

INTRODUÇÃO

Manutenção, palavra derivada do latim *manus ten*, que significa manter o que se tem, está presente na história humana há eras, desde o momento em que iniciou o manuseio dos instrumentos de produção. Com o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a se agigantar no tocante à sua capacidade de produzir bens de consumo.

A manutenção se faz bastante necessária no maquinário e nas instalações de um navio, já que o objetivo de uma embarcação é de gerar lucros, e com as ocorrências de avarias este lucro pode ser diminuído.

As avarias ocorrem em danos aos componentes, podendo parar totalmente o equipamento ou apenas diminuindo sua eficiência. Ambos os casos fazem com que o custo de operação aumente fazendo necessária a troca do componente avariado ou até mesmo do equipamento em questão.

Observe-se que executar a manutenção de um equipamento não implica necessariamente na abertura, desmonte e remonte, nem ensaio do mesmo, mas na realização de uma série de procedimentos padrão. Estes, por sua vez, devem se basear nas características técnicas e operativas, normalmente, suportadas por estudos estatísticos.

Inicialmente as máquinas e equipamentos do navio sofrem diversas vistorias antes de serem postos em serviço, para fins de inscrição, registro ou emissão de certificados do navio, de acordo com as regras estabelecidas na legislação e nas convenções internacionais. Há uma urgência em planificar a manutenção dos navios para que os Armadores não percam completamente o controle da manutenção de suas frotas e ainda possam diminuir os prejuízos inerentes a uma assistência técnica voltada somente para reparos, sendo que esses reparos irão acarretar durante certo tempo, a parada desnecessária do navio, além de despesas adicionais.

O objetivo das inspeções visando à manutenção preventiva dos equipamentos é salvaguardá-los contra interrupções e danos através da detecção e eliminação de causas potenciais de defeitos.

Neste sentido, a manutenção periódica deve possibilitar muitos anos de operação livre de problemas.

CAPÍTULO I

MANUTENÇÃO

1.1-CONCEITO DE MANUTENÇÃO

O dicionário Aurélio (FERREIRA, 1986) define manutenção como medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de uma situação.

A norma inglesa BS-3811/1993 define manutenção como a combinação de qualquer ação para reter um item ou restaurá-lo, de acordo com um padrão aceitável.

Formalmente, a manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (NBR 5462-1994). Ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

Basicamente, as atividades de manutenção existem para evitar a degradação dos equipamentos e instalações causada pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas da produção, até a fabricação de produtos de má qualidade e a poluição ambiental.

Mantenabilidade, segundo a norma brasileira NBR-5462/1994(Confiabilidade e Mantenabilidade), é a facilidade de um item em ser mantido ou recolocado no estado no qual ele pode executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante os procedimentos e meios prescritos.

Conforme Pinto e Xavier (2002), manutenibilidade ou mantenabilidade é a característica de um equipamento ou conjunto de equipamentos que permita, em maior ou menor grau de facilidade, a execução dos serviços de manutenção.

Para analisar a mantenabilidade de um equipamento, devem-se levar em conta os seguintes requisitos, conforme Pinto e Xavier (2002):

- **Requisitos qualificados:** são requisitos para orientar os operadores nas execuções das atividades, informando-os sobre métodos, materiais, ferramentas, disponibilidade, procedimentos para execução;

- **Requisitos quantificados:** são números utilizados para quantificar tempos de execução, médias de paradas, tempos de indisponibilidade e quantidades de materiais sobressalentes;

- **Suporte logístico:** trata-se de todas as condições necessárias para dar suporte a alojamentos, transporte, produção, distribuição, viagens, manutenção de meios e ferramentas;

- **Capacitação do pessoal de manutenção:** trata-se do desenvolvimento das habilidades profissionais e capacitação do pessoal de manutenção.

1.2- MISSÕES DA MANUTENÇÃO

Todos os equipamentos, sistemas e instalações, sejam eles mecânicos, elétricos, eletrônicos, hidráulicos ou pneumáticos, estão sujeitos a ver degradadas as suas condições normais de operacionalidade, com o decorrer do tempo, em consequência do uso e até por causas fortuitas. É missão da manutenção repor essa operacionalidade em níveis corretos.

Para cumprir a sua missão, a manutenção recorre a um conjunto diversificado de tarefas selecionadas e programadas de acordo com as características e utilização do seu objeto e os padrões de serviço que lhe foram fixados. Essas tarefas são, por exemplo, a lubrificação, a limpeza, o ensaio, a reparação, a substituição, a modificação, a inspeção, a calibração, a revisão geral ou o controle de condições.

Em termos temporais, a tendência é a ação da manutenção se exercer não apenas durante a fase de operação do seu objeto, mas ao longo de todo o seu ciclo de vida, desde a concepção ou especificação, até a sua desativação.

Podem ser objeto de ação da manutenção não só as máquinas e equipamentos industriais, mas também ferramentas especiais, equipamentos de ensaio, instalações de energia, gases e fluidos, redes de comunicações, veículos, edifícios e logradouros, etc. Numa perspectiva mais ampla, a manutenção pode incluir funções de limpeza e segurança.

1.3- OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

A Manutenção tem de estar subordinada a objetivos claramente definidos e coerentes com os objetivos globais da empresa. De fato, a ação da manutenção pode desenvolver-se segundo linhas de força divergentes, para as quais é essencial determinar a resultante que melhor sirva aos interesses do negócio:

- **Segurança:** a segurança (das pessoas, dos equipamentos, da comunidade, etc.) deve ser uma referência onipresente e inegociável;

- **Qualidade:** um dos objetivos da manutenção é conseguir os melhores rendimentos das máquinas, um mínimo de defeitos de produção, melhores condições de higiene, melhor tratamento do ambiente;

- **Custo:** a Manutenção procura as soluções que minimizem os custos globais do produto considerando, portanto, a par dos custos próprios de produção, os custos provocados pela manutenção ou pela não manutenção;

- **Disponibilidade:** pretende-se da Manutenção que disponibilize os equipamentos para operação o máximo de tempo possível, reduzindo ao mínimo possível tanto as immobilizações programadas quanto as paragens por avaria e contribuindo, assim, para assegurar a regularidade da produção e o cumprimento dos prazos planeados.

É, obviamente, impossível aperfeiçoar todos estes fatores simultaneamente. É responsabilidade da gestão da Manutenção encontrar o compromisso mais satisfatório, compatível com os objetivos da empresa e pautar por ele as suas decisões futuras.

Relatando de uma forma mais completa a missão da manutenção, é possível afirmar que a Manutenção é um conjunto integrado de atividades que se desenvolvem em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação, visando manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança.

1.4- IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

A importância da Manutenção é determinada pelas razões que a justificam. Faz-se manutenção por três tipos de razões:

- **Econômicas** - Para obter o máximo rendimento dos investimentos feitos em instalações e equipamentos, prolongando ao máximo a sua vida útil e mantendo-os em operação o máximo de tempo possível; para reduzir ao mínimo os desperdícios, rejeições e reclamações de produtos. O foco é apoiar o esforço de vendas da empresa, evitando atrasos ou interrupções da produção, com isso há o esforço para reduzir os custos dos consumos em energia e fluidos; visando conseguir o melhor aproveitamento dos recursos humanos da empresa;

- **Legais** - A legislação obriga a prevenir situações que possam constituir fator de insegurança (risco de acidente, individual ou coletivo), de incômodo (ruído, fumos, cheiros), de poluição (emissões gasosas, descargas líquidas, resíduos sólidos) ou de insalubridade (temperatura, umidade). Algumas atividades econômicas são norteadas por legislação especial, cuja aplicação é verificada por organismos próprios;

- **Sociais** - Os grupos sociais afetados pela operação dos equipamentos ou instalações podem exercer pressões para que sejam reduzidos ou anulados os efeitos incômodos ou nocivos dessa operação. Mesmo que não haja uma imposição legal, a preservação da imagem da empresa pode justificar a adoção de medidas de manutenção adequadas.

1.5-TIPOS DE MANUTENÇÃO

1.5.1- MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva é a forma mais óbvia e mais primária de manutenção; pode sintetizar-se pelo ciclo "quebra-repara", ou seja, o reparo dos equipamentos após a avaria. Constitui a forma mais cara de manutenção quando encarada do ponto de vista total do sistema. Pura e simples conduz a:

- Baixa utilização anual dos equipamentos e máquinas e, portanto, das cadeias produtivas;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos, máquinas e instalações;
- Paradas para manutenção em momentos aleatórios e muitas vezes, inoportunos por corresponderem a épocas de ponta de produção, a períodos de cronograma apertado, ou até as épocas de crise geral;

É claro que se torna impossível eliminar completamente este tipo de manutenção, pois não se pode prever em muitos casos o momento exato em que se verificará um defeito que obrigará a uma manutenção corretiva de emergência.

Apesar de rudimentar, a organização corretiva necessita de:

- Pessoal previamente treinado para atuar com rapidez e proficiência em todos os casos de defeitos previsíveis e com quadro e horários bem estabelecidos;
- Existência de todos os meios materiais necessários para a ação corretiva que sejam: aparelhos de medição e teste adaptados aos equipamentos existentes e disponíveis, rapidamente, no próprio local;
- Existência das ferramentas necessárias para todos os tipos de intervenções necessárias que se convencionou realizar no local;
- Existência de manuais detalhados de manutenção corretiva referentes aos equipamentos e às cadeias produtivas, e sua fácil acessibilidade;
- Existência de desenhos detalhados dos equipamentos e dos circuitos que correspondam às instalações atualizadas;

- Almoxarifado racionalmente organizado, em contato íntimo com a manutenção e contendo, em todos os instantes, bom número de itens acima do ponto crítico de encomenda;
- Contratos bem estudados, estabelecidos com entidades nacionais ou internacionais, no caso de equipamentos de alta tecnologia cuja manutenção local seja impossível;
- Reciclagem e atualização periódicas dos chefes e dos técnicos de manutenção;
- Registros dos defeitos e dos tempos de reparo, classificados por equipamentos e por cadeias produtivas (normalmente associadas a cadeias de manutenção);
- Registro das perdas de produção (efetuado de acordo com a operação-produção) resultantes das paradas devidas a defeitos e a parada para manutenção;

1.5.2- MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A Manutenção Preventiva, como o próprio nome sugere, consiste em um trabalho de prevenção de defeitos que possam originar a parada ou um baixo rendimento dos equipamentos em operação. Esta prevenção é feita baseada em estudos estatísticos, estado do equipamento, local de instalação, condições elétricas que o suprem, dados fornecidos pelo fabricante (condições ótimas de funcionamento, pontos e periodicidade de lubrificação, etc.), entre outros.

Dentre as vantagens, podemos citar:

- Diminuição do número total de intervenções corretivas, aligeirando o custo da corretiva;
- Grande diminuição do número de intervenções corretivas ocorrendo em momentos inoportunos como por ex: em períodos noturnos, em fins de semana, durante períodos críticos de produção e distribuição, etc;
- Aumento considerável da taxa de utilização anual dos sistemas de produção e de distribuição.

A organização preventiva: Para que a manutenção preventiva funcione é necessário:

- Existência de um escritório de planejamento da manutenção (Gabinete de Métodos) composto pelas pessoas mais altamente capacitadas da manutenção e tendo funções de preparação de trabalho e de racionalização e otimização de todas as ações. Daqui advém uma manutenção de maior produtividade e mais eficaz.

- Existência de uma biblioteca organizada contendo: manuais de manutenção, manuais de pesquisas de defeitos, catálogos construtivos dos equipamentos, catálogos de manutenção (dados pelos fabricantes) e desenhos de projeto atualizados (as-built).
- Existência de fichários contendo as seguintes informações:
 - Fichas históricas dos equipamentos contendo registro das manutenções efetuadas e defeitos encontrados;
 - Fichas de tempos de reparo, com cálculo atualizado de valores médios;
 - Fichas de planejamento prévio normalizado dos trabalhos repetitivos de manutenção.

Nestas fichas contém-se: composição das equipes de manutenção, materiais, peças de reposição e ferramentas, PRRT, com a seqüência lógica das várias atividades implicadas;

- Existência de plannings nos quais se mostram os trabalhos em curso e a realizar no próximo futuro. Devem existir plannings locais nas oficinas;
- Existência de um serviço de emissão de requisições ou pedidos de trabalho, contendo a descrição do trabalho, os tempos previstos, a lista de itens a requisitar e a composição da equipe especializada;
- Emissão de mapas de rotinas diárias;
- Existência de um serviço de controle, habilitado a calcular dados estatísticos destinados à confiabilidade e à produção;
- Existência de um serviço de emissão de relatórios resumidos das grandes manutenções periódicas;
- Existência de interações organizadas com o almoxarifado e os serviços de produção.

1.5.3- MANUTENÇÃO PREDITIVA

Manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

O objetivo deste tipo de manutenção é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. É a primeira grande quebra de paradigma na manutenção, e tanto mais se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve

equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais em funcionamento.

A decisão de intervenção é tomada quando o grau de degradação se aproxima ou atinge um limite estabelecido. Normalmente esse tipo de acompanhamento permite a preparação prévia do serviço, além de outras decisões e alternativas relacionadas com a produção.

Condições básicas:

- O equipamento, o sistema ou a instalação devem permitir algum tipo de monitoramento/medição;
- O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer esse tipo de ação, em função dos custos envolvidos;
- As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada;
- Deve ser estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado;
- É fundamental que a mão-de-obra da manutenção responsável pela análise e diagnóstico seja bem treinada. ***Não basta medir; é preciso analisar os resultados e formular diagnósticos.***

1.5.4- MANUTENÇÃO DETECTIVA

Manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não-perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Ex.: o botão de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis.

A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade. Em sistemas complexos, essas ações só devem ser levadas a efeito por pessoal da área de manutenção, com treinamento e habilitação para tal, assessorado pelo pessoal de operação.

É cada vez maior a utilização de computadores digitais em instrumentação e controle de processo nos mais diversos tipos de plantas industriais. São sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis, sistemas digitais de controle distribuídos - SDCD, multi-loops com computador supervisor e outra infinidade de arquiteturas de controle somente possíveis com o advento de computadores de processo.

A principal diferença é o nível de automatização. Na manutenção preditiva, faz-se necessário o diagnóstico a partir da medição de parâmetros; na manutenção detectiva, o diagnóstico é obtido de forma direta a partir do processamento das informações colhidas junto à planta. Há apenas que se considerar, a possibilidade de falha nos próprios sistemas de detecção de falhas, sendo esta possibilidade muito remota. De uma forma ou de outra, a redução dos níveis de paradas indesejadas por manutenções não programadas, fica extremamente reduzida.

1.5.5- ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

É uma nova concepção que constitui a segunda quebra de paradigma na manutenção. Praticar engenharia de manutenção é deixar de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, modificar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenibilidade, do feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras. Ainda mais: aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de primeiro mundo.

1.5.6- MANUTENÇÃO REMOTA

É o processo de se ter a função manutenção de uma empresa de porte pequeno ou médio gerenciada por profissionais localizados fora da empresa. Esse gerenciamento inclui a programação, processamento de pedidos e ordens de serviços, manutenção dos registros históricos e a geração de relatórios que auxiliem as decisões da gerência da empresa. O histórico dos equipamentos fornece informações que permitem analisar a efetividade da manutenção, as de tendências de causas de problemas recorrentes.

Na manutenção remota, os equipamentos e processos são consertados quando necessário e o dinheiro, já escasso na manutenção, pode ser usado em outras coisas. Nessa forma de manutenção, as verbas não precisam ser aplicadas em sistemas informatizados de gerenciamento de manutenção, computadores, impressoras e pessoal. O provedor da manutenção remota fornece toda a infraestrutura e um profissional qualificado para planejar sua manutenção, tudo isso por uma parcela das despesas menor que a empresa teria com um sistema próprio de manutenção. Limita-se a consertar o que estragou, e isso pode ser altamente prejudicial ao processo produtivo, especialmente porque o equipamento tende a apresentar defeitos em horas inoportunas. O histórico do equipamento permite à equipe de manutenção remota acompanhar sua história e analisar possíveis tendências de falhas, gerando um relatório que identifica o problema e sugere soluções para a gerência da planta ou empresa.

As vantagens da manutenção remota são: baixo custo inicial para implantar um Sistema Informatizado de Gerenciamento da Manutenção, disponibilidade de pessoal treinado para conduzir o programa, nenhuma necessidade de contratar profissionais de planejamento e de manutenção, resultados positivos obtidos em curto prazo, suporte em tempo integral e informações disponíveis a qualquer tempo. As informações técnicas sobre o equipamento são catalogadas e conservadas pela equipe de manutenção remota e utilizadas no planejamento e programação dos trabalhos. Além disso, qualquer necessidade de upgrade no sistema é de responsabilidade do provedor da manutenção remota.

Mas como nem tudo são vantagens, a manutenção remota apresenta algumas desvantagens significativas: há um acréscimo inicial nos custos da manutenção, sem retorno imediato, a equipe de manutenção da empresa não tem acesso direto ao sistema e, a menos que tenham cópia do material técnico e descritivo dos equipamentos, não terão acesso ao acervo técnico. A equipe de manutenção local tem, também, a tarefa adicional de manter a manutenção remota permanentemente informada sobre o andamento das ordens de serviço.

Em conclusão, a Manutenção Remota permite que as pequenas e médias empresas desfrutem das mesmas vantagens oriundas de grandes departamentos de manutenção, por uma fração do custo. Se há necessidade de um programa de manutenção mais eficiente e efetivo, e o custo de implantação de tal programa é proibitivo ou problemático, então vale considerar o Gerenciamento Remoto da Manutenção como uma alternativa viável.

A Manutenção é uma atividade de importância estratégica nas empresas, pois ela deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos adequados. Entender cada tipo de manutenção e aplicar o mais adequado corretamente, é fator de otimização da atividade e lucro ou sobrevivência para a empresa.

CAPÍTULO II

MANUTENÇÃO ELETRÔNICA

2.1 - ATIVIDADES BÁSICAS

A rotina para a execução das inspeções relativas à manutenção preventiva de equipamentos elétricos envolve a observação visual de algumas de suas condições específicas, bem como, quando possível, os reparos necessários que podem ser realizados no campo. A frequência destas inspeções depende, sobretudo, da importância crítica do equipamento em questão, das condições ambientais, e/ou das condições operacionais.

Atitudes simples, como verificar se há ventilação suficiente e efetuar a limpeza freqüentemente são fatores da maior importância.

Além disto, é necessário intervir imediatamente ao surgirem ou ao serem notados quaisquer indicativos de anormalidades. No caso de máquinas rotativas tem-se, por exemplo: vibrações excessivas, batidas de eixo, resistência de isolamento decrescente, indícios de fumaça e fogo, faiscamento ou forte desgaste no comutador ou coletor e escovas (se houverem), variações bruscas de temperatura nos mancais e outros.

A primeira providência a ser tomada nestes casos é desligar o equipamento e examinar todas as suas partes, tanto mecânicas como elétricas.

Deste modo, o conhecimento adequado de alguns sintomas, suas causas e efeitos são de suma importância, pois permite evitar a evolução de problemas indesejáveis que tornam necessária uma ação corretiva com prejuízos financeiros elevados.

As rotinas de inspeção básicas para equipamentos elétricos em operação normal envolvem, de uma forma geral, avaliar:

- Corrente: O aquecimento de um equipamento elétrico depende de sua capacidade térmica. O controle de sua temperatura de operação se reveste de elevada importância, pois, quando o mesmo opera acima do nível máximo de temperatura permitido pela classe de isolamento, ocorre um decréscimo na sua expectativa de vida. Por exemplo, um equipamento com isolamento classe B ou F, operando com 8° a 10°C acima de sua temperatura normal de trabalho tem sua expectativa de vida reduzida à metade. Estes fatos reforçam a necessidade de um monitoramento adequado das condições de carregamento, ou seja, da corrente de carga e da temperatura associadas, para evitar eventuais sobrecargas;

- Tensão: A tensão aplicada a um equipamento deve ser monitorada de forma similar à corrente de carga. Sobre subvenções, tensões desequilibradas e/ou com conteúdo harmônico são fatores que afetam o seu isolamento e o seu desempenho em muitos casos.

- Limpeza: É importante que o equipamento fique isento de poeiras, teias de aranha, fiapos de algodão, óleo, ou seja, sujeira em geral. A sujeira cria uma camada nos enrolamentos e/ou carcaça diminuindo a troca de calor com o ambiente, além de reter umidade e provocar um curto-circuito, bem como, ser um elemento propagador de incêndios. Desta forma, é conveniente limpar externamente o equipamento e, logo após, as suas partes internas. Para tanto, usa-se ar comprimido seco e limpo, soprando-se o pó e os resíduos do seu interior. É importante certificar-se que todas as passagens de ar estão livres e desimpedidas.

Nas máquinas elétricas rotativas, também é interessante verificar-se:

- Vibrações ou ruídos: Deve-se atentar para a ocorrência de vibrações anormais ou ruídos estranhos para máquinas rotativas em perfeito estado de funcionamento. Elas podem ser indicativas de problemas de origem elétrica e mecânica;

- Temperatura dos mancais: Para bom desempenho de suas funções a temperatura do mancal de máquinas rotativas deve ser no máximo, 800°C, 850°C. Assim, é conveniente verificá-la através de termômetro. Ressalta-se que, também neste caso, a vida útil diminui com a temperatura;

- Superfície do estator e do rotor: Inspeção visual para determinar a presença de alguma contaminação ou ferrugem, bem como lascas, borbulhas e arranhões;

Naturalmente, quaisquer planos de inspeção devem ser determinados de acordo com a natureza crítica ou não do funcionamento dos equipamentos.

2.2 – PROTEÇÃO

A proteção adequada dos equipamentos elétricos pode e deve ser encarada como uma atividade de manutenção preventiva, pois tende a evitar que eventuais problemas se avolumem ou danifiquem o equipamento.

Grandes partes dos elementos dos equipamentos requerem algum tipo de proteção para que ele permaneça em operação de forma segura e econômica ao longo do tempo e reduza a necessidade futura de manutenção corretiva.

Esta proteção pode ser executada através de alarmes luminosos ou sonoros ou pelo desligamento da alimentação antes que algum dano ocorra. Tais danos devem-se, basicamente, ao isolamento deteriorar-se e furar, às falhas dos componentes mecânicos ou

ambos. Sendo assim, a maior ou menor proteção é função da importância da aplicação e condições de serviço.

2.3 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA DO ISOLAMENTO ELÉTRICO

O sistema isolante representa um dos principais aspectos para o funcionamento de um equipamento elétrico, sendo a sua vida útil considerada como a do próprio equipamento. A vida útil de um isolamento sólido é compreendida como o tempo necessário para que seus elementos constituintes falhem, ou seja, que sua força de tração reduza-se a determinadas percentuais do original. Note-se que no final da vida, a isolação se apresenta frágil e quebradiça, com baixa resistência mecânica.

Embora, os sistemas de isolamento de alguns equipamentos incorporem um fluido (por exemplo, óleo mineral em transformadores ou gás SF₆ em disjuntores), o isolamento sólido (papel e vernizes) está presente em todos eles. Desta forma, é prática comum no meio técnico considerar-se que o envelhecimento destes sistemas está associado com a resistência mecânica do segundo.

Por outro lado, a deterioração das propriedades isolantes de um material depende, de forma básica, de suas características físico-químicas e do regime de operação a que for submetido. Note-se que, como citado anteriormente, muitos fatores podem afetá-los tais como a umidade, sujeira, agentes químicos, esforços dielétricos excessivos, danos mecânicos e a temperatura, entre outros.

É interessante observar que durante o processo de envelhecimento do papel, as suas propriedades dielétricas praticamente não diminuem. Desta forma, um transformador envelhecido, por exemplo, será mais sensível aos esforços mecânicos, provenientes, principalmente, de curtos-circuitos no sistema, apesar de poder apresentar boa isolação dielétrica. Nestes casos, a baixa resistência mecânica provocará uma diminuição dos espaçamentos dielétricos (falha mecânica), provocando a falha elétrica.

Em função do exposto, a manutenção preventiva do isolamento é de fundamental importância.

No caso específico de máquinas rotativas, é necessário inspecionar todos os isolantes de bobina de campo quanto a trincas e indicações de superaquecimento.

Mas, os principais pontos de manutenção de um isolamento de uma máquina são:

Limpeza, secagem, reenvernizamento e conservação.

A limpeza é o primeiro e mais importante quesito de manutenção do isolamento. A remoção de poeiras pode ser feita com um aspirador de pó ou com ar comprimido seco (com 29 a 40 psi de pressão), porém o último apresenta a desvantagem de espalhar a poeira por outras máquinas ao redor.

Sujeiras incrustadas entre as passagens de ar da máquina devem ser removidas com uma espátula de madeira ou de fibra. Não se deve usar pontas e raspadeiras metálicas, pois estas podem ferir o isolamento.

A limpeza de graxas e óleos deve ser feita com pano isento de fiapos embebido com um solvente recomendado, como o Varsol, a Benzina e o Tetracloreto de Carbono. O uso de solvente em excesso arruina o verniz que compõe o isolante; portanto, deve se usar a quantidade justa de solvente e em seguida enxugar com um pano seco.

O uso de solventes requer cuidados; os derivados de petróleo são inflamáveis e o tetracloreto de carbono, que não é inflamável, é muito tóxico (só deve ser usado em lugares bem ventilados).

No caso de isolamentos contaminados pela água do mar ou com lama de inundações, estes devem ser lavados com água doce (com pressão de 29 a 40 psi), sendo necessária secagem posteriormente.

A secagem é a operação que tem por fim retirar a umidade ocasionalmente depositada ou absorvida pelo isolamento. O método mais favorável é a aplicação de calor externo (lâmpadas infravermelhas ou aquecedores elétricos), dentro duma estufa ou coberta de lona. Três cuidados são requeridos:

a) Sempre deixar uma abertura no topo da cobertura para permitir o escape do ar úmido. No caso da estufa, faz-se a extração forçada do ar (rarefaz a pressão melhorando a secagem).

b) Não aproximar muito as fontes de calor do isolamento para não carbonizá-lo (no caso de lâmpadas cujo feixe é dirigido, recomenda-se um afastamento de mais de 30 cm).

c) Temperatura do isolamento não deve ultrapassar 900°C.

Outro método muito usual é o de fazer passar uma corrente elétrica pelos condutores do próprio equipamento, cuja fonte pode ser:

a) Alternada, proveniente de um autotransformador regulável.

b) Contínua, gerada por uma máquina de solda elétrica.

c) Ou ainda, contínua gerada pelo próprio equipamento cuja armadura é colocada em curto-circuito.

Esse é um método muito eficaz, pois o calor gerado por efeito Joule expulsa a umidade, de dentro para fora, do isolamento, embora seja aconselhável utilizá-lo para resistências de isolamento superiores a 50 MW medida a frio.

Entretanto, é necessário tomar alguns cuidados em sua aplicação, ou seja, a corrente circulante não deve ultrapassar o valor da corrente normal do equipamento. Assim, a temperatura não deve aumentar mais que 50°C por hora (aquecimento muito rápido pode formar bolhas que danificam o isolamento). A temperatura medida sobre o isolamento não deve passar de 80°C.

O reenvernizamento dos isolamentos elétricos não deve ser executado frequentemente, pois, a cada vez, se adiciona uma camada de verniz à superfície do isolamento, fazendo aparecer rachaduras onde se acumulam sujeira. O envernizamento só deve ser feito com a peça bem limpa e seca.

O melhor método é mergulhar a peça, aquecida, num banho de verniz, demorando o tempo necessário para a impregnação completa do isolamento. Em seguida deixá-la suspensa para escorrimento do verniz. E, por fim, colocá-la para secar em uma estufa. No caso de não se ter estufa deve-se utilizar verniz de secagem ao ar. Os tempos e as temperaturas de secagem ao ar ou na estufa dependem do tipo de verniz utilizado (estufa temperatura da ordem de 180°C e tempo aproximado de 24 horas).

Grandes armaduras são impregnadas a pistola, ou a pincel, pois não podem ser manuseadas para a operação de mergulho. No primeiro caso devem-se proteger as partes vivas de cobre (comutador, anel, coletor, contatos), o eixo e os mancais com papel. Não sendo possível o uso de papel usa-se uma leve camada de graxa.

Durante o envernizamento deve-se ter sempre à mão um extintor, o ambiente deve ser bem ventilado e usar máscara quando trabalhar com pistola.

Para transformadores, por outro lado, é necessário analisar se com certa frequência o fluido dielétrico e refrigerante (óleo) em operação está em boas condições de trabalho. Sendo assim, para que ele cumpra suas funções de maneira satisfatória, deve apresentar algumas características básicas, tais como:

- a) Baixo teor de umidade, pois as partículas de água em suspensão diminuem suas propriedades dielétricas;
- b) Elevada resistência à oxidação, para evitar a formação de borras e ácidos;
- c) Composição química tal que não altere as propriedades dos diversos elementos do transformador;
- d) Viscosidade suficientemente baixa para permitir grande mobilidade das partículas aquecidas, de forma a não prejudicar a transferência de calor;

e) Resistência elevada à inflamação, de forma a tornar mais segura à instalação elétrica.

2.4- MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM OUTRAS PARTES

Outras partes componentes dos equipamentos merecem atenção quanto à manutenção preventiva, além das atitudes citadas anteriormente. Exemplificando para máquinas rotativas, tem-se:

- Peças aparafusadas ou calçadas - Sua inspeção, de vez em quando, servirá para notar se estão todas bem firmes e sem corrosão ou ferrugem. Atenção particular deve ser dada aos parafusos que seguram os grampos de suporte dos cabos e de certos isolamentos;

- Fundações e placas de apoio - Devem ser verificadas a sua rigidez e seu nivelamento, pois muitas vezes tais apoios podem ceder ou escorregar por efeito das próprias trepidações da máquina;

- Acoplamentos - O aperto e o alinhamento dos flanges de acoplamento devem ser verificados uma vez por ano e sempre que a máquina sofrer algum impacto, elétrico ou mecânico, ou quando houver deslocamento nos fundações;

- Cabos de ligação: Inspeccionar quanto a sinais de superaquecimento, isolamento deficiente ou avaria mecânica. Certificar-se de que todos os terminais estão apertados.

- Filtros de ar (se houverem): devem ser limpos regularmente, com intervalos que dependem do grau de impurezas do meio ambiente. A queda de pressão nos filtros deverá ser constantemente observada, pois, caso ela ultrapasse o valor admissível, há o risco de diminuição do volume de ar e do efeito filtrante. A limpeza de filtros de malha grossa (filtros de metal) pode ser efetuada, com jatos de ar ou lavando o filtro com solventes. Os filtros finos (com capas de fibras) podem ser lavados em água (a uns 40°C, contendo detergente normal para roupa fina), ou jatos de ar para limpá-los.

Tratando-se de pó contendo graxa é necessário lavar com gasolina, tricloretileno ou água quente com aditivo P3. Evitar torcer ou escorrer o filtro. Todos os filtros devem ser secados depois da limpeza.

2.5 – PRECAUÇÕES

Antes de qualquer intervenção em equipamentos de um sistema elétrico, algumas precauções preliminares de segurança devem ser observadas, objetivando-se prevenir a integridade tanto do pessoal quanto dos equipamentos, ou seja:

- a) Quando da realização de testes em equipamentos, estes deverão estar bem sinalizados, delimitando-se a área de trabalho e de passagem;
- b) Deverá ser utilizado somente ferramental adequado a cada tipo de tarefa;
- c) Nunca executar sozinho, serviços próximos a circuitos energizados;
- d) Certificar-se, através de inspeção visual, de que os equipamentos liberados para a manutenção estejam totalmente desenergizados;
- e) Cuidar para que todas as pessoas envolvidas nos teste estejam munidas dos EPI's necessários.

Capítulo III

Manutenção do MCP

3.1- Instruções gerais

Assim como as máquinas, os equipamentos se diferenciam um dos outros, devido ao modelo utilizado nas fabricações e de acordo com as especificações dos fabricantes, os motores de combustão principais a diesel utilizados nos navios, também, não seriam uma exceção. Então, o que será abordado são as medidas para efetuar uma revisão em seu aspecto geral, e as medidas mais específicas, podem ser encontradas no Manual de cada motor.

Em relação ao início de qualquer trabalho de revisão, principalmente a das partes móveis, as medidas de segurança recomendadas no Manual de Instruções de cada motor, devem ser observadas para evitar partidas inadvertidas do motor e acidentes. Se os componentes das partes móveis forem desmontados, deve-se assegurar que nenhum componente afrouxado fique enjambrado quando o motor for girado pela catraca, o que poderia causar sérias avarias no motor. , esses trabalhos de desmontagem devem ser executados meticulosamente, além do fato de que, os orifícios de lubrificação e as canalizações devem ser vedados e submetidos à revisão durante a rotina de manutenção, onde ocorrerá o teste para verificar o correto funcionamento antes de retornarem ao serviço. As canalizações, em particular, devem ser submetidas a teste de pressão para descobrir possíveis vazamentos. E quaisquer partes do motor que forem limadas ou raspadas devem ser depois, completamente limpas. Isolando assim as partes adjacentes, se for necessário. O motor passará por uma inspeção e será limpo com pano de limpeza que não soltem fiapos ou não seja feito de estopa em intervalos regulares, a fim de mantê-lo apto para o serviço.

Se durante a operação das máquinas surgirem folgas entre os componentes, devido à vibração ou até mesmo devido a um aperto irregular na hora da remontagem. Neste caso, todos os parafusos e porcas devem ser apertados com um aparelho especial, o “Torquímetro”, cujo torque a ser aplicado, é especificado no Manual de cada motor. Portanto, as folgas dos componentes mais importantes devem ser periodicamente verificadas. E as peças cujas dimensões estão fora dos limites admissíveis, devem ser substituídas pelas sobressalentes, ou então reajustadas de modo a se obter novamente as folgas corretas. Caso não tenha a possibilidade de realizar essa substituição, um pedido de suprimento para a peça em questão deve ser feito, de modo a completar novamente o estoque de peças sobressalentes.

Logo, a verificação e o controle das peças deste estoque também farão parte da rotina do Oficial de Máquinas. E se alguma revisão foi executada com peças do Sistema de Controle, o mesmo deve ser testado quanto ao seu correto funcionamento.

O principal fator para determinar a frequência das revisões é obtido pela carga na qual o motor está operando normalmente, e pelas qualidades dos óleos empregados, combustíveis e lubrificantes.

Esse programa de manutenção serve como referência para os intervalos em que as revisões devem ser levadas a efeito.

Ressaltando então que todos os serviços de revisão devem ser feitos somente com os dispositivos especiais, normalmente fornecidos com o jogo de ferramentas. Pois o uso de ferramentas inadequadas resultará em perda de tempo e danos dos componentes do motor, por isso sempre é aconselhável utilizar as ferramentas ideais.

3.2 – Instruções antes das revisões de manutenção

Antes de iniciar qualquer trabalho de revisão nos motores, algumas precauções de segurança devem ser observadas, tais como:

- Fechar a válvula de interceptação automática do ar de partida e as válvulas de interceptação dos reservatórios do ar de partida;
- Descomprimir completamente o ar de todas as canalizações de ar de partida, antes e depois das válvulas de interceptação automática;
- Deixar as torneiras de descompressão abertas. E no caso das torneiras do indicador, estas devem ser mantidas abertas enquanto os trabalhos de revisão estiverem sendo executados;
- Engrazar a catraca e travar alavanca;
- Deixar que o motor esfrie no mínimo por dez minutos, antes de abrir as portas do cárter, se este tiver sido parado devido ao aquecimento dos componentes das partes móveis dos cilindros ou dos mancais;
- Ventilar o cárter, antes de iniciar qualquer trabalho em seu interior.

3.3 – Manutenção Cotidiana dos Motores de pequenas embarcações

Trata-se da manutenção preventiva indicada geralmente nos manuais, como recomendações de lubrificação e operação, ou seja, não requer o uso de ferramentas mecânicas, limitando-se a equipamentos de limpeza, dispositivos mecânicos de abastecimento e lubrificação, além de obedecer aos intervalos das horas de serviço.

Portanto a cada 10 horas ou mais freqüentemente, caso necessário, deve ser verificado:

- O nível de óleo do cárter, completando-o e tendo o cuidado de não permitir penetração de sujeira ou de tinta nesta ocasião;
- Completar o nível d'água no radiador, colocando somente água limpa e verificar a obstrução da colméia por folhas, barro ou areia;
- Drenar a água e impurezas e completar o nível do tanque de combustível, sempre que necessário;
- Observar os instrumentos do painel, os gases de combustão e os ruídos do motor.

A cada 50 horas ou quando necessário deve-se verificar:

- O nível de eletrólito das baterias deve estar um centímetro acima do nível das placas, caso contrário deve-se adicionar só água destilada e observar se o regulador perde água muito depressa;
- A densidade do eletrólito das baterias deve permanecer a $1,25 \text{ g/cm}^3$ ou mais. Abaixo desse valor deve-se recarregar e testar de novo, e se o caso se repetir, troca-se o eletrólito. Ainda deve-se verificar a firmeza dos terminais da bateria e proteção com vaselina;
- Lavar o filtro primário do combustível e drenar;
- Drenar a água dos tanques de óleo combustível, e em caso de excesso, verificar se tem vazamento nas serpentinas.

E a cada 100 ou 125 horas deve-se:

- Verificar o sistema elétrico e o funcionamento dos instrumentos do painel;
- Lavar as tampas dos tanques de óleo, os respiros e os respectivos elementos de filtro de tela.

3.4- Itens que fazem parte da manutenção do MCP

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO

- 1) Fazer a limpeza ou troca de filtros de conformidade com as recomendações do fabricante, ou sempre que a pressão no sistema der indícios de obstrução parcial. Essa limpeza é feita normalmente com óleo Diesel ou querosene. Ao terminar a

limpeza, o filtro deve ser cheio com o óleo do sistema e desaerado. Em motores de pequeno porte, o filtro pode ser descartável. Nesse caso, deve ser substituído de conformidade com o que determina o fabricante.

- 2) Fazer limpeza no resfriador de óleo lubrificante. Deve ser feita de conformidade com as orientações do fabricante.
- 3) Verificar de vazamentos. Por menores que sejam os vazamentos de óleo lubrificante devem ser logo eliminados. Às vezes, é necessário substituir uma junta, uma seção de tubo danificada, ou mesmo o selo de uma bomba. O resfriador de óleo lubrificante é um ponto crítico do sistema, porque uma placa mal engaxetada ou um tubo furado podem, em poucos minutos, causar a descarga de uma grande quantidade de lubrificante no mar. Óleo lubrificante no mar ou no rio pode dar muito prejuízo para o navio e para o meio ambiente.
- 4) Verificar do nível de óleo no cárter ou no poceto. O nível de óleo deve ser checado a intervalos regulares. Nos navios de médio e de grande porte, em que o volume de lubrificante é muito grande, o poceto deve ser sondado a cada hora de funcionamento do motor. Ao menor sinal de perda de óleo como, por exemplo, redução inesperada do nível no cárter ou no poceto, a causa deve ser investigada e o vazamento sanado. Vestígios de óleo lubrificante na água do mar ou do rio podem indicar furo em um ou mais tubos do resfriador de óleo lubrificante, ou problemas de engaxetamento nas placas, conforme o tipo de trocador de calor utilizado.
- 5) Verificar do estado do óleo. A verificação deve ser feita durante a sondagem. Óleo muito fino indica diluição com óleo Diesel. Óleo lubrificante emulsionado com água apresenta um aspecto leitoso. Nenhum dos casos é bom para o motor e, normalmente, exige substituição do lubrificante. Amostras de lubrificante devem ser colhidas e enviadas para análise laboratorial em terra, conforme já mencionado quando falamos de Manutenção Preditiva.
- 6) Aferir dos manômetros de óleo. Pode ser feita a bordo, ou em terra, utilizando-se um aparelho apropriado de calibragem com manômetro padrão.
- 7) Trocar óleo. Deve ser feita de acordo com o número de horas estabelecido pelo fabricante, ou sempre que o aspecto ou a análise recomendar.
- 8) Limpeza no ralo do sistema de água salgada. Deve ser feita a intervalos regulares, ou sempre que for observada uma queda de pressão inesperada no sistema sem que seja por problema na bomba de água salgada. Antes de abrir o ralo, deve-se tomar o cuidado de fechar as válvulas na entrada e na saída, principalmente a de entrada,

para evitar penetração perigosa da água do mar na praça de máquinas. Após a limpeza da cesta ou placa multiperfurada, o ralo deverá ser fechado e a válvula de entrada deve ser aberta com a válvula de purga aberta para extrair todo o ar. Depois disso, deve-se abrir a válvula de saída. Após a limpeza do ralo, pode ser necessário desaerar também o corpo da bomba, tão logo ela seja recolocada em funcionamento.

- 9) Inspeccionar nos anodos de sacrificio. A regra sempre foi substituí-los se o desgaste for da ordem de 50%.
- 10) Fazer manutenção na bomba de acordo com o programa de manutenção do navio, ou em qualquer época, em caso de algum defeito inesperado.
- 11) Fazer limpeza nos contatos elétricos no quadro de comando do motor da bomba e verificar a resistência de isolamento do mesmo.

SISTEMA DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA DOCE E SALGADA

- 1) Manter o tanque de expansão sempre no nível desejado, se possível utilizando água destilada a bordo.
- 2) Fazer análise da água e dosar os produtos recomendados pelo fabricante para proteger o motor contra a corrosão e manter em suspensão possíveis sedimentos.
- 3) Eliminar quaisquer vazamentos para evitar desperdícios de água e desequilíbrios no tratamento químico da água, devido a constantes reabastecimentos.
- 4) Cuidar para que não haja obstruções no circuito de água salgada, fazendo limpezas periódicas no ralo e na câmara d'água do resfriador de água doce. Obstruções no ralo podem ser observadas por redução do fluxo na descarga para o mar no costado.
- 5) Inspeccionar e substituir se necessário, os anodos de sacrificio do resfriador de água doce.
- 6) Fazer a manutenção nas bombas do sistema de acordo com o programa de manutenção do navio, ou sempre que surgir um defeito inesperado.
- 7) Fazer a manutenção nos motores elétricos e nos contatos dos quadros de comando das bombas de água doce e salgada.

SISTEMA DE AR DE AVIAMENTO

- 1) Efetuar periodicamente limpeza no lado da água do resfriador de ar de lavagem.

- 2) Efetuar limpeza periódica no lado do ar do resfriador de ar de lavagem. Alguns navios modernos são dotados de um sistema de borrifo de água com produto químico, que permite a limpeza do aparelho no próprio local.
- 3) Procurar manter o caixão de ar e a câmara de ar de lavagem do motor razoavelmente limpos.
- 4) Proceder à limpeza ou “lavagem” costumeira no turbocompressor.
- 5) Verificar o nível de óleo lubrificante no cárter do turbocompressor, ou manter perfeitamente operacional o sistema de lubrificação por gravidade, conforme o caso.
- 6) Verificar o funcionamento correto do sistema automático de drenagem do condensado do caixão de ar de lavagem.

SISTEMA DE COMBUSTÍVEL

- 1) Qualidade do combustível. Manter o tanque de serviço cheio com óleo purificado e preferencialmente clarificado.
- 2) Drenar, pelo menos uma vez por quarto, os tanques de decantação e de serviço para verificar se há presença de água ou borra.
- 3) Limpeza ou substituição dos filtros. O intervalo entre as limpezas depende da performance dos centrifugadores ou, quando não existem a bordo (caso de navios de pequeno porte), da qualidade do óleo Diesel embarcado. Da mesma forma, a troca de filtros descartáveis deve, a princípio, obedecer às recomendações do fabricante. Todavia, dependendo do percentual de impurezas no combustível no tanque de serviço, a troca poderá ser feita a intervalos de tempo menores.
- 4) Des aerar o sistema sempre que nele for feito algum reparo. Uma simples limpeza de filtro exige em seguida uma purga no sistema.
- 5) Corrigir, a todo custo, qualquer vazamento tanto no lado de baixa quanto no de alta pressão. Vazamentos originam espaços vazios no sistema, que costumam impedir o funcionamento do motor, exigindo purgas freqüentes.
- 6) Manter as válvulas e bombas injetoras de reserva testadas e com seus orifícios protegidos contra batidas e sujeira. Se não houver condições de acondicionamento a bordo, mandar o material de injeção com defeito para acondicionamento em terra, mantendo um estoque mínimo a bordo.
- 7) Drenar pelo menos uma vez por quarto os tanques de decantação e de serviço. Cuidar para que o centrifugador opere satisfatoriamente, mantendo a qualidade desejada do combustível no tanque de serviço.

- 8) Nos navios que queimam óleo pesado, cuidar para que o aparelhamento de aquecimento e controle da viscosidade se mantenha em condições, garantindo a viscosidade desejada na admissão das bombas injetoras.

SISTEMA DE PARTIDA

- 1) Drenar as ampolas. Se não houver purgador automático, drenar as ampolas a intervalos regulares, principalmente antes e durante as manobras.
- 2) Manter a pressão de ar na ampola dentro da faixa recomendada para a partida do motor (normalmente de 25 a 30 bares).
- 3) Eliminar vazamentos no sistema.
- 4) Limpar o filtro de ar do compressor.
- 5) Verificar o nível de óleo do compressor.
- 6) Manter as válvulas de ar de partida limpas e lubrificadas.

Capítulo IV

Caldeiras

4.1 – As impurezas

A causa constantes precauções para a manutenção das caldeiras é a presença de impurezas prejudiciais, que podem impedir o correto funcionamento desta, e conseqüentemente a eficiente geração de vapor. Na qual, estas podem ter acesso ao interior das caldeiras, através do sistema de água de alimentação. Algumas dessas impurezas prejudiciais são:

- As fugas de óleo combustível para o interior dos aquecedores de óleo combustível, no lado do vapor. E as fugas nas serpentinas de vapor para aquecimento dos tanques de serviços e sedimento, de onde o óleo pode alcançar o sistema de água de alimentação, através dos drenos;
- As fugas de óleo lubrificante para o interior das serpentinas de vapor dos tanques de sedimentação, dos mancais, das turbinas, das bombas rotativas, por onde o óleo pode alcançar o sistema de água de alimentação;
- O oxigênio dissolvido na água de alimentação da caldeira, que entra no sistema através das fugas de ar para o interior das partes que trabalham sob vácuo, isto é, em pressões abaixo da atmosférica, como os condensadores, turbinas de baixa pressão e bombas de ar. Além disso, o ar é absorvido pela água de alimentação, quando ela está exposta à atmosfera, conforme se dá através dos respiros dos tanques de reserva de alimentação, e tanques abertos de alimentação e filtragem, bem como através dos drenos abertos;
- Os produtos da corrosão provenientes das canalizações, dos tanques de alimentação e das máquinas. Em que na maioria das vezes encontram-se sob a forma de óxido de ferro;
- O excesso da composição desincrustante, usada no tratamento químico da água de alimentação, se este tratamento for mal dosado;
- Os sais tais como o cloreto de sódio, cloreto de magnésio, sulfato de magnésio, sulfato de cálcio e carbonato de cálcio podem provocar a formação de incrustações, de corrosão ácida e de projeção. São encontrados na água do mar e dos portos, e podem penetrar no sistema de alimentação da água de caldeira,

arrastados pelo vapor produzido nos grupos destilatórios, pelas infiltrações de água salgada proveniente dos vaporizadores para o interior do vapor condensado e estas podem ser encontradas nas serpentinas de aquecimento, pelas fugas de água salgada para os condensadores e tanques de reserva da alimentação, através do uso das válvulas de extração de fundo das caldeiras, e pelas infiltrações em outros aparelhos resfriados pela água salgada. O aumento da concentração de sais é o resultado da contaminação progressiva na água de caldeira devido às infiltrações da água do mar. Até mesmo quando a água de alimentação está dentro dos limites de impurezas permitidos, esta concentração de sais aumenta proporcionalmente de acordo com o débito de vapor.

4.2 – Efeitos da contaminação da água de alimentação

A função de uma caldeira é a de gerar vapor com segurança e de alto rendimento. Para que isto ocorra é necessário executar certos procedimentos como é o caso do tratamento da água de caldeira que retira as impurezas. De maneira geral, as impurezas são as responsáveis pela formação de incrustação sobre as superfícies geradoras de aquecimento e superaquecer, resultando na diminuição do rendimento da caldeira pelo decréscimo do grau de transmissão de calor e superaquecimento, e pela queima de tubos na qual ainda provocará danos nos mesmos.

As mesmas são responsáveis pela corrosão de todas as superfícies internas da caldeira devido ao ataque de um ácido, pela ação eletrolítica ou por oxidação. É importante sempre ter em vista que a água do mar é uma fonte constante de ácidos em potencial, especialmente o cloreto de magnésio que pode reagir com a água formando ácido. Portanto o meio de evitar este tipo de corrosão ácida consiste apenas em manter a água da caldeira alcalina.

De outra forma não se pode evitar a corrosão eletrolítica, mas ela pode ser amenizada a uma quantidade tolerável, criando-se condições que mantenha uma camada de hidrogênio atômico, que é um isolante elétrico, sobre as partes da caldeira que formam catodos. Isto se consegue mantendo a alcalinidade da caldeira dentro dos limites prefixados, e ao mesmo tempo, eliminando o oxigênio dissolvido na água de caldeira e na água de alimentação.

O aceleração da corrosão eletrolítica dá-se pela combinação do oxigênio dissolvido com o hidrogênio, onde a corrosão por oxigênio pode ser identificada pelo aparecimento de bexigas localizadas ou dispersas, e pela ausência de corrosão generalizada nas áreas intermediárias. A admissão normal da água de alimentação no tubulão superior de uma caldeira, em atividade, reduz geralmente o oxigênio dissolvido a uma porcentagem tolerável, uma vez que o vapor em movimento arrasta para fora os gases dissolvidos. Porém os traços de oxigênio podem provocar séria corrosão no feixe tubular, nas paredes de água e em outros pontos relativamente quentes da caldeira.

O contato do ar com a água de alimentação também é uma fonte de contaminação pelo oxigênio da água de caldeira. Portanto é imprescindível que o oxigênio dissolvido, seja reduzido à porcentagem mais baixa possível, antes dele deixar o tanque de desarejamento, e que a rede de alimentação seja protegida contra a entrada de ar, no trecho correspondente à aspiração das bombas.

Tratando-se dos produtos da corrosão, estes entram na caldeira sob a forma de óxido de ferro que permanecem em suspensão na água, e causam projeção e espuma. Eles podem ser removidos pelas extrações de fundo e superfície.

Outra ação que também reduz a tendência para a projeção e a formação de espuma é o uso da composição desincrustante. Em que ambas provocam o arrastamento da umidade pelo vapor, dos tubulões para os aquecedores, quando estes existem ou estão em uso, ou diretamente para as máquinas, em instalações que trabalham com vapor saturado.

Isso acontece na medida em que quanto maior for a quantidade de matéria sólida dissolvida na água, tanto maior será a tendência dela para fazer espuma, quando vaporizada violentamente. Se existir uma quantidade considerável de matéria sólida em suspensão, qualquer espuma que se forme, será estabilizada pelas pequenas partículas sólidas. E também, as películas das bolhas aumentarão de espessura, de modo que as bolhas de vapor podem deixar de arrebentar antes de entrar no tubo secador, resultando no transporte de pequenas partículas de água pelo vapor.

Já, sob condições de formação de vapor extremamente más, será tirada uma grande quantidade de água no interior do espaço de vapor do tubulão, enquanto ocorrem pequenas explosões intermitentes abaixo da superfície de água. E serão, então, arrastadas grandes quantidades de água para o interior do tubo secador. Este tipo violento de arrastamento é conhecido, geralmente, como projeção. É uma fonte de grande perigo para a condução segura de qualquer instalação de máquinas a vapor.

O óleo presente na água de caldeira também é outro causador de espuma e projeção. Ele formará uma película fina, resistente ao calor, nas superfícies dos tubos, podendo provocar uma avaria no tubo, causada por superaquecimento. O óleo pode aparecer sob a forma de um anel oleoso, no interior do indicador de nível, na altura do nível da água ou nos tanques de observação. Então ele é inicialmente controlado pela inspeção cuidadosa dos drenos de água, proveniente das serpentinas de vapor para aquecimento dos tanques de óleo combustível. O cuidado especial à lubrificação das máquinas é dispensado, pois ele pode estar em contato com o vapor e a água.

Por fim, o uso da composição desincrustante é um componente que reduz a tendência do óleo a provocar a formação de espuma. Contudo, a partir do momento em que a caldeira foi contaminada pelo óleo, toda a sua água deve ser descarregada, por meio de vapor, para encher a caldeira com uma forte mistura de água doce e solução desincrustante. E por fim vaporizar a referida mistura durante dois ou três dias, usando o vapor de outra caldeira, através de conexões próprias ou de acessórios de outra válvula de extração de fundo.

4.3 – Tratamento da água de caldeira

O tratamento químico consiste numa mistura de produtos químicos conhecidos como desincrustante que é composto de fosfato de sódio, carbonato de cálcio e amido. Ele é usado na água de alimentação com os objetivos de:

- Neutralizar os sais que formam ácidos, ou seja, mantê-la alcalina;
- Assegurar a remoção das incrustações e fornecer meios químicos para evitá-las;
- Precipitar as impurezas internas sob a forma de lama;
- Evitar a corrosão pela oxidação.

O grande problema no tratamento da água de caldeira é a formação de lama, de tal forma que ela é calcionada e com isto aparecem bexigas provocadas pelo calor. O resultado disto é observado pela redução de calor através das paredes água e tubos do lado do fogo. E ainda, ela é dificilmente removida pelos meios mecânicos e não é decomposta pela solução desincrustante.

Nos casos em que houver um acúmulo excessivo de lama, a caldeira não irá permitir uma extração de fundo eficiente na área onde a lama é formada, ou as extrações de fundo serão inadequadas.

4.4 – Teste da água de caldeira

Os testes feitos são os da alcalinidade, da salinidade, da dureza e do oxigênio dissolvido cujos resultados são dados em parte por milhão ou em equivalente por milhão, para depois comparar os resultados da análise com os limites indicados, e verificar se os resultados foram demasiadamente baixos. Neste segundo caso, um produto químico deverá ser utilizado, e a água deverá ser analisada novamente, depois de 10 minutos.

É necessário ter o conhecimento das condições exatas de água da caldeira, diariamente, a fim de que seja aplicado o tratamento adequado para a corrosão das condições

que não forem satisfatórias e para a retirada de incrustações. Este conhecimento é adquirido por meio de alguns testes simples, que são realizados periodicamente, tomando-se amostras de todas as caldeiras, tanques de alimentação e reserva e da descarga das bombas de extração do condensado em atividade.

4.5- Proteção de caldeira contra corrosão

Esta proteção baseia-se fundamentalmente em evitar a entrada de ar na caldeira. O método mais fácil de conseguir impedir esta entrada é pelo enchimento da caldeira com água (a própria alimentação).

Também pode ser feito um selo com nitrogênio, que é um gás inerte. Nesse caso, injeta-se N_2 no espaço vazio da caldeira até uma pressão de 3 a 5 kgf/cm².

Caso a caldeira tenha de ser drenada, a proteção contra corrosão se baseia em evitar que a umidade se deposite sobre os metais. Isso pode ser conseguido aquecendo-se a caldeira com lâmpadas, resistência elétrica ou usando agentes dessecantes (sílica gel ou alumina ativada).

4.6- Norma regulamentadora N° 13

No Brasil, desde 1943 a CLT contempla a preocupação com a segurança em caldeiras. Porém, somente a partir de 1978 foi criada a norma sobre caldeiras e recipientes de pressão, a NR-13, que estabeleceu as medidas de segurança para os usuários destes sistemas. No final de 1994, a secretaria de segurança e saúde no trabalho publicou, no Diário Oficial da União, o novo texto da NR-13, elaborado por uma comissão composta por representantes das empresas, Governo e trabalhadores.

4.6.1- O que diz a NR-13

13.4 Segurança na manutenção de caldeiras

13.4.1 Todos os reparos ou alterações em caldeiras devem respeitar o respectivo código do projeto de construção e as prescrições do fabricante no que se refere a: (113.022-6 / I4)

- a) materiais;
- b) procedimentos de execução;

c) procedimentos de controle de qualidade;

d) qualificação e certificação de pessoal.

13.4.1.1. Quando não for conhecido o código do projeto de construção, deve ser respeitada a concepção original da caldeira, com procedimento de controle do maior rigor prescrito nos códigos pertinentes.

13.4.1.2. Nas caldeiras de categorias A e B, a critério do "Profissional Habilitado", citado no subitem 13.1.2, podem ser utilizadas tecnologia de cálculo ou procedimentos mais avançados, em substituição aos previstos pelos códigos de projeto.

13.4.2 "Projetos de Alteração ou Reparo" devem ser concebidos previamente nas seguintes situações: (113.023-4 / I3)

a) sempre que as condições de projeto forem modificadas;

b) sempre que forem realizados reparos que possam comprometer a segurança.

13.4.3 O "Projeto de Alteração ou Reparo" deve: (113.024-2 / I3)

a) ser concebido ou aprovado por "Profissional Habilitado", citado no subitem 13.1.2;

b) determinar materiais, procedimentos de execução, controle qualificação de pessoal.

13.4.4 Todas as intervenções que exijam mandrilamento ou soldagem em partes que operem sob pressão devem ser seguidas de teste hidrostático, com características definidas pelo "Profissional Habilitado", citado no subitem 13.1.2. (113.025-0 / I4)

13.4.5 Os sistemas de controle e segurança da caldeira devem ser submetidos à manutenção preventiva ou preditiva.

Capítulo V

Equipamentos

5.1 – Equipamentos do convés

No convés de uma embarcação, iremos encontrar máquinas que nos ajudarão na faina de atracá-la a um cais ou fundeá-la em alto-mar. Sem estas máquinas não teríamos condições de amarrar um grande ou até médio navio ao cais, pois os cabos de amarração são muito pesados, alguns deles até de aço.

Estes equipamentos de convés se resumem em molinete que faz o serviço de cabos de amarração, de recolher, de soltar a amarra do ferro e situa-se na proa; nos guinchos de manobras que servem para solecar ou tesar os cabos de amarração e situam-se a meio-navio na popa e por isso não trabalham com a amarra do ferro; e no cabrestante que está em desuso e é um eixo de trabalho no sentido vertical que também serve para solecar ou tesar os cabos de amarração, e este utiliza a coroa de barbotin para arriar e suspender o ferro. Os equipamentos de suspensão, ou seja, molinete e guinchos de manobras constam de uma máquina motriz, saia, tambor, eixos e transmissões.

É no convés que se encontram as máquinas e os equipamentos necessários para a atracação e fundeio, tendo em vista que os cabos de amarração são pesados e alguns são até de aço.

Então os principais cuidados com estes equipamentos são:

- Conservar as engrenagens, copos de lubrificação dos mancais e quaisquer outras partes lubrificantes, através da limpeza que os deixará livre de poeira ou água, e ainda fazendo uma inspeção regular;
- Usar somente os lubrificantes indicados pelos fabricantes. Normalmente os fabricantes indicam no manual de instrução do equipamento, as partes a serem lubrificadas;
- Observar o nível de óleo lubrificante no cárter e se existe graxa nos pontos de lubrificação, antes de usar o equipamento;
- Fazer a purgação do condensado da rede e da máquina, se a máquina motriz for a vapor;
- Movimentar a máquina sem carga quando der a partida, isto é, sem que ela esteja fazendo o trabalho de cabos ou amarras, afim de que seja feita a lubrificação dos mancais e engrenagens.

- Observar sempre quando o equipamento estiver funcionando, se existe qualquer barulho estranho ou aquecimento excessivo nas partes que se atritam.

5.2 – Equipamentos do passadiço

De modo que equipamentos de convés são importantes para a manobra, os equipamentos do passadiço complementam a segurança da navegação. Portanto eles devem estar sempre funcionando corretamente, para que em situações de emergência como, por exemplo, o de um apagão do navio, alguns desses equipamentos voltem a funcionar de preferência com energia do gerador de emergência, como é o caso do GMDSS, ou por energia do sistema transitório.

Como visto anteriormente, uma maneira de se manter os equipamentos do passadiço com um funcionamento de acordo é fazendo periodicamente a manutenção elétrica de todos os instrumentos, não se esquecendo dos equipamentos de convés que também utilizam da eletricidade para produzir força.

Outra maneira é fazer a manutenção do próprio equipamento, porém as manutenções e reparos dos aparelhos eletrônicos que se encontram no passadiço só podem ser feitas quando o navio está no porto e por um técnico designado pela Companhia de Navegação. Então, algumas medidas para não danificá-los devem ser tomadas pelo Oficial de máquinas, porque uma situação que acontece muito a bordo e deve ser evitada é a de: colocar o MCA em paralelo e este sair de barra, imediatamente, devido a algum defeito no seu AVR. A rápida recolocação do motor em funcionamento é perigosa porque todos os utilizadores alimentados pelo Quadro Elétrico de Emergência serão desligados e, logo em seguida, religados novamente. Como resultados disto, os equipamentos sem proteção poderão ser avariados pelo pique de corrente que pode ocorrer. E equipamentos protegidos, como o ARPA, por exemplo, só serão ligados depois de algum tempo (um ou 2 minutos) e reiniciados a partir da primeira etapa da sua rotina inicial. Isso pode deixar o navio em situação perigosa em uma linha de tráfego ou em um canal estreito, sem necessidade.

Outras medidas também têm que ser tomadas, para que os sistemas de emergência não deixem de operar nas situações de perigo. Como por exemplo, a verificação do nível das baterias dos sistemas que geram a energia para o navio quando este sofre um apagão.

E em situações mais críticas, o sistema transitório que gera a energia para o gerador de emergência (sendo que este deveria ser o primeiro a funcionar nessas condições) também pode não operar. Portanto, cada vez mais a situação vai se agravando, então os conhecimentos do maquinista serão essenciais para gerar novamente a energia do navio em um momento de perigo, o que poderia ter sido evitado se medidas preventivas tivessem sido tomadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção de caráter geral é de extrema importância para o oficial de máquinas durante o seu serviço a bordo, pois ela é responsável pelo funcionamento de máquinas e equipamentos de modo em que se possam prevenir avarias ou então repará-las a tempo de apresentarem um perigo imediato.

Hoje em dia, a necessidade de buscar a manutenção ideal gira em torno da nossa necessidade. Num cenário de alta competitividade, os resultados das empresas e de seus segmentos devem ser cada vez melhores e a melhoria contínua é um objetivo de cada um. Se na nossa busca por essa superioridade mantivermos uma velocidade baixa, comum a empresas e manutenções de 3º mundo, jamais alcançaremos resultados que nos insiram no rol das empresas e manutenções de alto nível.

Por isso, através desta monografia, a importância da manutenção e os cuidados necessários com cada equipamento foram postos em pratica. Demonstrando a necessidade do maquinista de estar atento a qualquer fato anormal que podemos encontrar em quaisquer equipamentos a bordo, já que cada equipamento é essencial.

Contudo, não podemos esquecer que quando queremos alcançar a excelência no rendimento é necessária a melhoria em todas as áreas e isso só será obtido pelo engajamento e colaboração de toda a tripulação. Hoje não há espaço para comportamentos estanques e herméticos ultrapassados onde cada área era um mundo particular. A parceria na operação da manutenção é fundamental nesse caminho e pode se dar através da formação de times em áreas específicas que podem ser utilizados para análise conjunta de: falhas, problemas crônicos, desempenho de equipamentos, planejamento de serviços e até na programação diária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albrecht, P.F. et alli - "**Assessment of the Realibility of Motors in Uility Applications**" - IEEE Trans. on En. Conv... Vol. EC-2. n° 3.;
2. DIAS, Francisco. Apostila de inspeção em caldeiras marítimas.RJ, junho de 1997.
3. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Novo Aurélio da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.
4. Martins, Jorge. Motores de Combustão Interna. Ed: Ensino Profissional.
5. Niemann. Elementos de Máquinas. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1960.
6. PASCOLI, José A. **Curso de Manutenção Industrial**, Apostila, 1994.
7. PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de A. Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002
8. RIBEIRO, Hamilton José. Monografia de Manutenção de uma instalação naval. SEIXAS, Eduardo de Santana. Confiabilidade aplicada na manutenção. Qualitymark Editora Ltda. RJ
9. Zen, Milton Augusto Galvão. Fator humano na manutenção. Qualitymark Editora Ltda. RJ
10. <http://pt.wikipedia.org>
11. Porque investir em manutenção? http://www.solen.com.br/manutencao_preditiva.doc. Acessado em 18 de julho de 2011.
12. www.feiradeciencias.com.br acesso 23/05/2011