

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS –
APMA**

EXPLOSÕES DE CÁRTER EM MOTORES DIESEL MARÍTIMOS

Por: Rodrigo Antonio Sylvestre

Orientador

Prof. Ramessés César da Silva Ramos

Rio de Janeiro

2011

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS –
APMA**

EXPLOSÕES DE CÁRTER EM MOTORES DIESEL MARÍTIMOS

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Aperfeiçoamento para Oficial de Máquinas da Marinha Mercante.

Por: Rodrigo Antonio Sylvestre

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS –
APMA**

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

DATA: _____

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Daniela, e a meus filhos, Rodrigo e Maria Clara, com quem compartilho riquezas que o dinheiro nunca poderá comprar.

AGRADECIMENTOS

A Jesus Cristo, amigo sempre presente, sem o qual nada teria feito.

À minha metade essencial, Daniela, motivo de tudo.

Ao meu Mestre e Orientador Ramessés, pelo apoio e a todos os mestres do Ensino à Distância e Fase Presencial, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas que reencontrei e aos novos colegas de profissão que conheci e que jamais esquecerei.

EPÍGRAFE

“Educação é o que fica depois que se esquece tudo que se aprendeu na escola”.

(Albert Einstein)

RESUMO

‘Explosões de cárter de motores diesel marítimos’ é um tema de enorme relevância tanto para os tripulantes (em especial os da seção de máquinas, pois envolve a segurança pessoal dos mesmos) quanto para o armador (pois tem como efeito grande risco de danos materiais e paradas não programadas da embarcação).

Os motores diesel marítimos vêm sofrendo modificações ao longo dos anos, muitas vezes decorrentes de acidentes em que pessoas perderam suas vidas.

Assim, de posse de dados estatísticos provenientes das Sociedades Classificadoras, foram implementadas normas internacionais com o objetivo de reduzir o número de incidentes e tornar as embarcações mais seguras.

Grosso modo, essas normas exigem a instalação de dispositivos de segurança tais como detectores de alta concentração de névoa de óleo e válvula de segurança do cárter, dentre outros.

Apesar da gravidade do referido assunto, muitas vezes o que se verifica a bordo é uma atitude de negligência em relação ao tema, por razões como desconhecimento ou, infelizmente, desinteresse por parte dos tripulantes da seção de máquinas.

Palavras-chave: Explosões de cárter, segurança pessoal, danos materiais, normas internacionais, redução do número de incidentes.

ABSTRACT

‘Crankcase Explosions’ is a very important subject as to the crewmembers (specially the engine room staff due to the fact that involves their personal safety) as to the owner (because of the high potential risk of damages and non-scheduled operational stops, i.e., *downtime*).

The marine diesel engines have been modified over the years mainly due to accidents where people lost their lives.

Looking to the Classification Societies statistics, international rules were implemented in order to reduce the number of incidents and also to improve the vessels safety. Roughly, these rules estate that safety devices, such as oil mist detectors and crankcase safety valves have to be installed.

In spite of the gravity of this subject, most of times it can be seen onboard a negligent attitude related to this matter, either due to inexperience or, unfortunately, lack of interest of the engine room staff members.

Descriptors: Crankcase explosions, personnel safety, damages, international rules, reduce number of incidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sequência de eventos que resultam numa explosão de cárter.....	13
Figura 2 – Gráfico ‘Pressão da explosão / tempo’.....	15
Figura 3 – Motor de dois tempos – regiões mais suscetíveis à falhas.....	17
Figura 4 – Motor de quatro tempos – regiões mais suscetíveis à falhas	17
Figura 5 – Válvulas de segurança do cárter de motores diesel marítimos	19
Figura 6 – Esboço da válvula de segurança Biceri	20
Figura 7 – Operação da válvula de segurança Biceri	21
Figura 8 – Corte transversal de válvula de segurança Hoerbiger	21
Figura 9 – Dispositivo ‘corta-chama’ em ação.....	22
Figura 10 – Vaso de pressão para teste das válvulas de segurança	23
Figura 11 – Esboço de um detector tipo obscuridade antigo.....	26
Figura 12 – Esboço de um detector tipo obscuridade moderno	27
Figura 13 – Princípio de operação de um detector Schaller Visatron	28
Figura 14 – Detector de névoa Schaller	29
Figura 15 – Gráfico Leitura de obscuridade / Densidade da névoa de óleo.....	30
Figura 16 – Princípio da detecção de névoa por dissipação da luz	31
Figura 17 – Funcionamento do detector QMI	32
Figura 18 – CPU (unidade central de processamento) do QMI	32
Figura 19 – Pontos a ser realizada a manutenção (limpeza, troca do filtro de bronze).....	32
Figura 20 – Desenho da instalação do QMI no motor.....	33
Figura 21 – Detalhe do labirinto.....	33
Figura 22 – Detector QMI instalado no motor	33
Figura 23 – Monitoramento da temperatura dos mancais do motor.....	35
Figura 24 – Monitor de temperatura do óleo borrifado.....	36

SUMÁRIO

1 - Introdução.....	11
2 - O Acidente com o navio ‘Reina Del Pacifico’	12
3 – Eventos que levam a uma explosão de cárter	13
3.1 – Explosões de cárter primárias e secundárias	14
3.2 – Causas de explosões de cárter	16
4 – Válvulas de segurança do cárter	18
4.1 – Normas	18
4.2 – Tipos de válvula de segurança	20
4.3 – Dispositivos corta-chamas e blindagem	22
4.4 – Inspeção e teste das válvulas em serviço	23
5 – Detectores de névoa de óleo	25
5.1 – Detecção de névoa.....	25
5.2 – Detecção por obscuridade	26
5.2.1 – O detector Schaller Visatron	27
5.3 – Detecção por dissipação da luz	30
5.3.1 – O detector QMI	31
6 – Métodos alternativos de detecção de uma condição perigosa	34
6.1 – Monitoramento da temperatura dos mancais	34
6.2 – Monitoramento do borrifio de óleo	35
7 – Reduzindo os riscos de explosão	37
8 – Ações a serem tomadas em caso de um alarme de névoa de óleo no cárter.....	39
9 – Explosão de cárter – Caso verídico 1	41
10 – Explosão de cárter – Caso verídico 2	44
11 – Conclusão	45
12 – Referências Bibliográficas.....	46

1 - INTRODUÇÃO

Os motores diesel marítimos não apresentavam o nível de segurança quanto à prevenção de explosões de cárter que se vivencia na marinha mercante da atualidade. Em meados do século XIX houve um acidente que se tornou divisor de águas nesse aspecto.

No primeiro capítulo, serão abordadas as particularidades desse acidente e suas consequências, as quais se refletiram em modificações no quesito segurança. Além disso, é mostrado um panorama dos incidentes relatados na última década do século passado.

No capítulo 2, apresenta o que é uma explosão de cárter em motores diesel marítimos e é apontada a sequência de eventos que levam a essa explosão. Faz-se uma exposição das características de uma explosão de cárter – de que forma a mesma inicia, seus diferentes graus de severidade, etc. - e das explosões de cárter primárias e secundárias. Ademais, são mostradas as possíveis causas que desencadeiam esse tipo de incidente.

No capítulo 3, são então citadas as normas que regem os requerimentos relacionados às explosões de cárter e os dispositivos que as mesmas consideram como exigência de acordo com as especificidades de cada tipo de motor. Desse modo, são mostrados os tipos de válvulas e esmiuçados os detalhes de funcionamento de cada tipo de válvula de segurança contra explosões de cárter. Por fim, são abordados os métodos de inspeção e testes das válvulas de segurança em serviço.

No capítulo 4, é abordada a detecção de névoa no cárter desses motores: métodos de detecção, tipos de detectores, princípio de funcionamento e rotina básica de manutenção dos mesmos.

No capítulo 5, são expostos métodos alternativos de detecção de uma condição perigosa.

No capítulo 6, são abordados os métodos utilizados com o intuito de reduzir o risco desse tipo de explosão.

No capítulo 7, são apontadas ações a serem tomadas em caso de um alarme de alta concentração de névoa de óleo no cárter.

Finalmente, são dados exemplos de dois casos verídicos de explosões ocorridas no cárter de motores diesel marítimos mostrando os pormenores que levaram a tal tragédia, com importantes ressalvas que apontam como praticar uma conduta segura quando se está na iminência de um acidente desse porte.

2 - O ACIDENTE COM O NAVIO ‘REINA DEL PACÍFICO’

Foi há muito tempo atrás (1947). Porém, ainda é lembrado devido à grande perda de vidas: 28 mortos e 23 feridos. A razão pela qual a explosão foi tão devastadora reside no fato de que os cárteres dos quatro motores a bordo eram conectados entre si por redes de suspiro e redes de extração de vapor. Portas de explosão como existem atualmente não existiam. Em vez disso, havia “suspiros de explosão” montados nas extremidades de vante e ré dos motores, que consistiam de uma placa perfurada coberta por uma placa de ruptura.

É sabido que quando o motor principal de bombordo foi parado devido a um êmbolo superaquecido, oxigênio continuou a ser sugado para dentro do cárter pelo ventilador de extração de vapor. O “ O_2 ” misturou-se com o óleo que estava vaporizando em contato com a saia do êmbolo quente e então circulou através do cárter dos outros três motores.

Quando foi dada nova partida no motor de bombordo, a explosão causou um acréscimo na pressão da praça de máquinas. Isto forçou as portas do cárter dos outros motores para dentro, fazendo com que as conectoras entrassem em contato com a parte inferior daquelas. As chamas da explosão do motor de bombordo entraram no cárter dos outros motores causando a ignição da névoa condensada de óleo explodindo as portas para fora e iniciando um grande incêndio na praça de máquinas. As lições aprendidas desta tragédia estão refletidas nas modificações no projeto recomendadas pelo inquérito:

- 1- A introdução de placas defletoras entre cada câmara individual do cárter;
- 2- Separação completa das tubulações de suspiro dos pocetos;
- 3- Separação completa das tubulações de suspiro do cárter;
- 4- Redesenho das portas do cárter de modo a permitir rápida inspeção;
- 5- Redesenho dos discos de explosão na extremidade das câmaras do cárter;
- 6- Provisão de sistema de CO_2 como um meio “cobertor” para o cárter;
- 7- Registro remoto das temperaturas das camisas do motor;
- 8- Incremento na folga do diâmetro de trabalho dos êmbolos.

Algumas dessas recomendações, as quais têm sido adotadas e construídas nos projetos modernos, resultaram na construção de motores mais seguros atualmente. A substituição dos antigos discos de explosão por portas de explosão modernas também tem reduzido (mas não eliminado) o risco de explosões severas.

3 - EVENTOS QUE LEVAM A UMA EXPLOSÃO DE CÁRTER

Entre 1990 e 2001 cento e quarenta e três explosões de cárter foram relatadas à sociedade classificadora Lloyds Register a qual possui 20% da frota mundial de navios na sua classe. Assim, se usarmos isso como um fator, podemos estimar que o total de incidentes relatados foi de 715 em 11 anos ou cerca de 65 por ano. Não podemos esquecer que estes são incidentes relatados, isto é, aqueles cujos danos sofridos garantiram (ocasionaram) grandes reparos ou que tenham resultado em pessoas feridas. Explosões de menos relevância podem não ter sido reportadas, e, sendo assim, é possível que o número atual de incidentes seja mais que o dobro do que se tem relatado.

Dos incidentes informados a Lloyds, 21 explosões ocorreram em motores marítimos a dois tempos e 122 em motores a quatro tempos. Pode parecer, a princípio, que estes motores são mais suscetíveis de ter uma explosão do que aqueles outros. Mas na verdade, esse raciocínio deve ser refutado, pois há sete vezes mais motores a quatro tempos em risco do que os de dois tempos.

Para que uma explosão possa ocorrer deverá haver suprimento de ar (O_2), combustível e ignição. O oxigênio está presente no cárter, mas o óleo lubrificante borrifando dentro do cárter se apresenta em gotas grandes demais para começar a queimar na velocidade necessária a uma explosão e, além disso, a concentração de óleo/ ar é muito baixa.

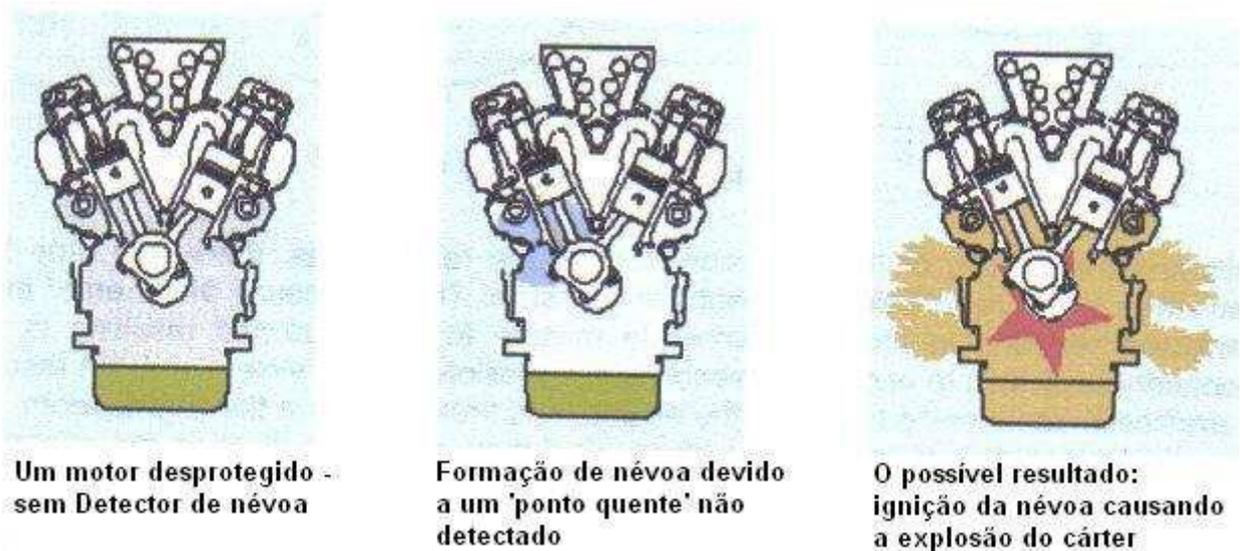


Figura 1 – Sequência de eventos que resultam numa explosão de cárter

Se, todavia, uma falha mecânica se desenvolve, com o conseqüente atrito das partes móveis, então um *hot spot* (ponto quente) ocorre. Isto pode ocorrer no cárter, na câmara do eixo de Cames, ou na *chaincase* (câmara das correntes de transmissão que pode ser encontrada em grandes motores a dois tempos). Quando a temperatura desse ponto quente atinge 200°C, o óleo lubrificante que entra em contato com o mesmo se vaporiza. Esse vapor de óleo então circula para uma parte mais fria do cárter e se condensa numa neblina de óleo. Quando a concentração das gotículas de óleo desta neblina atinge 50 mg/l (cerca de 13% na relação neblina de óleo/ar), ela está no seu *limite de explosividade inferior (LEL)*. Se esta neblina sofrer ignição pelo ponto quente – e testes mostraram que é necessária uma temperatura de aproximadamente 850°C para causar a ignição dessa névoa dentro de um cárter sob condições normais de operação - então uma explosão ocorrerá.

Apesar de que a causa mais comum de um ponto quente localizado seja devido à fricção, esta não é a única causa de uma explosão de cárter. Uma coroa do êmbolo rachada, *Blow-by* (passagem dos gases da câmara de compressão para o cárter) ou um incêndio externo ao motor também já causaram explosões de cárter no passado.

3.1 - EXPLOSÕES DE CÁRTER PRIMÁRIAS E SECUNDÁRIAS

O grau de severidade das explosões varia entre um ‘sopro’ o qual pode levantar (acionar) uma válvula de segurança ou uma explosão violenta a qual causa grandes danos e pode ferir pessoas e causar um incêndio. Evidências indicam que quanto maior for o caminho para a combustão, mais violenta será a explosão. Baseado nesse raciocínio há uma grande preocupação com os grandes motores de dois tempos existentes na atualidade, os quais possuem um cárter com até 500m³ de volume.

Quando ocorre uma explosão a chama “viaja” pelo cárter com uma grande onda de pressão à sua frente. A turbulência causada internamente pelas partes móveis do motor faz com que haja mistura dos vapores, o que aumenta a velocidade e a área das chamas, contribuindo para um acréscimo na pressão. A turbulência ocasionada pelo disparo das válvulas de segurança pode também causar influência na explosão.

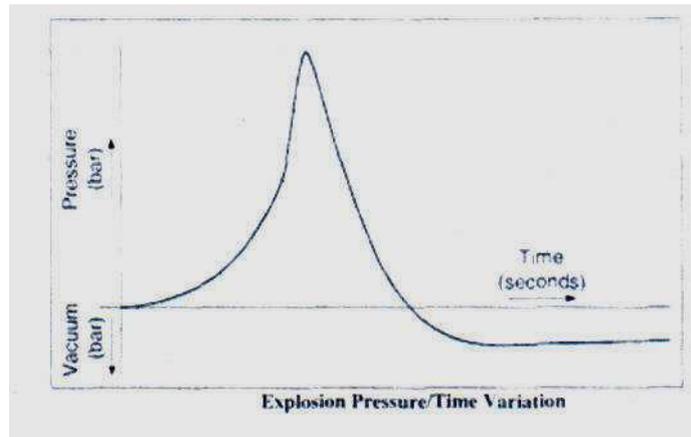


Figura 2 – Gráfico ‘Pressão da explosão / tempo’

Imediatamente depois do disparo das válvulas de segurança, há uma queda na pressão do cárter para um valor abaixo da pressão atmosférica. Isto pode causar a entrada de ar no cárter desenvolvendo outra mistura inflamável, o que resultará numa *explosão secundária*. Esta explosão é mais violenta e pode acarretar no desprendimento das portas de inspeção do cárter, além de incêndios que começarão pela praça de máquinas. Se as válvulas de segurança não selarem novamente depois de operar, ou se elas não operarem por ocasião da *explosão primária* (devido à falta de manutenção, por exemplo), então as portas serão expelidas ainda na fase primária, abrindo assim, um grande corredor para o ingresso de ar, o que tornará uma segunda explosão mais propícia. O ar pode também ser sugado via rede de suspiro do cárter, apesar de que as regras estabelecem que esta rede deva possuir o menor diâmetro possível e, em novas instalações, possuir uma válvula de retenção (não-retorno) instalada.

Se uma explosão primária ocorre, a onda de pressão pode espalhar uma grande quantidade de neblina de óleo pela praça de máquinas. Apesar dos dispositivos “cortachamas” nas válvulas de segurança prevenirem a ignição desta neblina pela frente de chama, essa neblina espalhada será sugada pelo turbo compressor onde poderá ter sua ignição por uma seção quente do tubulão de gases de descarga que, porventura, esteja sem manta de isolamento térmico. Esta ignição da neblina poderá causar danos severos ao maquinário e pessoas.

3.2 - CAUSAS DE EXPLOSÕES DE CÁRTER

A tabela abaixo nos dá detalhes de um número de acidentes que ocorreram a partir de 1995 com grandes motores de dois tempos de baixa rotação onde a causa é conhecida. Em grande parte desses casos, morte ou ferimentos sérios ocorreram com os tripulantes.

ANO	CAUSA DA EXPLOSÃO	CAUSA DA FALHA
1995	Mancal da caixa redutora de PTO	
1996	Queda do tubo de entrada de resfriamento do êmbolo	Aperto incorreto
1997	Mola incorreta montada na caixa de gaxetas da haste do êmbolo.	Sobressalente não-autorizado
1997	Folga entre haste do êmbolo e parede do cilindro	
1999	Queda de peso do tensionador da corrente	Aperto incorreto
1999	Incêndio externo ao motor	Aperto incorreto
2000	Mancal fixo	
2000	Mancal do eixo de cames	
2000	Incorreto eixo de comando do eixo de cames	Sobressalente não autorizado
2001	Falha no eixo de manivelas	
2001	Falha na coroa do êmbolo	
2001	Mancal fixo	
2001	Mancal do moente	
2001	Queda do tubo de entrada de resfriamento do êmbolo	Aperto incorreto

Tabela 1 – Causas de explosões e respectivas falhas primárias.

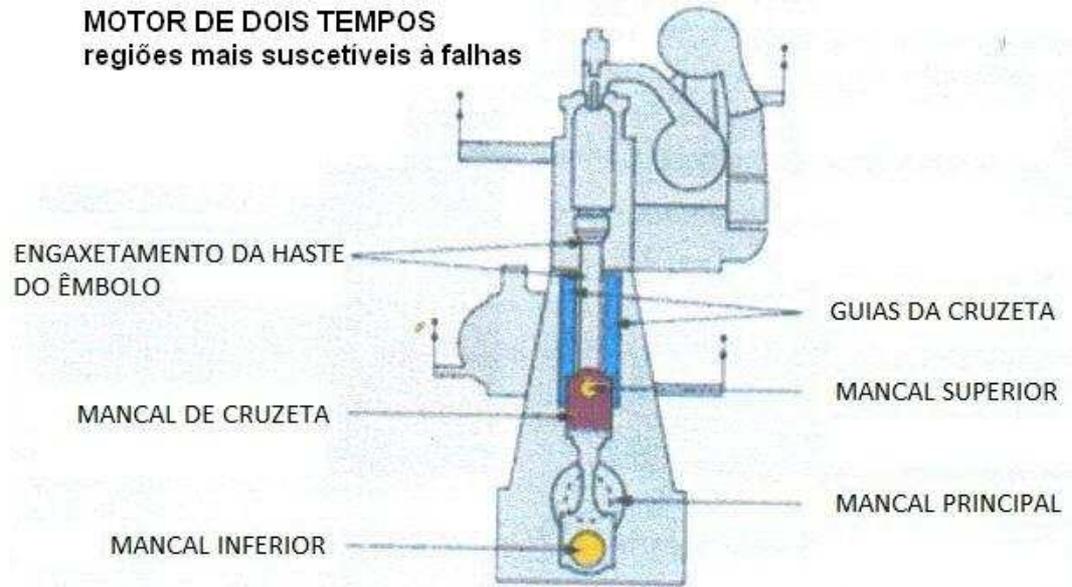


Figura 3 – Motor de dois tempos – regiões mais suscetíveis à falhas

MOTOR DE QUATRO TEMPOS
regiões mais suscetíveis à falhas

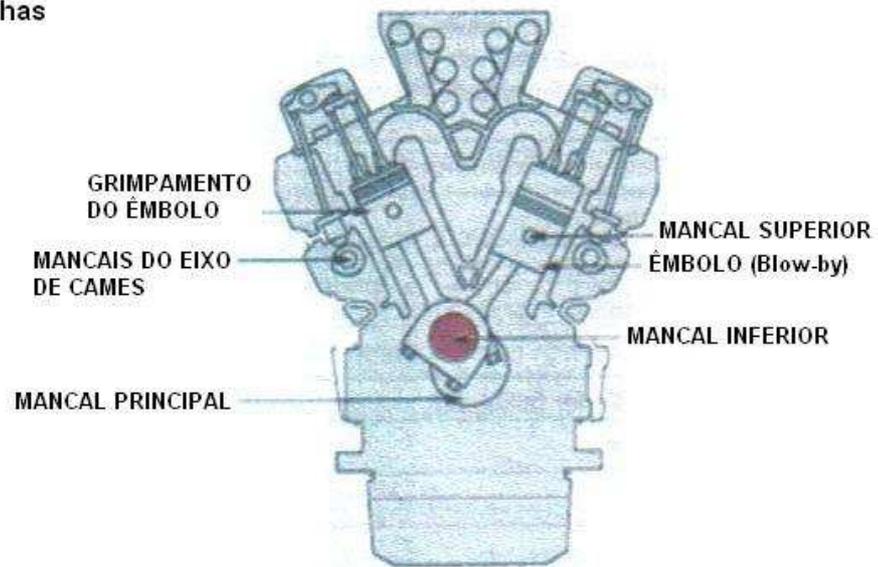


Figura 4 – Motor de quatro tempos – regiões mais suscetíveis à falhas

4 - VÁLVULAS DE SEGURANÇA DO CÁRTER

4.1 - NORMAS

A implementação de válvulas de escape no cárter de motores diesel marítimos é um requerimento internacional de segurança originado de duas fontes: **IMO-SOLAS** cap.2-1 (Organização Marítima Internacional – Convenção Internacional para salvaguarda da vida humana no mar, respectivamente) e **IACS** (Associação Internacional das Sociedades Classificadoras) Requerimentos unificados **M9** e **M10**. Resumindo, os requerimentos relacionados a explosões de cárter são:

I- Cárter de motores que possuem diâmetro interno do cilindro maior que 200 mm ou que tenham volume total do cárter maior que 0.6m^3 deverão possuir instaladas válvulas de escape para explosão;

II- Cárter de motores que possuam diâmetro do cilindro que não exceda 250 mm deverá possuir pelo menos uma válvula de escape de segurança em cada extremidade do motor. Se um motor possuir mais do que oito cilindros uma válvula de escape de segurança adicional deverá ser instalada na parte mediana do motor;

III- Cárter de motores que possuam diâmetro do cilindro entre 250 e 300 mm deve ter pelo menos uma válvula de segurança a cada moente da manivela alternando com um mínimo de duas válvulas;

IV- Cárter de motores com diâmetro do cilindro maior que 300 mm deve ter pelo menos uma válvula de segurança a cada moente da manivela;

V- Uma válvula de segurança adicional é requerida nos espaços separados do cárter tais como câmara de transmissão por engrenagens ou correntes para o eixo de cames em que o volume bruto exceda $0,6\text{m}^3$;

VI- A área livre de cada válvula de segurança do cárter não deverá possuir menos que 45cm^2 .

VII- A área livre combinada de todas as válvulas de segurança não deverá possuir menos que $115\text{ cm}^2/\text{m}^3$ do volume bruto do cárter.

VIII- As válvulas de segurança do cárter devem abrir rapidamente a uma sobrepressão do cárter para que a mesma não exceda 0.2 bar, e devem fechar rapidamente para evitar entrada brusca de ar no cárter após uma explosão.

IX- As válvulas de segurança do cárter devem ser de um tipo aprovado.

X- A descarga de uma válvula de segurança deve ser blindada de modo a reduzir o possível perigo de emissão de chama durante uma explosão.



Figura 5 - Válvulas de segurança do cárter de motores diesel marítimos

O tamanho de uma válvula de segurança se relaciona com a área livre da válvula aberta. No caso de uma válvula de formato circular, ele é determinado pela expressão πDH , onde D é o diâmetro da válvula e H é a elevação da válvula a uma pressão não excedendo 0.2 bar. O diâmetro das válvulas de segurança varia entre 87 mm e 705 mm, com áreas livres associadas de 59 cm² e 3905 cm².

A razão de 115 cm² de área livre por m³ de volume de cárter é projetada para limitar acréscimo da pressão no cárter a 1.3 bar. Há um consenso entre os especialistas no campo, que dos motores de dois tempos de grande porte em uso atualmente, as regras relacionadas ao tamanho das válvulas de segurança permitem que a pressão do cárter exceda o limite de 1.3 bar, com um correspondente aumento nos incidentes de danos e ferimentos aos tripulantes.

Devido ao fato de que a válvula deve estar totalmente aberta a 0.2 bar, ela começará a abrir a pressões bem abaixo desse valor (como a mola é comprimida, a força necessária para abrir a válvula aumenta). A pressão de abertura é de aproximadamente 0.05 bar.

É imprescindível que a válvula feche rapidamente, uma vez que a pressão excessiva tenha sido liberada de modo a minimizar a massa de ar aspirada depois da explosão primária. Testes em grandes portas de inspeção de cárter mostraram que o peso do disco da válvula e a distribuição desigual da carga da mola no disco podem causar o travamento quando a porta de inspeção é montada na posição vertical. É aconselhável instalar duas válvulas de segurança menores em vez de um só de grande porte. Contudo, calcula-se que isto causaria turbulência extra durante uma explosão, o que faria com que a violência da explosão fosse ainda maior. Este fato está no momento sendo pesquisado, mas ainda não há resultados disponíveis.

4.2 - TIPOS DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA

Existem dois tipos de válvula de segurança de cárter em uso. O tipo mais antigo é o que foi desenvolvido pelo Instituto Britânico de Pesquisa em Engenharia de Combustão Interna- **BICERI**- na sigla em inglês.

O dispositivo consiste de um leve disco de alumínio de baixa inércia, o qual é selado através de anel de vedação (O'ring), mantido em sua posição por meio de uma leve mola. Um escudo deflector é montado como um dispositivo de proteção, para o caso de uma pessoa estar próxima quando a válvula operar.

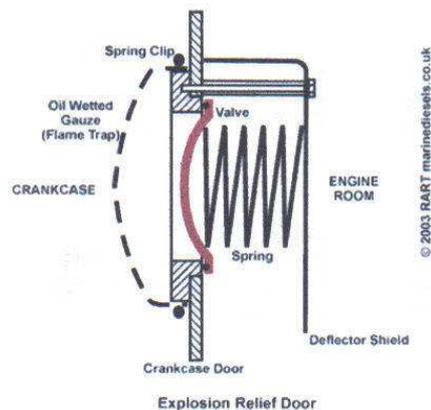


Figura 6 - Esboço da válvula de segurança **Biceri**

Uma desvantagem da válvula Biceri é que o dispositivo ‘corta-chamas’ está do lado de dentro do motor. Apesar disso, devido ao fato de estar banhado em óleo, irá arrefecer qualquer gás inflamado que passe através dele, evitando desse modo a passagem de uma chama.

Todavia, uma manutenção inadequada pode resultar no entupimento do mesmo com depósitos de borra, fazendo com que a válvula se torne inoperante.

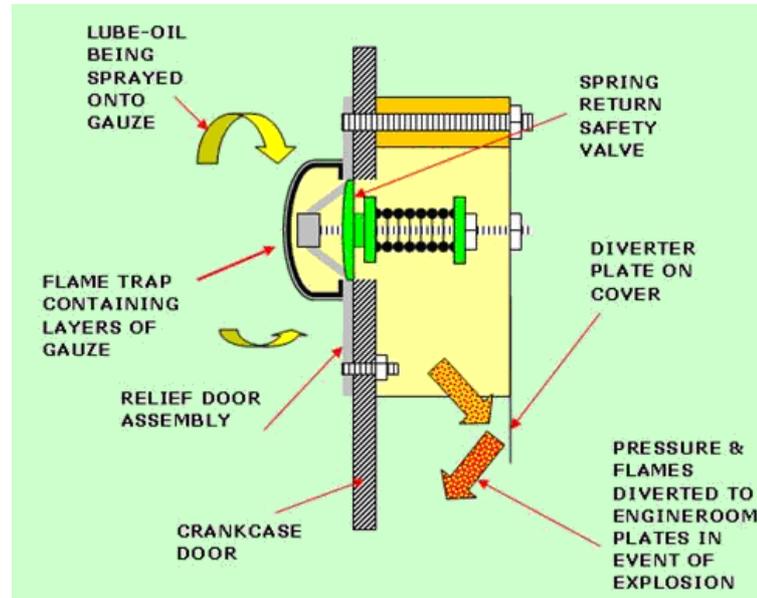


Figura 7 – Operação da válvula de segurança **Biceri**

O outro tipo de válvula de segurança em uso comum especialmente em grandes motores de dois tempos é a **HOERBIGER**. A principal diferença entre esta e a válvula Biceri é que o ‘corta-chamas’ está do lado de fora onde pode facilmente ser inspecionado quanto a danos. Deve ser enfatizado que o ‘corta-chamas’ não pode estar danificado (especialmente sem furos através do mesmo) e ainda estar limpo e livre de tinta. A operação desse tipo de válvula é similar ao da Biceri, com exceção da mola que no caso da Hoerbiger é cônica, o que permite uma abertura mais ampla com o maior achatamento da mola.



Figura 8 – Vista em corte da válvula de segurança **Hoerbiger**

4.3 - DISPOSITIVOS CORTA-CHAMAS E BLINDAGEM

O motivo da exigência de se ter uma blindagem na válvula de segurança é de reduzir o possível risco às pessoas pela emissão de chamas através da mesma. Entretanto, testes mostraram que enquanto um ‘corta-chamas’ funciona satisfatoriamente quando não há blindagem, quando se possui a mesma a energia gerada pela descarga da explosão é voltada para uma só direção, e haverá então emissão de chamas durante a mesma. A instalação da blindagem reduz a área efetiva de fluxo da válvula.



Figura 9 - Dispositivo ‘*corta-chamas*’ em ação

Desde julho de 2002 tem sido uma exigência da classificadora Lloyds Register e da Regra IACS que sejam instalados corta-chamas e que sejam testadas quaisquer válvulas de segurança com blindagem a ser instaladas em um motor.

Sobre a exigência da IACS (M66), todas as válvulas de segurança/ ‘corta-chamas’ devem ser testadas usando-se uma mistura de ar e gás metano a fim de demonstrar que as exigências da sociedade classificadora para válvulas de segurança do cárter foram satisfeitas e podem ser então, instaladas em motores e caixas de engrenagens.

A válvula de segurança é aparafusada a um vaso de pressão para teste preenchido com a mistura ar/metano. Um saco plástico de 0,05mm de espessura envolve a válvula. A mistura é acesa e a eficácia do ‘corta-chamas’ comprovada. O teste é então imediatamente repetido sem a bolsa.

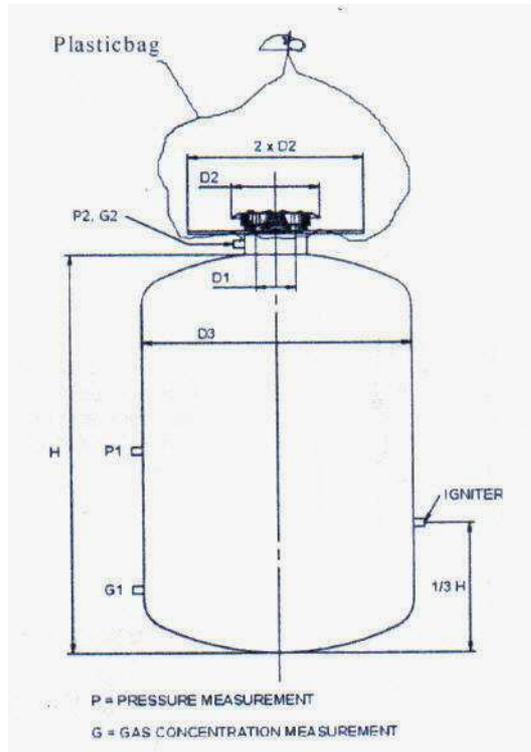


Figura 10 – Vaso de pressão para teste das válvulas de segurança

4.4 - INSPEÇÃO E TESTE DAS VÁLVULAS EM SERVIÇO

Válvulas de segurança de cárter devem ser periodicamente visualmente inspecionadas. Deve-se observar mensalmente qualquer dano, deformação, vazamento e os acessórios frouxos. Atenção especial deve ser dada ao ‘corta-chamas’ de forma a assegurar que o mesmo não esteja obstruído por tinta ou sujidades. É de vital importância que o dispositivo ‘corta-chamas’ esteja em boas condições. Um ‘corta-chamas’ danificado o torna inútil e irá resultar na injeção da névoa do lado de fora do cárter.

O anel de vedação (o’ring) usado para selar a válvula está sujeito ao ressecamento e deve ser substituído após cinco anos de uso do motor. Devem ser usados somente o’rings fornecidos pelo fabricante.

Válvulas de segurança do cárter são sujeitas à inspeção. Isso usualmente requer a desmontagem da válvula para inspeção, e substituição do anel de vedação. Após remontagem a válvula é testada usando-se uma mola de balanceamento para medir a força necessária para abrir a válvula.

HOERBIGER recomenda que se teste suas válvulas usando aparato para medir a pressão de modo a assegurar que a válvula abra e feche novamente após a abertura. Suas instruções são citadas abaixo como exemplo:

“O teste de pressão da válvula de segurança (com ar comprimido) deve ser realizado utilizando-se aparato apropriado. A sede da válvula deverá ser limpa antes de conectá-la ao aparato de teste. Com a válvula aparafusada ao aparato abra a válvula de suprimento de ar para a atmosfera e registre a pressão indicada no manômetro de teste. Feche então a válvula. Conecte então a mangueira com suprimento de ar comprimido de 3-10bar ao aparato e abra a válvula novamente. Será observado o audível batimento da válvula de segurança abrindo e fechando. Feche a válvula de ar e observe a pressão indicada. Uma indicação de pressão entre 40 e 60mbar deverá ser mantida por um minuto demonstrando assim estanqueidade da válvula de segurança. Se a pressão não se mantiver por um minuto, a válvula deverá ser desmontada e o anel de vedação substituído”.

5 - DETECTORES DE NÉVOA DE ÓLEO

5.1 - DETECÇÃO DE NÉVOA

- Detectores de névoa devem cumprir com as exigências da IACS M67:

Eles devem alarmar a 5% do *limite de explosividade inferior* (LEL) ou 2.5mg/l. Os arranjos de monitoração de névoa devem ser capazes de detectar concentrações de névoa de óleo no ar entre 0 e 10% do LEL ou entre zero e uma porcentagem que corresponda a um nível não menos que duas vezes o valor máximo do setpoint do alarme de concentração de névoa.

De acordo com as regras IACS UMS M10.8:

Arranjos de detecção de névoa (ou sistema de monitoração de temperatura dos mancais do motor ou dispositivos equivalentes) são exigidos:

- Com o propósito de alarme e redução de motores diesel de baixa rotação (maior ou igual a 2250KW) ou que tenham diâmetro dos cilindros maior que 300 mm.
- Com o propósito de alarme e parada automática de motores diesel de média ou alta rotação (maior ou igual a 2250KW) ou que tenham diâmetro dos cilindros maior que 300 mm.
- Monitores de temperatura ou dispositivos equivalentes usados como dispositivos de segurança devem ser de um tipo aprovado pelas sociedades classificadoras para tais propósitos.

Há dois métodos de detecção de névoa: *Obscuridade e Dispersão de luz*. Os primeiros tipos de detectores de névoa usavam detectores do tipo obscuridade sendo os tipos mais conhecidos os antigos “Graviners”. “Schaller” usa obscuridade em seus modelos “Visatron” de detectores de névoa. O método ‘dispersão de luz’ é um método moderno de detecção de névoa usado pelo fabricante QMI e pelo modelo recente **Graviner MK6**.

5.2 - DETECÇÃO POR OBSCURIDADE

Os mais antigos tipos de detectores de obscuridade consistem de dois tubos paralelos de mesmo tamanho, em que cada qual possui uma célula fotoelétrica em uma das extremidades a qual gera uma corrente elétrica diretamente proporcional à intensidade de luz que chega a sua superfície. Há lentes transparentes instaladas nas extremidades opostas dos tubos de modo a selar os mesmos, no entanto, permitindo a passagem de luz. Dois feixes de luz idênticos provenientes de uma lâmpada comum são refletidos por espelhos para atravessar os tubos em direção às células as quais estão em equilíbrio elétrico.

As amostras extraídas do cárter são, uma de cada vez, testadas no tubo de medição, através de uma válvula seletora. Caso uma concentração de névoa esteja presente na amostra, a luz será obscurecida no tubo de medição: o equilíbrio elétrico entre as duas células (célula de medição e célula de referência) será alterado e haverá o acionamento de um alarme.

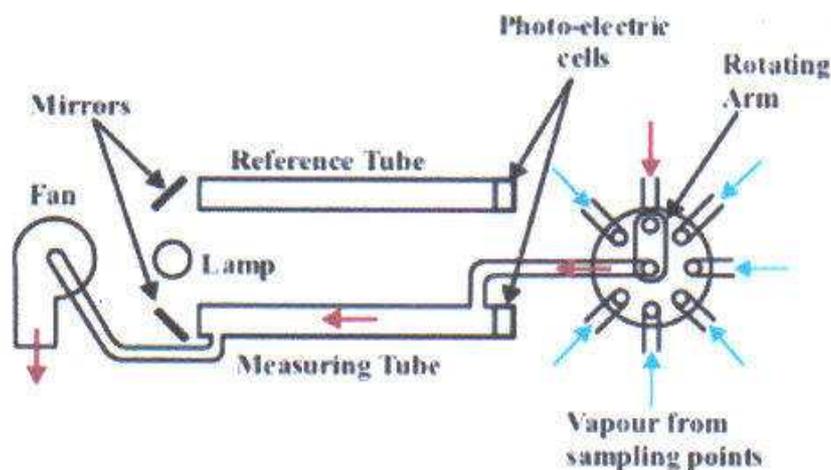


Figura 11 - Esboço de um detector tipo obscuridade antigo

Os modelos mais recentes de detectores de obscuridade usam uma fonte de luz infravermelha em uma extremidade da câmara de medição e um receptor de luz infravermelha na outra.

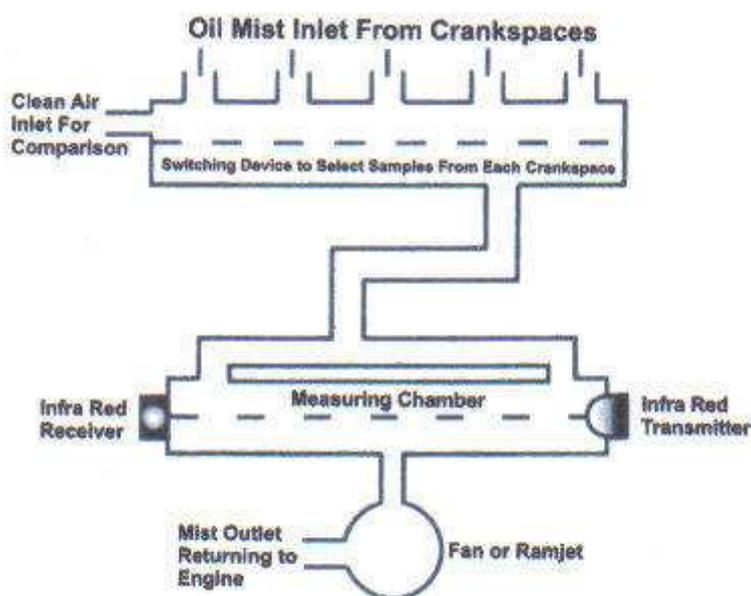


Figura 12 - Esboço de um detector tipo obscuridade moderno

5.2.1 - O detector de névoa “Schaller Visatron”

Princípio de operação

Um ‘tubo venturi’ funcionando com ar comprimido de baixa pressão aspira as amostras dos compartimentos do cárter. As amostras vindas do cárter passam através de um separador de ar/óleo, o qual separa quaisquer gotículas de óleo através da força centrífuga antes de cruzar a zona de medição do detector. Um foto diodo receptor converte a intensidade de um feixe de luz infravermelha (proveniente de um diodo emissor de luz infravermelha) num sinal elétrico que é então levado à unidade de avaliação eletrônica. Se a opacidade da amostra aumenta, a intensidade do feixe infravermelho medida pelo diodo receptor diminui. Isto irá gerar um sinal elétrico mais baixo. Para evitar que os filtros infravermelhos fiquem sujos com as amostras do cárter e com isso afetem a leitura, amostras de ar são aspiradas via filtros de bronze poroso para dentro das câmaras de ar de lavagem. Um monitor de fluxo instalado em uma das câmaras verifica que o vácuo na câmara de medida é suficiente para

aspirar a amostra através da mesma. Um sensor de temperatura permite que uma compensação na temperatura seja feita.

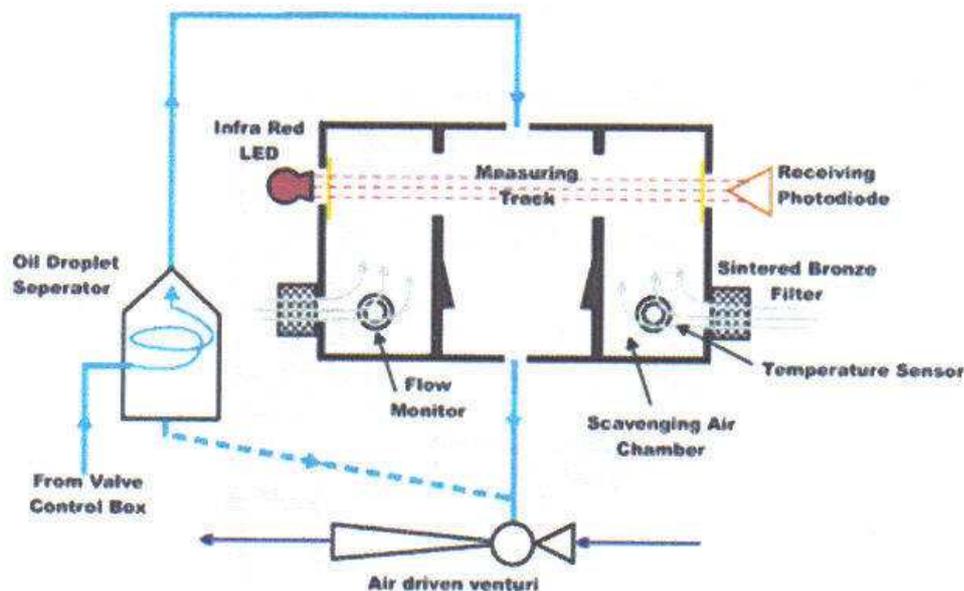


Figura 13 - Princípio de operação de um detector *Schaller Visatron*

Se a opacidade da amostra estiver acima do nível configurado, um alarme soará e uma *busca* será iniciada. Isto abre e fecha as válvulas na caixa de controle em seqüência para indicar a localização do ponto de formação de névoa. Durante a busca, grupos de compartimentos são medidos em relação aos outros. Ao término da busca, o local da falha é indicado.

Manutenção

A manutenção consiste na troca dos filtros de bronze quando os mesmos estiverem sujos e teste dos circuitos operacionais e dos indicadores (LED's – diodos emissores de luz) usando o botão de teste. Deve-se notar que apesar de haver filtros nas câmaras de ar de lavagem, ainda é possível o entupimento dos filtros do infravermelho, especialmente com o tempo. O equipamento interpreta isto como um acréscimo na opacidade. Essa alteração pode ser compensada ajustando-se o ponto de referência de opacidade para um máximo de 70%.

Teste físico do equipamento consiste de introduzir uma fumaça dentro de um dos tubos de amostra.

O ar que deixa o tubo Venturi, junto com o óleo drenado pelo separador, é levado ao tanque de dreno de óleo combustível.



Figura 14 - Detector de névoa *Schaller*

O detector de névoa do tipo “obscuridade” tem como *vantagem* a simplicidade na operação. As *desvantagens* são que, comparativamente, são necessárias extensas tubulações partindo dos pontos de amostra até o detector; apenas um ponto de amostra é medido por vez; e manutenção regular é requerida para que falsos alarmes sejam evitados.

O detector real fica localizado próximo ao motor e, portanto, se um alarme de névoa for ativado, deve-se resistir ao instinto natural de checar o detector no local. Outra desvantagem ainda maior deste tipo de detector é a relação entre a densidade da névoa e a leitura.

Como pode ser compreendido do gráfico abaixo, essa relação é do tipo não-linear.

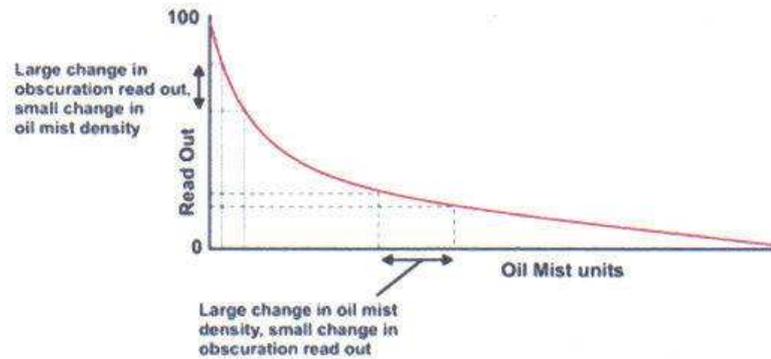


Figura 15 – Gráfico ‘Leitura de obscuridade / Densidade da névoa de óleo’

Quando não há névoa, a leitura é de 100%. Quando a névoa aumenta é preciso uma grande alteração na densidade da mesma para que seja alterada apenas uma pequena quantidade na leitura de obscuridade. Devido a essa relação não-linear, o monitor do detector não pode ser graduado em unidades como, por exemplo, mg/l. Desse modo, ele procura por desvios para disparar um alarme.

Fabricantes alegam que o detector é configurado para alarmar com névoa de concentração de 2mg/l.

5.3 - DETECÇÃO POR DISSIPACÃO DA LUZ

Dissipação da luz é a interação entre luz e matéria. Todos os materiais dissipam luz. (Essa dissipação é o que permite a nós humanos ver os objetos). Compreende basicamente reflexão e refração da luz. Um transmissor LED (diodo emissor de luz) emite luz através de uma amostra. A luz é então dissipada pelas partículas da névoa de óleo e é então medida por um receptor localizado em um ponto a 90° da fonte de luz.

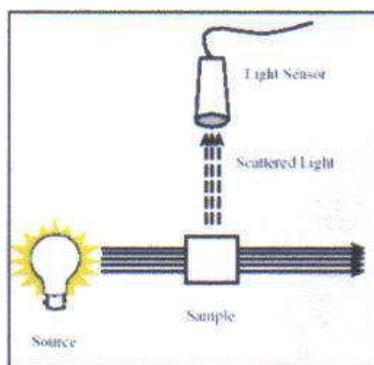


Figura 16 - Princípio da detecção de névoa por dissipação da luz

Uma vantagem desse sistema é que ele mede a partir de um zero real. Se não há contaminação da amostra (sem névoa) então não há leitura. Outra vantagem deste sistema é que de acordo com que as gotículas aumentam na amostra, a quantidade de luz dissipada aumenta numa relação quase linear, sendo mais fácil, desse modo, calibrar a leitura em mg/l.

5.3.1 - O detector de névoa QMI por dissipação de luz

Princípio de operação

Esse detector trabalha pelo princípio de dissipação de luz. A luz de um LED *fonte* é refletida pelas partículas de névoa trazidas para as cabeças de detecção por um ventilador de sucção e medidas então pelo *receptor de medição*. Um *receptor de compensação* oposto à fonte de luz detecta falha na intensidade de luz devido à lente suja e compensa de acordo. O sinal medido por este e outros detectores (até 12) é testado duas vezes por segundo e enviado a unidade central de processamento (CPU na sigla em inglês) situada na sala de controle.

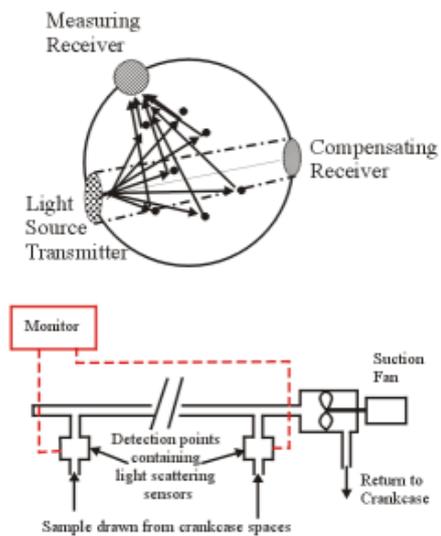


Figura 17 - Funcionamento do detector QMI

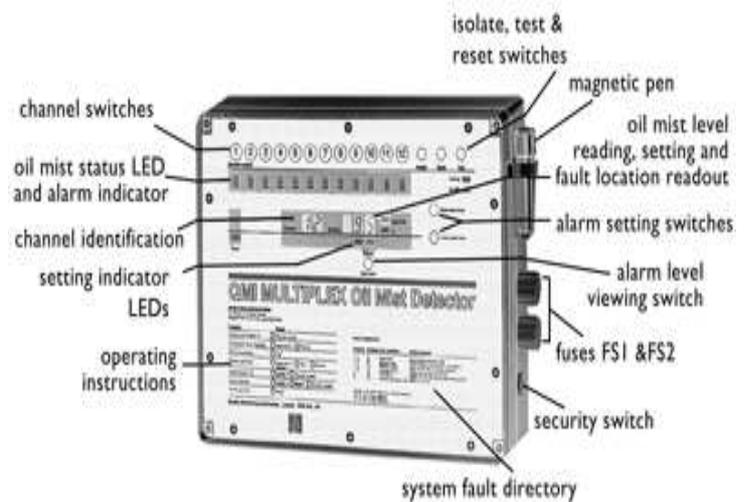


Figura 18 - CPU do QMI

Manutenção

A unidade detetora vem calibrada de fábrica e, portanto, não necessita de ajuste. O ponto de alarme na CPU pode somente ser alterado, alterando-se a EPROM dentro da unidade. Manutenção consiste em permitir que a CPU faça um procedimento de auto-teste; e limpeza do filtro de entrada, lentes, e o labirinto em cada unidade de detecção.



Figura 19 - Pontos a ser realizada a manutenção (limpeza, troca do filtro de bronze)

O sensor deve ser instalado apontando para baixo e, de acordo com o sentido de rotação do motor, será escolhido o bordo onde o mesmo é instalado de modo a evitar que óleo seja borrifado no sensor. Além disso, o sensor incorpora um separador de óleo que remove quaisquer gotículas alterando-se a direção da passagem da névoa (labirinto).

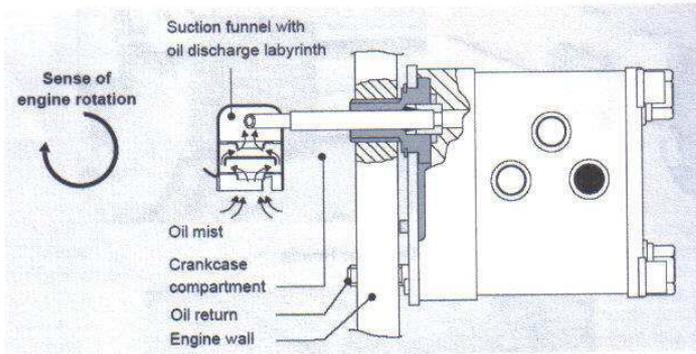


Figura 20 - Desenho da instalação do QMI no motor

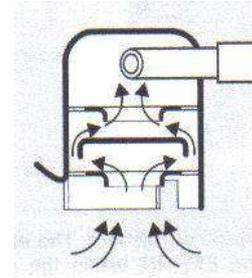


Figura 21 - Detalhe do labirinto



Figura 22 - Detector QMI instalado no motor

6 - MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DETECÇÃO DE UMA CONDIÇÃO PERIGOSA

A regra **IACS** diz que:

Onde métodos alternativos são empregados na prevenção do acúmulo de névoa que possa levar a uma condição potencialmente explosiva dentro do cárter, detalhes devem ser submetidos à análise de sociedades classificadoras individuais. As seguintes informações devem ser incluídas nos detalhes que serão objetos dessa análise:

- Características do motor
Tipo, potência, rotação, curso, diâmetro do cilindro e volume do cárter;
- Detalhes do arranjo que previne o acúmulo de condições potencialmente explosivas dentro do cárter, por exemplo, monitoramento da temperatura dos mancais, temperatura do óleo borrifado, pressão no cárter e arranjos de recirculação.
- Evidências que demonstrem que esses arranjos são eficazes na prevenção dessas condições perigosas, associadas com detalhes de experiência em funcionamento;
- Instruções de operação, teste e manutenção.

6.1 - MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DOS MANCAIS

Monitores de temperatura dos mancais podem ser instalados não somente nos mancais principais, mas também nos mancais móveis do eixo onde a temperatura é transmitida a um sensor estático do transmissor em rotação, uma vez a cada revolução do eixo.

Algumas correntes de estudiosos afirmam que a detecção da temperatura dos mancais não é suficientemente confiável quando se usa somente um sensor por mancal, e que a temperatura deve ser monitorada em vários pontos ao redor do mancal. Entretanto, apesar do fato de que a grande maioria das explosões de cárter é causada por falha nos mancais, há também outras fontes, em especial o superaquecimento do conjunto êmbolo/camisa de motores. Assim, o monitoramento destes também deve ser considerado.



Figura 23 - Monitoramento da temperatura dos mancais do motor

6.2 - MONITORAMENTO DO BORRIFO DE ÓLEO

O fabricante de motores diesel, **MAN B&W**, além de oferecer detectores de névoa e monitores de temperatura de mancais, também oferece um sistema em seus motores de média rotação (32/40) até (58/64) conhecido como “sistema de monitoramento de borrfifo de óleo.”

A carta de operação da companhia informa:

“Esses arranjos (monitoramento de temperatura de mancais e detector de névoa) não podem prever danos, mas eles podem consideravelmente restringir sua extensão e consequências. Para fazer isso, eles devem responder rapidamente e precocemente ao dano incipiente, de modo a evitar que componentes caros sejam afetados com danos cuja extensão torne necessários reparos complexos ou substituição completa dos mesmos. A experiência mostra que esta última exigência não é sempre cumprida satisfatoriamente. Para eliminar essa incerteza, nós desenvolvemos um sistema de monitoração que reage espontaneamente e funciona de modo confiável – o Sistema de Monitoramento de Borriffo de Óleo.”

O sistema trabalha com monitoramento constante e com limites bem próximos, da temperatura do óleo borrfifado em cada câmara do cárter, e compara esse valor com as temperaturas das outras câmaras do mesmo. Ele alarma quando o valor máximo foi excedido ou quando um desvio máximo permissível foi ultrapassado, gerando um sinal de parada do motor se os valores de operação do motor tiverem sido excedidos.

Intensos experimentos mostraram que o “Sistema de Monitoramento de Borriffo” responde até mesmo a um leve acréscimo de temperatura do óleo lubrificante local,

7 - REDUZINDO OS RISCOS DE EXPLOSÃO

Explosões de cárter violentas e que causam dano máximo são tidas como serem causadas por frentes de chamas turbulentas tendo espaço suficiente para acelerar à velocidade do som, aumentando desse modo a pressão no cárter absurdamente num período muito curto, o que leva a sérias consequências.

Os grandes motores de dois tempos construídos atualmente possuem um volume de aproximadamente 600m³ em seu cárter com comprimento total acerca de 23 metros. A experiência mostra que em dois motores similares que tiveram explosão de cárter, um deles cuja fonte de ignição ocorreu próximo ao centro causou dano mínimo, enquanto o outro, cuja fonte de ignição foi numa das extremidades longitudinais, sofreu esta uma explosão severa na qual as portas de visita do cárter foram lançadas para fora.

Por conseguinte, seria possível limitar as consequências de uma explosão que percorre a distância do cárter subdividindo-se o mesmo em compartimentos separados. Contudo isso não é tão simples como parece. Para fazer essa subdivisão a antepara do compartimento tem que ser removível para propósitos de manutenção. E se a antepara fosse removível teria que ser recolocada corretamente para manter a resistência e subdivisão adequadas. (As pessoas já têm dificuldade suficiente para recolocar tubos de alta pressão de óleo combustível com dupla proteção corretamente; como vocês acham que seria com as subdivisões do cárter?). Finalmente, nenhum fabricante de motores fará este tipo de modificação a não ser que ele seja forçado por regulamentos. Isso tornaria seu motor mais caro e, portanto, menos competitivo.

Uma vez que névoa de óleo tenha se formado em decorrência de um mancal superaquecido, blowby, ou outro motivo, pode ser possível evitar a sua ignição. MAN B&W tem feito experimentos e patenteado um sistema de injeção de névoa de água com um composto químico retardante de chama, sendo o tamanho das gotículas de água o mesmo das de óleo. A idéia se baseia no princípio de que a energia da chama seria absorvida pelas gotículas de água totalmente misturadas, e ainda que as gotículas de água também deslocariam qualquer oxigênio presente.

Testes efetivados mostraram que enquanto o princípio da névoa de água funciona bem em baixas rotações, quando as rotações são elevadas a velocidades normais de trabalho, essa névoa de água é destruída. Isto dá uma funcionalidade limitada, mas pode ser usada em conjunto com a redução (*Slowdown*) do motor no caso de uma névoa de óleo muito densa ser detectada no cárter. Eles (MAN B&W) também patentearam um método em que se misturam

uma grande quantidade de água com o óleo lubrificante num quadro de detecção de névoa de óleo, novamente usando o princípio de absorção de energia calorífica usando-se a grande capacidade de calor específico da água.

Há uma idéia em evidência que, uma vez detectada a névoa de óleo, injetar gás inerte com velocidade e pressão suficientes de modo a deslocar o ar no cárter. Contudo, o risco apresentado é que não somente pode operar as válvulas de segurança permitindo que a mistura névoa/ar seja espalhada pela praça de máquinas, mas também qualquer carga estática liberada com o gás poderia inflamar a mistura névoa/ar dentro do cárter.

Outra idéia que tem sido discutida é a possibilidade de se inertizar o cárter usando nitrogênio de uma base permanente. Essa é uma idéia que a Marinha britânica tem investigado nos últimos anos. Essa busca se deve ao fato de que seus navios sofreram várias explosões devidas à concentração de névoa de óleo em suas caixas de engrenagens das turbinas, o que causou danos extensos e perda de vidas.

O nitrogênio seria fornecido por geradores de nitrogênio: estes já são usados atualmente para inertizar navios tanque petroleiros e químicos.

O gerador de nitrogênio consiste de membranas de fibra ôca. O sistema funciona passando-se ar comprimido através de inúmeras fibras ôcas semipermeáveis. As membranas dividem o ar em duas correntes; uma é composta essencialmente por nitrogênio e a outra de oxigênio e dióxido de carbono, umidade e traços de outros gases. A capacidade desses geradores irá depender do grau de pureza requerido e da pressão e temperatura do ar de alimentação.

O cárter não pode ser completamente preenchido com nitrogênio, excluindo todo o oxigênio, porque os aditivos EP do óleo lubrificante necessitam de oxigênio para desempenhar suas funções. Em vez disso, cerca de 5% (cinco por cento) de oxigênio permite que o óleo lubrificante mantenha suas propriedades, mas mantém o conteúdo de oxigênio abaixo do valor necessário para que uma explosão ocorra.

Os principais argumentos contra a inertização do cárter são o custo e o espaço requerido para instalação de um gerador de nitrogênio, o qual para um motor de dois tempos de grande porte pode tomar o espaço de dois contêineres, e ainda, deve ter-se em mente que antes que qualquer manutenção possa ser executada, o cárter deve ser ventilado, o que aumentaria o tempo fora de operação (*Downtime*). Nitrogênio é apenas um pouco mais leve que o ar, e assim a ventilação do cárter deverá ser feita usando-se ventiladores extratores.

8 - AÇÕES A SEREM TOMADAS EM CASO DE UM ALARME DE NÉVOA DE ÓLEO NO CÁRTER

As regras IACS M35 e M36, determinam que um motor de média rotação que tenha potência superior a 2250 KW ou diâmetro do cilindro maior que 300 mm e que opere com praça de máquinas desguarnecida deve alarmar e parar o motor se detectada alta concentração de névoa de óleo. Um detector de névoa para cada motor tendo duas saídas independentes para ativar o alarme e a parada, satisfaria a exigência da independência entre os sistemas de alarme e parada. Isto se aplica tanto para motores principais quanto para auxiliares.

Essas regras também determinam que motores de baixa rotação com potência maior que 2250 KW ou diâmetro do cilindro maior que 300 mm operando com praça de máquinas desguarnecida devem possuir alarme e parada em caso de detecção de névoa de alta concentração.

A ação a ser tomada em caso de alarme indicando névoa no cárter, alta temperatura no mancal ou outra indicação de possibilidade de uma explosão ocorrer irá depender da idade e do tipo de instalação, contudo a regra geral é: **PARE O MOTOR!**

Se a propulsão principal for multimotor, seja ela transmitida por acoplamentos ou diesel-elétrica, então o motor pode automaticamente parar. Se o motor é uma unidade de propulsão simples, por exemplo, um motor diesel de baixa rotação, então a carga deve ser reduzida no motor em 50% e o mesmo parado o mais breve possível e com segurança.

No caso de um motor de dois tempos controlado pelo passadiço numa instalação **UMS** (Unmanned System), ou seja, com praça de máquinas desguarnecida, um alarme irá informar o oficial de quarto de serviço sobre uma redução iminente. Será dado a ele cerca de 10 segundos para cancelar a redução (em caso de situação de navegação potencialmente perigosa), após os quais a carga no motor será automaticamente reduzida, bypassando qualquer programa de redução de carga. O motor deverá ser então parado o mais breve possível após o navio estar em segurança.

O motivo da redução imediata se deve ao fato de que a carga em qualquer mancal superaquecido, que pode ser a causa da geração de névoa e possível fonte de ignição, será reduzida levando a uma redução na temperatura, e desse modo, diminuindo o risco de uma explosão vir a ocorrer. Se um gerador de eixo estiver conectado ao barramento principal, ou se um turbogerador está funcionando com o vapor produzido pela caldeira de gases de descarga do motor (Economizer), então os geradores auxiliares devem funcionar e serem

sincronizados antes da redução. Isto ocorrerá automaticamente no caso de um sistema automatizado de controle pelo passadiço como descrito anteriormente.

Se o motor é manualmente controlado pela praça de máquinas, e uma situação de alarme ocorrer, o motor deve ser parado imediatamente (telégrafo à meia-força adiante, reduzir carga, contatar passadiço, solicitar a parada do mesmo e então parar o quanto antes). Solicite ajuda.

IACS 10.7 determina:

Um sinal de advertência deve ser afixado próximo ao painel de controle ou, preferivelmente, em uma porta de visita em cada lado do motor. Esta advertência é para especificar que, sempre que superaquecimento é suspeito dentro do cárter, as portas de visita ou janelas de inspeção não devem ser abertas antes de um tempo razoável, o suficiente para permitir o resfriamento adequado após a parada do motor.

Uma vez parado o motor, mantenha as bombas de lubrificação funcionando. Engraze a catraca (se for possível se aproximar sem passar ao lado do cárter). Evacue as pessoas da praça de máquinas. Não se aproxime do cárter e não remova as portas de visita por pelo menos vinte minutos – uma rápida entrada de ar pode causar uma explosão.

Um exemplo de aviso normalmente afixado no cárter segue abaixo:

“Abertura do cárter somente 20 minutos após parada do motor por superaquecimento. Não deverá ser dada nova partida antes que a causa do superaquecimento seja remediada”.

A causa do alarme de névoa de óleo deve ser identificada antes de dar nova partida ao motor. Se a causa não é imediatamente evidente no cárter, deve-se checar o compartimento do eixo de cames ou ainda, o compartimento das correntes de transmissão. Deve-se estar ciente que a causa do superaquecimento pode não estar localizada na área que acusou alta concentração de névoa de óleo, devido ao fato desta névoa circular ao longo do cárter.

9 - EXPLOSÃO DE CÁRTER – CASO VERÍDICO 1

A estória começa quando ocorreu o alarme do detector de névoa para o cilindro nº10 (em um detector do tipo QMI), em um motor de dois tempos de doze cilindros enquanto o chefe de máquinas estava na sala de controle junto com outros dois membros do seu setor.

O chefe pensou que o alarme era devido a um sensor sujo no detector e imediatamente enviou um dos maquinistas para a praça de máquinas para checar esses sensores.

O chefe percebeu que o nível de névoa estava aumentando nos compartimentos do cárter dos cilindros 10 e 11, então ele contactou o passadiço e pediu ao oficial de náutica de serviço que reduzisse o motor.

Cinco minutos depois ele percebeu que o nível de névoa de óleo tinha aumentado ainda mais. Foi neste momento que ele cancelou o programa de redução de carga e reduziu a rotação do motor para 75 RPM (rotações por minuto). Quase simultaneamente a essa ação, uma forte explosão ocorreu na praça de máquinas.

O maquinista enviado para limpar os sensores estava próximo a uma válvula de segurança do cárter e teve graves queimaduras em seu corpo.

Começou um incêndio na praça de máquinas e no compartimento dos purificadores causado pela onda de choque da explosão que partiu uma tubulação de óleo.

O incêndio foi finalmente extinto injetando-se CO₂ (após terem sido bloqueadas as portas de acesso da praça de máquinas que tinham sido danificadas pela explosão).

A causa da explosão foi um mancal superaquecido (nº13). Pedacos de metal branco foram encontrados no cárter e investigações posteriores demonstraram que uma parte desse metal branco tinha se soltado devido à fadiga e pobre adesão. Com o desprendimento desse metal, a carga no metal remanescente aumentou devido à redução da área de suporte ao moente do eixo de manivelas, levando à quebra do filme de óleo lubrificante. O moente do eixo estava agora girando sobre o metal nu, sem qualquer lubrificação.

Quando a explosão ocorreu, quatro portas de inspeção no “*lado seguro*” (o lado sem as válvulas de segurança) foram lançadas para fora, iniciando um incêndio.

O navio teve que ser rebocado para o porto para reparo, o que levou nove semanas.

O moente em questão ficou muito arranhado com extensas trincas devido à alta temperatura.

Foi descoberto nas investigações posteriores que fragmentos de metal branco tinham sido encontrados nos filtros de óleo lubrificante duas semanas antes da explosão. Assumiu-se que era metal branco proveniente das sapatas-guia e nenhuma ação foi tomada.

É fácil ser sábio após o evento. Contudo o detector de névoa foi projetado para proteger, e um conjunto sofisticado como o QMI, o qual trabalha com o princípio da dispersão da luz, deveria ser levado a sério quando indica alta concentração de névoa. O primeiro erro foi enviar alguém para “limpar as lentes”.

Uma explosão de cárter é uma ocorrência muito séria. A praça de máquinas deve ser evacuada de todas as pessoas que não estejam lidando com a situação da sala de controle.

Uma solução aparentemente simples é: “assim que o alarme soar, o motor deverá ser parado”. Mas se este é o caso, por que o detector de névoa não é ligado às paradas de segurança do motor? Em alguns navios isso foi feito, mas considere o seguinte: O navio pode estar manobrando em situação de risco, ou pode haver um gerador de eixo em uso.

O procedimento geral deveria ser este:

Num arranjo de controle pelo passadiço com a praça de máquinas em modo “desguarnecido”, se condições de alarme são alcançadas, os geradores auxiliares deverão entrar em funcionamento, a carga transferida, e o gerador de eixo isolado. Depois do retardo de 10 segundos, o motor deve ser imediatamente reduzido a 50% da carga total, bypassando o “programa de controle de carga”. Esta redução na carga reduzirá a probabilidade de uma explosão de cárter. Este retardo é para dar ao oficial de quarto de serviço de navegação tempo hábil para cancelar a redução no caso da segurança do navio estar em risco. Uma vez que o motor tenha sido reduzido, ele deve ser parado o mais breve possível (se seguro for). Se a praça de máquinas é do tipo guarnecida, e o controle é feito pelo passadiço, o maquinista de serviço pode escolher assumir o controle do motor, reduzir a carga e parar o mais breve possível (novamente, se seguro for).

Uma vez parado o motor, o resfriamento e o óleo lubrificante deve ser mantido circulando, a catraca deve ser engrasada e manter o motor girando continuamente. A praça de máquinas deve ser evacuada e dado um tempo – 30 minutos – para permitir que o motor esfrie antes de se abrir o cárter para inspeção.

Purificadores são instalados em compartimentos separados por uma razão: Risco de Incêndio. As portas desse compartimento devem permanecer fechadas.

E sobre o metal branco encontrado nos filtros?

Se, em vez de fazer suposições, o cárter tivesse sido aberto, metal branco seria encontrado nas adjacências do mancal danificado.

O fato do detector de névoa ter alarmado em uma unidade não adjacente ao mancal, superaquecimento deve ser lembrado. A névoa pode circular dentro do cárter. Deve-se ter isso em mente quando se investigar a causa de um alarme de névoa.

10 – EXPLOSÃO DE CÁRTER – CASO VERÍDICO 2

É considerado ‘sorte’ o fato de ninguém ter se ferido numa explosão de cárter que levantou e empenou as placas do estrado, arrancou a porta do paiol de sobressalentes (a qual se encontrava dois conveses acima do convés inferior da praça de máquinas), expulsou o detector de névoa de óleo para longe do motor, e ainda causou dano extenso às luminárias, dutos de ventilação, pintura e, é óbvio, às portas de inspeção do cárter do motor. A porta da oficina foi empenada. O vidro reforçado com malha de aço da porta da sala de controle foi ‘soprado’ para dentro da sala de controle onde pedaços de vidro terminaram cravados na superfície de madeira de uma prateleira.

Após investigação a causa da explosão foi apontada por ter sido causada por um furo na coroa do êmbolo do cilindro nº1. Gases quentes da combustão foram então permitidos a fluir através do canal de retorno de óleo de resfriamento do êmbolo diretamente para o cárter, formando assim a névoa de óleo e, logo após, causando sua ignição.

O furo mencionado foi causado por erosão devido a uma injeção de combustível deficiente. Todos os êmbolos foram examinados, e foram encontrados em todos eles trincas e erosão. A ‘queima’ das coroas dos êmbolos deu a estas uma superfície rugosa. O lado de baixo das coroas tinha uma espessura acumulada de 3 mm de depósitos de carbono a qual teria comprometido o resfriamento do êmbolo.

Os injetores foram examinados: Foram verificados entupimentos e os bicos dos mesmos não eram peças originais do fabricante. Os injetores estavam operando a uma pressão de 30 bar abaixo da recomendada, e os furos dos bicos apresentavam desgaste disparando assim um jato de combustível em vez de atomizar o mesmo. Dano aos mancais foi também observado devido à sobrecarga resultante de uma pobre combustão.

Verificou-se que as válvulas de segurança do cárter tinham sido incorretamente montadas com corta-chamas defeituosos. Isto causou os mesmos a emperrarem na posição aberta após terem operado, e isto pode ter contribuído para uma violenta explosão secundária.

O detector de névoa alarmou no período de cinco segundos entre a primeira indicação de anormalidade (“falha do regulador de velocidade do motor principal”) e o segundo alarme (“alta temperatura de descarga do cilindro nº1 do motor principal”). Devido ao curto período de tempo entre a primeira indicação e a explosão, seria duvidoso afirmar que o detector teria reduzido o motor suficientemente rápido para evitar uma explosão.

11 – CONCLUSÃO

Vidas se perderam e armadores amargaram prejuízos enormes devido a incidentes envolvendo explosões de cárter. Sociedades classificadoras em conjunto com a Organização Marítima Internacional (IMO) implementaram regras a fim de eliminar ou, se possível, reduzir a frequência com que os mesmos ocorrem. Fabricantes, paralelamente, tentam desenvolver novas formas de monitoração, prevenção e, em último caso, eliminação ou redução imediata dos efeitos de uma explosão de cárter.

É notória a preocupação com o aspecto da segurança. O Oficial de Máquinas se depara com aparatos modernos a bordo dos navios mercantes na atualidade. Essas inovações são um aliado de grande peso na boa condução dessas embarcações. Assim, conhecer esses dispositivos a fundo e saber interpretar o que eles indicam é de extrema relevância tanto no aspecto de segurança quanto no econômico.

Alguns desses equipamentos ainda se encontram em fase de teste, e tentam comprovar sua eficácia. Outros já estão em uso e são considerados ferramentas essenciais, especialmente aos tripulantes de máquinas, que trabalham nas adjacências dos motores diesel.

Segundo o que foi afirmado nos capítulos 4 e 5, percebe-se a enorme importância de se cumprir as rotinas de manutenção desses equipamentos. Uma atitude de negligência com os procedimentos de inspeção e teste de válvulas de segurança e detectores de névoa, por exemplo, representa assumir uma condição de risco.

De acordo com o exposto no capítulo 8, é necessário ao oficial de quarto estar atento aos sinais que antecedem a uma condição de formação de névoa no cárter de um motor diesel, estando aquele sempre alerta a quaisquer desvios que estejam fora de um padrão de normalidade. Especial atenção deve ser prestada à temperatura de mancais e alarmes do detector de névoa. Por fim, em caso de acidente real, se esperam ações corretas e no menor tempo possível que assegurem, em primeiro lugar, a salvaguarda das vidas humanas embarcadas.

Sendo assim, a leitura de textos, artigos ou outras fontes que abordem o tema ‘Explosões de cárter em motores diesel’ é fundamental para a boa formação de um oficial de máquinas ou quaisquer profissionais que lidem com esse tipo de equipamento, e implica diretamente na redução do número de incidentes, ou ainda, em acidentes de menor gravidade.

12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Marinha do Brasil. **Módulo de metodologia da pesquisa**.1.ed. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Ministério da Marinha. **Glossário de termos técnicos de máquinas**. 6.ed. Rio de Janeiro, 1981.

MAN B&W. **Crankcase Explosions in Two-stroke Diesel Engines**.

MARINE DIESELS. **Study Guides. Vol.3: Crankcase Explosions**. United Kingdom: s.n., 2008.

HOUAISS, Antonio e VILLAR, Mauro de Salles. **Minidicionário Houaiss da língua portuguesa**. 3.ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

YOON, Thomas. **Crankcase Explosion**. Disponível em:
<http://articles.relook.com/13890/Crankcase_Explosion_by_Thomas_Yoon.html>. Acesso em: 05 Fev. 2011.