

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA.1/2017

MARIA AUGUSTA BEZERRA SAMPAIO

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR *CHILLER*

RIO DE JANEIRO

2017

MARIA AUGUSTA BEZERRA SAMPAIO

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR *CHILLER*

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Aristóteles de **Mello**.

Mestre em Educação

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR *CHILLER*

RESUMO

Em geral, refrigeração é definida como qualquer processo de remoção de calor. A refrigeração tem, a bordo de embarcações, aplicações de suma importância como a manutenção das câmaras frigoríficas para conservação dos alimentos de bordo; sistema de ar condicionado para as instalações da unidade; e sistema de refrigeração de carga, para cargas que necessitem de conservação específica. Este artigo aborda o sistema de refrigeração por compressão *chiller*, com referências ao seu princípio de funcionamento, apresentação das partes que compõem uma unidade *chiller*, cujas partes importantes estão numa sala central do sistema *chiller*, onde estão situados o compressor, condensador, a válvula de expansão termostática e o evaporador de resfriamento. Foram utilizadas pesquisas artigos, websites de empresas fabricantes deste tipo de equipamento, bem como monografias anteriormente elaboradas sobre o assunto. A abordagem é expositiva, com descrição do funcionamento.

Palavras-chave: Marinha do Brasil. Máquinas. Refrigeração. *Chiller*. Embarcação.

INTRODUÇÃO

Em função de uma comprovação por Luis Pasteur, onde ele observou que alguns alimentos eram deteriorados pela ação de algumas bactérias, cuja reprodução podia ser evitada pela ação das baixas temperaturas destes alimentos, um grande desenvolvimento ocorreu na área de refrigeração. O primeiro sistema mecânico de gelo artificial foi inventado em 1834 nos Estados Unidos da América e a partir deste, surgiram os sistemas de refrigeração por compressão com a finalidade de conservação de alimentos.

Este método de refrigeração se desenvolveu de tal forma que atualmente é utilizado comercialmente em sistemas de grande porte usados em supermercados

restaurantes, sorveterias, bares, laboratórios, frigoríficos e especialmente em navios mercantes.

A refrigeração aplicada a navios mercantes é amplamente utilizada para continuidade da vida humana, na conservação dos alimentos. Isto comprova a importância dos sistemas de refrigeração e a necessidade de realizar manutenções adequadas e convenientes a esses sistemas.

1 REFRIGERAÇÃO

Refrigeração é a transferência de calor de uma substância a ser resfriada a alguma outra substância. Como o calor flui naturalmente de um corpo relativamente aquecido para um mais frio, refrigeração é uma simples questão quando um fornecimento de um meio de arrefecimento a uma temperatura mais baixa que a substância a ser refrigerada está disponível.

Quando o calor é induzido a fluir de uma substância fria a uma relativamente mais quente, a transferência necessária de calor não pode ser alcançada sem um procedimento mais complicado envolvendo gasto de energia. É um processo desse tipo que é geralmente implícito quando o termo refrigeração é usado.

Durante o processo de refrigeração, o refrigerante sofre um número de mudanças de estado ou condição, e vários termos são usados para indicar quando e como estes são alcançados.

Segundo Silva, é a forma de se colocar a temperatura do que se quer refrigerar abaixo da temperatura ambiente. Muitos confundem refrigeração com resfriamento/arrefecimento. São processos diferentes, pois o resfriamento, diferente da refrigeração, é a redução da temperatura no máximo à temperatura ambiente. A refrigeração é usada tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos quanto efetuar a climatização para conforto térmico.

1.1 Calor Latente

Quantidade de calor que deve ser adicionada a peso de unidade de uma substância, para mudar seu estado de sólido para líquido (calor latente de fusão) ou de um líquido para vapor (calor latente de vaporização). É usado para provocar uma mudança de estado e não resulta em mudança de temperatura.

1.2 Calor Sensível

Calor que resulta numa mudança de temperatura.

1.3 Pressão de Vapor

Todo líquido produz vapor, que, se contido dentro de um navio exerce uma pressão nas paredes onde está contido. A quantidade de pressão exercida pelo vapor de qualquer líquido particular é dependente somente da temperatura da superfície líquida; quanto maior a temperatura, maior a pressão. Para cada líquido, um gráfico pode ser desenhado mostrando a relação entre a pressão do vapor e a temperatura da superfície líquida.

1.4 Liquefação

Quando calor é removido de um gás, sua temperatura é reduzida até atingir o valor correspondente da pressão, o qual depois remoção adicional de calor o levará a liquefazer-se. Alternativamente, se a pressão for elevada combinada com a remoção de calor, o gás pode ser liquefeito sem redução de sua temperatura.

1.5 Líquido Saturado

Se uma substância se encontra como líquido à temperatura e pressão de saturação, diz-se que ela está no estado de líquido saturado.

1.6 Líquido Subresfriado

Se a temperatura do líquido é menor que a temperatura de saturação, para a pressão existente, o líquido é chamado de líquido subresfriado (significa que a temperatura é mais baixa que a temperatura de saturação para a pressão dada), ou líquido comprimido, (significando ser a pressão maior que a pressão de saturação para a temperatura dada).

1.7 Vapor Saturado

Se uma substância se encontra completamente como vapor na temperatura de saturação, é chamada de “vapor saturado”, e neste caso o título é igual a 1 ou 100%, pois a massa total (mt) é igual à massa de vapor (mv).

1.8 Vapor superaquecido

Vapor que é removido do contato com seu líquido e está a uma temperatura maior do que a correspondente a sua pressão como mostrada pela relação pressão x temperatura é superaquecido.

2 SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO

Dentre os métodos de refrigeração mais conhecidos e também mais utilizados, o que mais se destaca é o método de refrigeração por compressão. Porém, devido à necessidade da existência de um sistema de refrigeração em que se tenha oferta suficiente de energia elétrica e também onde a energia térmica desperdiçada seja utilizada ao máximo, chegou-se à ideia de utilizar o sistema de refrigeração por absorção como forma racional de atender as atuais necessidades de redução de custo.

2.1 Sistema por Compressão de Vapor

É o sistema mais utilizado a bordo dos navios mercantes que consiste na passagem forçada do agente refrigerante por um micro orifício, fazendo com que a pressão na saída deste orifício seja menor do que a da entrada. Neste exato momento há um resfriamento do agente refrigerante o qual sai da sua fase líquida e vai para fase de vapor saturado, ou seja, um percentual de vapor e um percentual de líquido, quando ele chega neste estado, há um resfriamento súbito do agente refrigerante. Neste momento o agente refrigerante se encontra no evaporador onde trocará calor com o ambiente e conseqüentemente refrigerando-o (STOECKER, W. F 2002).

Os componentes do sistema de refrigeração por compressão de vapor são: compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador, filtro secador e o fluido refrigerante

2.1.1 *Compressor*

São máquinas destinadas a deslocarem fluidos gasosos. Este é o equipamento mais importante do sistema de refrigeração, pois através do movimento alternativo ou rotativo de seus componentes faz com que o fluido gasoso na saída do processo saia com um estado termodinâmico (pressão x temperatura) diferente da entrada, em outras palavras, com pressões e temperatura mais alta do que a de entrada.

2.1.2 *Condensador*

O condensador é um trocador de calor que tem a capacidade de condensar o gás que vem do compressor e admitir o máximo de agente refrigerante na fase líquida no seu interior. Este processo de resfriamento se dá através de ar ou água. Para que haja uma troca de calor eficiente deve-se calcular a carga térmica do sistema e a potência de acionamento do compressor.

2.1.3 *Filtro secador*

Filtros secadores são componentes instalados em sistema de refrigeração com a função de reter a umidade e partículas sólidas. São construídos em cobre ou ferro. Internamente possui uma tela grossa na entrada e uma tela fina na saída, entre as telas são colocados dessecantes que podem ser molecular Sieves ou Silicagel que absorvem umidade em um sistema de refrigeração.

O filtro deve ser instalado na posição vertical com a saída para baixo. Quando esta posição não for possível, pode-se montá-lo na horizontal, porém jamais deve ser montado na vertical com a saída para cima.

O filtro secador é composto por partículas dessecantes e deve ser escolhido de acordo com sua aplicação, levando em conta fluido refrigerante, pressões de trabalho e fluxo de massa.

2.1.4 *Dispositivo de expansão*

São dispositivos dentro do sistema que proporcionam ao agente refrigerante uma que de pressão e um aumento de velocidade para entrada no evaporador, com isso reduzindo a sua temperatura para que este possa haver troca calor sensível com o meio o qual se deseja refrigerar.

Uma das funções deste componente é de regular a vazão do agente refrigerante admitido ao evaporador conforme a carga térmica solicitada.

2.1.5 *Evaporador*

O evaporador é um trocador de calor que absorve o calor para o sistema de refrigeração. Ele recebe líquido refrigerante frio, de baixa pressão vinda do dispositivo de expansão e através da absorção do calor de alguma substância, vaporiza-o em seu interior. Essa substância pode ser o ar, água, outro fluido ou até mesmo um sólido. Podem ser do tipo evaporação direta ou inundado.

2.1.6 *Fluido Refrigerante*

Um refrigerante é o principal fluido de trabalho usado para absorver e transmitir calor em um sistema de refrigeração. Os refrigerantes absorvem calor a baixa temperatura e baixa pressão e liberam calor a uma temperatura e pressão mais altas. A maioria dos refrigerantes passa por mudanças de fase durante absorção de calor - evaporação - e liberação de calor – condensação.

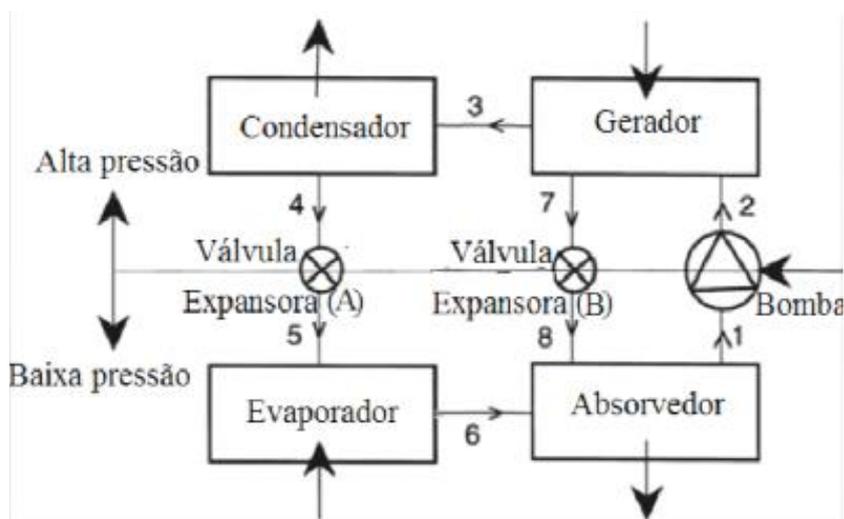
2.2 Sistema por Absorção

Os fundamentos de operação do sistema por absorção estão na capacidade de absorção de calor do meio que o líquido refrigerante possui ao se vaporizar da forma líquida – a absorção de calor do meio torna o meio relativamente mais frio. A segunda propriedade do líquido refrigerante é que ele pode ser levado a evaporar violentamente e subsequentemente condensar a temperaturas variáveis de acordo com as respectivas variações de pressão.

Nos modelos de absorção de vapor destacaram-se as variedades consubstanciadas no tipo de líquido refrigerante então utilizado, isto é, absorção por

amônia, e absorção por vapor de água. A pressão que regulava a vaporização e liquefação no tipo absorção por amônia era obtida a partir da interação existente entre ambos os fluidos e a presença de alguma fonte de calor. Nestes sistemas, um fluido secundário (i.e., absorvente) é usado para circular e absorver o fluido primário (i.e., refrigerante), que é vaporizado no evaporador. Quando aquecidos, tendem a separarem-se e uma vez resfriados a tendência é de recombinação. Não há, portanto, a necessidade de uso de bomba de pressão. O sucesso do processo de absorção depende da seleção da combinação apropriada de refrigerante e absorvente. A seguir, a figura 1 esquematiza um diagrama de um sistema por absorção.

Figura 1: Diagrama Esquemático de um Ciclo de Refrigeração por Absorção



Fonte: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/000007/000007b6.pdf>

Junior, et al diz que:

O ciclo de refrigeração por absorção transfere calor da região de baixa temperatura para a região de alta temperatura através de processos de absorção e dessorção do fluido refrigerante na fase vapor por/de uma solução líquida (que é normalmente uma mistura binária composta pelo refrigerante e uma outra substância, por exemplo, um sal como o brometo de lítio). Durante o processo de absorção há transferência de calor para a região de temperatura intermediária (meio ambiente para um ciclo de refrigeração) e durante o processo de dessorção há fornecimento de calor para o ciclo a partir de uma fonte de calor a alta temperatura, além de uma nova transferência de calor para a região de temperatura intermediária.

A composição do ciclo de absorção é dada basicamente por quatro processos onde dois deles são caracterizados por trocas de calor e os outros caracterizados por trocas simultâneas de calor e massa como se segue abaixo:

- ✓ Vaporização do refrigerante no evaporador;
- ✓ Absorção do refrigerante pela solução no absorvedor;
- ✓ Separação do refrigerante no gerador;
- ✓ Condensação do refrigerante no condensador.

3 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO DE VAPOR

Sistema mecânico que promove baixa pressão necessária à súbita evaporação do líquido refrigerante.

Em um reservatório chamado evaporador, a baixa pressão é criada com auxílio de uma bomba de dupla finalidade chamada compressor. Este, além de fornecer a baixa pressão necessária ao evaporador, encarrega-se de imputar elevadas pressões que fazem com que o vapor entre em estado de liquefação. O condensador, através de trocas térmicas com o meio externo (água ou ar) encarrega-se de dissipar o calor absorvido no compressor (calor de compressão) e principalmente no evaporador. Um ciclo típico de compressão do vapor.

Dossat explica que:

No evaporador (as serpentinas no refrigerador) o líquido ferve e neste processo absorve calor do meio. O compressor é uma bomba especialmente projetada que recebe o gás das serpentinas do evaporador e comprime-o para as serpentinas do condensador, reduzindo seu volume e temperatura. O condensador consiste de serpentinas de tubo sobre ou através do qual a água ou o ar flui para absorver o calor do gás, que é assim liquefeito. Em alguns sistemas a água de resfriamento passa através de um tubo interno, e o gás do compressor através do espaço anelar entre as tubulações interna e externa. Do condensador o refrigerante passa primeiro para um reservatório de líquido e então através de uma válvula de expansão para as serpentinas do evaporador, para repetir o processo de transferência de calor do refrigerador para a água que flui através do condensador.

Resumindo seu funcionamento, tem-se:

1. O refrigerante entra no compressor na forma de vapor ligeiramente superaquecido a baixa pressão, e sai do compressor na forma de vapor a uma pressão elevada.
2. Esse vapor de alta pressão é então descarregado do compressor e entra no condensador, onde a condensação do refrigerante é obtida pela transferência de

calor para a água de refrigeração ou para o meio. O refrigerante sai do condensador na forma líquida e com uma pressão elevada.

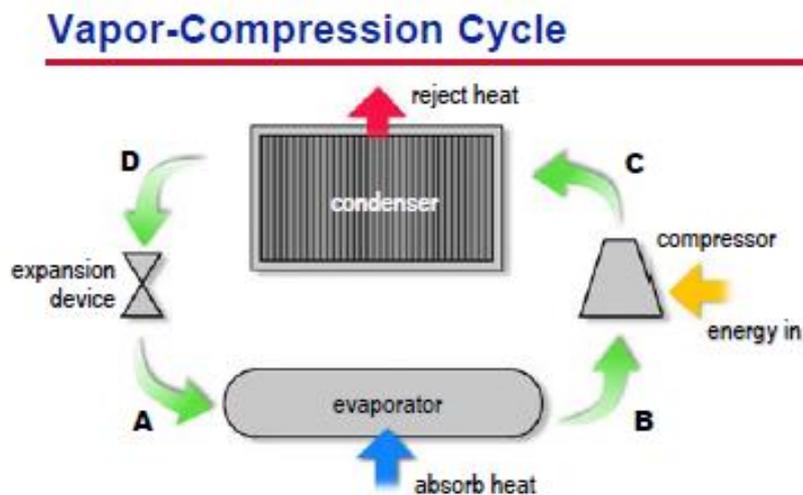
3. Esse refrigerante passa então por uma válvula de expansão, que reduzirá sua pressão, resultando numa evaporação instantânea de parte do líquido.

4. O líquido restante, agora com baixa pressão, é vaporizado no evaporador. Esta vaporização é o resultado da transferência de calor do espaço que está sendo refrigerado para o fluido refrigerante.

5. Então o ciclo se repete com o fluido refrigerante chegando na forma de vapor ao compressor.

A figura 2 mostra um diagrama esquemático de um ciclo simples de refrigeração por compressão de vapor.

Figura 2: Diagrama Esquemático de um Ciclo Simples de Refrigeração



Fonte: <http://www.tga-optimierung.de/kaeltetechnik/wp-content/uploads/sites/2/2015/07/Absorption-Water-Chillers.pdf>

Há dois tipos de sistemas de refrigeração por compressão: o do tipo expansão direta (DX) e o do tipo resfriado à água, chamado de unidades *chiller*. No sistema tipo direto, o ar usado para resfriar salas ou espaços passa diretamente através da serpentina da instalação da refrigeração. No caso do *chiller*, o sistema de refrigeração é usado para primeiro resfriar a água, que é então usada para resfriar o ar que resfria as salas ou espaços.

3.1 Sistema de Compressão por Expansão Direta

No sistema de expansão direta, o ar usado para resfriar espaços é diretamente resfriado pelo refrigerante na serpentina da unidade de tratamento de ar. Uma vez que o ar é resfriado diretamente pelo refrigerante a eficiência de resfriamento da planta é maior. No entanto, não é sempre factível carregar a tubulação de refrigerante para lugares mais distantes, conseqüentemente, o sistema de expansão direta é usualmente utilizado para resfriar espaços menores ou salas num mesmo andar.

Ainda que a eficiência do sistema de expansão direta seja maior, as unidades de tratamento de ar e a tubulação do refrigerante não podem ser mantidas a distâncias muito longas uma vez que haverá muitas perdas de pressão do gás refrigerante ao longo do caminho e também haverá perdas de resfriamento. Adicionalmente, para tubulação longa, grandes quantidades de gás refrigerante será necessário, o que faz do sistema muito caro e também propenso a problemas como vazamento de gás.

Devido a estas razões, o sistema de expansão direta é usado para pequenos sistemas de ar condicionado.

3.2 Sistema de Compressão *Chiller*

Um *chiller*, resfriador no português, é um sistema de resfriamento de líquido. Como um navio é uma instalação de grande porte, utiliza-se tal sistema a fim de obter maior economia, como é obtido nos sistemas utilizados em shoppings centers, edifícios e indústrias.

Chillers são utilizados em uma variedade de sistemas de ar condicionado e aplicações de processos de resfriamento. Tais máquinas resfriam água que é subsequentemente transportada por bombas. A água passa através de tubos de serpentina para resfriar o ar em um sistema de ar condicionado ou prover resfriamento para um processo industrial.

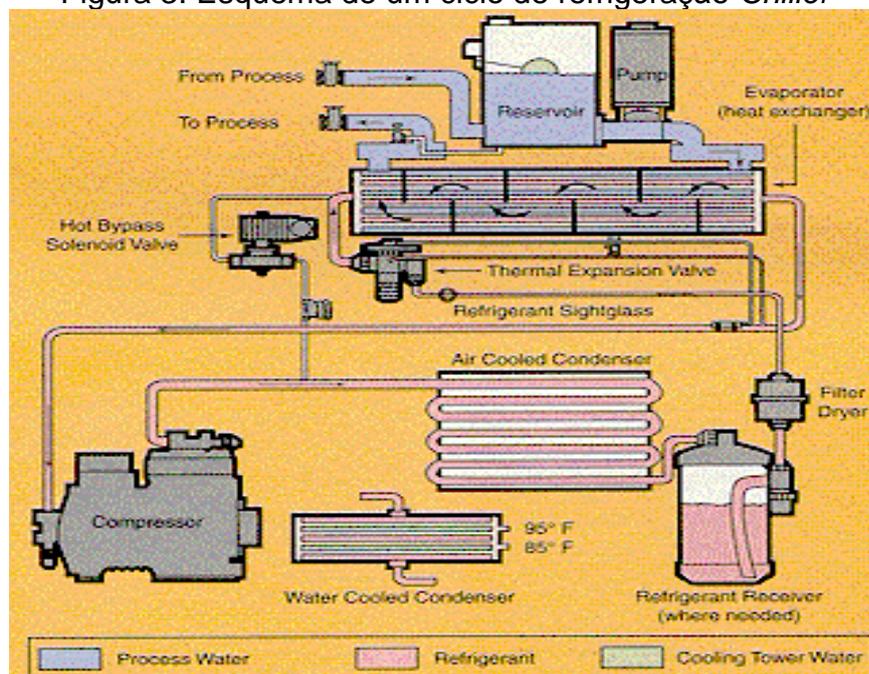
Estes equipamentos, conhecidos como unidades de água gelada, têm o mesmo princípio de funcionamento dos sistemas de compressão de vapor, porém utilizam outro líquido como fluido de trabalho, o mais utilizado é a água. Esta água, devidamente resfriada à baixas temperaturas de 6 a 8°C, é enviada para os locais que se quer refrigerar e é ela quem vai fazer a troca de calor com o ar ambiente. Esta água resfriada é bombeada para os vários andares da embarcação e suas várias partes e

em cada uma dessas partes unidades de tratamento de ar são instaladas, que compreendem a serpentina de resfriamento, sopradores e os dutos.

A água resfriada flui através da serpentina, o soprador absorve ar de retorno das salas de ar condicionado que são resfriados via dutos. O ar passa pela serpentina, resfria e então passa para o espaço de ar condicionado.

Esse sistema não dispensa o uso do fluido refrigerante, pois o mesmo é quem vai fazer a troca térmica com a água que volta dos ambientes refrigerados com uma temperatura maior e necessita diminuí-la para novamente refrigerar o ambiente.

Figura 3: Esquema de um ciclo de refrigeração *Chiller*



Fonte: <https://pt.slideshare.net/mobile/AlandeSouza1/ciclo-refrigeracao-refrigerantes>

Na figura 3 é mostrada uma representação de uma unidade *chiller*, um sistema indireto de resfriamento de líquido, onde o ambiente será resfriado ou condicionado por um fluido secundário, isto é, um fluido de transferência que não é o refrigerante com o qual opera o ciclo. No caso, o fluido de trabalho é resfriado pelo refrigerante no evaporador e “transporta o frio” para o ambiente adequado.

4 PLANTA DO SISTEMA *CHILLER*

As partes importantes de uma planta do sistema *chiller* estão listadas nos itens abaixo com suas respectivas características.

4.1 Sala Central do Sistema *Chiller*

Compreende todos os componentes importantes da planta de ar condicionado resfriado à água. Estes incluem o compressor, condensador, válvula de expansão termostática e evaporador ou resfriador, conhecido como *chiller*.

O compressor, do tipo aberto ou semi-aberto, pode ser comandado por um motor diretamente ou por correia via arranjo de polia conectada ao motor. O princípio de funcionamento consiste de que o gás entra pela parte superior e deixa o fuso pela parte inferior. O refrigerante já entrou no espaço vazio entre dois entre dois lóbulos adjacentes. À medida que os rotores giram, o gás deixa a região de entrada começando a ser comprimido pelo encaixe do lóbulo do rotor do macho na reentrância do rotor fêmea. A etapa final de compressão acontece quando o gás atinge a região de saída, quando é então descarregado.

4.2 Unidades de Tratamento de Ar

As unidades de tratamento de ar são instaladas em várias partes da embarcação que está a ser climatizada, no lugar denominado sala de unidade de tratamento de ar. As unidades compreendem o resfriamento da serpentina de resfriamento, filtro de ar, soprador e dutos de ar de alimentação e de retorno. A água refrigerada flui através da serpentina. O ventilador absorve o retorno do ar quente do espaço do ar condicionado e sopra sobre a serpentina, assim resfriando o ar. Este ar resfriado passa através do filtro de ar e é transmitido pelo fornecimento de dutos de ar para o espaço a ser climatizado. A unidade de tratamento de ar e dutos passando através dela são isolados para reduzir a perda do efeito do resfriamento.

4.3 Sala do Ar Condicionado

Estas são as salas ou espaços onde será fornecido o ar condicionado. Estas podem ser as cabines, banheiros, escritórios e salas de recreação. No topo de cada espaço é colocado a fonte e o retorno de dutos de ar. Os dutos de fornecimento fornecem ar resfriado para as salas, enquanto os dutos de retorno de absorvem o retorno do ar quente por um conjunto de difusores. O ar quente de retorno entra na

unidade de tratamento de ar, fica resfriado e novamente entra na sala através do duto de fornecimento para produzir o efeito de ar condicionado.

4.4 Torre de Resfriamento

A torre de resfriamento é utilizada para refrigerar a água que absorve calor do compressor e do condensador. Quando a água flui através destes componentes, uma parte dela é evaporada. Para repor essa água perdida, uma quantidade é adicionada na torre de resfriamento. A torre é do tipo evaporativa, onde a água é resfriada pelo ar atmosférico e é recirculado através do compressor e condensador.

5 UNIDADE CHILLER

Na central de ar condicionado todos os componentes, o compressor, condensador, válvula de expansão termostática e o *chiller* são montados numa estrutura de aço fazendo uma completa instalação de refrigeração compacta, conhecida como pacote *chiller*. A tubulação necessária para conectar estas partes é também anexada na unidade fazendo uma instalação de refrigeração altamente compacta.

Consiste de compressor, condensador e um evaporador com necessidade operacional e dispositivos de segurança.

Chillers com ciclo de refrigeração por compressão de vapor variam de acordo com o tipo de compressor utilizado. Compressores centrífugos, *scroll* e parafuso são mais comumente utilizados nesse tipo de ciclo e sua utilidade é fazer o refrigerante mover-se pelo sistema. A fonte de energia mais comumente usada para fazer funcionar o compressor é o motor elétrico.

Os condensadores e evaporadores são equipados com válvulas de segurança. Todas as válvulas de segurança são conectadas a redes de ar fresco. São do tipo *Shell and Tube*, ou casco e tubo.

5.1 Condensador

A água flui dentro de tubos de cobre e o gás refrigerante é condensado nesses tubos frios. O líquido refrigerante flui do condensador mais para o secador/filtro do

líquido para a válvula de expansão e evaporador. O condensador tem capacidade de operar com água à 38°C, ou água do mar à 36°C. O condensador é resfriado pela água, com água fluindo ao longo do casco e o refrigerante ao longo do lado dos tubos. A válvula de expansão termostática é operada automaticamente pela válvula solenoide.

5.2 Evaporador

O evaporador é também chamado de *chiller* porque resfria a água. Se a água flui ao longo do casco e o refrigerante ao longo do tubo, é chamado de evaporador de expansão direta. Se a água flui pelo lado do tubo e o refrigerante pelo lado do casco, é chamado como de evaporadora inundada. A água resfriada no chiller é bombeada para várias partes da embarcação que estão para ser condicionadas. Ela entra na unidade de tratamento de ar, resfria o ar na serpentina de resfriamento, absorvo calor e retorna de volta à sala da planta para resfriar novamente. A quantidade de água passando pelo chiller é controlada pelo controle de fluxo.

O evaporador é dividido em circuitos independentes. Cada circuito tem uma válvula de expansão direta, controlada por um controlador, que reage a sinais dados pelo controlador lógico programável (PLC). Quando uma demanda de resfriamento é detectada pelo sensor de temperatura na linha de saída da água, a válvula solenoide abre e o líquido passa através da válvula de expansão. Uma queda de pressão no refrigerante permite o refrigerante evaporar dentro dos tubos de cobre. As configurações de cada circuito e quando ele abre são controladas pelo PLC.

5.3 Separador de óleo

O separador de óleo está localizado entre o compressor e o condensador. Ele separa o óleo utilizando a força centrífuga de alta eficiência. Aproximadamente 99,5% do óleo é retirado do refrigerante no separador.

A finalidade do separador de óleo é de reduzir a quantidade de óleo no sistema e deste modo aumentar a sua eficiência. A quantidade de óleo retida no sistema pode afetar partes como o evaporador, no que diz respeito a transferência de calor e afetar o funcionamento da válvula expansora.

O óleo que é retirado do refrigerante cai pela gravidade no reservatório de óleo. Este óleo é direcionado novamente ao compressor através das linhas de óleo. O óleo que passa pelos separadores de óleo flui através do condensador, do subresfriador e da válvula de expansão para dentro do evaporador. Este óleo é coletado em um tanque de refrigerante que é mantido na parte inferior do evaporador. Uma pequena quantidade de óleo e refrigerante deste tanque retorna através de um tubo que está conectado ao fluxo descendente do compressor do motor. O óleo e o refrigerante misturam-se com o vapor do refrigerante que foi puxado para fora do evaporador, antes da injeção nos rotores do compressor.

5.4 Circuito do refrigerante

O gás refrigerante do compressor passa pelo separador de óleo o óleo é removido. O gás move-se para o condensador, onde o gás converte-se no estágio líquido (alta pressão). O líquido segue via filtros secadores para o evaporador.

No intuito de remover calor do circuito *chiller*, a pressão do refrigerante cai e evapora, garantindo gás de sucção seco na entrada do compressor. O *chiller* é dividido em circuitos, permitindo que um circuito por vez opere, ou todos, se necessário. Os circuitos são totalmente divididos uns dos outros.

Os filtros secadores asseguram refrigerante limpo e seco. O meio do filtro é mutável. Nos primeiros meses de operação “pedras” secas, dentro dos filtros, removem umidade, se houver, do refrigerante. Depois disso, devem ser substituídos, com novas trabalhando como filtros para partículas e secadores.

CONCLUSÃO

Os sistemas de ar condicionado sofrem modificações com o passar dos anos. A eficiência, o conforto, a versatilidade e a economia estão diretamente ligadas com essa modernização que os sistemas estão sofrendo. O meio ambiente também está sendo levado em conta na hora de tirar o projeto do papel e fazê-lo funcionar, seja em terra seja nas embarcações marítimas. Cada vez mais as empresas fabricantes de ar condicionado buscam a fabricação de sistemas ecologicamente corretos e por contraponto alguns sistemas estão ficando obsoletos.

A escolha do sistema a ser utilizado deve estar relacionada a um estudo preliminar do projeto do sistema a ser empregado, levando-se em conta sua configuração física, reduções de custos e demanda de energia. Cabe as empresas de navegação, pensando no conforto de suas tripulações bem como nos custos operacionais, a melhor escolha dos tipos de sistema diante do leque de opções que as empresas fabricantes dos equipamentos oferecem.

VAPOR-COMPRESSION WATER *CHILLER* REFRIGERATION SYSTEM

ABSTRACT

In general, refrigeration is defined as any process of heat removal. Refrigeration has, on board vessels, important applications as maintenance of temperature in provisions to keep food in good condition; air conditioning systems for unit facilities; and load

refrigeration systems, to those loads that need specific conservation. This article has the goal to show the water *chiller* refrigeration system, with its operation, showing the parts of a *chiller* unit, whose important parts are the *chiller* central room, where there are compressors, condenser, thermostatic expansion valve and evaporator. The source of this job was research in articles, website of manufacturing companies for this type of device, as well final graduation jobs previously made about the subject. The approach is descriptive, with a description of the operation.

Keywords: Merchant Navy. Refrigeration. Chiller. Air Conditioning.

REFERÊNCIAS

Chilled Water. Disponível em: <<http://www.ref-wiki.com/content/view/4/5/>> Acesso em: 27 abr. 2017.

Chilled water central air conditioning systems. Disponível em: <<http://www.brighthubengineering.com/hvac/50160-chilled-water-central-air-conditioning-systems/>> Acesso em: 24 abr. 2017.

Croydon, T. Gosling. **Applies air conditioning and refrigeration.** Applied science publishers ltd, 1974. Direct Expansion (DX) Type of Central Air Conditioning Plant or System. Disponível em: <<http://www.brighthubengineering.com/hvac/50158-direct-expansion-dx-type-of-central-air-conditioning-plant-or-system/>> Acesso em: 24 abr. 2017.

FRANÇA, Fernando. **Controle térmico de ambientes.** São Paulo: UNICAMP, s/d Unidos, 1980.

MANUAL de instalação, operação e manutenção – Carrier. Disponível em: <<http://www.carrier.com/marine-offshore/en/worldwide/products/chillers/30hxc/>> Acesso em: 27 mai. 2017.

MARTINELLI JÚNIOR, L. C. et al. **Sistema de Ar Condicionado por Absorção para indústria.** 2004.

Matos, Rudmar Serafim. **Refrigeração.** Paraná. (Apostila). Disponível em: <<http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM250/Refrigeracao/Apostila%20Refrigeracao%20A7%20A30.pdf>> Acesso em: 05 mai. 2017.

Refrigeração e condicionamento de ar Hemus-livraria Editora Ltda. Estados.

SILVA, JOSÉ DE CASTRO, ANA CRISTINA G. CASTRO. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros**. 1ª edição. Editora Ciência Moderna, 2008.

SILVA, J. G. **Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização**. 1ª edição. Editora Artliber, São Paulo, 2003.

SOUSA, Waldecy dos Santos. **Refrigeração: A Nova Era do Gelo**. 2014. 137 f. Trabalho de conclusão de curso – Aperfeiçoamento de Máquinas, Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar, Rio de Janeiro, 2014.

STOECKER, W. F. *et. al.* **Refrigeração industrial**. 2. Ed. Edgard Blüncher LTDA, São Paulo, 2002.

VAN WYLEN, G. J.; SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. Tradução da quarta edição americana: Euryale J. Zerbini, Ricardo S. E. Simões. São Paulo: Blucher, 1995.