

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

YURI FERNADES LYRA
CARLOS ALBERTO TIBÚRCIO JUNIOR

GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO

RIO DE JANEIRO

2018

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

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: OSM. Ramessés
Cesar da Silva Ramos.

RIO DE JANEIRO

2018

YURI FERNANDES LYRA
CARLOS ALBERTO TIBÚRCIO JUNIOR

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 de Aprovação: ___ / ___ / ___

Orientador: OSM. Ramessés Cesar da Silva Ramos.

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Dedicamos esse trabalho primeiramente a Deus, que nos iluminou em cada dia durante essa caminhada de nossas vidas, a nossos pais por todo o suporte, o qual foi necessário por estarmos onde estamos hoje e nossos amigos que sempre estiveram ao nosso lado em todos os momentos.

RESUMO

Este trabalho trata sobre a energia gerada a bordo das embarcações, explicando as formas como elas são geradas, utilizadas e suas vantagens de acordo com a evolução tecnológica, ou seja, do mais básico até o mais complexo dos dias atuais. Também são expostos alguns dos diferentes tipos de geradores que existem explicando desde a sua composição física e como é dado o seu funcionamento. São explicados os principais grupos geradores que são utilizados a bordo com seus diferentes acionadores e sistemas auxiliares necessários para seu correto funcionamento. Acrescenta-se ainda os consumidores de bordo e como é feita a segurança pessoal e dos equipamentos nos sistemas elétricos.

Palavras-chave: Energia, Gerador, Sistema.

ABSTRACT

This work deals with the energy generated on board the vessels, explaining the ways in which they are generated, used and their advantages according to technological evolution, that is, from the most basic to the most complex of the present day. Also it is shown some of the different kinds of generators that exist explaining from its physical composition and how it works. It is explained the main gensets that are used on board with their different triggers machines and the auxiliary systems needed for their right operation. More than this, this work shows board costumers and how it made the personal and equipment safety in the electrical systems.

Keywords: Energy, Generator, System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Rede de distribuição de energia	10
Figura 2 — Quadro elétrico	11
Figura 3 — Quadro elétrico principal	13
Figura 4 — Barramentos	14
Figura 5 — Esquema de sincronização de geradores	15
Figura 6 — Gerador	17
Figura 7 — Diesel Gerador de Emergência	21
Figura 8 — Turbo Gerador	23
Figura 9 — Gerador de Eixo	25
Figura 10 — Balanço Elétrico	28
Figura 11 — Bateria e Acumuladores	29
Figura 12 — Energia de terra	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	ENERGIA ELÉTRICA	7
2.1	CC E CA	7
3	ENERGIA A BORDO	9
4	QUADROS ELÉTRICOS A BORDO	11
4.1	QUADRO ELÉTRICO PRINCIPAL	11
4.1.1	BARRAMENTO	13
4.1.2	SINCRONIZAÇÃO DE GERADORES	14
4.1.3	QUADRO ELÉTRICO DE EMERGÊNCIA (QEE)	15
5	GERADOR	17
5.1	TIPOS DE GERADORES	17
5.2	PARTE ESTRUTURAL DOS GERADORES	18
5.3	GERADOR SÍNCRONO E ASSÍNCRONO	18
6	DIESEL GERADOR	19
7	DIESEL GERADOR DE EMERGÊNCIA	21
8	TURBO GERADOR	22
9	GERADOR DE EIXO	24
10	SISTEMA TRANSITÓRIO	26
11	BALANÇO ELÉTRICO	28
12	BATERIAS E ACUMULADORES	29
13	ENERGIA DE TERRA	30
14	DEMANDA ENERGÉTICA DA EMBARCAÇÃO	31
15	SISTEMA DE POTÊNCIA ELÉTRICA (SPE)	32
16	PROPULSÃO ELÉTRICA	33
17	CONSUMIDORES GERAIS E RESERVA DE ENERGIA	35
18	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica vem sendo muito utilizada na atualidade, pois os avanços tecnológicos necessitam cada vez mais da eletricidade, como a automação de diversos sistemas, inclusive o de supervisórios de navios. Além disso, é a forma de energia alternativa a qual mais se utiliza ultimamente em substituição ao petróleo, o qual se diz que as emissões advindas da queima deste combustível são responsáveis pelo fortalecimento de Efeito Estufa na Terra.

Ha vários tipos de equipamentos elétricos que necessitam de correntes intensas e altas tensões para seu funcionamento. Por exemplo, a iluminação elétrica e os motores exigem correntes e tensões maiores do que as que podem ser fornecidas por qualquer bateria de tamanho prático. Como resultado, outras fontes de energia além das baterias são necessárias para suprir potências elevadas. As potências elevadas são supridas por maquinas elétricas rotativas, chamadas "geradores". Os geradores podem fornecer energia na forma de CC ou de CA. Em qualquer caso eles podem ser projetados para fornecer potências pequenas ou varias centenas de quilowatts.

Serão apresentadas as diferenças entre os tipos de energia gerada e os diferentes tipos de geradores, mostrando algumas das suas aplicações e vantagens. Também serão apresentadas algumas operações existentes a bordo em casos de manutenção.

2 ENERGIA ELÉTRICA

A eletricidade se tornou a principal fonte de luz, calor e força utilizada no tempo moderno. Desde as mais simples atividades como assistir a televisão ou navegar na internet são possíveis devido à energia elétrica. Verifica-se, ainda, que os grandes avanços tecnológicos que hoje se vivencia somente são alcançados devido a energia elétrica e as diferentes formas de utilizá-la. A descoberta das cargas elétricas por Tales de Mileto, na Grécia antiga observando o surgimento de uma força de atração quando certos tipos de materiais eram atritados, foi fundamental para a evolução tecnológica dos tempos modernos. A energia elétrica pode ser definida pela capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho. Esta forma de energia pode ser obtida através da transformação de diferentes tipos de energia como a química, térmica, mecânica, etc. Ela é obtida através da aplicação de uma diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, gerando uma corrente elétrica entre seus terminais. Hoje em dia a energia elétrica é a principal fonte de energia do mundo, podendo ser transportada de maneira mais fácil com menores perdas e com altos valores de rendimento ao ser transformada em outras energias sendo essa sua principal função e também funcionar dentro de equipamentos eletrônicos. Quase tudo no navio depende da energia elétrica, desde a refrigeração de alimentos, funcionamento da cozinha, equipamentos de navegação, iluminação, sistema de governo, ventilação, alarmes, automação e controle, etc, sendo então indispensável para o funcionamento do mesmo.

2.1 CC E CA

Quando se fala de corrente elétrica deve se definir se está é corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA). Uma corrente é considerada contínua quando o fluxo dos elétrons passa pelo fio do circuito sempre em um mesmo sentido, ou seja, é sempre positiva ou sempre negativa, circulando no sentido do pólo positivo para o pólo negativo, se considerarmos o sentido convencional da corrente, ou circula do pólo negativo para o pólo positivo, se considerarmos o sentido da corrente dos elétrons. A maior parte dos circuitos eletrônicos trabalha com corrente contínua, sendo as pilhas e as baterias os melhores exemplos de onde encontrar este tipo de corrente. A corrente alternada é caracterizada por um fluxo alternado no sentido dos elétrons, os quais mudam de direção de acordo com a frequência em que foi gerada. Tal variação permite aos transformadores de uma linha de transmissão receberem a energia elétrica produzida e modificar as características da mesma, tensão e corrente, permitindo que essa percorra uma maior distância. Um dos problemas com

o sistema de corrente contínua é que nele não há alternância, não tendo efeito nos transformadores e assim não é possível realizar a elevação ou abaixamento de tensão por esses instrumentos e se há muitas perdas quando sua tensão é baixa. Por esse motivo, as tensões de CC não eram utilizadas em transporte de energia elétrica de grandes distâncias, porém com o desenvolvimento da eletrônica de potência, o aumento da demanda e dos centros de cargas, tornou a proposta da transmissão de corrente contínua em alta tensão viável, como é visto na usina de Itaipu. Porém na maioria das vezes a corrente contínua é usada em pilhas e baterias ou para percorrer circuitos internos de aparelhos eletrônicos, como o de um computador. A corrente alternada que é mais utilizada a bordo do que a corrente contínua, devido a diversos fatores, como: - A facilidade de ela ficar em uma tensão mais alta que a contínua possuindo baixas perdas de energia quando transmitida a grandes distâncias. - Pode ter sua tensão aumentada ou reduzida através de máquinas chamadas de transformadores, que a partir dos efeitos eletromagnéticos faz essa transformação sem muitas perdas, facilitando a utilização da corrente alternada em um número maior de consumidores. Como exemplo, em algumas embarcações a tensão gerada é de 440V, e essa é reduzida para 220/110V quando é para alimentar o sistema de iluminação. - Os geradores de CA são mais simples e tem um melhor rendimento que os geradores de CC.

A maioria dos motores elétricos presentes a bordo é de CA, pois são relativamente mais simples, robustos e tem melhor rendimento que os motores CC. - Quando necessário a utilização de corrente contínua, a corrente alternada pode facilmente ser transformada em CC por intermédio de um sistema retificador. - Tem menor custo no geral e precisa de menos espaço.

3 ENERGIA A BORDO

A energia elétrica pode ser definida pela capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho. Esta forma de energia pode ser obtida através da transformação de diferentes tipos de energia como a química, térmica, mecânica, etc.

Sabe-se a bordo de um navio mercante existem diferentes tipos de energia, no caso, são as correntes contínuas (CC) e correntes alternadas (CA), que atuam em de acordo com sistemas específicos. A fonte de energia em corrente contínua são as baterias, as quais são carregadas pela energia que é produzida nos geradores e passam pelo retificador. Hoje em dia as baterias são encontradas separadas no sistema transitório.

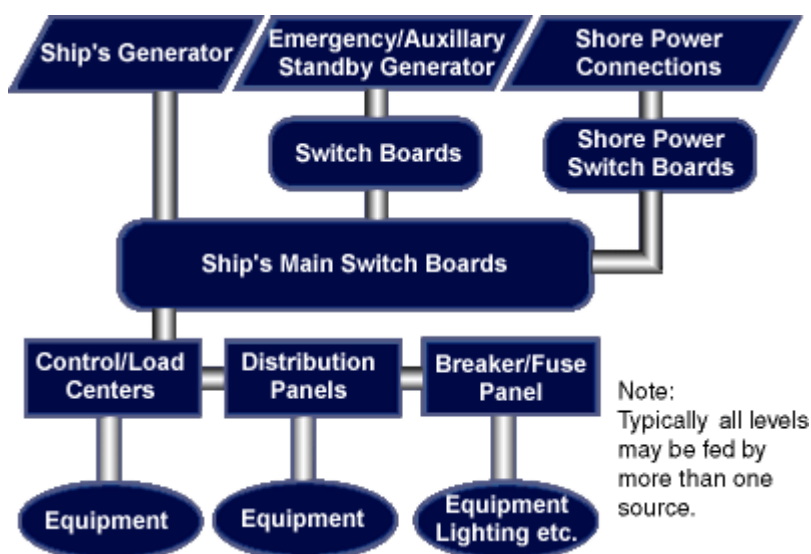
O Sistema Elétrico Principal é constituído de geradores acionados por motores de combustão auxiliar mais um outro gerador, que pode ser um gerador de eixo (motor de combustão principal, ou um turbo – gerador, ou um terceiro MCA, Inversores de Frequência, além do Quadro Elétrico Principal – QEP, transformadores de distribuição e suas cargas. O Sistema de Geração Principal compreende, conforme a Convenção SOLAS 1974/1988, de uma fonte principal de energia elétrica que deverá consistir no mínimo de 2 grupos geradores. A capacidade desses grupos geradores deverá ser suficiente para, quando qualquer um dos referidos grupos geradores estiver fora de ação, tornar ainda possível suprir os serviços necessários para estabelecer condições operacionais normais de propulsão e de segurança. Deverão também ser garantidas as condições de conforto mínimas tendo em vista a habitabilidade, o que inclui, no mínimo, serviços adequados para cozinhar, para aquecimento, refrigeração doméstica, ventilação mecânica, serviço sanitário e fornecimento de água doce. Todos os geradores podem operar localmente através de seus painéis de controle ou remotamente através de um Sistema de Supervisão, Operação e Controle Automatizado individual (ECOS), que via PLC's controla e supervisiona a geração e distribuição de energia. O Sistema de Distribuição Principal compreende painéis principais e de emergência, transformadores, barramentos, disjuntores, inversores de frequência e caixa de terra quando docado. Tem como função a distribuição de energia elétrica, através dos equipamentos citados acima, para alimentar as cargas principais do navio.

O sistema transitório, em funcionamento normal da embarcação, é o responsável por alimentar todo o sistema de corrente contínua da automação. Sem ele o navio não é capaz de operar. Se, por alguma razão inesperada, as baterias não estiverem sendo devidamente carregadas durante a navegação, sua energia acumulada vai sendo gasta com o tempo fazendo com que todos os equipamentos da automação fiquem inoperantes. 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. 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.

O Sistema Elétrico de Emergência é constituído de um diesel gerador (DGE) ou em alguns casos uma bateria de acumuladores, quadros elétricos (QEE), transformadores e suas respectivas cargas que serão alimentadas nestas condições. Tem como função alimentar as cargas essenciais do navio.

Figura 1 - Rede de distribuição de energia



Fonte: Occupational Safety & Health Administration

4 QUADROS ELÉTRICOS A BORDO

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.

Figura 2 - Quadro elétrico



Fonte: Marine Insight

4.1 QUADRO ELÉTRICO PRINCIPAL

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. 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.

Figura 3 - Quadro elétrico principal



Fonte: Alpha Sistemas Elétricos

4.1.1 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.

Figura 4 - Barramentos



Fonte: MIs Static

4.1.2 SINCRONIZAÇÃO DE GERADORES

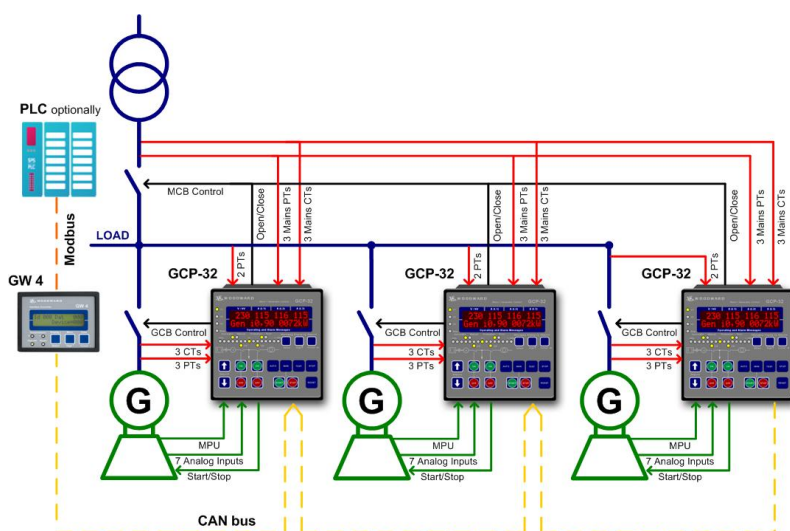
Dependendo da carga elétrica requerida pela embarcação ou a necessidade de um reparo em um dos alternadores, há a necessidade de se colocar dois geradores para funcionarem em paralelo, manobra essa chamada de sincronização ou paralelismo de geradores. Para realizar essa operação de forma segura e sem que um gerador vire carga resistiva do outro, é necessária a verificação de algumas variáveis, como a tensão, a frequência e a defasagem entre os geradores.

Um dos sistemas de sincronização consiste em um sincronizador manual que se utiliza de três lâmpadas para a verificação do paralelismo. O operador a realizar essa manobra deve ajustar para se ter os mesmo valores das tensões dos geradores, agindo na excitatriz destes, a mesma frequência, ajustando a velocidade dos alternadores e deve-se, após isso, ligar o sincronizador, que irá comparar a tensão e frequência dos dois geradores junto com um ponteiro que mostrará a defasagem dos geradores no sincronoscópio. O ponteiro deve girar na posição horária, com as lâmpadas ΔV e o ΔF ligadas e com o ponteiro na posição de 350° quase em 000° (Segundo o simulador da Kongsberg), tem-se que os geradores

encontram-se exatamente em paralelo, podendo colocar o outro gerador no barramento. Se este procedimento for feito de forma incorreta, será provável que um dos geradores se tornará uma carga a mais ao outro. Isso acarretará sobrecarga e superaquecimento das bobinas, tendo que atuar nas suas proteções para evitar um possível incêndio, desconectando o gerador do barramento por proteção reversa

Nos sistemas mais modernos, é possível fazer a sincronização de forma automática que verifica o momento de sincronização exata e pode fazer essa conexão do gerador no barramento, de uma forma mais rápida e mais segura. Vale ressaltar ainda que esse equipamento não deve ficar ligado todo o tempo, sendo acionado somente quando for fazer o paralelismo entre os geradores.

Figura 5 - Esquema de sincronização de geradores



Fonte: Blogspot

4.1.3 QUADRO ELÉTRICO DE EMERGÊNCIA (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.

5 GERADOR

É um equipamento que tem como finalidade transformar outros meios de energia, como a mecânica em energia elétrica e se aplica nos alternadores dos grupos diesel-geradores principais, auxiliares, de emergência, de porto ou eixo, que são acionados por motores a diesel ou a gás de baixa ou alta velocidade, e/ou turbinas em Navios, Plataformas.

Figura 6 - Gerador



Fonte: Aventa

5.1 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

5.2 PARTE ESTRUTURAL DOS GERADORES

O gerador é o grande responsável pela transformação da forma de energia. Para realizar tal função o mesmo é constituído de peças fixas e móveis. Esses componentes irão trabalhar juntos para causar o movimento relativo entre o campo elétrico e o magnético o que por sua vez irá gerar a energia elétrica. O componente fixo, estator, contém um conjunto de condutores elétricos enrolados em bobinas sobre um núcleo de ferro. Já o componente móvel, chamado rotor, é o responsável pela produção do campo magnético girante a partir de algum dos três princípios: Indução, que são chamados de alternadores sem escovas e são os mais utilizados a bordo por precisar de menor manutenção com relação a escovas, anéis coletores e comutadores; Por Ímãs permanentes comum em unidades de geração pequenas; e, por último, utilizando-se de um excitador que é uma pequena fonte de corrente contínua que energiza o rotor através de um conjunto de condução de anéis coletores e escovas. O rotor irá gerar um campo magnético rotativo em volta do estator, o que irá induzir uma diferença de potencial entre os enrolamentos do estator e isso irá produzir uma corrente alternada na saída do gerador

5.3 GERADOR SÍNCRONO E ASSÍNCRONO

De modo geral, o gerador elétrico pode ser classificado entre síncrono e assíncrono, de acordo com a maneira como seu motor trabalha. O gerador síncrono é um equipamento que funciona por meio de corrente alternada, e sua velocidade de rotação está em sincronia com a frequência da alimentação do motor.

O gerador assíncrono, por sua vez, é capaz de funcionar com qualquer tipo de corrente e não apresenta sincronismo entre a rotação e a frequência de alimentação. São equipamentos muito semelhantes entre si, mas o modelo assíncrono geralmente é mais simples e robusto, necessitando de condensadores para equilibrar os fatores de potência resultantes da falta de sincronismo entre rotação e frequência.

Em geral, o gerador assíncrono é muito econômico e possui menor necessidade de manutenção do que os geradores síncronos, além de ser mais adaptável a diferentes aplicações e especificações energéticas. Vale ressaltar, entretanto, que não existe um tipo de gerador melhor ou pior que o outro, sendo que cada um é mais vantajoso para determinada situação.

6 DIESEL GERADOR

Diesel Gerador é a combinação de um motor de ignição por compressão com um gerador de energia elétrica. Estes normalmente utilizam óleo diesel como combustível são os mais comuns e dominantes. Eles são máquinas de combustão, ou seja, utilizam combustível fóssil para a produção de energia. Dentre os diesel geradores, podemos dividir entre geradores principais, que são denominados MCA's, e os geradores de emergência, chamados de DGE. Ambos tem o mesmo princípio de funcionamento, mas possuem suas diferenças tanto na utilização quanto na manutenção. 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, 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. O motor tem como função utilizar a energia do combustível e transmiti-la, através de um eixo comum, para o restante do sistema. Este motor necessita de todo o cuidado e manutenção de um motor diesel comum. Tem seu próprio sistema de combustível, ar de lavagem, ar de controle, ar de partida, descarga, lubrificação e arrefecimento. Todos esses sistemas são de suma importância para que o motor atinja a velocidade necessária, e se mantenha. A alteração na velocidade de rotação do motor pode resultar em um aumento ou decréscimo na frequência, e como consequência, pode tirar o gerador de barra. A

excitatriz tem a função de fornecer ao campo do alternador determinado nível de corrente de excitação a fim de manter, em qualquer instante e condição de carga, a tensão de saída do gerador rigorosamente constante. É uma espécie de pequeno gerador, onde seu eixo é em comum com o motor, e possui ímãs de forma que possa produzir uma corrente induzida, desde que os ímãs ainda possuam magnetismo residual. A corrente produzida é na forma de CA e deve passar por um retificador, um conjunto de semicondutores (diodos), com a finalidade de transformar essa corrente em CC para que essa corrente chegue ao campo do alternador, tornando possível a produção da energia no gerador. É muito importante partir o gerador regularmente, evitando que perca o magnetismo residual, o que resultaria na não produção de energia pelo gerador. O gerador, por sua vez, é o responsável por fornecer a energia produzida ao quadro elétrico principal, agora em forma de CA novamente. E para que essa energia seja entregue ao QEP de maneira correta, com seu devido valor de tensão, existe também um equipamento imprescindível que chamamos de AVR (Automatic Voltage Regulator). Tem como função receber informação do QEP sobre a tensão, e rapidamente faz regulagens, quando necessário, na corrente de excitação, à fim de manter um valor estável de tensão. Os combustíveis utilizados são o MDO (Marine Diesel Oil) e o HFO (Heavy Fuel Oil). São máquinas síncronas, onde o enrolamento do estator é constituído de pólos magnéticos. Esse tipo de máquina necessita de um circuito de excitação de corrente contínua, que é denominado Excitatriz.

7 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 frequente, 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; 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 7 - Diesel Gerador de Emergência



Fonte: Departamento de Engenharia Naval UFRJ

8 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. O vapor entra na turbina com uma grande energia e sai depois de ceder a maior parte dela. O vapor de alta pressão da caldeira é expandido em pequenas palhetas (ou bicos) para criar jatos de vapor de alta velocidade. Sua construção é um pouco mais complexa do que esta definição, e existem diferentes tipos de turbinas com ampla variedade de tamanhos e potências, e diferentes pressões de trabalho. O turbo gerador é um equipamento que só pode ser encontrado em alguns navios específicos que, além de possuírem caldeira, devem ser capazes de produzir vapor superaquecido. É um gerador de complexo funcionamento, onde devem ser observados, a todo o momento, detalhes como pressão de vapor, vedação, lubrificação dos rolamentos, temperatura do vapor, velocidade de rotação da turbina, e presença de água e vapor saturado na turbina. A utilização do vapor superaquecido é o que nos garante que este não venha a se condensar nas turbinas e nem na rede, o que poderia vir a ser um problema grave e de difícil reparo. O fabricante estipula os valores e a capacidade do gerador, e deve ser tomado o cuidado para que os valores especificados não fujam de controle, dessa maneira o turbo gerador poderá funcionar com seu melhor desempenho sem apresentar problemas. A mais comum a bordo dos navios mercantes é a turbina a vapor, que seu sistema é bastante complexo, pois necessita de altas pressões de vapor para trabalhar, portanto tendo que se utilizar de caldeiras que gerem vapor superaquecido para o funcionamento correto das turbinas, uma vez que vapor saturado é responsável por erosões e corrosões nas palhetas da turbina. Além disso, uma caldeira ocupa um grande espaço na praça de máquinas e seu consumo de combustível é alto, o que torna uma alternativa inviável ao armador. O que se tem feito é aproveitar a energia térmica dos gases de descarga do MCP para a geração de vapor necessário para as turbinas, chamada de caldeira de recuperação. Esta manobra é capaz de diminuir bastante o consumo de combustível. Sua manutenção consiste em verificar todo o sistema da caldeira até chegar à turbina, como o nível de água e sua pureza quanto a concentração de sais, pressão do vapor e do condensador e a lubrificação da turbina. Tem a vantagem de utilizar de um fluido que é renovável, que é a água e está em constante circulação no sistema. Diferente do que se pensa, é uma turbina que não só utiliza o gás natural como combustível, pode-se usar o querosene e o diesel, por exemplo. Alguns navios também podem possuir uma turbina a gás que realiza seu movimento de rotação através da velocidade dos gases da combustão que ocorrem na câmara

de combustão. Sua vantagem é um baixo consumo de combustível em relação a um motor alternativo, exige menor espaço na praça de máquinas e sua manutenção é simples e de menor custo, pois exige menor manutenção quanto ao número de peças. Necessita de caixa de redução, assim como qualquer turbina, pois sua velocidade é muito alta para a frequência de tensão que se quer gerar. As caldeiras podem ser flamatubulares ou aquatubulares. A primeira os gases quentes passam por dentro dos tubos que estão imersos no invólucro que contem a água que será evaporada já as caldeiras aquatubulares a água circula por dentro dos tubos que constituem o trocador de calor e os gases oriundos da combustão ficam pelo lado de fora. Normalmente as aquatubulares alcançam maiores valores de pressão e em alguns navios são utilizadas tanto para a geração, aquecimento e até para propulsão e com isso consomem uma grande quantidade de combustível. Para evitar os gastos desnecessários geralmente pode ser instalada uma caldeira combinada que pode funcionar como aquatubular e caldeira de recuperação que utiliza os gases de descarga do motor de combustão principal (MCP). A caldeira de recuperação aproveita o calor da exaustão do MCP para as demandas de aquecimento e de energia elétrica, podendo atingir uma economia de 5 a 7% em plena capacidade do MCP. Essa aplicação é possível com a utilização do vapor gerado para transferir energia para uma turbina que por fim está instada em um gerador de alta eficiência.

Figura 8 - Turbo Gerador

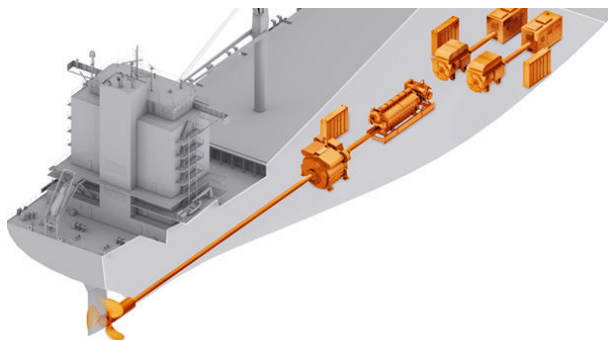


Fonte: Jose Claudio Engenharia

9 GERADOR DE EIXO

É fácil entender como o gerador de eixo reduz a emissão de poluentes e o consumo de combustível. O seu princípio de funcionamento não utiliza nenhum tipo de combustível e sim aproveita a energia mecânica da rotação do eixo propulsor principal. Como se trata de um gerador AC, para se produzir energia precisamos que a armadura condutora estacionária seja cortada por um campo magnético variável produzido por um rotor que no caso do gerador de eixo é o próprio eixo propulsor. Porém, aproveitar a energia proveniente do motor principal não é assim tão simples. Existem algumas desvantagens. A principal delas é que o gerador não é capaz de produzir energia enquanto o MCP não estiver em funcionamento. Neste caso os outros geradores devem compensar esta perda. Outro inconveniente é o fato de o gerador de eixo gerar um excesso de carga no motor principal, resultando em um desgaste e, conseqüentemente, aumentando o seu consumo específico de óleo combustível, consumo de óleo lubrificante. Ainda leva-se em consideração que devido a diferença de esforços do hélice, o qual, em momento de tempestades, hora pode estar fora d' água e hora dentro, haverá mudanças na frequência da tensão gerada pelo gerador de eixo. Por exemplo: quando o hélice estiver saindo d' água a carga do MCP diminuirá bruscamente, conseqüentemente a frequência do gerador aumentará na mesma proporção, isso não é viável para um navio que precisa de uma energia gerada com uma frequência constante; nesse caso também será necessário outros tipos de geradores a bordo além do gerador de eixo. Dependendo da carga elétrica e da capacidade do gerador de eixo, a potência de propulsão pode ser reduzida a até 8%, devido à carga elétrica e as perdas com as transmissões com o gerador. Devido a isso esse tipo de gerador é considerado vantajoso em navios que não necessitem de ter grandes rotações, porém desaconselhável em embarcações de alta rotação devido a possibilidade de ter uma queda considerável da potência do MCP. Trabalham somente em apenas uma única faixa de velocidade e em um sentido de rotação, devendo estar sempre desacoplados fora dessas condições. Normalmente operam na faixa de 80% e 100% da rotação do eixo propulsor, quase no limite superior de potência. Quando acionados diretamente pelo eixo, a RPM do motor permanece constante pelo seu próprio regulador de velocidade (como nos MCAs) e para variações na propulsão do navio, uma hélice de passo variado é requerida. Esse tipo de sistema é conhecido como "PTO". No entanto, quando são acionados pelas engrenagens, acoplamento e dispositivo regulador de velocidade, não é necessário a velocidade constante do eixo propulsor, pois o conjunto transmissor regula a velocidade para a correta utilização do equipamento.

Figura 9 - Gerador de Eixo



Fonte: The switch

10 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 II1, 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.

11 BALANÇO ELÉTRICO

Uma das preocupações que o tripulante de máquinas deve ter assim que embarcar em um navio é ter conhecimento da planta elétrica do navio e do arranjo de geração existente. Este arranjo é aprovado pela sociedade classificadora contratada pela empresa proprietária e se encontra no plano de Balanço Elétrico ou Balanço de Cargas Elétricas da embarcação.

Nesse plano estão listados a quantidade de geradores utilizados em cada condição imposta ao navio (manobra, viagem, operação, porto etc). Também é aplicado em situações que se precisa reduzir o consumo de energia, como em casos de avarias, falhas ou manutenções, em função do consumo de cada grupo de cargas elétricas.

Em um plano de balanço elétrico do navio, estão apresentados diversos consumidores do navio e o quanto que esses consumidores consomem de energia elétrica. Esses utilizadores são divididos em: praça de máquinas (serviço intermitente); praça de máquinas (serviço contínuo); praça de máquinas (diversos); ar condicionado, ventilação e aquecimento; frigoríficas; máquinas de convés; cozinha; lavanderia; copa; iluminação; entre outros equipamentos.

O plano de balanço elétrico se apresenta com diversas folhas demonstrativas dessas medições e cálculos dos consumidores e, a partir daí, tem-se quantos geradores devem se utilizar e qual a potência desses geradores para atender todos os utilizadores. Um extrato da última folha do plano de balanço elétrico de um navio hipotético está representado anteriormente.

Figura 10 - Balanço Elétrico

RESUMO DO BALANCEAMENTO ELÉTRICO									
GRUPO	CLASSIFICAÇÃO	NO MAR		EM MANOBR	CARGA E DESCARGA	NO PORTO	LIMPEZA DE TOS.		
		ESSENCIAL	NORMAL						
1	Praça de Máquinas (serviço contínuo)	64,9	155,4	146,8	56,2	52,8	146,7		
2	Praça de Máquinas (serviço intermitente)	8,4	29,6	80,5	40,5	31,6	29,6		
3	Praça de Máquinas (diversos)	0,0	0,9	0,9	0,9	0,9	83,0		
4	Air condicionado / Ventilação / Aquecimento	0,0	104,8	104,0	102,9	102,9	101,7		
5	Frigoríficas de Provisões (equipamentos)	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8	16,8		
6	Máquinas de Convés	0,0	9,3	9.739,8	5.854,9	0,0	18,6		
7	Cozinha / Copa	0,0	47,7	47,7	47,7	47,7	47,7		
8	Lavanderia	0,0	3,3	0,0	3,3	3,3	3,3		
9	Oficinas	0,0	12,7	0,0	15,3	15,3	12,7		
10	Iluminação	41,7	41,7	52,7	52,7	52,7	41,7		
11	Equipamentos Náuticos e de Auxílio à Navegação	9,9	12,3	12,5	9,4	7,9	12,3		
T O T A L D O S G R U P O S		141,6	434,5	10.201,8	6.498,6	331,9	494,0		
Geradores Disponíveis	Diesel-Gerador #1 - Capac. OP/IOI	3570	3570		X	X			
	Diesel-Gerador #2 - Capac. OP/IOI	3570	3570		X	X			
	Diesel-Gerador #3 - Capac. OP/IOI	3570	3570		X				
	Diesel-Gerador #4 - Capac. OP/IOI	495	495	X			X	X	
	Diesel-Gerador Emerg. - Cap. (kw)	-	150	X					
CAPACIDADE TOTAL DOS GERADORES (kW)		150,0	495,0	10.710,0	7.140,0	495,0	495,0		
PERCENTUAL DA CARGA DISPONÍVEL		6%	12%	5%	13%	33%	0%		

Fonte: Departamento de Engenharia Naval UFRJ

12 BATERIAS E ACUMULADORES

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. Nos casos em que a fonte de energia for uma bateria de acumuladores, as baterias deverão alimentar automaticamente o QEE em caso de falha no sistema elétrico principal, suportando a carga elétrica sem necessitar carregar, mantendo a voltagem dentro de 12% acima ou abaixo do seu limite nominal de voltagem. Esta fonte de energia deverá ter transferência automática, e alimentar, dentre outros: a iluminação transitória mostrada no plano de segurança do navio; a Luz de Manobra; as comunicações interiores; os sistemas de detecção e alarme de incêndio; a manobra das portas de incêndio; 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).

Figura 11 - Bateria e Acumuladores



Fonte: Eco marine power

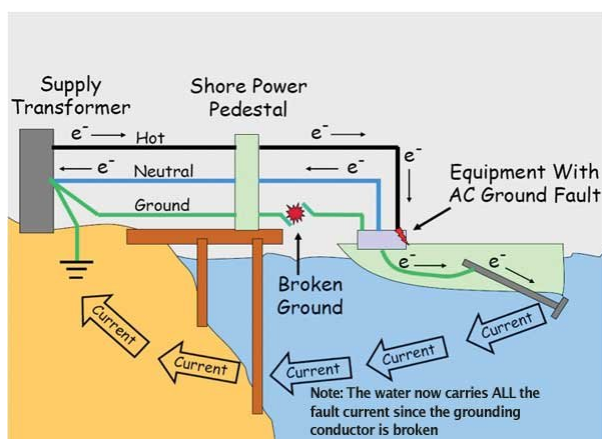
13 ENERGIA DE TERRA

A energia pode ser fornecida ao navio também por um gerador em terra, ou pela rede da concessionária de energia, através de uma conexão no cais. A energia de terra, ou “Shore Energy”, é ligada em uma caixa no convés do navio; ligação feita por cabos flexíveis, normalmente pertencentes ao estaleiro ou empresa terceirizada. A caixa do navio geralmente fica no primeiro convés aberto, acima da praça de máquinas em algum local de fácil acesso, para que seja feita a ligação.

A caixa de energia de terra do navio se liga no barramento do quadro elétrico principal de bordo através de um disjuntor próprio, localizado no quadro de energia de terra, que é parte do quadro principal, e este possui medidores e outros instrumentos e componentes como relé de sequência de fase. Alguns navios possuem esse quadro no QEE.

Geralmente esta manobra é utilizada para fornecer energia ao navio pelo estaleiro quando todos os geradores a bordo são parados durante uma docagem ou um grande reparo, seja por economia, manutenção, ou outro motivo em particular. As mesmas manobras também podem ser feitas para fornecer energia de bordo para outro navio ou mesmo para uma instalação em terra, embora seja um caso fora do comum.

Figura 12 - Energia de terra



Fonte: Boatus

14 DEMANDA ENERGÉTICA DA EMBARCAÇÃO

Tabela que fornece a potência necessária para que todos os sistemas operem plenamente, garantindo suas funcionalidades, feita em duas partes: primeiramente, se faz o cálculo de sistemas mais básicos, como por exemplo ventilação, praça de máquinas, oficinas, sistemas auxiliares, navegação, etc.; na segunda etapa, acrescentamos a demanda energética de equipamentos do sistema de manutenção de carga, com a soma total representando a demanda energética total da embarcação. Os geradores de energia devem fornecer a energia necessária para operação dos sistemas de bordo que serão alimentados, e os principais que devem ser considerados como grandes consumidores são citados abaixo:

- Sistema propulsivo (propulsores azimutais);
- Sistema de posicionamento dinâmico (DP);

Embora a definição da forma contribua para o desempenho hidrodinâmico, o sistema propulsivo e o sistema de posicionamento dinâmico são os reais elementos funcionais responsáveis pelo deslocamento e manobrabilidade da embarcação respectivamente. A definição destes dois sistemas na verdade torna-se apenas um, pois dentre os elementos responsáveis pelo deslocamento do navio, os propulsores azimutais também fazem parte. Logo o dimensionamento destes sistemas deve satisfazer dois requisitos básicos: garantir a velocidade de serviço desejada e atender ao nível de manobrabilidade exigido. As possibilidades de produção de energia são as mais diversas possíveis, dentre elas, as principais consideradas para uma embarcação são: motor diesel elétrico e turbo geradores a partir dos gases de descarga do motor. Deve-se garantir que a demanda de energia elétrica da embarcação seja suprida em todas as condições de operação da embarcação, e é recomendado deixar uma margem de segurança, garantindo a redundância nos equipamentos de geração de energia, para permitir alimentar:

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

15 SISTEMA DE POTÊNCIA ELÉTRICA (SPE)

Dentro do sistema de potência elétrica, estão a geração principal de energia, a de emergência, os sistemas de distribuição de CC e CA e a fonte transitória, composta por baterias de acumuladores e equipamentos UPS.

O SPE é composto de três fontes de energia elétrica:

1. Geração principal
2. Geração de emergência;
3. Sistema UPS

A alimentação de cargas não emergenciais através do sistema de emergência só é possível em caráter excepcional e por curtos períodos de tempo, conforme SOLAS (2002). O sistema de potência elétrica alimenta as cargas da unidade segundo as seguintes definições:

a) Cargas essenciais – São as cargas definidas como serviços essenciais para segurança e definidas como cargas de emergência pelo IMO MODU CODE (2001) e pelas regras das Sociedades Classificadoras;

b) Cargas de emergência – São as cargas definidas como serviços de emergência e devem permanecer energizadas pela fonte transitória de energia elétrica (baterias), após falha do sistema de geração de emergência;

c) Cargas normais – São as alimentadas somente a partir do sistema de geração principal, não sendo classificadas como cargas essenciais ou de emergência.

16 PROPULSÃO ELÉTRICA

A propulsão elétrica não é uma invenção recente no mundo naval, advindo do início do século XIX. Entretanto, com a vinda de políticas de sustentabilidade e uma grande demanda da indústria petroleira, precisou-se de navios que suprissem ou ancorassem as plataformas de petróleo e ao mesmo tempo fossem mais rápidos e flexíveis para as manobras da embarcação.

Com isso, a propulsão elétrica voltou com vigor na indústria naval, uma vez que se utiliza a energia elétrica para a propulsão, o motor elétrico de propulsão (MEP) apresenta maior torque que o motor Diesel em baixas rotações, a curva de resposta ao se guinar o navio é menor do que com a propulsão mecânica e o tempo de resposta do navio ao se dar “máquinas a ré” é menor do que de um MCP tradicional.

Os propulsores elétricos são mais um tipo de carga para os MCAs, ou seja, são necessários mais Diesel geradores do que os dois estipulados pela SOLAS, já que é uma carga extremamente grande. Portanto, os MCAs geram a energia elétrica para o barramento e para o QEP e, a partir daí, alimentarão os utilizadores do navio inclusive o MEP e os Thrusters. Esse sistema é comumente chamado Diesel-Elétrico. Além de ser uma energia limpa, a sua manutenção é bem mais simples do que um motor Diesel, pois é preciso verificar apenas a sua lubrificação e da caixa de redução e do arrefecimento do motor, enquanto que no motor Diesel são mais sistemas auxiliares os quais necessitam de manutenção.

Esses MEPs são robustos e são de grandes potências. As tensões tradicionais de 440 V utilizadas na maioria dos navios, mesmo grande, não são seguras para esses grandes motores elétricos, pois vão utilizar grandes correntes para manter a potência nominal do motor. Logo, para a segurança da embarcação e da tripulação, a planta elétrica desses navios DieselElétricos teve que ser mudada para 600 V(segundo o navio Felinto Perry) ou mais, assim trabalhando com menores quantidades de corrente.

Além dos propulsores, os geradores alimentam também os thrusters, que são hélices localizados na proa e na popa dos navios envolvidos por um tubulão. Os “bow”(proa) e “Stern”(popa) Thrusters têm sua posição marcada no costado do navio e têm a função de tornar mais flexível a manobrabilidade do navio. Os thrusters ainda são responsáveis por manter o sistema DP (Posicionamento Dinâmico), utilizados em muitos navios, como os “offshore” e os petroleiros. Esse sistema permite que o navio ou a plataforma mantenha sua posição no mar com a utilização de movimentos laterais e é controlada pelo GPS.

A grande desvantagem da propulsão elétrica é o alto custo, pois são precisos

motores de elevada potência, o consumo de energia é alto e são necessários inversores de frequência para as mudanças de velocidade dos hélices.

17 CONSUMIDORES GERAIS E RESERVA DE ENERGIA

Já foi mostrada nesse estudo a diferença entre consumidores essenciais e nãoessenciais e que esses estão divididos em barramentos diferentes. No entanto, há outra divisão para os consumidores e seus barramentos, os barramentos de força e barramentos de iluminação.

Barramento de força consiste nos equipamentos que exigem alta potência dos geradores, utilizam a tensão de 440 V normalmente. Tais como bombas, compressores, ventiladores de grande porte, normalmente componentes dos sistemas auxiliares do navio, máquinas de convés, guindastes, entre outros.

Já o barramento de iluminação é usado para os consumidores de menor potência e não só para iluminar o navio. São os equipamentos que utilizam a tensão de 220 V. Esse barramento é interligado ao barramento de força através de transformadores abaixadores de 440 \ 220 V. Tais consumidores, mesmo em grande quantidade, representam uma menor quantidade na demanda de energia se comparados a outros sistemas mais pesados. Mesmo assim, é de suma importância que esta demanda esteja bem especificada no plano de balanço elétrico, e seja devidamente respeitada à fim de manter a boa operação a bordo. Consumidores como ar condicionado, refrigeração doméstica, cozinha e serviço sanitário são alguns exemplos de equipamentos utilizados no barramento de iluminação.

Em navios de propulsão elétrica, os MEPs e os Thrusters exigem grandes potências para o sistema de geração elétrica. Então a planta elétrica deve ter um barramento só para esses consumidores especiais e utilizam a tensão de 600 V ou mais (até kV). Neste caso, o plano de balanço elétrico apresentado não condiz com um plano de um navio de propulsão elétrica, devendo fazer modificações para atender esses utilizadores.

Reserva de energia é definido como a diferença entre a capacidade total que os geradores funcionam e a demanda de carga elétrica em determinado momento de operação. Para evitar o desperdício de energia e de combustível dos MCAs, se utilizam a quantidade de geradores no barramento em função da carga utilizada no momento. O operador sempre deve prestar atenção quanto a reserva de energia disponível na instalação da embarcação, principalmente ao se alimentar equipamentos de alta potência, como guindastes, bombas de lastro e bombas de carga. Se um operador vier a ligar um desses equipamentos sem obter a reserva de energia disponível, o navio poderá apagar por sobrecarga ou então a automação agirá, sendo colocando outro gerador no barramento (se disponível) antes de alimentar o equipamento, sendo por uma proteção não deixando ligar o consumidor até que o operador faça a sincronização dos geradores. Mesmo que a automação

venha a facilitar o trabalho do tripulante de máquinas, este deve sempre estar atento para as reservas de energia.

18 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como intenção informar como funciona a geração de energia, desde os princípios mais básicos, como o gerador elementar, aos mais sofisticados, como nas usinas hidrelétricas ou geradores de bordo, tendo em vista o quão importante tem sido a geração de energia nos dias de hoje. Para isso foi apresentando as formas de obtenção de energia elétrica e suas vantagens, o funcionamento dos diferentes tipos de geradores e os principais acionadores a bordo.

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. Por fim, o conteúdo apresentado conclui o objetivo do trabalho, que é dar uma visão da parte de geração elétrica nos navios mercantes.

REFERÊNCIAS

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

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

COSTA, Jesse Werner Costa; POPPIUS, Eduardo Bertil; IBRAHIM, Éden Gonzales. **Sistemas Elétricos Marítimos**, Volumes 1, 2 e 3. Rio de Janeiro, 2008

FILHO, Gilberto Dória do Valle. **Avaliação das Instalações de Máquinas em Navios Visando Redução do Uso de Combustível Fóssil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011

JUNIOR, Geraldo Carvalho do Nascimento. **Máquinas Elétricas, Teoria e Ensaio**. São Paulo: Érica Ltda. 2011. 4ª edição

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

IBRAHIM, Éden Gonzalez – **Sistemas de Energia Elétrica dos Navios Mercantes**. 3ed, Rio de Janeiro: CIAGA, 2004

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

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

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

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

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

TAYLOR, D. A. **Introduction to Marine Engineering, Vol. único, Ano 2005**

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

<http://www.professionalmariner.com/October-2007/Diesel-electric-propulsion-pushes-ahead/>