

INTRODUÇÃO

A facilidade de controle e o baixo índice de perda energética durante conversões incentivam o uso de energia elétrica no mundo. Cada vez mais se busca formas para geração dessa energia que se torna cada vez mais importante. Fontes renováveis, como a força das águas, dos ventos ou a energia do sol e recursos fósseis, estão entre os combustíveis usados para a geração da energia elétrica. Pela abundância de grandes cursos d'água, espalhados por quase todo o território brasileiro, a fonte hidrelétrica está no topo da matriz elétrica brasileira.

Esta monografia tem como objetivo explicar como é feito esse processo, de geração de energia elétrica, a bordo de navios mercantes, explicando o funcionamento dos principais equipamentos como os diesel geradores, geradores de eixo e os turbo geradores. Mas para um melhor entendimento, antes será feita uma análise de um sistema elétrico de um navio.

Esse avanço traz mais comodidade para a tripulação do navio, mas isso vem com mais responsabilidades pois tais equipamentos demandam uma quantidade considerável de energia e a distribuição de tal energia tem que ser bem precisa, por isso o plano de balanço elétrico será abordado nesse trabalho, tendo como objetivo o correto manuseio do mesmo.

1 SISTEMA ELÉTRICO

1.1 Circuitos Elétricos:

São os caminhos e os utilizadores da energia elétrica, representados graficamente por esquemas elétricos. Os esquemáticos de Circuitos Elétricos são fundamentais no projeto de instalações e máquinas elétricas, pois mostram o funcionamento delas. Podem ser lidos por quaisquer técnicos ou engenheiros, sendo assim uma maneira prática e precisa de transmitir o modo de operação do projeto. Os circuitos também desempenham um importante papel na parte de manutenção de aparatos tecnológicos, pois o conserto dos mesmos se torna difícil sem uma compreensão clara do circuito, já que na maioria dos casos não é possível entender o funcionamento do aparelho olhando apenas para o sistema elétrico em si. Para que se facilite o processo de leitura de circuitos há vários padrões de desenho técnico.

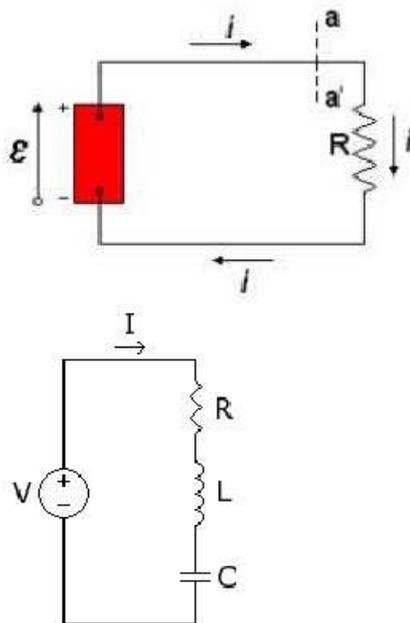


Figura 1 - Exemplos de Circuitos Elétricos

1.2 Sistemas Elétricos:

Sistemas Elétricos são a finalidade de qualquer projeto na área de eletricidade. Eles são responsáveis pela geração, distribuição, e até mesmo utilização da energia elétrica. Sendo, portanto a representação material de ideias e necessidades. Quanto à função, os Sistemas Elétricos possuem diversas classificações, tais como: Sistemas de Potência, de Medição, Proteção, Comunicação. Tais subdivisões serão explicadas de forma sucinta abaixo.

- Sistemas de Potência: Esse tipo de sistema é responsável pela geração de energia. Pode-se citar como exemplo a usina Hidrelétrica de Itaipu.



Figura 2 - Usina Hidrelétrica de Itaipu

Fonte: Publicado por: Eduardo de Freitas em Geografia humana do Brasil

- Sistemas de Medição: Os sistemas de medição são responsáveis por medir grandezas elétricas.



Figura 3 –Multímetro
Fonte:

- Sistemas de Distribuição: Sistemas de Distribuição são responsáveis por abastecer de energia os municípios.



Torres de Distribuição de Energia.
porDanigalvao em <http://naturezaesustentabilidade.wordpress.com/>

- Sistemas de Proteção:Esse tipo de sistema processa sinais com o intuito de proteger aparelhos quanto à danificações por mau uso ou por flutuações da rede.



flutuações na rede

Filtro com circuito de proteção contra

Publicado em http://revistahometheater.uol.com.br/site/tec_artigos_02.php?id_lista_txt=7197

2 Sistema Elétrico de um Navio

Nesse capítulo iremos falar sobre o sistema elétrico de um navio, todas as informações nesse capítulo foram retiradas do manual de operação, volume 1, da Petrobras.

A instalação mais comum nos navios mercantes tem dois geradores acionados por motores de combustão auxiliar e outro que pode ser um gerador de eixo, ou um turbo gerador. Cada gerador é capaz de suportar a carga elétrica do navio em regime normal de viagem.



Figura 6: Exemplo de um gerador acionado por um MCA

O sistema de energia é formado por três geradores principais, um gerador de emergência, um quadro elétrico de emergência. Cada gerador principal tem potência de 850kw e o gerador de emergência 200kw.

Quadro elétrico principal é composto por um painel de sincronismo e controle, um painel para cada gerador principal, dois painéis de alimentação de 440VCA, um painel de alimentação de 115VCA e um painel para o gerador de emergência.

Este quadro distribui energia dos geradores principais para as cargas elétricas localizadas em diversas partes do navio; e em caso de ocorrência de defeito em qualquer um

desses circuitos, o dispositivo de proteção adequado irá operar para isolar o circuito defeituoso e proteger o equipamento.

O quadro elétrico de emergência é composto por um painel de gerador de emergência, um painel de alimentação de 440VCA e de força exterior e um painel de alimentação de 115VCA.

Em condições normais de viagem e no porto, um (1) gerador principal é suficiente para atender às solicitações de carga do navio.

Deverão ser utilizados dois(2) geradores principais nas seguintes situações:

- a) Normal no mar com “makeup” do sistema gás inerte;
- b) Operação de descarga;
- c) Elevação e manutenção de temperatura da carga;
- d) Partida (com lavagem de âncora);
- e) Limpeza de tanque;
- f) Chegada;
- g) Operação de carga

Na figura 7 pode se ver como é o circuito elétrico de um navio, tendo como foco a distribuição da energia, para o sistema de iluminação, e outros sistemas de emergência.

como provenientes de geradores de eixo, que são espécies de alternadores, e também de turbo-geradores, que aproveitam a energia do vapor superaquecido produzido nas caldeiras.

A bordo existem varias fontes de energia, cada uma com seu funcionamento. Essas fontes podem ser de corrente contínua ou alternada.

As baterias são a fonte de energia em corrente contínua, são carregadas pela energia produzida nos geradores e passam pelo retificador. As baterias se encontram separadas no sistema transitório que é o responsável por alimentar todo o sistema de corrente contínua da automação. Este sistema é indispensável para a operação do navio, pois se as baterias não estiverem sendo carregadasna maneira correta durante a navegação, sua energia acumulada vai sendo gasta com o tempo fazendo com que todos os equipamentos da automação fiquem inoperantes, com isso A consequência seria o navio apagar.

Outra função do sistema transitório é em caso de blackout, ele é o responsável por fazer com que a automação continue operando, isso garante que o DGE entre em funcionamento automaticamente, até que seja reestabelecida a energia dos MCA's.

Logo as baterias não se encontram na praça de máquinas. Na convenção SOLAS, cap. II-I, a regra 45 estabelece que baterias deverão ser adequadamente alojadas e compartimentos utilizados primordialmente para esse fim deverão ser convenientemente construídos e eficientemente ventilados.

3 Geradores

A função de um gerado elétrico está implícita em seu nome. Este equipamento gera uma tensão, ou seja, uma diferença de cargas elétricas entre dois pontos, através da transformação de outras formas de energia como a energia mecânica, em uma corrente elétrica. O termo "gerador elétrico" se reserva apenas para as máquinas que convertem a energia mecânica em elétrica. Conforme as características da corrente elétrica que produzem, os geradores podem ser de corrente contínua (dínamos) e alternada (alternadores).

Pode ser dividido em duas partes principais, o rotor (parte móvel) e o estator (parte fixa). O rotor pode ser constituído por um pacote de lâminas de um material ferromagnético envolto num enrolamento constituído de condutores de cobre designado como enrolamento de campo, que tem como função produzir um campo magnético constante assim como no caso do gerador de corrente contínua para interagir com o campo produzido pelo enrolamento do estator.

O estator é montado em volta do rotor de forma que o mesmo possa girar no seu interior. É onde circula toda a energia elétrica gerada, sendo que tanto a tensão quanto a corrente elétrica que circulam são bastante elevadas em relação ao campo (rotor), que tem como função apenas produzir um campo magnético para excitar a máquina de forma que seja possível a indução de tensões nos terminais dos enrolamentos do estator.

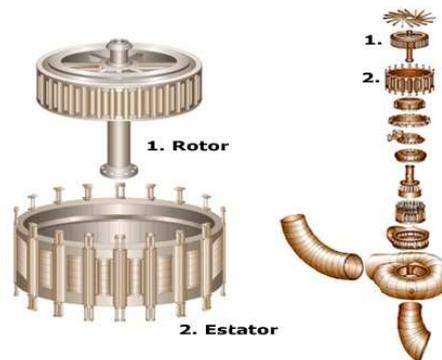


Figura 8- partes principais de um gerador

A bordo são utilizados, basicamente, três diferentes tipos de geradores:

- ❖ Diesel Geradores (MCA's)
- ❖ Turbo Geradores
- ❖ Geradores de eixo

Os navios não são obrigados a possuir todos os tipos.

3.1 Diesel Gerador

É o caso mais comum, este sistema utiliza motores de combustão interna a diesel, específicos para gerar a energia mecânica necessárias para a excitação dos campos eletromagnéticos, e assim gerar a eletricidade necessária para a operação dos equipamentos elétricos a bordo.

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.

O motor Diesel é alimentado com Diesel Oil (Marine Diesel). O combustível é aspirado dos tanques de serviço (tanques diários de D.O.), por uma bomba acoplada ao motor, sendo depois filtrado e enviado para o coletor que alimenta as bombas de injeção. O controle destas bombas é efetuado por um regulador de velocidade para manter constante o número de rotações do motor, e em consequência a frequência da eletricidade produzida, independentemente das flutuações de carga (potência elétrica consumida pelos diversos equipamentos do navio). O combustível em excesso retorna ao tanque de serviço de D.O. A função desse motor é utilizar a energia térmica do combustível, convertendo-a em energia mecânica e transmiti-la em forma de trabalho, através de um eixo comum, para o gerador fazendo que seja produzida energia elétrica.



Figura 9- Exemplo de um Diesel Gerador

O AVR (Regulador Automático de Voltagem) é um equipamento eletrônico instalado no QEP (Quadro de Energia Principal) com o propósito de manter a tensão gerada, em cada máquina, dentro do valor ajustado apesar das variações na carga elétrica do navio e de pequenas variações na velocidade da máquina. Ele está constantemente medindo a tensão gerada e atua no campo da excitatriz.

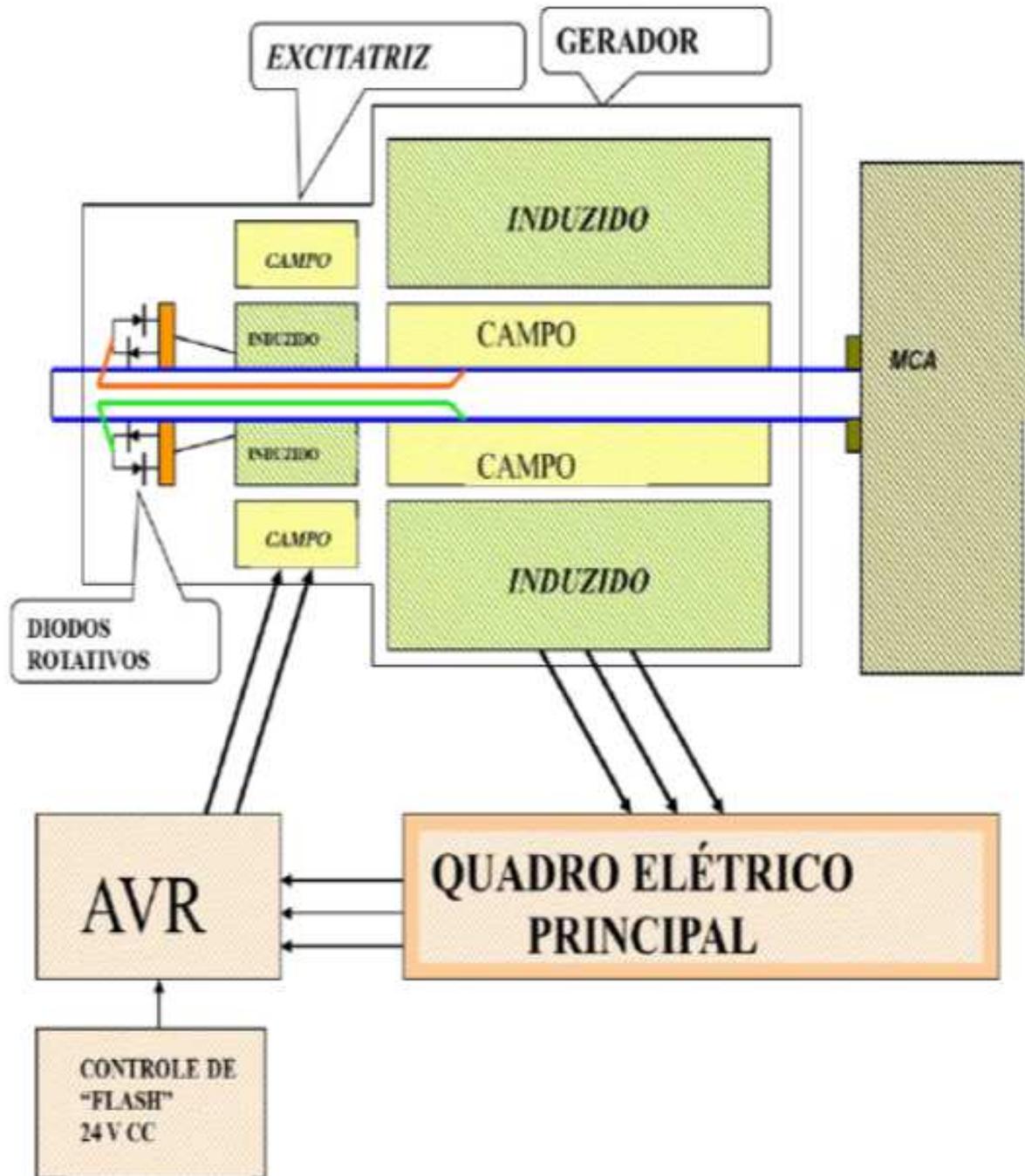


Figura 10- Sistema de um diesel gerador

O item 4.2.1 da Norma IEC 92-301 estabelece que o gerador de bordo deve ser capaz de manter a tensão dentro de mais ou menos 2,5% da tensão de placa, em cargas desde zero até a máxima, com o fator de potência nominal da máquina. Para o gerador de emergência é permitido variações de mais ou menos 3,5%. O AVR é o dispositivo mais importante para o atendimento dessas exigências. Para a energia consiga ir do gerador para o QEP o AVR é imprescindível.

ODGE deve ser completamente independente dos sistemas da praça de máquinas. Desse modo o DGE não pode ser, dependente de qualquer pressão de ar, ou de água para resfriamento, ou de bombas de combustível da praça de máquinas. O DGE é projetado para continuar funcionando, por exemplo, em caso de perda total da praça de máquinas durante um incêndio. O tempo que o DGE permanecerá funcionando deverá ser igual, ou maior, ao estabelecido pelas Regras da Convenção SOLAS, e dependerá do combustível existente no seu próprio tanque de combustível. O DGE tem como objetivo alimentar o QEE.

O QEE tem os seus próprios armários para os controles do gerador de emergência e distribuição da energia de emergência. O QEE fica situado fora da praça de máquinas, com fácil acesso do convés aberto. Junto com o DGE ficam os transformadores dos circuitos de emergência, mais os dispositivos de partida e tanque de combustível do DGE, como prevê a Convenção SOLAS no cap. II-I, parte D, a regra 42.

É importante citar que o sistema automático de partida e a característica do acionador principal deverão permitir que o gerador de emergência assumira plena carga de modo seguro, em no máximo 45 segundos e o QEE deve possuir dois sistemas independentes de partida, o mais comum é o de bateria com motor de arranque elétrico.

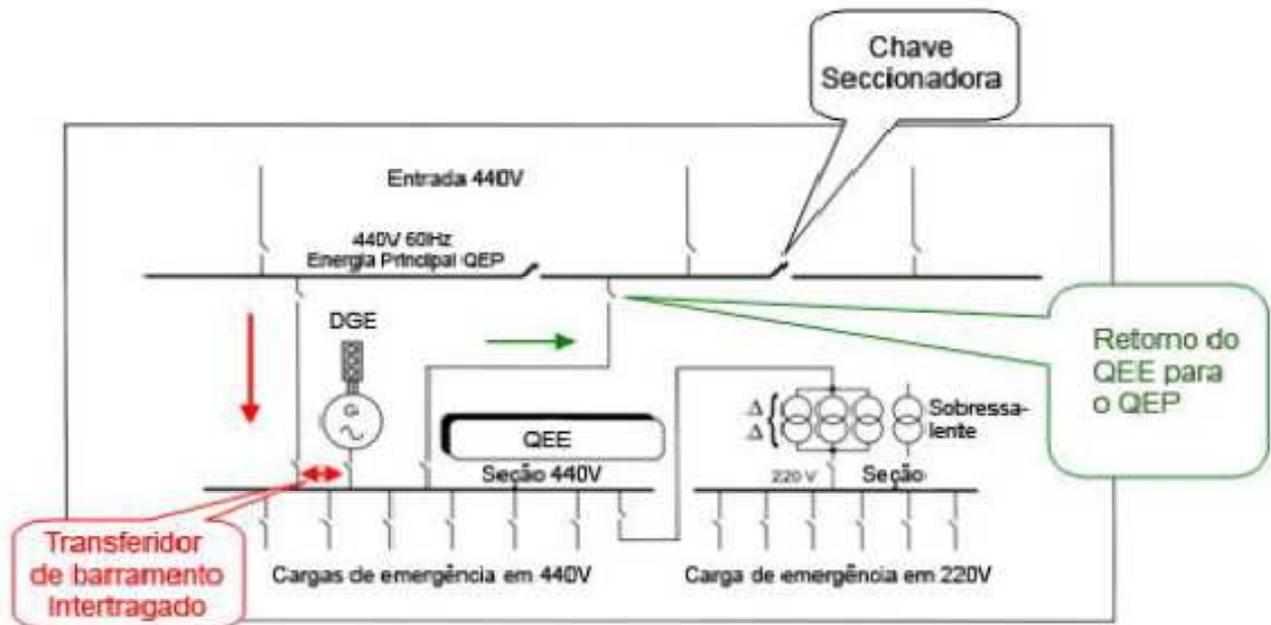


Figura 11- Ligações entre o QEP e o QEE, mais a força e a iluminação de emergência.

3.2 Turbo Gerador

A Turbina a gás é a máquina primária mais utilizada nos sistemas de geração de energia das plataformas petrolíferas. A Petrobras vem aumentando os investimentos devido a descoberta da camada Pré-sal e suas plataformas estão sendo amplamente equipadas com as turbinas a gás.

A ideia básica de um turbo gerador é uma turbina acionada por vapor superaquecido e acoplada por um eixo comum à um gerador. Os navios que possuem esse tipo de equipamento devem possuir uma caldeira, e ser capazes de produzir vapor superaquecido.

É muito importante o vapor utilizado ser superaquecido para que exista a garantia deste não se condensar nas turbinas e nem na rede, o que seria um grave problema e o reparo poderia levar tempo. Para o correto funcionamento detalhes como pressão de vapor, vedação,

temperatura do vapor e outros devem ser sempre observados. Tais valores, assim como a capacidade do gerador são dados pelo fabricante, e deve ser respeitado para alcançar o maior rendimento e ter o mínimo de problemas.

A grande economia de óleo combustível é uma vantagem desse tipo de gerador, já que a caldeira utiliza os gases de escape do MCP para produção de vapor, e esse vapor depois de tratado é capaz de gerar energia.



Figura 12- Turbo gerador 4000kw 21kg de pressão

3.3 Gerador de Eixo

Pode ser descrito como um gerador conectado ao eixo propulsor do navio, por engrenagens. Podem ter controle de velocidade, limitado, feito apenas pelo acoplamento hidráulico, e outros sem nenhum controle de velocidade.

Em todos esses casos o gerador de eixo trabalha apenas em uma única faixa de velocidade e em um sentido de rotação do eixo acionador. Fora dessas condições o gerador de eixo não pode ser empregado, e fica desacoplado do eixo propulsor.

Como os geradores de eixo são capazes de suprir o consumo de eletricidade do navio em regimes de cruzeiro e devido a economia de combustível que esse gerador é capaz de proporcionar, os geradores de eixo tornaram-se muito usados na indústria naval.

Na figura 13 pode se observar a descrição simplificada de um gerador de eixo conectado ao eixo propulsor do navio.

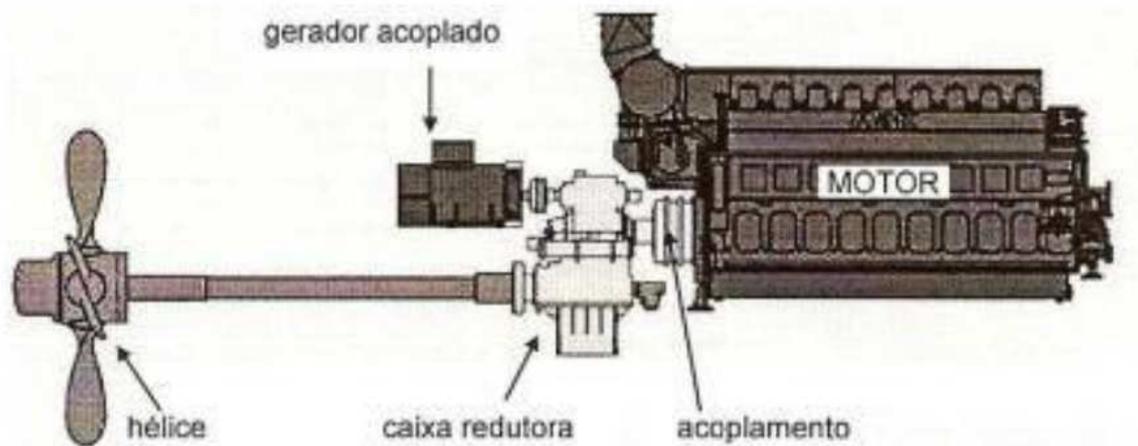


Figura 13- Exemplo de um gerador de eixo

3.3.1 Vantagens e desvantagens do gerador de eixo

-Vantagens:

1) A maior vantagem do gerador de eixo é não causar poluição do ar ao contrário de outros métodos tradicionais de produção de energia em navio. Além disso, o nível de ruído também é baixo.

- 2) É mais rentável , uma vez que não requer combustível caro para geração de energia como motor principal em si é uma força motriz .
- 3) O desgaste e, portanto, o programa de manutenção e os custos para o mesmo reduz para o gerador conduzido independente.
- 4) o espaço de instalação é inferior ao que é instalado próximo ou em linha com o eixo do motor principal.
- 5) O custo de instalação do gerador de eixo é baixa , uma vez que não necessita de fundação separado, motor principal ou sistema de escape. Mesmo o tempo de montagem é também inferior.
- 6) de baixo custo de peças de reposição - Custo / horas como o período de manutenção programada para o gerador de eixo tem intervalo de tempo maior, quando comparado ao gerador diesel.

-Desvantagens:

- 1) Para um sistema básico gerador de eixo, a eficiência da hélice do motor é reduzida em baixa potência de propulsão. Uma vez que o requisito de frequência é constante, por um motor principal com um CPP, ele tem que rodar a uma velocidade constante, mesmo a baixa carga.
- 2) Não há geração de energia na porta quando o motor principal está em condição de parada.
- 3) devido a uma fixação adicional ao eixo do motor, a carga no motor também aumenta, o que resulta em aumento de consumo específico de combustível e de óleo do eixo do cilindro quando o gerador é usado.
- 4) Não é possível lidar sozinho quando a demanda de carga é alta , pois pode afetar o desempenho do motor principal e manutenção.
- 5) Ela exige engrenagens, acoplamentos e outro arranjo complicado para instalação em algum sistema .

Na figura 14 pode se observar um simplificado sistema de um gerador de eixo. As siglas PTI e PTO significam respectivamente Power take in e Power takeoff, se referem a dois

modos de funcionamento. O modo PTI é utilizado para aumentar a potência de tração do navio e o PTO é quando há a produção de energia elétrica, aumentando a potência elétrica.

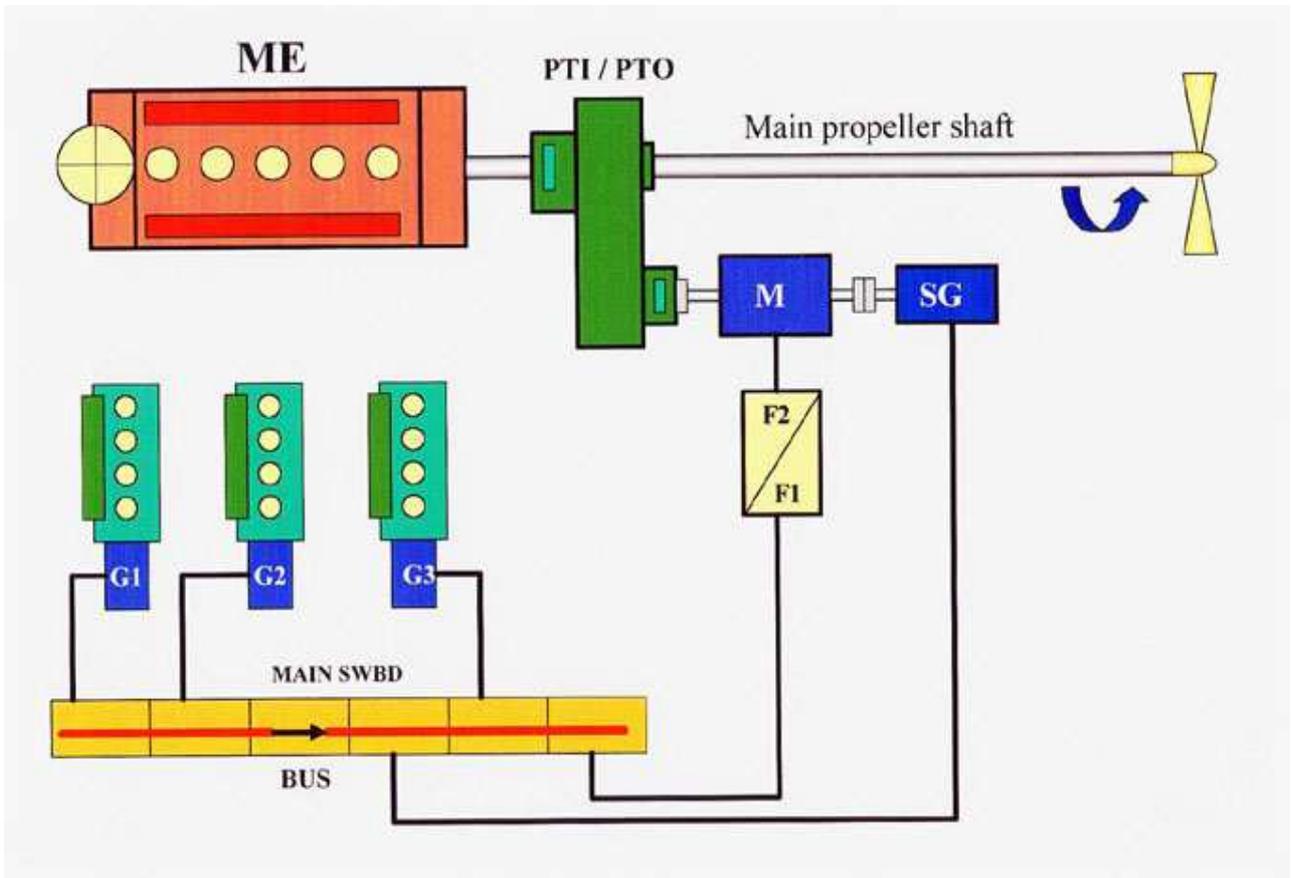


Figura 14- Exemplo de um sistema de um gerador de eixo

4 Distribuição da energia elétrica

A distribuição de energia elétrica deve ser feita para que a 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 a 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.

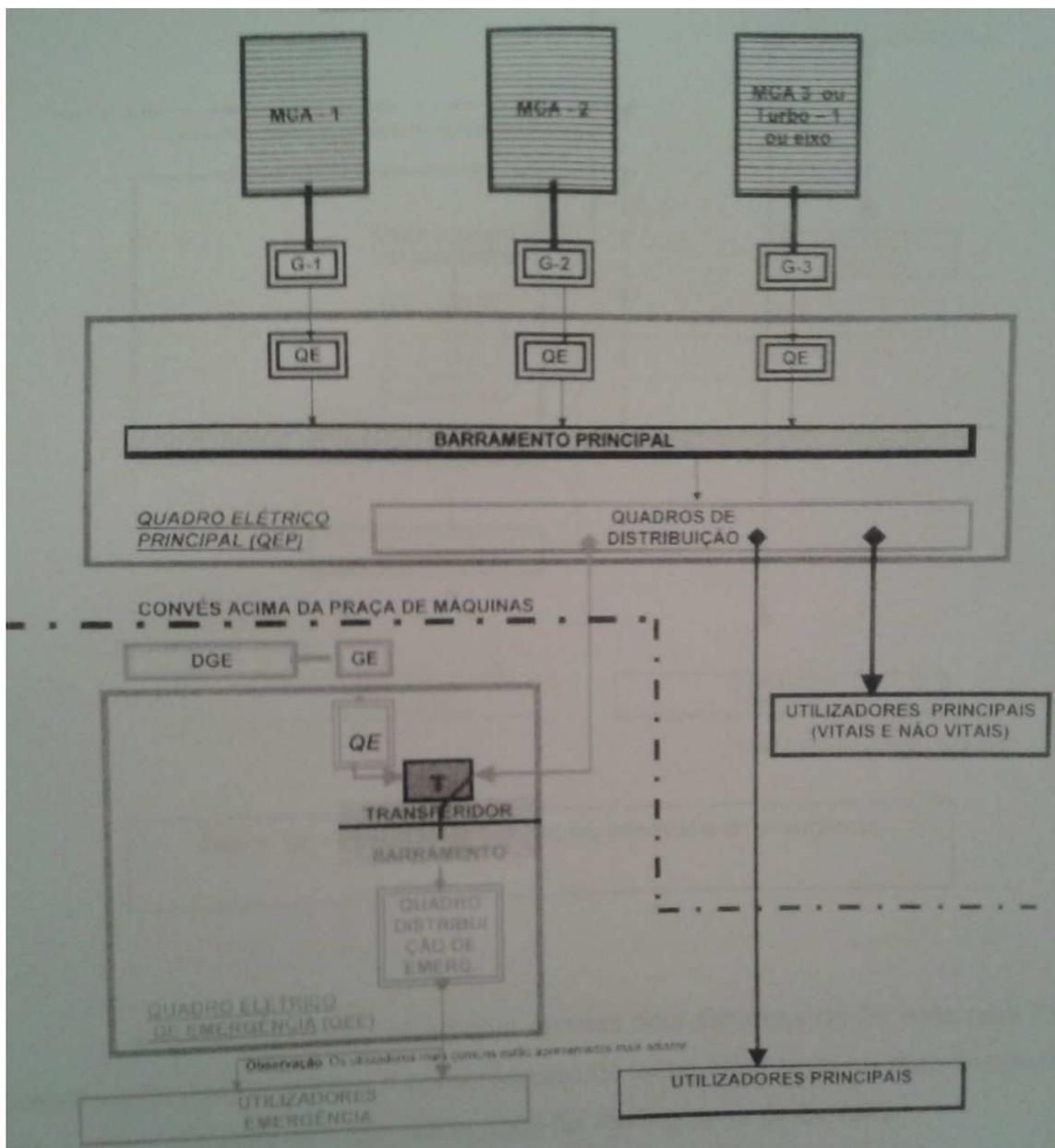


Figura 15- Sistema de força(principal e de emergência)

4.1- Propulsão Elétrica

Os navios cada vez mais são projetados de modo a conciliar requisitos como: grande flexibilidade operativa e robustez. Somado a estes aspectos temos o fator econômico envolvendo os custos de projeto, construção, manutenção e operação, ao longo da vida útil da embarcação, que devem ser os menores possíveis. Devido a esses aspectos, a convencional propulsão mecânica está perdendo mercado em virtude da recente história de sucessos da propulsão elétrica. Essa é uma boa notícia, num momento em que buscamos cada vez mais fontes de energia limpa.

As principais vantagens deste sistema são: maior torque em baixas rotações e sistemas de transmissão mais suave. SOLER & MIRANDA (1997) apresenta como vantagem relacionada com a propulsão elétrica à minimização dos custos de manutenção, operação e combustível. Na questão da manobrabilidade, HANSEN & LYESBO (2004) explica que a propulsão DE proporciona vantagens para o navio, principalmente nas manobras de parada brusca. Isto ocorre pelo fato do motor elétrico proporcionar um melhor controle da rotação do hélice e mudar rapidamente o sentido da rotação, o que reduz o tempo e a distância de parada. Estudos realizados com navios de grande porte, que utilizam propulsão elétrica, demonstraram uma redução de 30% a 50% na distância de parada em caso de emergência em relação à propulsão convencional (ABB, 2002).

A propulsão elétrica para muitos novos navios agora é estabelecido como a popular escolha onde o controle da velocidade é feito pelo controle direto da rotação do motor elétrico.

4.2- Balanço elétrico

A realização do balanço elétrico é de extrema importância para que se garanta o suprimento de energia da embarcação, mesmo que esta se encontre em sua condição mais crítica. Através deste procedimento, será verificado se os MCAs estimados através de embarcações semelhantes irão permanecer ou se o sistema de geração de energia deverá ser selecionado novamente.

É nesse plano onde se encontra a quantidade de geradores utilizados em cada condição (viagem, operação, manobra, etc). Esse plano é indispensável para planejar qualquer eventual redução no consumo de energia em decorrência de danos ou restrições na capacidade de geração do seu navio, em função do consumo para cada grupo de cargas elétrica.

Para a realização do balanço elétrico, utiliza-se uma planilha onde cada equipamento consumidor de energia elétrica foi separado em grupos de acordo com a sua localização. Esses grupos são: a praça de máquinas (serviço intermitente), praça de máquinas (serviço contínuo), praça de máquinas (diversos), ar condicionado/ventilação/aquecimento, frigoríficas de provisões, máquinas de convés, cozinha/copa, lavanderia, oficina, iluminação e outros equipamentos.

Deve se lembrar que o plano de balanço elétrico se apresenta em um caderno com várias folhas, demonstrativas das medições de cálculos efetuados. A figura 16 seria um extrato da última folha de um plano de balanço elétrico, contendo o resumo das cargas elétricas de um navio hipotético.

GRUPO	CLASSIFICAÇÃO	N O M A R		EM MANOBRA	CARGA E DESCARGA	NO PORTO FUNDEADO	LIMPEZA DE TQS.
		ESSENCIAL	NORMAL				
1	Praça de Máquinas (serviço contínuo)	31,6	282,9	258,3	143,7	129,6	214,4
2	Praça de Máquinas (serviço intermitente)	0,0	36,1	66,4	68,6	36,5	36,1
3	Praça de Máquinas (diversos)	7,9	11,5	26,9	51,8	82,5	61,7
4	Ar condicionado / Ventilação / Aquecimento	5,0	124,9	124,7	123,0	123,0	124,2
5	Frigoríficas de Provisões (equipamentos)	6,3	14,3	14,3	14,3	14,3	14,3
6	Frigoríficas de Carga (equipamentos)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Máquinas de Convés	33,6	68,7	112,2	144,9	70,0	102,2
8	Cozinha / Copa	0,0	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
9	Lavanderia	0,0	8,0	0,0	0,0	7,7	0,0
10	Oficinas	0,0	6,9	0,0	8,5	8,5	6,9
11	Iluminação	18,9	66,6	79,1	79,1	79,1	66,6
12	Equipamentos Náuticos e de Auxílio à Navegação	5,4	7,0	7,2	4,4	4,1	7,0
TOTAL DOS GRUPOS		108,7	647,2	719,4	659,7	585,5	653,6

Geradores Disponíveis	Diesel-Gerador Cummins KT A38-DM1 OP/OD (kw):	720		x	x	x	x	x
	Diesel-Gerador Emerg. - Cap. (kw):	150	x					
CAPACIDADE TOTAL DOS GERADORES		150,0	720,0	720,0	720,0	720,0	720,0	720,0
PERCENTUAL DA CARGA DISPONÍVEL		27,5	10,1	0,1	8,4	18,7	9,2	

Figura 16- Exemplo de Balanço Elétrico

Conclusão

Esse trabalho teve como objetivo mostrar o correto funcionamento dos equipamentos geradores de energia elétrica a bordo de navios mercantes. Em cada um dos sistemas apresentados foi mostrado as vantagens, desvantagens e a importância que possuem. Sendo o aspecto da segurança sempre colocado como essencial no correto funcionamento dos equipamentos.

Há diversos modos de gerar energia a bordo, o tipo de gerador utilizado pode variar de acordo com o tipo de embarcação, o tamanho da mesma e o armador. Foi explicado tanto o sistema elétrico principal como o sistema elétrico de emergência.

O conhecimento de toda a tripulação da convenção SOLAS é de suma importância para a segurança marítima. Pode se destacar como a parte mais importante para o Oficial de Maquinas o capítulo II-I parte C.

Referências Bibliográficas

CAVALCANTI, Karoline Neves. **A AUTOMAÇÃO, A REDUÇÃO DAS TRIPULAÇÕES E A SEGURANÇA NOS NAVIOS MERCANTES.** 2008. 40 f. TCC (Graduação) -Curso de Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais Máquinas Fomq da Marinha Mercante., Efomm, Rio de Janeiro, 2008.

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

IBRAHIM, Eden Gonzalez; SILVA, Osvaldo Pinheiro de Souza e. **Sistema de Energia Elétrica dos Navios Mercantes.** 2. ed. Rio de Janeiro: CIAGA, 2003. 154 p.

MARTINS,Tatiana; SIQUEIRA, Matheus - **Produção Acadêmica – Relatório de Projeto de Sistemas Oceânicos II** – 2011 site da Ufrj - <http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2011/Tatiana_Matheus/relat2/Relat2.htm> - acessado em: 29 jul. 2014

MELLO, Rafael Tardelli Santos. **CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA A BORDO E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA PREVISTA.** 2013.TCC (Graduação) - Curso de Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais Máquinas Fomq da Marinha Mercante,Efomm, Rio de Janeiro, 2013.

PETROBRAS. Manual de Operação:volume 1 - Máquinas. Rio de Janeiro. Frota Nacional de Petroleiros.

SILVA, Victor Portavales. **Circuitos e Sistemas Elétricos.** 2007. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Ufrj, Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/20483583/Circuitos-e-Sistemas-Eletricos>>. Acesso em: 28 jul. 2014.

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