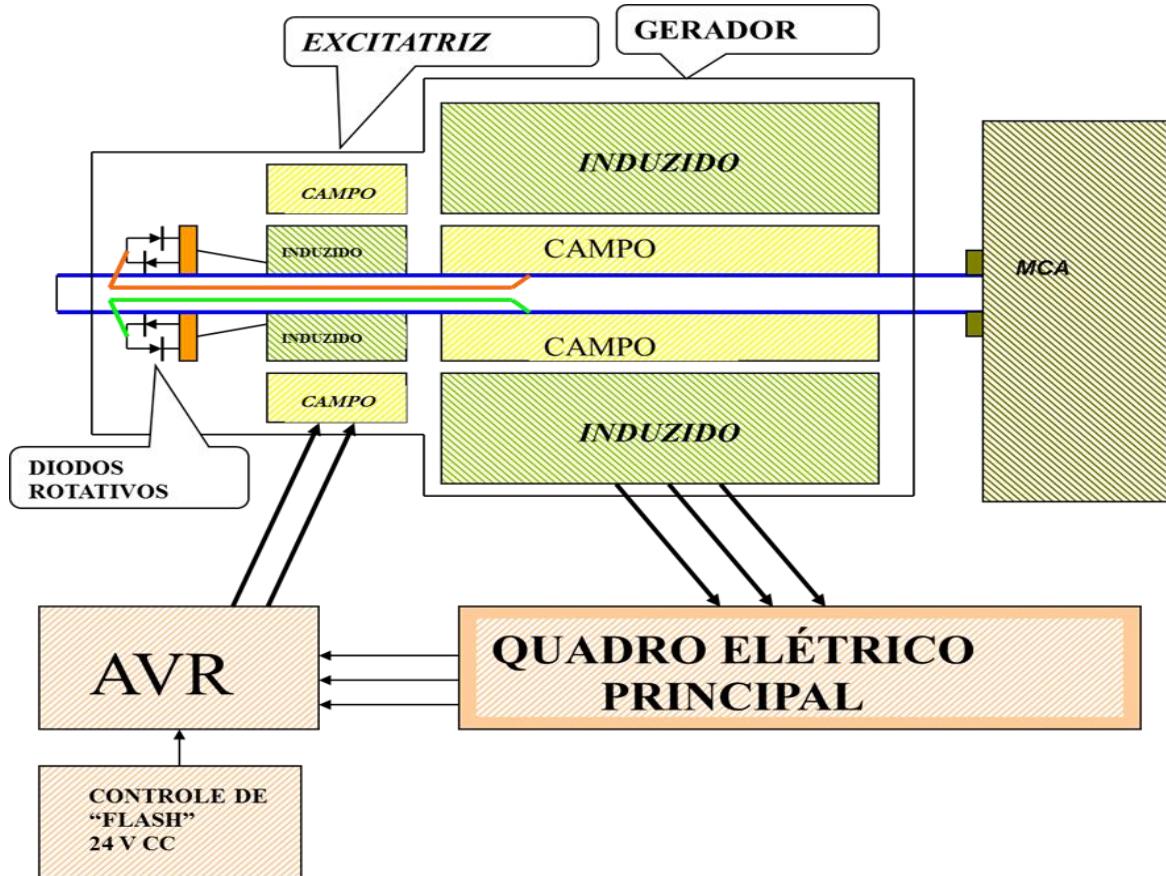
Os reguladores de velocidade síncronos mais usados são os mecânicos e os eletrônicos tendo em vista o mesmo princípio. A alteração de carga do motor tende a alterar a rotação do mesmo, O regulador sente então esta variação de velocidade e quase instantaneamente (por meios mecânicos ou eletrônicos) recoloca o motor na velocidade preestabelecida. A alteração da velocidade irá alterar a frequência da eletricidade gerada gerando então um problema.

A função básica do sistema de excitação, ou excitatriz é estabelecer a tensão interna do gerador, em qualquer instante e condições de carga. Em consequência, o sistema de excitação é responsável não somente pela tensão de saída da máquina, mas também pelo fator de potência e pela magnitude da corrente gerada. Isso acontece da seguinte forma: combinando o giro inicial do motor com o campo magnético surge uma tensão no induzido da excitatriz (por causa do magnetismo residual dos ímanes) e consequentemente uma corrente alternada, esta corrente (ca) passa por um retificador, uma ponte de diodos, e em forma de corrente contínua vão fornecer energia a dois eletroímãs que em conjunto com o giro do motor vão induzir uma tensão no induzido do gerador, tornando-se possível a produção de energia, esta é então entregue ao QEP. Então de uma forma simples controlando a tensão no induzido na excitatriz controla-se a tensão fornecida pelo gerador, que deve ser mantida constante para não danificar nenhum equipamento. Então para realizar este controle se torna essencial o uso de um aparelho denominado AVR.

O Regulador Automático de Voltagem, AVR (automatic voltage regulator), é um equipamento eletro-eletrônico instalado no QEP, um para cada gerador, com a finalidade de manter a tensão gerada, em cada máquina, dentro do valor ajustado pelo operador, apesar das variações na carga elétrica da embarcação 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. Nos navios modernos os AVRs podem incorporar dispositivos automáticos para distribuir a carga do navio e corrente reativa (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. 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.

Figura 1: Sistema de um diesel gerador



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

2.1.2 geradores de eixo

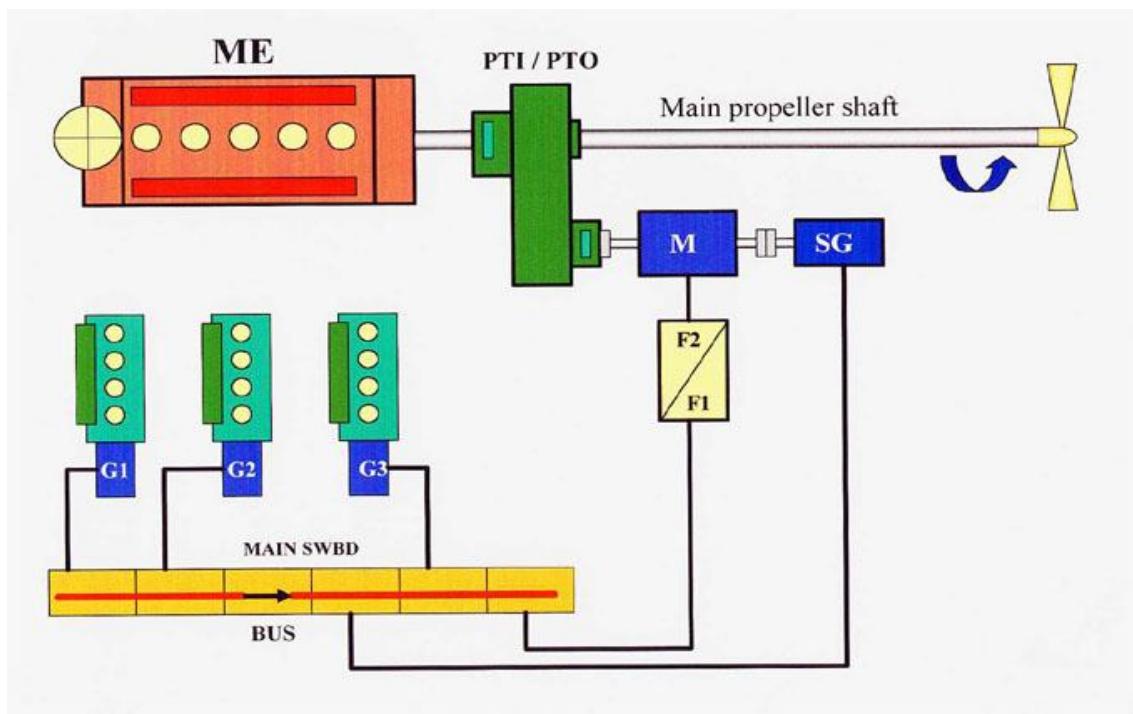
O termo “gerador de eixo” (“shaft generator”) se refere aos geradores que aproveitam a energia cinética do eixo propulsor, gerado pelo MCP, para geração de energia elétrica, ou seja, Este equipamento nada mais é do que um alternador acoplado ao eixo propulsor e conectado por engrenagens.

Nos navios que trabalham com gerador de eixo, dependendo da carga elétrica e da capacidade do gerador de eixo, a potência do MCP para a propulsão poderá ser reduzida em até cerca de 8%, valor esse correspondente à carga elétrica do gerador de eixo e as perdas na transmissão. Devido a este fato este tipo de gerador é visto até os dias atuais como vantajoso em navios que não necessitem de grande rotação, como petroleiros, graneleiros. Mas para navios que exijam grande rotação e potência este tipo de gerador não é muito viável, pois reduz consideravelmente a potência do MCP.

Como em qualquer gerador para perfeita produção de energia elétrica necessita-se de uma velocidade constante de rotação, velocidade esta que no caso de gerador de eixo é provida pelo eixo propulsor. Diante deste fato existem dois tipos básicos de gerador de eixo, sendo os mais comuns a bordo: os geradores acoplados diretamente ao eixo propulsor e os geradores acoplado ao eixo propulsor do navio, por engrenagens entre o eixo e o acoplamento (“embreagem” ou “clutch”), mais um dispositivo regulador de velocidade.

No primeiro caso o gerador é acionado diretamente pelo MCP, arranjo em que o MCP funciona em RPM constante mantida pelo seu regulador de velocidade, e as variações na propulsão do navio são atendidas por um hélice de passo variável. Esse arranjo também é conhecido como “PTO”.

Figura 2: Sistema de um gerador de eixo do tipo PTO

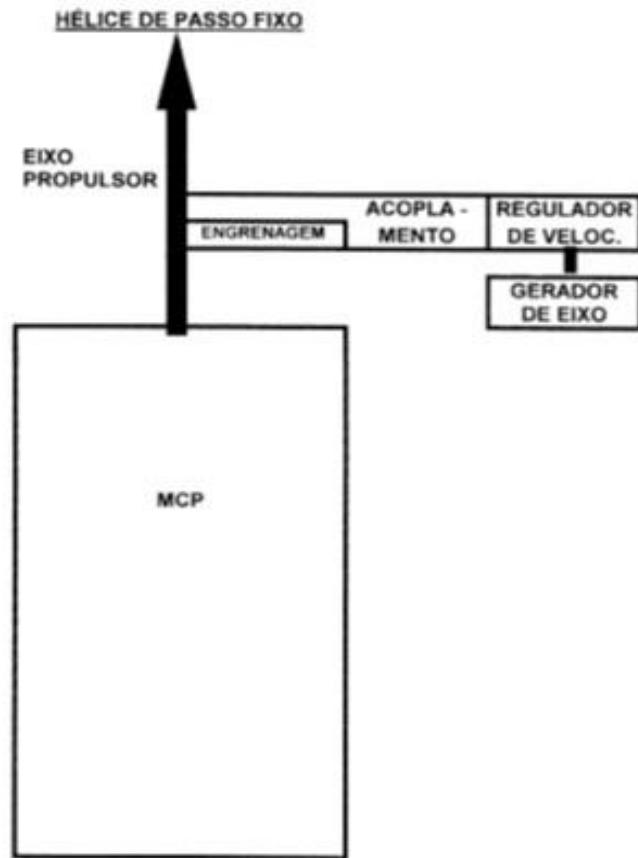


Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

Já no segundo tipo de gerador não se necessita de velocidade constante do eixo propulsor, visto que entre o gerador e o eixo propulsor existe um conjunto de engrenagens e um regulador de velocidade que transmite a velocidade necessária à operação do gerador. O gerador de eixo trabalha apenas em uma única faixa de velocidade e em um sentido de rotação do eixo acionador. Fora dessas condições o gerador de eixo não pode ser empregado, e fica desacoplado do eixo propulsor.

Figura 3: Sistema de um gerador de eixo com regulador de velocidade

EXEMPLO DE GERADOR DE EIXO DEPENDENTE DO EIXO PROPULSOR



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

2.1.2.1 Vantagens

Ocupa um menor espaço, pois é instalado próximo ao motor e, normalmente, esse lugar já foi reservado para o próprio motor;

Não possui sistemas auxiliares se comparado aos dieselos geradores

Como são acionados pelo motor principal são confiáveis;

Manutenção: Durante os primeiros anos de operação, só deve observar se o funcionamento está correto e a troca do óleo lubrificante. Além disso, existe o baixo custo com as peças de reposição. De uma forma geral manutenção simples e de baixo custo;

Durabilidade; Baixo nível de ruído; Significativa redução de custos de combustível.

2.1.2.2 Desvantagens

Sem a produção de energia no porto (quando o MCP não estiver em operação): o consumo de energia elétrica em geral tem que ser suprido por outro tipo de gerador (geralmente um diesel gerador);

A carga no motor principal, o consumo de óleo combustível específico e o consumo de óleo do cilindro aumentam quando o gerador de eixo está operando;

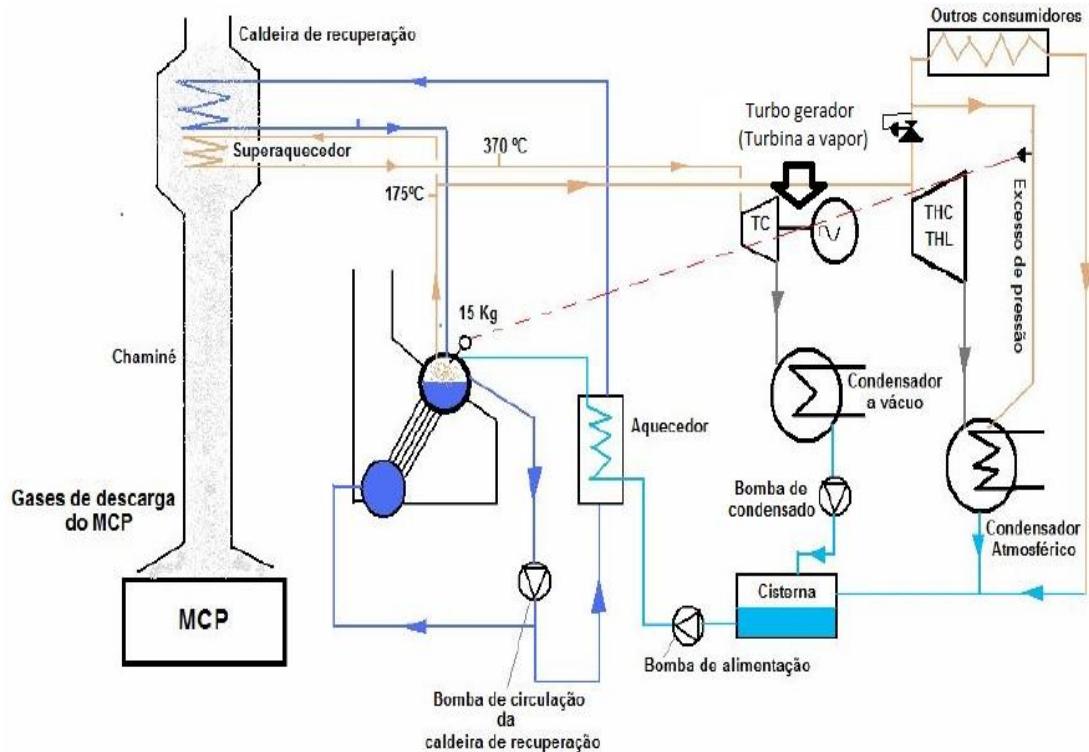
2.1.3 Turbos geradores

O princípio de funcionamento do turbo gerador é o mesmo dos outros geradores, porém, a rotação que impulsiona o alternador provém de uma turbina. Existem diferentes tipos de turbina que são classificadas quanto aos diferentes fluídos de trabalho. Os principais tipos são: turbinas a gás, turbinas a vapor, turbinas hidráulicas e turbinas eólicas. Mas a bordo a utilização de turbinas se restringe basicamente a turbinas a vapor.

O turbo gerador (turbina a vapor) possui algumas restrições e só pode ser encontrado em alguns navios específicos, pois para o acionamento da turbina necessita-se de um sistema de geração de vapor, a caldeira, além de um sistema de superaquecimento deste vapor. Além disso, uma caldeira consome muito combustível, ocupa muito espaço no navio dentre outros fatores. O que não é muito vantajoso aos olhos do armador.

Uma solução bastante prática encontrada a bordo é a utilização dos gases de descarga do MCP para produção de vapor, ou seja, uma caldeira de recuperação. Isso economiza uma grande quantidade de combustível que seria utilizada na caldeira. Sendo possível então com este modelo a obtenção de vapor superaquecido para acionamento de um turbo gerador.

Figura 4: Esquema de um turbo gerador e caldeira de recuperação



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

2.2 Fonte principal de energia elétrica

A fonte principal de energia elétrica a bordo é provida pelos geradores principais. A grande maioria dos navios utiliza como gerador principal os diesel geradores, chamados a bordo de MCA (motor de combustão auxiliar), mas há também embarcações que usam turbos geradores como geradores principais, mas estes são uma minoria.

A fonte principal de energia elétrica de acordo com a convenção SOLAS deve prover energia necessária a embarcação para manter o navio em condições normais de funcionamento e habitabilidade sem ser necessário recorrer a fonte de emergência de energia elétrica.

A fonte principal deverá consistir no mínimo de dois grupos geradores, mas um gerador só deve ser capaz de suprir os serviços necessários para estabelecer condições operacionais normais de propulsão e de segurança e garantir as condições de conforto mínimo em relação a habitabilidade, como serviços adequados para cozinhar, para aquecimento,

refrigeração doméstica, ventilação mecânica, serviço sanitário e fornecimento de água doce, mesmo na ausência de um grupo gerador.

Um outro fator importante é que as instalações a bordo desta fonte de energia deve ser de tal maneira que assegure o suprimento elétrico seja qual for a velocidade e o sentido de rotação das máquinas principais e do eixo propulsor.

É importante ressaltar que a SOLAS estabelece que o grupo gerador sozinho deva capacitar o acendimento do navio que esteja na condição de apagado, sendo permitido o uso do gerador de emergência (DGE) para acender o navio, sozinho ou associado à outra fonte de energia.

Com relação ao sistema principal de iluminação elétrica a SOLAS estabelece que este sistema assegure iluminação para setores do navio normalmente acessíveis aos passageiros ou à tripulação e por eles utilizados e deverá ser alimentado pela fonte principal de energia elétrica.

2.3 o gerador de emergência e a fonte de emergência de energia

O termo gerador de emergência se refere aos geradores que são acionados em casos de emergência, ou seja, em casos em que o gerador principal falha. Eles provêem a fonte de energia de emergência.

De acordo com a convenção SOLAS a fonte de energia elétrica de emergência pode ser um DGE ou bateria de acumuladores, mas o mais comum a bordo é a utilização do DGE (diesel gerador de emergência) para suprir a fonte de emergência, pois seria inviável a utilização de bateria de acumuladores suprindo toda esta energia, visto que as baterias ocupam muito espaço e tem um peso elevado, além de produzir atmosfera explosiva no processo de carga.

Pela convenção SOLAS quando a fonte de emergência for um DGE ainda deverá ter outra fonte de energia, chamada de transitória, com baterias, além do DGE.

A Convenção estabelece que o funcionamento dessas fontes de emergência e transitória deve perdurar por tempos mínimos que variam conforme a utilização e o tipo de navio.

A fonte de energia de emergência deve:

- a) Partir e alimentar os circuitos de emergência automaticamente em até 45 segundos
- b) usar combustível com mais de 43° C de ponto de fulgor
- c) Poder operar com até 22,5° de banda e até 10° derrabado ou abicado

No caso dos DGE, a Regra exige o seguinte para a partida:

- a) Partir sem aquecimento com até 0°C;
- b) Partida automática com no mínimo três tentativas;
- c) Segundo dispositivo de partida com mais três tentativas em um espaço de 30 minutos, a menos que a partida manual seja efetiva;

O DGE tem que suportar toda a carga ligada ao QEE, ou seja, tem que suportar toda carga essencial para a navegação com segurança. E 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.

É oportuno lembrar que o DGE, motor acionador inclusive, 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.

Figura 5: DGE de um navio tanque



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

CAPÍTULO 3

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E ARMAZENAMENTO

3.1 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 dasseguranças 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 cabeação 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”.

3.1.1 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.

3.2 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.

3.3 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”.

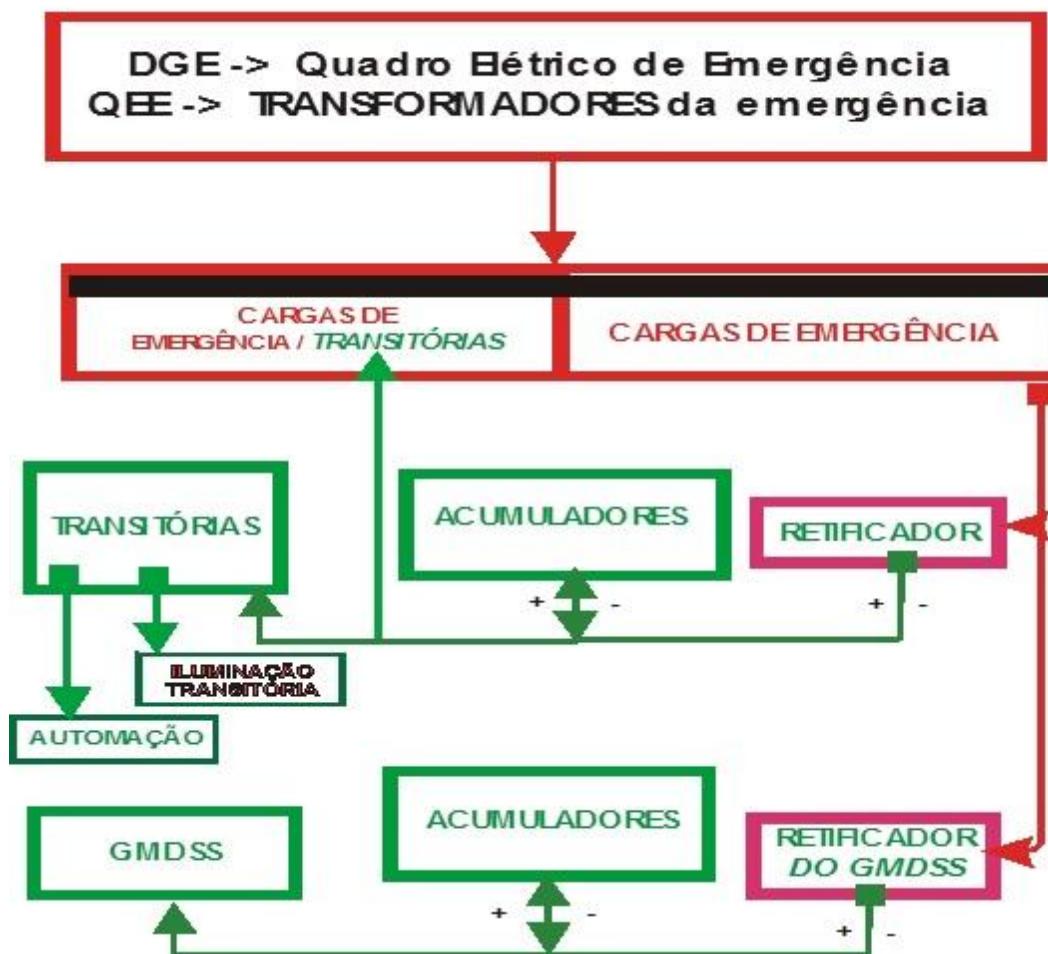
De acordo com a convenção SOLAS as baterias do transitório não podem estar no mesmo compartimento do QEE, nem do carregador. O carregador deve ter indicador e alarme de descarga das baterias. O compartimento que contem as baterias deve ter exaustão mecânica adequada para os gases produzidos pela carga 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 6: Esquema de um sistema transitório



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

CAPÍTULO 4

PLANO DE BALANÇO ELÉTRICO

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

Nesse plano podemos encontrar, entre outras coisas, a quantidade de geradores empregados em cada condição (viagem, manobra, operação, etc.). Esse mesmo plano também tem grande importância nas situações em que se deseja uma redução no consumo de energia em virtude de avarias, falhas ou restrições na capacidade de geração do navio, pois se pode observar o consumo de cada grupo das cargas elétricas e analisar quais dentre estas podem ser cortadas. Ainda nesse plano é mostrado a utilização dos geradores de eixo dependentes do sentido e da velocidade da rotação do eixo propulsor do navio, quando for o caso.

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.

O plano de balanço elétrico se apresenta em um caderno com várias folhas demonstrativas das medições e cálculos efetuados. Um extrato da última folha de um plano de balanço elétrico, contendo o resumo das cargas elétricas de um navio hipotético, está representado na figura a seguir. Em um navio com propulsão elétrica o conhecimento dos valores desse plano se torna indispensável à condução.

Figura 7: Exemplo de um plano de balanço elétrico de uma embarcação

RESUMO							
GRUPO	DESCRÍÇÃO (VALORES EM KW)	NO MAR	EM MANOBRA	NO PORTO	OPERANDO DESCARGA	LIMPEZA TANQUES	LASTRO E ALIJ.
I	PRAÇA DE MÁQUINAS (SVÇ. CONTINUO)	499,59	499,59	108,82	522,32	748,59	664,49
II	PRAÇA DE MÁQUINAS (SVÇ. INTERMIT.)	11,92	26,58	8,84	11,74	11,92	11,92
III	COMPTº DIVERSOS (FUNC. INTERMIT.)	2,0	2,0	1,6	1,6	2,0	2,0
IV	AR CONDICIONADO	68,24	68,24	68,24	68,24	68,24	68,24
V	FRIGORÍFICA	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
VI	EQUIPAMENTOS NÁUTICOS	18,0	18,0	5,8	2,0	18,0	18,0
VII	INSTALAÇÕES DIVERSAS	-	-	-	119,7	119,7	-
VIII	COPA / COZINHA	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
IX	LAVANDERIA	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
X	MAQUINARIA DE CONVÉS	37,0	120,0	46,2	77,5	68,3	49,6
XI	OFICINA MECÂNICA	4,6	4,6	6,5	4,6	4,6	4,6
XII	SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	110,72	119,11	85,35	132,65	144,54	126,1
	CARGA TOTAL DO NAVIO - KW	786,77	892,82	366,05	975,05	1220,59	979,65
	DISPONÍVEL 1 GERAD. - KW ($\cos \phi = 0,8$)	1300	60,52	1300	34,34	1300	28,16
	OUTRO EM PARALELO - KW ($\cos \phi = 0,8$)		% T	1300	% T	1300	% T
CARIMBO DA CLASSIFICADORA		BALANÇO DE CARGAS ELÉTRICAS			DATA Dd/mm/aa	DEP	APROV
MODIF Nº _____		ESTALEIRO XXXXXX			PROJETO XXXXXX	TOT FLS = 8	FOLHA Nº 8
						DES Nº XXXX	NAVIO LAB CIAGA

Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

As primeiras folhas do plano de balanço elétrico contêm os cálculos da demanda energética da embarcação que resultam nos valores mostrados na figura acima. Nestas folhas calcula-se a demanda de cada equipamento separado, como por exemplo, cada equipamento da praça de máquinas, como bombas, purificadores, aquecedores, entre outros. Resultando no grupo 1 da figura.

4.1 Reserva de energia

Reserva de energia neste trabalho é definida como a diferença entre a capacidade dos geradores em funcionamento e a demanda de carga elétrica em um determinado momento. Uma embarcação para evitar desperdício de combustível e desgaste não deve ter todos os seus geradores colocados em barra simultaneamente, ou seja, em paralelo. Isto só deve ocorrer em situações excepcionais, quando for o caso. Por outro lado o operador deve estar sempre atento ao valor da reserva de energia elétrica disponível na instalação de sua embarcação,

principalmente 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) 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).
- b) O navio poderá apagar, mesmo que ocorram as ações citadas no item 1º acima, porque nem sempre haverá tempo suficiente para completar essas ações, ou a grandeza da carga necessária é muito grande e inviabiliza algumas dessas ações automáticas.
- c) As instalações mais modernas e especializadas podem impedir que o tripulante produza situações como essa, e, nesse caso, a automação impede que o equipamento seja alimentado, depois chama outro gerador e distribui a carga do barramento, tudo automaticamente, para em seguida liberar a alimentação do utilizador requisitado. O tempo total para completar esse processo pode ser inaceitável.

As facilidades automáticas do terceiro item são de suma importância, mas deve-se ressaltar que, em uma emergência, esse processo tem uma demora muitas vezes inaceitável e não substitui o julgamento do competente tripulante de serviço que, muito mais rapidamente, pode desligar outros utilizadores, menos importantes na situação existente, para então ligar o equipamento requerido.

Cabe ressaltar também que o navio pode não apresentar as facilidades automáticas citadas acima, e, também que, mesmo possuindo essas facilidades, não quer dizer que elas estarão sempre funcionando corretamente.

Situações de emergência ocasionadas por problemas de reserva de energia principalmente durante a manobra ou operações no cais são exemplos dos casos que justificam plenamente a vinda a bordo de inspetores, tanto no estrangeiro como no Brasil. Portanto este é um assunto que deve ser tratado cuidadosamente a bordo.

4.2 Consumidores gerais

Um navio é totalmente dependente de energia elétrica e a maioria dos equipamentos a bordo necessita de eletricidade para seu perfeito funcionamento, mas cada um tem

especificações e restrições diferentes, Cada equipamento necessita de uma tensão específica, tem determinada amperagem e consome determinada potência.

Existem consumidores que necessitam de baixa potência, dentre estes podemos citar como exemplo todos os conectados ao barramento de iluminação, barramento este que possui menor tensão, geralmente 220 volts. Esses consumidores estão presentes em grande quantidade, podendo representar uma grande ou pequena parcela da demanda energética da embarcação, dependendo do tipo da mesma.

Entende-se por barramento de iluminação o barramento que fornece energia para toda iluminação do navio. Mas além da iluminação este barramento também fornece energia para dispositivos usados para serviços diversos na embarcação, como cozinha, copa, lavanderia etc. E que não necessitam de muita potência.

Já o barramento de força, comumente 440 volts, mas que varia de embarcação para embarcação, supre a demanda dos consumidores de maior potência, como auxiliares do MCP, ventiladores, ar condicionado, frigorífica, equipamentos de carga, guindastes, molinete entre outros. Estes consumidores já representam uma parcela considerável do consumo elétrico.

Ainda existem consumidores especiais como os motores de propulsão elétrica (MPE) e os thrusters que necessitam de uma atenção especial, visto que são caros e demandam uma enorme quantidade de eletricidade.

4.2.1 MPE e thrusters

Nas embarcações mais modernas e principalmente as embarcações de apoio marítimo, como também em plataformas são comuns o uso de modernos equipamentos de propulsão e manobra, como os motores de propulsão elétrica (MPE) e os Thrusters.

O MPE, como o nome sugere, é um motor elétrico usado para a propulsão. Ele possui certas vantagens em relação aos sistemas de propulsão com motores diesel (MCP). Os MPEs são mais bem controlados e permitem variações suaves, pequenas e precisas na rotação do eixo propulsor. É possível visualizar que, um sistema integrando a propulsão e a geração de energia elétrica, permitirá economia de espaço, de combustível e de manutenção, além de reduzir a poluição atmosférica.

Existem diferentes tipos de MPEs, mas todos eles merecem uma atenção especial, pois possuem um grande consumo de energia a bordo e demandam uma enorme potência sendo necessário o uso de um barramento próprio para os MPEs que pode ser, por exemplo, o da figura 8 em 6,6 KV.

O thruster nada mais é que um hélice acionado por motores hidráulico ou por motores elétricos, mas o nosso foco está no segundo tipo. Os thrusters podem ser classificados como bow thruster e Stern thruster.

Os bow thrusters e Stern thrusters são posicionados transversalmente na proa (bow) e na popa (Stern) do navio, e tem sua posição marcada por um símbolo pintado no costado da embarcação.

Os thrusters são muito importantes nas manobras de atracação e desatracação, visto que permitem que a embarcação realize movimentos laterais e também seja capaz de realizar uma rotação em seu próprio eixo, aumentando assim sua capacidade de manobra e a velocidade da mesma.

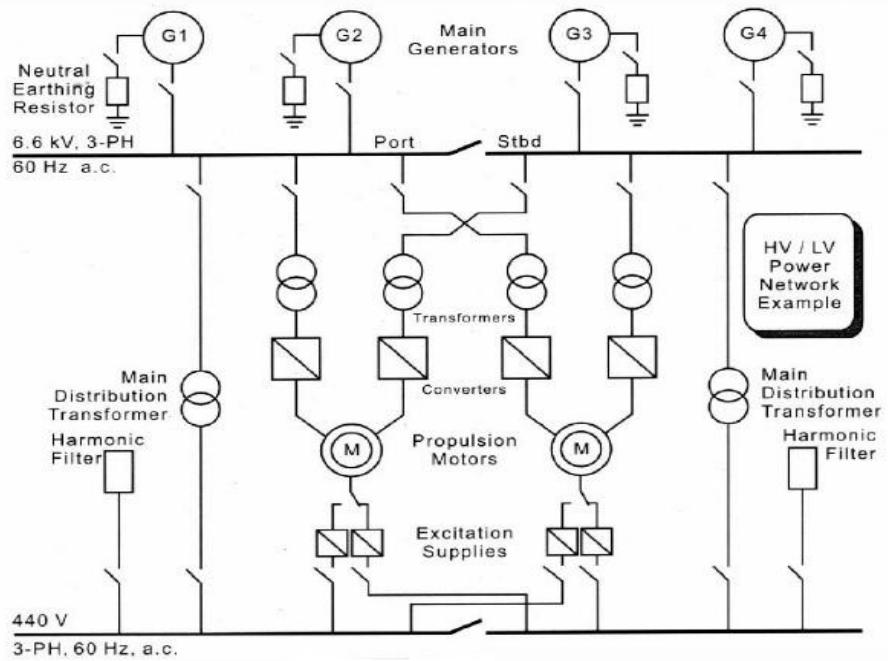
Os navios sem thrusters, com um e mesmo com dois hélices na popa, tem uma imensa dificuldade para se deslocar lateralmente, o que torna muito difícil a manobra de atracação. A alternativa então é a utilização de rebocadores que tem a função de possibilitar a embarcação o deslocamento lateral, mas dependendo do local e tipo de faina de atracação, a utilização de um rebocador para auxiliar a manobra é difícil e, com certeza, muito custosa.

Outra utilização importante dos thrusters é em conjunto com o sistema de posicionamento dinâmico (DP), quando, por exemplo, há a necessidade de manter duas embarcações sem qualquer movimento relativo entre elas ou até mesmo uma plataforma de prospecção permanecer na mesma posição devido aos diversos componentes e estruturas imersas que não podem sofrer esforços laterais.

Para tal o sistema DP tem um processador digital que recebe várias informações como posicionamento da embarcação ou plataforma vinda do GPS, Sistema Global de Posicionamento, ou até mesmo o DGPS, Sistema Global de Posicionamento diferencial, que é mais preciso. Recebe também informações da agulha giroscópica, da velocidade e direção dos ventos, do estado do mar entre outros. Diante destas informações o processador digital irá possibilitar a precisa atuação dos thrusters mantendo a embarcação na posição preestabelecida.

Como os MEPs, os thrusters demandam uma enorme potência e necessitam de uma atenção especial. Mas possuem grandes vantagens como maior rapidez de resposta e dimensões menores, embora em muitos casos precise empregar altas tensões elétricas.

Figura 8: Diagrama de um sistema de propulsão elétrica



Fonte: Livro Sistema de energia elétrica dos navios mercantes

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A finalidade do trabalho foi explicar de forma resumida todo o sistema elétrico de uma embarcação, demonstrando os processos de geração e distribuição de energia a bordo. Para isso foram apresentados os diferentes tipos de geradores, com as suas vantagens e desvantagens, e também demonstrado a importância do sistema elétrico de emergência e do sistema transitório.

Além disso, foram mostrados os principais consumidores energéticos a bordo, com uma atenção especial para os consumidores de alta potência, visto a necessidade de suprimento adequado para os mesmos, e devido a este fato foi demonstrado a importância do plano de balanço elétrico de uma embarcação, assim como a reserva de energia prevista.

Por fim, 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 completo e resumido sobre o tema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Electrical Plant. Disponível em: <<http://www.machineryspaces.com/electrical-plant.html>> Acessado em: 14 Jul. 2013.

Instalações Propulsoras. Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfN68AB/instalacoes-propulsoras>>. Acessado em: 16 Jul. 2013.

MACHINERY SPACES. A.C. Motors. Disponível em:

<<http://www.machineryspaces.com/a.c.-motors.html>> Acessado em: 15 Jul. 2013.

PEREIRA, Newton Narciso; BRINATI, Hernani Luiz. **Um Estudo Sobre Instalações Propulsoras em Empurreadores Fluviais.** São Paulo: USP, 2006.

SANTOS, Gustavo Goulart Angelici dos. **Capacidade de Geração de Energia a Bordo e Reserva da Energia Prevista.** Rio de Janeiro: CIAGA- EFOMM, 2011.

Sistema Diesel Elétrico. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Diesel-e%C3%A1trico>> Acessado em 17 Jul. 2013.

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

Vantagens e Benefícios da Economia de Energia. Disponível em:

<<http://vicvinprojetos.blogspot.com.br/2010/11/vantagens-e-beneficios-da-economia-de.html>> Acessado em: 20 JUL. 2013.

FOLHA DE AVALIAÇÃO ESCRITA (FAE)

Nome:	Nº
Turma:	Data: _____ / _____ / _____
Tema:	Nota final:
Orientador (a):	Rubrica do Orientador (a):

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		NOTA
Elementos pré e pós-textuais	Capa até o sumário; referências; apêndice; anexo e índice.	
Clareza	Texto fácil de entender, ordenação das ideias, adequação da linguagem, coesão, coerência. <i>Evitar: períodos longos ou muito curtos, linguagem rebuscada, conectores mal empregados, palavras que geram a ambigüidade.</i>	
Concisão	Precisão/exatidão. <i>Evitar: frases feitas e chavões, usar palavras a mais do que o necessário, adjetivação abundante, redundância, pleonasmo, excesso de orações subordinadas desenvolvidas.</i>	
Originalidade	Boa disposição das palavras, apresentação do texto, agradável leitura e precisão vocabular. <i>Evitar: gírias, frases prontas, cacofonia, eco, colisão aliteração e abreviação.</i>	
Correção	Norma culta: concordância, regência, colocação pronominal, seleção vocabular, ortografia, pontuação, acentuação, emprego de maiúsculas e minúsculas, crase. <i>Evitar: estrangeirismo, barbarismo, cacografia, cruzamento léxico.</i>	
Adequação	O texto tem origem no indivíduo, criatividade, capacidade crítica. <i>Evitar: plágio.</i>	
Partes do Texto	Introdução: apresentação do trabalho.	
	Desenvolvimento: argumentos fortes, nenhuma informação poderá ser subentendida. Tipo de texto: Dissertativo-argumentativo.	
	Considerações Finais: confirmação da tese apresentada, apontando eventuais perspectivas.	
Pesquisa	Aprofundamento (obras de autores renomados), material empregado, método, aplicabilidade de dados, fatos e comprimento do prazo determinado.	
Total		