

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA.2020/1

GABRIEL GOMES DA SILVA

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS ELÉTRICAS A BORDO

RIO DE JANEIRO

2020

GABRIEL GOMES DA SILVA

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS ELÉTRICAS A BORDO

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Mestre Swami Novaes Chamarelli

RIO DE JANEIRO

2020

GABRIEL GOMES DA SILVA

GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS ELÉTRICAS A BORDO

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, como parte dos requisitos para obtenção do Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: ____ / ____ / ____

Orientador: **Swami Novaes Chamarelli**

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Assinatura do Aluno

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades de bordo e ter chegado até aqui.

A este Centro de Instrução, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivando pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Mestre Swami, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos meus pais, minha esposa e minha filha Manuela, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.

(Albert Einstein)

RESUMO

A geração de energia elétrica é vital para o funcionamento de equipamentos elétricos e eletrônicos, por isso torna-se um insumo essencial. A maioria dos sistemas operacionais dependem direta ou indiretamente desses tipos de insumos, portanto, é muito importante que o projeto, a instalação e a manutenção dos equipamentos atendam não apenas às necessidades dos navios, mas também às normas vigentes. Esta monografia abordará também os tipos de geradores usados em navios, seu funcionamento, suas características e distribuição de energia, quadros principais e de emergência.

Este trabalho não estaria completo se não mencionássemos os consumidores gerais e especiais, os thrusters e propulsores azimutais.

Palavra-chave: Geradores. Distribuição. Consumidores.

ABSTRACT

The generation of electrical energy is vital for the functioning of electrical and electronic equipment, so it becomes an essential input. Most operating systems depend directly or indirectly on these types of inputs, so it is very important that the design, installation and maintenance of equipment meets not only the needs of the ships, but also the current standards. This monograph will also cover the types of generators used on ships, their operation, their characteristics and energy distribution, main and emergency panels.

Keyword: Generators. Distribution. Consumers.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIAGA	Centro de Instrução Almirante Graça Aranha
ISO	International Standard Organization
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
F.E.M	Força eletromotriz
SOLAS	International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974/1988. Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar, 1974/1988
QEP	Quadro elétrico principal
QEE	Quadro elétrico de emergência
MCP	Motor de combustão principal
MCA	Motor de combustão auxiliar
UPS	Sistema ininterrupto de produção de energia(banco de baterias)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	GERADOR ELEMENTAR	13
2.1	Definição	13
2.2	Funcionamento do gerador elementar	13
2.3	Corrente Contínua	14
2.4	Corrente alternada	15
3	COMPONENTES BÁSICOS DE UM GERADOR	16
3.1	Rotor	16
3.2	Estator ou armadura	16
3.3	Anéis coletores	16
3.4	Escovas	16
4	CLASSIFICAÇÃO DE GERADORES	18
4.1	Quanto à máquina motriz	18
4.2	Quanto ao tipo de máquina motriz	18
4.3	Geradores de corrente alternada	18
4.4	Geradores de corrente contínua	18
4.5	Quanto a quantidade de fases	18
5	CONTROLE DO SISTEMA DE GERAÇÃO	20
5.1	Principais variáveis controladas	20
5.1.1	Velocidade do acionador	20
5.1.2	Tensão de excitação	20
6	TIPOS DE GERADORES MAIS USADOS A BORDO	21
6.1	Diesel geradores	21
6.2	Gerador de emergência	21
6.3	Gerador de eixo	22
6.4	Turbo gerador	23
7	DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA E SEUS SUBSISTEMAS	25
7.1	Quadro elétrico principal	25
7.2	Quadro elétrico de emergência	25

7.3	Consumidores gerais	26
7.4	Energia de terra	27
8	PROPULSÃO ELÉTRICA	29
8.1	Vantagens da propulsão elétrica	30
9	BALANÇO ELÉTRICO	31
10	CONCLUSÃO	32
11	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Nas embarcações atuais, para que haja um melhor desempenho, a aplicação de novas tecnologias e o uso de máquinas elétricas se faz necessário. Portanto, uma atenção especial deve ser dada à geração de energia elétrica, considerando que os navios modernos são totalmente dependentes disso.

A eletricidade está cada vez mais em demanda e o alto consumo de energia demandam a evolução da capacidade de geração e transmissão. Um exemplo disso, são modernos sistemas de governo e manobra, com o uso de thrusters, o sistema de posicionamento dinâmico e o moderno sistema de propulsão elétrica azimutal. A eletricidade a bordo vem principalmente de motores a diesel, chamados de geradores a diesel, porém existem outras maneiras de obter esta energia elétrica, como proveniente de geradores de eixo, que são espécies de alternadores, bem como turbo-geradores, que aproveitam a energia do vapor superaquecido produzido nas caldeiras.

A apresentação destes equipamentos assim como uma breve introdução dos sistemas de transmissão desta energia gerada é o objetivo deste trabalho.

2 GERADOR ELEMENTAR

2.1 Definição

Os geradores e os motores de corrente contínua apresentam, basicamente, a mesma constituição, diferindo apenas no que diz respeito à aplicação, porque o gerador converte energia mecânica em elétrica, e, com o motor, obtém-se energia mecânica a partir da energia elétrica. Como um gerador elétrico envolve a conversão de energia mecânica em elétrica, conclui-se que se deve imprimir movimento mecânico a alguma parte da máquina. No gerador é comum a colocação de um grande número de condutores de cobre, ligados de modo adequado, sobre um núcleo cilíndrico de aço, o qual é feito girar entre os pólos de eletro-ímãs ou ímãs permanentes de forma especial; o núcleo é laminado para diminuir o efeito das correntes de Foucault. Dá-se à parte girante o nome de armadura. O conjunto de ímãs constitui o campo da máquina. A movimentação dos condutores de cobre resulta no aparecimento de tensões induzidas nos mesmos. No motor também são dispostos condutores de cobre sobre a armadura. O torque é desenvolvido quando os condutores são percorridos por uma corrente elétrica, pois o conjunto fica submetido a um campo magnético.

O gerador elementar consiste de uma espira de fio disposta de tal modo que pode ser girada em um campo magnético estacionário. Este movimento causa a indução de corrente na espira. Para ligar a espira a um circuito externo que aproveite a f.e.m. induzida, são usados contatos deslizantes. Os pólos norte e sul do ímã que proporcionam o campo magnético são peças polares. A espira de fio que gira dentro do campo é chamada de armadura ou induzido. As extremidades da espira são ligadas aos anéis coletores, que giram com a armadura. As escovas fazem contato com os anéis coletores e transferem para o circuito externo a eletricidade gerada na armadura. A medida que os lados da espira cortam as linhas de força do campo, eles geram uma f.e.m. que produz uma corrente através da espira, anéis coletores, escovas e resistor de carga. A f.e.m. induzida que é gerada na espira, e, portanto a corrente produzida, depende da posição da espira em relação ao campo magnético.

2.2 Funcionamento do gerador elementar

Quando a espira (armadura) está na posição inicial (0°), o plano da espira é perpendicular ao campo magnético e seus condutores se deslocam paralelamente ao campo magnético. Ocorrendo isso, os condutores não cortam as linhas de força do campo. Não é gerada f.e.m. nos condutores. No momento em que a espira começa a se deslocar para um ângulo de 90° os condutores cortam um número cada vez maior de linhas de força. Entre 0° e 90° , a f.e.m. induzida nos condutores cresce de zero até o valor máximo. As f.e.m. induzidas nos dois condutores estão em série e se somam. A tensão resultante entre as escovas (tensão entre os terminais) é igual ao dobro da f.e.m. em um condutor. A corrente no circuito varia da mesma maneira que a f.e.m. induzida. É igual a zero na posição 0° e cresce até um máximo a 90° . O ponteiro do medidor de voltagem sofre deflexão para a direita entre as posições de 0° e 90° . O sentido da corrente e a polaridade da f.e.m. induzida dependem do sentido do campo magnético e do sentido de rotação da armadura. Na posição de 90° e 180° a espira passa a cortar um número cada vez menor de linhas de força. Em 180° os condutores se deslocam paralelamente ao campo magnético e não mais cortam linhas de força. De 0° a 180° , o sentido do movimento dos condutores da espira no campo magnético não se alterou, e, portanto, a polaridade da f.e.m. induzida também não se alterou. De 180° a 270° a polaridade da f.e.m. induzida e o sentido da corrente são invertidos, continuando invertida até 360° , quando comparada com as posições de 0° , 90° e 180° . A tensão nos terminais do gerador será igual em ambas as posições, porém com polaridade invertida. Para converter a tensão alternada em tensão contínua variável, elimina-se um dos anéis coletores cortando o outro longitudinalmente. Cada uma das extremidades da espira é ligada a um dos segmentos de anel. O anel cortado é chamado comutador ou coletor, a sua ação ao converter C.A. em C.C. é denominada comutação. A tensão de saída tem sempre a mesma polaridade, mas varia de valor, crescendo de zero até um máximo, caindo a zero, crescendo novamente até um máximo e, afinal, caindo outra vez a zero, sempre que a espira completa uma rotação.

2.3 Corrente contínua

Corrente contínua é uma corrente que não muda de direção durante a propagação. Nesse caso, haverá uma diferença de potencial quando a carga se mover entre os condutores. Portanto, quando a velocidade de movimento da carga no condutor for constante, teremos uma corrente contínua.

Portanto, essa corrente estabelece a mesma mudança de carga em um determinado intervalo de tempo. Ou seja, a razão da carga para o intervalo de tempo no condutor é a mesma. Para expressar o valor da corrente contínua, a unidade de medida usada é o ampere. O nome da medida é uma homenagem ao cientista francês André Marie Ampère (1775-1836).

O acadêmico é conhecido por desenvolver importantes questões relacionadas à eletricidade. Por exemplo, a Lei de Ampère propõe que se discuta o campo magnético formado pela corrente elétrica. A produção é feita por meio de várias formas. Alguns deles são: células solares, baterias e termopares. Desde o início da produção, são utilizados instrumentos que não possuem elevados requisitos de energia elétrica. Em outras palavras, a bordo a corrente contínua é geralmente usada para carregar a bateria.

2.4 Corrente Alternada

A corrente alternada é uma forma de corrente elétrica. Nesse tipo de corrente, a direção da condução da carga muda rapidamente, fazendo com que os elétrons oscilem periodicamente na direção oposta. É amplamente utilizado na transmissão de energia elétrica e motores elétricos. A geração deste tipo de corrente é realizada por um alternador. O estudo da corrente alternada é particularmente importante para a compreensão do fenômeno elétrico denominado indução eletromagnética e uma de suas maiores aplicações, os transformadores.

É uma corrente elétrica em que a direção do fluxo de carga é periodicamente invertida, diferente da corrente contínua, na qual os elétrons são conduzidos em uma única direção. Essa corrente é obtida por indução eletromagnética no alternador, que é formada por uma malha condutiva que gira em alta velocidade quando inserida entre ímãs muito fortes. A rotação do loop provoca uma mudança no fluxo magnético que passa por sua área, o que por sua vez leva à formação de uma corrente de polaridade variável cuja frequência está relacionada à velocidade de rotação do rotor.

3 COMPONENTES BÁSICOS DE UM GERADOR

Os geradores modernos apresentam diversos componentes, dentre os principais estão:

3.1 Rotor

É uma parte móvel, formada por um eixo que abriga uma bobina ou material ferromagnético. O rotor pode ser usado como um indutor, formando um campo eletromagnético no indutor através da corrente de excitação, isso formará um eletroímã ou também pode acomodar uma folha de material ferromagnético que não requer corrente de excitação ou corrente induzida, existe uma bobina na qual o campo eletromagnético irá induzir corrente, neste caso, do estator.

3.2 Estator ou Armadura

A parte fixa fica em volta do rotor e é dotada de uma ou mais bobinas. Como o rotor, o estator também pode ser usado como uma armadura, se a intensidade do campo magnético da parte móvel for maior que zero, a corrente será induzida nela e em sua bobina. Um tipo, isolado um do outro e revestido com um verniz especial que pode resistir à temperatura e à entrada sucata, ou como um sensor, vai passar excitação e corrente serão induzidas no rotor e então coletadas através do anel coletor de poeira ou interruptor e escova.

3.3 Anéis coletores

São anéis de cobre eletricamente conectados a bobina do rotor com o objetivo de levar a corrente de excitação a parte móvel gerando assim o eletroímã necessário para a geração da energia elétrica, no caso de o rotor ser o indutor, ou coletar a energia gerada no caso de a corrente ser induzida no rotor.

3.4 Escovas

Peças de grafite ou cobre que fazem contato móvel com os anéis coletores e conduzem energia de excitação para o circuito do rotor ou coletam a energia gerada neste. Sua desvantagem é que sofrem desgaste e devem ser repostas para se manter o bom funcionamento do conjunto.

4 CLASSIFICAÇÃO DOS GERADORES

4.1 Quanto a máquina motriz

Muitos são fontes de energia que podem fornecer movimento para geradores, como o vento nas pás das turbinas eólicas, o fluxo de água nas usinas hidrelétricas, etc., mas uma vez que esta monografia é para geradores a bordo, vamos nos concentrar naqueles que usam motores a diesel, geradores a diesel e motores de turbina, turbo geradores.

4.2 Quanto ao tipo de máquina motriz

Sabemos que existem dois tipos de corrente elétrica: corrente contínua e corrente alternada, mesmo com equipamentos especiais para fornecer dois tipos de corrente, só existe uma, dividida em gerador de corrente alternada (CA) e gerador (CC).

4.3 Geradores de corrente alternada(CA)

Dentre essas correntes, a corrente é coletada diretamente na armadura ou rotor através do anel coletor, a corrente alternada pode ser retificada, ou seja, convertida em contínua através do circuito retificador externo.

4.4 Geradores de corrente contínua (CC)

Este tipo de gerador usa interruptores, que são anéis de material condutor segmentada pelo material isolante. Eles são acoplados ao eixo e giram ao lado dele, e este movimento é revertido à bobina que está conectada, então a direção da geração atual a cada 90 ° pulso unilateral.

4.5 Quanto a quantidade de fases

Pode haver apenas uma ou mais bobinas na armadura do gerador indutor. O número de bobinas na armadura determinará o número de fases que serão coletadas em cada bobina

separadamente. A este respeito, o gerador pode ser monofásico, bifásico, trifásico . Na conclusão deste curso, vamos nos concentrar em geradores trifásicos porque é a mais utilizada a bordo.

5 CONTROLE DO SISTEMA DE GERAÇÃO

Uma das maiores responsabilidades do operador é realizar o controle do sistema. Mantenha sua frequência e nível de tensão dentro da faixa desejada. O controle será satisfatório quando os seguintes parâmetros são atendidos:

1. Alimentar todas as cargas adequadamente;
2. Manter a frequência no valor desejado
3. Manter a tensão no valor desejado.

Como as cargas variam de maneira aleatória, então a energia deve ser gerada de acordo com a demanda, dentro da capacidade da máquina geradora, ou podemos fazer o paralelismo de geradores, muito comum a bordo.

5.1 Principais variáveis controladas

5.1.1 Velocidade do acionador

Quando variamos a velocidade variamos a frequência pois essas variáveis estão relacionadas através da equação: $RPM = 4\pi f / n$, onde f = frequência; n = número de polos.

5.1.2 Tensão de excitação

A tensão de excitação controla o campo e conseqüentemente a tensão de saída do gerador, esta deve ser controlada para que não haja variações da mesma .

6 TIPOS DE GERADORES MAIS USADOS A BORDO

6.1 Diesel geradores

Os geradores a diesel são os mais comuns e dominantes. eles são um motor de combustão interna que usa óleo diesel para produzir movimento. usava MDO (Marine Diesel) e HFO (Heavy Oil) alimentam essas máquinas. Na categoria, podemos citar MCA (motor auxiliar de combustão) e gerador de emergência, denominado DGE (gerador diesel de emergência). Ambos o mesmo princípio de funcionamento, mas diferente na manutenção e no uso. A estrutura deste tipo de gerador pode ser dividida em três partes: motor, gerador e Excitador.

O motor tem a função de converter a energia térmica obtida pela combustão. Adicione combustível durante o movimento e transfira-o para o resto do sistema. O motor precisa toda a manutenção e manutenção de motores diesel comuns. Tem seu próprio Combustível, ar de lavagem, ar de controle, ar inicial, exaustão, lubrificação e esfriar. Todos esses sistemas são essenciais para que o motor alcance A velocidade e manutenção necessárias. Mudanças na velocidade do motor podem Faça com que a frequência aumente ou diminua, para que você possa A excitatriz do gerador de barramento tem a função de fornecer um determinado nível ao campo magnético do alternador Corrente de excitação para manter a qualquer momento e condições de carga A saída do gerador é estritamente constante.

É um pequeno gerador cujo eixo é o mesmo que um motor elétrico e tem um ímã para que possa gerar corrente induzida, Contanto que o ímã ainda tenha remanência. A corrente gerada está na forma de corrente alternada deve passar por um retificador ,um grupo de semicondutores (diodos), com objetivo de converter esta corrente em corrente contínua é fazer com que a corrente alcance o alternador

6.2 Gerador de emergência

O DGE é um gerador importante, e sua manutenção deve ser contínua e cuidadosa. A Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida Humana tem disposições específicas sobre isso. Pessoas no mar (Convenção SOLAS 1974), relacionadas às suas regras de navegação marítima Função, capacidade e tempo máximo para iniciar e operar em caso de emergência. É projetado para alimentar o EQF em caso de emergência, para Todo o

equipamento e iluminação necessários para garantir uma navegação segura. Em alguns navios pode usar energia DGE para alimentar QEP em um curto espaço de tempo exceção

Esse gerador é acionado pela automação do navio em casos de “blackout”. Devido a uma regra da SOLAS, não fica localizado na praça de máquinas, e por sua localização ser em um convés superior, não utiliza sistema de arrefecimento por água salgada, devido a capacidade de aspiração das bombas. Seu sistema de arrefecimento é simples, se assemelha com o de um carro de passeio, com o uso de um radiador. O restante dos seus sistemas se assemelha com o de um MCA comum, com bombas de óleo, água doce e combustíveis acopladas ao eixo de manivela por meio de engrenagens, e não dependem de energia elétrica para funcionar.

Por regra, deve possuir dois sistemas independentes de partida, e o mais comum e principal é o de bateria com motor de arranque elétrico. Porém outros sistemas também são utilizados, como hidráulico e pneumático, e deve ser capaz de realizar três tentativas de partida em cada um destes.

Por ser um gerador especial, sua manutenção deve ser rígida e cautelosa, sempre seguindo as especificações do fabricante. Deve-se atentar ao nível de combustível no tanque, ao nível de óleo lubrificante no cárter, e nível de fluido refrigerante no tanque de expansão.

Outro cuidado a ser tomado é com seu tempo de funcionamento. Por ser um motor que entra em atividade imediatamente, sem aquecimento prévio, ou utilização de catraca, seu desgaste é muito intenso, e seu limite máximo de horas de funcionamento é muito inferior aos de outros diesel geradores.

6.3 Gerador de eixo

Conhecido como gerador de eixo, este equipamento funciona semelhantemente ao alternador de um veículo automotor comum que vemos no nosso cotidiano. Nada mais é do que um gerador que aproveita a energia da combustão do MCP (Motor de Combustão Principal) para a produção de energia elétrica. A diferença, é que no caso do alternador de um carro, por exemplo, o alternador está conectado ao motor por meio de correia, e está sempre em funcionamento, alimentando a bateria e todo o sistema elétrico de 12 volts CC do carro. Já no caso do modelo marítimo, pode ser conectado ou desconectado do MCP, dependendo da

necessidade. Para isso, é necessário o uso de uma caixa de transmissão, e uma conexão, chamada de “clutch” ou simplesmente acoplamento.

Este tipo de gerador presente na grande maioria dos navios atuais, e é encontrado tanto em embarcações de grande porte, como navios cargueiros, quanto em embarcações “Offshore”, com MCP’s de menor potência e tamanho. Como vantagens, podemos citar o fato de que sua manutenção é simples possui um baixo custo, tendo em vista que a principal preocupação é com a lubrificação e, diferente dos diesel geradores, não possui sistemas auxiliares, apenas sua transmissão e seu eixo que são conectados ao motor principal. Outro fato importante é a economia no espaço, já que é um gerador de tamanho reduzido se comparado a um MCA. Também é importante o fato da economia de combustível, já que este gerador não necessita de combustão própria, apenas aproveita a combustão já realizada no MCP. 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.

6.4 Turbo gerador

A turbina à vapor é um equipamento feito para obter trabalho mecânico da energia armazenada no vapor. 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. A pequena palheta ("nozzle" na figura abaixo) age para converter energia térmica do vapor em energia cinética. Este jato é direcionado às palhetas montadas nas periferias da roda ou disco. A forma das palhetas causa uma mudança na direção e esse é o motivo de uma grande velocidade do jato de vapor. Agora uma mudança na velocidade para uma dada vazão de massa de vapor produzirá uma força que age para girar a roda da turbina, por exemplo vazão de massa de vapor (kg/s) x mudança na velocidade (m/s) = força (kg m/s²).

A turbina acionada pelo fluxo de vapor superaquecido é conectada por um eixo comum à um gerador. Essa é a ideia básica de um turbo gerador. 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 principal vantagem é que como a caldeira deve ser sempre mantida em funcionamento, e a própria caldeira utiliza os gases de escape do MCP para produção de vapor, esse vapor devidamente tratado é capaz de gerar energia, economizando uma grande quantidade de óleo combustível que seria utilizado nos diesel geradores.

7 DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA E SEUS SUBSISTEMAS

7.1 Quadro elétrico principal

A distribuição de energia elétrica deve ser feita para que da embarcação forneça a potência necessária para que todos os sistemas operem de forma plena. O quadro elétrico principal é usado para receber, controlar e distribuir a energia produzida pelos geradores. O QEP faz parte do sistema principal de energia do navio. Possui um conjunto de armários, cada um com uma finalidade, como por exemplo, controle de cada gerador, controle do paralelismo dos geradores, disjuntores que alimentam os utilizadores. Ele está localizado no centro de controle de máquinas, e é de fácil acesso para tripulação de máquinas. Cada um dos geradores tem um espaço separado no QEP.

Dentro do QEP existe um barramento que interliga todos os quadros do QEP.

Ele alimenta todos os equipamentos de bordo, e também é ele o responsável por alimentar os equipamentos ligados ao QEE quando o navio se encontra em condições normais. Caso ocorra um acidente que faça com que o barramento principal perca sua alimentação, o DGE vai garantir que os equipamentos essenciais continuem recebendo energia. E para controle desses equipamentos, existe um quadro elétrico específico, similar ao QEP, que é o quadro elétrico de emergência (QEE). Nele se encontra todos os dados referentes ao DGE e ao barramento de emergência que está sendo alimentado pelo barramento principal .

7.2 Quadro elétrico de emergência

O Quadro Elétrico Principal, ou QEP (em inglês Main Switchboard), é um equipamento elétrico destinado a receber energia elétrica de uma ou mais fontes de alimentação e distribuí-las a um ou mais circuitos. São distribuídos e montados próximos um dos outros no Centro de Controle da Máquina (CCM), sendo, portanto de fácil acesso. O QEP tem a função de receber, controlar e distribuir a energia elétrica produzida pelos geradores principais, como os motores auxiliares ou turbos geradores, e também de outros geradores como os geradores de eixo. Este quadro faz parte do sistema principal de energia do navio e cada um dos setores do QEP possui uma finalidade e designação, por exemplo, controlar o

paralelismo entre os geradores, controlar o quadro de distribuição; controlar o quadro de iluminação, etc. O QEP com suas funções possibilita que 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, sua automação, composta 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 a manobra de abertura ou fechamento dos disjuntores do QEP utilizando apenas um botão no CCM;
- b) Maior segurança nas manobras dos disjuntores do 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.

Outra finalidade importante a ser considerada no sistema de supervisão do QEP é a prioridade para desligar as cargas elétricas caso ocorra uma sobrecarga no sistema. As cargas são divididas, normalmente, em dois grupos: essenciais e não essenciais. No caso das essenciais, em caso de sobrecarga elas são mantidas ligadas pela supervisão do quadro, e como exemplo podemos citar 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, por exemplo, estão as exaustões de banheiros e o fogão da cozinha.

7.3 Consumidores gerais

O termo usado para o barramento de força se aplica a todos os dispositivos que usam uma tensão mais alta. Como bombas, compressores, ventilação da sala de máquinas, guindastes, etc. O chamado ônibus de iluminação é mais amplo do que seu nome em si. Todos os dispositivos que usam tensão inferior barramento de força, pertence a esta categoria.

Consumidores como cozinha, aquecimento, refrigeração doméstica, ventilação mecânica, saneamento e serviços de água são considerados o mínimo para o conforto e a vida,

e entre esses dispositivos estão aqueles que funcionam tanto no barramento de força quanto no de iluminação. A Convenção SOLAS exige uma única fonte de alimentação que possa garantir as condições normais de trabalho e segurança, além do conforto mínimo mencionado acima. Esses consumidores, mesmo em grande número, representam uma necessidade de energia menor em comparação com outros sistemas mais pesados. Mesmo assim, é extremamente importante que este requisito seja bem identificado em um plano de balanço elétrico e devidamente seguido para a manutenção das operações a bordo.

Abaixo está uma lista geral de consumidores, visto que suas necessidades de energia variam amplamente com cada necessidade. Essa necessidade foi pesquisada e tabulada, deixando bem claro quais equipamentos e geradores precisam para trabalhar em cada situação. Tal estudo é chamado de modo de operação.

- a) Praça de máquinas (serviço contínuo): bomba de água salgada, óleo diesel
- b) Praça de máquinas (serviço intermitente): bombas de transferência de óleo diesel
- c) Praça de máquinas (diversos): bombas de esgoto, lastro
- d) Ar condicionado / ventilação / aquecimento
- e) Frigorífica de provisões (equipamentos): compressor, armazenamento para peixes, carnes
- f) Cozinha / copa
- g) Lavanderia
- h) Oficina
- i) Iluminação
- j) Equipamentos náuticos e de auxílio à navegação

7.4 Energia de terra

A energia também pode ser fornecida aos navios por geradores ou redes em terra. Obtenha utilidade de energia através da conexão na doca. Energia da Terra, ou "Costa Energia", conectado em uma caixa no convés do navio; conectado por cabos flexíveis, Normalmente pertencem ao estaleiro ou empresa terceirizada. As caixas no navio

são geralmente No primeiro convés aberto acima da cabine, em alguns lugares de fácil acesso, Para estabelecer uma conexão. A caixa de força de aterramento do navio é conectada ao barramento do painel de controle principal Use um disjuntor separado localizado no painel de energia de aterramento a bordo Placa principal, que possui medidores e outros instrumentos e componentes, como relés de sequência de fase. Alguns navios possuem essa estrutura 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.

8 PROPULSÃO ELÉTRICA

A ideia de ter um motor elétrico para impulsionar um navio não é nova, seu consolidação só se tornou realidade graças aos avanços alcançados nas últimas décadas de eletrônica de potência, que permitiu um controle de velocidade mais preciso e um aumento na potência dos motores elétricos, tornando o acionamento elétrico competitivo em Mercado. O trem de força elétrico básico, mas completo, consiste em um grupo gerador de energia, acionamento de motor elétrico composto de computadores, conversores de frequência e sistemas de controle de velocidade e torque, motor elétrico, caixa de engrenagens e hélice.

A propulsão elétrica ainda é recente no meio marítimo e não tão difundida quanto a propulsão mecânica, mas ganha terreno a cada dia devido à eficiência e reduzidíssima emissão de poluentes. Nesse sistema de propulsão, um motor elétrico alimentado por um grupo de geradores de energia movimenta um hélice propulsor. Quanto ao tipo de transmissão de movimento entre o motor elétrico e o hélice, há diversas configurações e posições do motor elétrico, podendo inclusive estar fora do navio e dentro da água.

8.1 Vantagem da propulsão elétricas

Em embarcações movidas a motor, a velocidade do MCP determina a rotação do eixo da hélice e, portanto, a rotação da hélice. Se uma embarcação não estiver equipada com uma hélice de passo ajustável, o motor pode não estar operando em sua faixa de desempenho ideal, desperdiçando combustível e causando desgaste excessivo. Um navio movido por um motor elétrico não apresenta esse problema, porque o motor da hélice pode operar em qualquer velocidade enquanto mantém alta eficiência. Dessa forma, não haverá mais desperdício de combustível ou energia. Estima-se que a eficiência energética de um acionamento elétrico seja 17% superior à de um acionamento mecânico convencional. A pesquisa mostra que em um mesmo tanque de gás, em um ano de operação, o sistema de propulsão elétrica obteve melhores resultados e uma vantagem sobre o vapor convencional e a propulsão mecânica.

Devido ao uso de um acionamento elétrico, vários dispositivos auxiliares foram eliminados. Essa redução no equipamento instalado resulta em menores custos de manutenção. Além disso, os custos e os intervalos de manutenção dos equipamentos elétricos

são menores e, com um alto grau de automação, a manutenção preditiva e preventiva torna-se uma excelente ferramenta para diminuir os custos totais de manutenção.

A visão de não poluição do meio ambiente pelos navios é cada vez mais difundida entre a comunidade marítima. Um dos anexos da MARPOL trata da poluição do ar por navios e, como todos os outros anexos, está se tornando mais rigoroso e cobrado com o tempo. Os gases da queima de combustíveis fósseis são os principais responsáveis pelo efeito estufa. Portanto, a redução na quantidade de combustível queimado pelos motores de bordo é sempre bem-vinda, tanto no aspecto financeiro quanto no ambiental. O uso de pods e azimutes em embarcações com propulsão elétrica permite a geração de empuxo em qualquer direção, já que o propulsor pode ser colocado em qualquer posição ao girar 360°. Para fins de manobrabilidade, isso representa uma grande vantagem sobre os navios com propulsão mecânica convencional. Nas manobras de atração / desatração e de abordagem, os operadores podem direcionar o impulso para onde for mais conveniente.

9 BALANÇO ELÉTRICO

É elaborado de modo a saber a demanda requerida para a funcionalidade total do navio. Através dele pode-se observar a demanda de cada grupo, grupo este definido pela NBR 7567 de 1992 que é relativa à execução do balanço elétrico.

Para podermos dimensionar os geradores do navio, deve-se considerar a soma de todos os consumidores elétricos, tais como os produtores, as bombas, de incêndio e etc. Assim como, o tempo de operação, a simultaneidade dessas cargas e com a utilização das respectivas tabelas, chegarmos ao correto dimensionamento.

Após determinada a demanda dos sistemas gerais, acrescenta-se a demanda do sistema de manutenção de carga. A soma dessas duas contribuições representa a demanda energética total da embarcação e de posse dessa informação, selecionam-se os geradores, de modo que estes sejam capazes de suprir essa demanda em todas as condições de operação do navio, deixando uma margem de segurança para garantir a redundância nos equipamentos de geração de energia .

O balanço energético é de vital importância para determinação da potência do gerador, de modo a garantir o maior benefício possível e garantir que o navio trabalhe sem problemas de geração de energia com o menor custo de combustível, mantendo as condições de segurança necessárias para seu funcionamento.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi apresentar brevemente o sistema de geração elétrica de uma embarcação falando dos processos de geração, principais componentes de um gerador e os tipos de geradores mais comuns nas embarcações.

Os principais consumidores e o sistema de propulsão azimutal, o famoso diesel elétrico, foi abordado de forma simples e didática exemplificando sua demanda energética fazendo um link com os sistemas de geração e distribuição mais utilizados a bordo.

A realização do balanço energético na fase de projeto também foi abordada pois é essencial para o correto funcionamento da embarcação, resultando em um bom desempenho nas operações da mesma, ocorrendo assim em um bom aproveitamento da energia gerada de acordo com a utilização de cada consumidor, essencial ou não.

11 REFERÊNCIAS

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

LAUKIA, K., The Azipod System – Operational Experience and Designs for the Future. The Institute of Marine Engineers, Paper 5, **Electric Propulsion The Effective Solution?**, October, 1995.

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

POPPIUS, Eduardo Bertil; IBRAHIM, Éden Gonzales; COSTA, Jesse Werner – **Sistemas elétricos Marítimos**. 1Ed, Rio de Janeiro: DPC, 2008.