

Turbinas a vapor

A turbina é um motor rotativo que converte em energia mecânica a energia de uma corrente de água, vapor d'água ou gás. O componente básico da turbina é o rotor, que conta com paletas, hélices, lâminas ou cubos colocados ao redor de sua circunferência, de forma que o fluido em movimento produza uma força tangencial que impulsiona a roda, fazendo-a girar. Essa energia mecânica é transferida através de um eixo para movimentar uma máquina, um compressor, um gerador elétrico ou uma hélice.

As turbinas se classificam, de acordo com o acionamento, como hidráulicas, a vapor ou de combustão. A turbina a vapor é atualmente a mais usada entre os diversos tipos de acionadores primários existentes na indústria. Uma série favorável de características concorreu para que a turbina a vapor se destacasse na competição com outros acionadores primários, como a turbina hidráulica, o motor de combustão interna, a turbina a gás.

Conceito

As turbinas a vapor são equipamentos acionadores cuja função é transformar energia térmica em energia mecânica para acionar outro equipamento, como bombas, compressores, geradores etc.

Quando o vapor, pela sua expansão, empurra diretamente o pistão de uma máquina alternativa, a energia térmica desse vapor é convertida em energia mecânica diretamente. Numa turbina, essa mesma transformação é conseguida em duas etapas. Na primeira etapa a energia interna do vapor é convertida em energia cinética. O vapor, ao escapar por um bocal de perfil especial (expansor), forma um jato de alta velocidade.

Na segunda etapa a força do jato produz trabalho mecânico. Conforme a ação do jato de vapor, as turbinas podem ser de impulsão ou de reação.

Princípio de ação ou impulsão

O vapor expandido no bocal (fixo) exerce uma força sobre uma palheta ou cunha montada na periferia de um rotor, que gira sob efeito desta força.

Princípio de reação

O bocal é montado na periferia de um rotor e a força do escapamento do vapor, expandindo-se, gera uma reação que faz girar bocal e rotor. A rigor, não existem turbinas somente de ação ou somente de reação. Todos os tipos comerciais usam uma combinação dos dois princípios, pois na prática é inviável construir uma máquina que funcione segundo apenas um dos princípios.

Tipos

Turbinas de ação

São turbinas em que predomina a força de impulsão. Os estágios delas podem ser de dois tipos:

■ ESTÁGIO RATEAU (DE PRESSÃO)

Se for o primeiro estágio da turbina, compreende um arco de expansores e um rotor de palhetas móvel. Se for um estágio intermediário, compreende um anel de palhetas estacionário (expansoras) e um rotor de palhetas móvel. O arco de expansores e o anel de palhetas estacionário reduzem a pressão, aumentando a velocidade. Os rotores de palhetas móveis são acionados, reduzindo a velocidade do vapor.

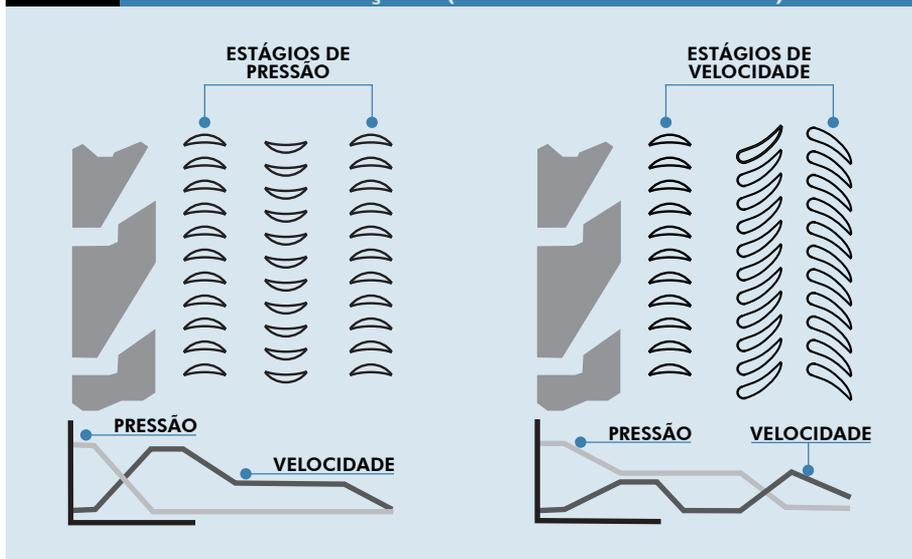
■ ESTÁGIO CURTIS (DE VELOCIDADE)

Compreende um arco de expansores e geralmente duas fileiras de palhetas em um único disco móvel, intercaladas por um anel de palhetas guias estacionário. O arco de expansores reduz a pressão, aumentando a velocidade. Os rotores de palhetas móveis são acionados, reduzindo a velocidade do vapor. As palhetas guias não alteram pressão nem velocidade do vapor, apenas orientam o fluxo para que os esforços no segundo rotor sejam semelhantes aos esforços no primeiro.

Em um estágio de velocidade (Curtis), conseguimos aproveitar um grande salto de entalpia, o que significa dizer de pressão e de temperatura, embora com algum prejuízo da eficiência. O estágio Curtis tem duas aplicações características:

- Estágio único de máquinas de pequena potência, obtendo uma máquina compacta, de baixo custo inicial, com algum prejuízo na eficiência.
- Primeiro estágio de máquinas de grande potência, que recebem usualmente vapor a alta pressão e a alta temperatura. É vantajoso para o projeto mecânico da máquina que o vapor logo no primeiro estágio sofra uma grande queda de entalpia. Observe na Figura 14 os tipos de estágios das turbinas de ação.

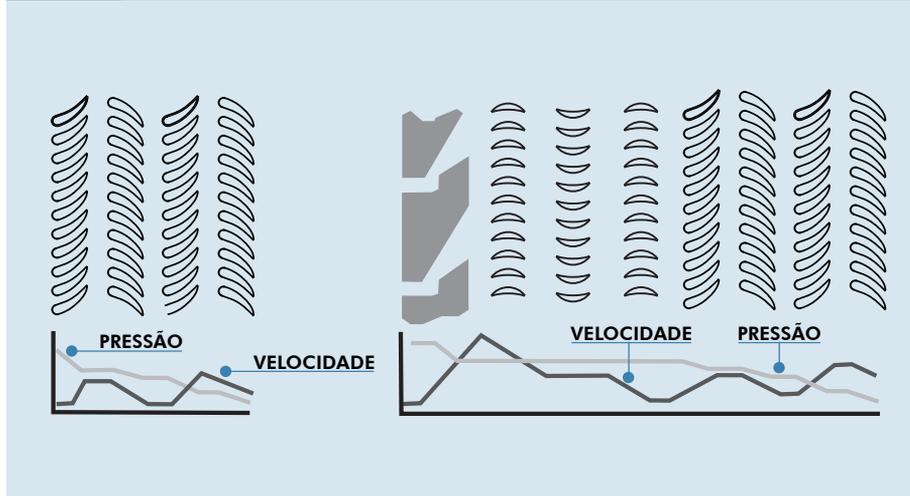
FIGURA 14 TURBINAS DE AÇÃO (TIPOS DE ESTÁGIOS)



Turbinas de reação

São turbinas em que predomina a força de reação. Possuem estágio do tipo Parsons. Elas compreendem um disco de palhetas estacionário e um disco de palhetas móvel. Como as turbinas de estágio único são sempre turbinas de ação (Curtis), o uso dos estágios de reação restringe-se aos estágios intermediários e finais das turbinas de reação de estágios múltiplos. Observe na Figura 15 os tipos de estágios das turbinas de reação.

FIGURA 15 TURBINAS DE REAÇÃO (TIPOS DE ESTÁGIOS)



Outras classificações de turbinas

Segundo o número de estágios

- Simples
- Multiestágios

Segundo a direção do fluxo de vapor

- Axial
- Radial
- Helicoidal

Em unidades industriais o vapor é classificado em três classes de energia:

■ **VAPOR DE ALTA ENERGIA** – Temperatura entre 450 e 500°C e pressão entre 85 e 110kgf/cm², usado em turbinas de grande potência

■ **VAPOR DE MÉDIA ENERGIA** – Temperatura entre 260 e 290°C e pressão entre 16 e 18kgf/cm², usado em turbinas de pequena potência

■ **VAPOR DE BAIXA ENERGIA** – Tem temperatura entre 120 e 150°C e pressão entre 3 e 5kgf/cm², não usado para turbinas

Em turbinas de grande potência a admissão será sempre de vapor de alta energia, e a exaustão poderá ser de média energia ou condensação total. Em turbinas de pequena potência a admissão será sempre de vapor de média ou alta energia, e a exaustão será de baixa energia.

Segundo a pressão do vapor na exaustão

■ **TURBINAS DE CONTRAPRESSÃO** – Quando o vapor de descarga tem pressão superior à atmosférica

■ **TURBINAS DE CONDENSAÇÃO** – Quando o vapor de descarga tem pressão inferior à atmosférica. Neste caso a saída da turbina é ligada a um condensador para gerar vácuo

Vantagens

O ciclo térmico a vapor, do qual a turbina é parte integrante, apresenta rendimentos bastante satisfatórios, quando comparados com os ciclos térmicos de outras máquinas (turbinas a gás e motores de combustão interna), e melhora à medida que aumentam a potência das máquinas, as pressões e as temperaturas de geração de vapor. Em unidades de processo, o aproveitamento da energia liberada pelo combustível para a geração do vapor torna-se satisfatório, pois o calor residual contido no vapor descarregado pela turbina pode ser aproveitado em processos industriais ou para aquecimento geral.

■ São puramente rotativas, atuando de forma direta no elemento rotativo da máquina acionada e variando sua rotação de acordo com a necessidade

■ Devido à facilidade de controle e à possibilidade de variação da velocidade, realizada pelo governador, são de operação simples, precisas e confiáveis

■ Mesmo em potências elevadas, não apresentam dificuldades relacionadas com sua partida, a não ser a necessidade de se permitir um aquecimento e dilatação uniformes nas máquinas

- Os impulsos aplicados pelo vapor nas palhetas das turbinas são regulares e constantes, resultando em um funcionamento extremamente suave da máquina. Se a carga acionada é mantida constante, o torque aplicado no acoplamento da turbina será bastante uniforme

- São máquinas de alta rotação (3.500 a 6.000rpm), ideais para acionar bombas e compressores centrífugos

- Não há lubrificação interna, sendo o vapor exausto da turbina isento de óleo, dispensando procedimentos de filtragem e separação do vapor

Devido a esses fatores, suportam campanhas operacionais longas e têm vida útil longa.

Turbinas de uso industrial

Os fatores que devem ser considerados na escolha de uma turbina industrial são:

- Potência necessária
- Rotação da máquina acionada
- Condições inicial e final do vapor
- Flutuação de carga
- Eficiência
- Durabilidade
- Garantia operacional

Em refinarias as turbinas são largamente empregadas, divididas em três grandes grupos: as de uso geral, as de uso especial e os turbogeradores.

Turbinas de uso geral

- São máquinas pequenas e compactas, com potência inferior a 1.000Hp, usadas nos acionamentos de bombas e ventiladores

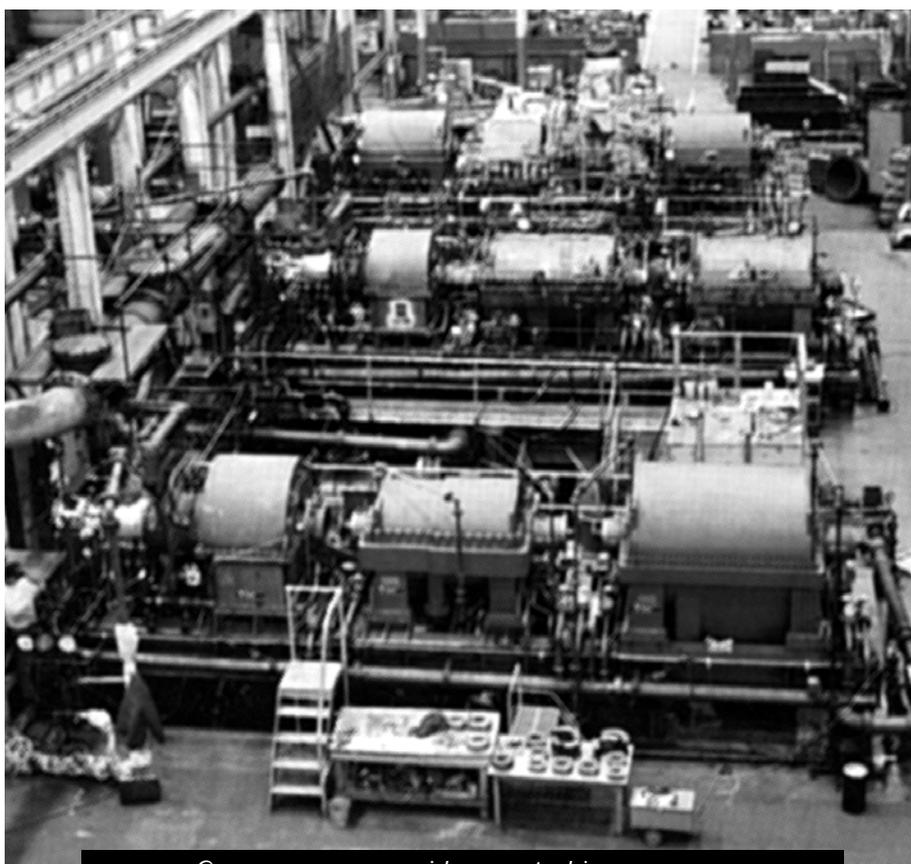
- São produzidas em série, visando à obtenção de uma máquina de custo inicial menor, compacta, de boa confiabilidade operacional, de construção, operação e manutenção simples, mesmo sacrificando sua eficiência

■ Normalmente recebem vapor de média e descarregam com contrapressão

■ São usualmente máquinas de um só estágio de ação de velocidade, podendo ser um estágio de pressão em máquinas muito pequenas. Trabalham em baixa rotação a 3.600rpm, ou mais raramente a 1.800rpm.



Turbina industrial a gás



Compressores movidos por turbinas a vapor

Turbinas de uso especial

Veja abaixo a foto de uma turbina de uso especial.

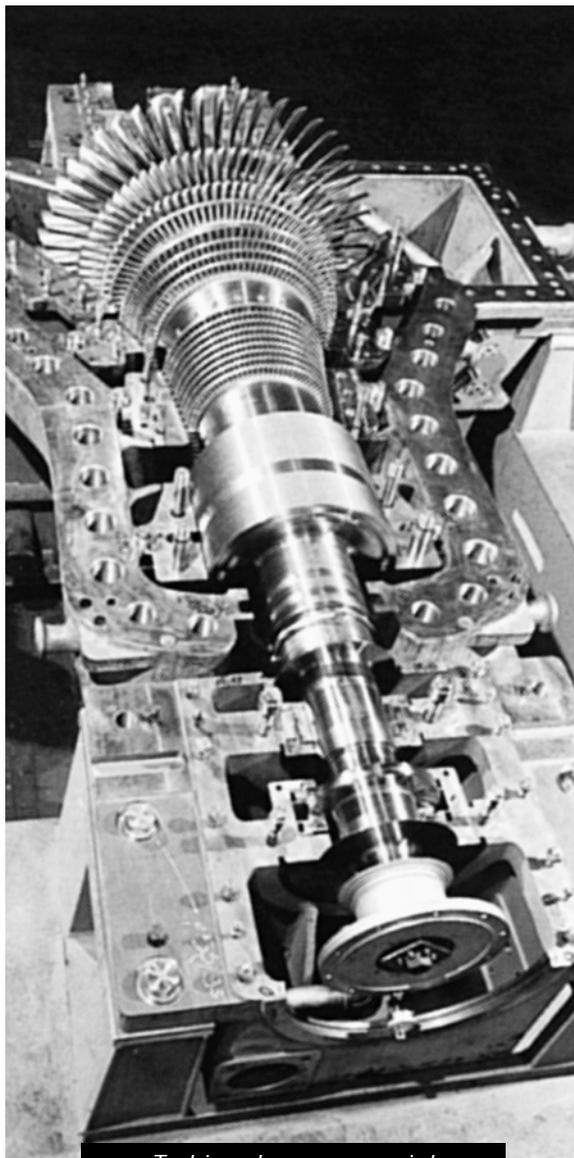
Como são essas turbinas?

■ São máquinas de grande porte sofisticadas, com potência superior a 1.000Hp, usadas para acionamento de grandes compressores centrífugos

■ São fabricadas especificamente para cada aplicação, objetivando a maior eficiência e confiabilidade operacional possível. A importância da eficiência cresce à medida que aumenta a potência da máquina

■ Normalmente recebem vapor de alta pressão e descarregam para condensador. Em alguns casos descarregam para contrapressão

■ São sempre de múltiplos estágios, podendo ser de ação ou reação. Nas máquinas de ação, o primeiro estágio é usualmente de velocidade, seguido de vários estágios de pressão. Nas máquinas de reação, o primeiro estágio é de ação, normalmente de velocidade, seguido de vários estágios de reação



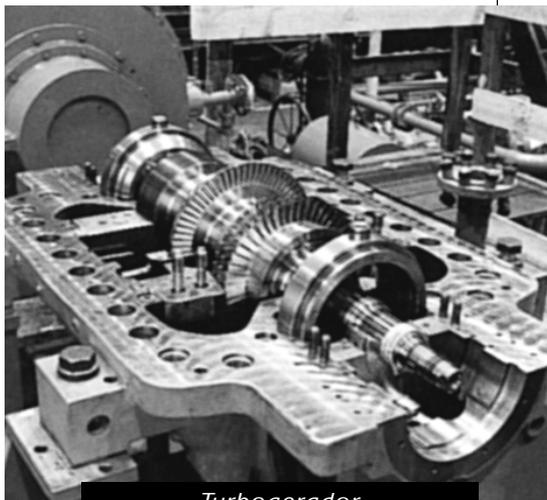
Turbina de uso especial

Turbogeradores

São turbinas que acionam os geradores elétricos existentes nas centrais termoeletricas. Em refinarias e demais indústrias de grande porte, assemelham-se bastante às turbinas de uso especial. Inclusive a potência dos turbogeradores é usualmente próxima à potência das turbinas que acionam os maiores compressores centrífugos em refinarias.

■ Uma diferença básica para as de uso especial é que os turbogeradores trabalham com rotação baixa e constante (3.600rpm é a velocidade usual para geração de corrente de 60 Hz). Outra é que costumam possuir extração de vapor em um estágio intermediário, para fornecimento de vapor de média pressão, ao consumo da indústria

■ Os turbogeradores usados em grandes centrais termoeletricas de serviço público, por sua vez, possuem características bastante diferentes. Mas estão fora do nosso escopo



Turbogerador

Componentes

As partes componentes de uma turbina a vapor são:

Carcaça ou estator

É o envoltório da turbina. No seu interior giram o eixo e os discos, ou tambor, e suporta as diversas peças estacionárias, tais como diafragmas (aço), palhetas estacionárias (fixas), bocais, válvulas, mancais etc.

Podem ser fundidas ou de chapas trabalhadas e soldadas, partidas radialmente (turbinas pequenas), ou axialmente (mais usado). Podem ser construídas de ferro fundido, aço fundido, aço-carbono, aços-liga ou aços inoxidáveis, dependendo da severidade da aplicação (pressão e temperatura).

Turbinas de multiestágios que recebem vapor de alta pressão têm a carcaça dividida em duas regiões: de alta pressão e de baixa pressão.

Expansores

Peças de seção variável que reduzem a pressão e aumentam a velocidade do vapor. Para o primeiro estágio das turbinas, são usinados separadamente em aço inoxidável ferrítico, encaixados e soldados em um arco de expansores. Em estágios intermediários de turbinas de ação, são montados em um anel de expansores, que serão colocados dentro dos diafragmas.

Os expansores podem ser convergentes ou convergente-divergentes. Os convergentes são usados para pressões de descarga maiores ou iguais a 55% da pressão de admissão. Os convergente-divergentes são utilizados para pressões de descarga menores que 55% da pressão de admissão.

Conjunto rotativo

O conjunto rotativo é diferente, dependendo do tipo de turbina. No caso das turbinas de ação, o conjunto é constituído de rotores de aço-carbono ou aço-liga; forjados, usinados e montados no eixo por interferência e chaveta. Para turbinas de alta rotação e/ou altas temperaturas, onde a montagem poderia apresentar problemas durante a operação, eixo e rotores são uma única peça forjada e usinada. Na periferia dos rotores são montadas as palhetas. Já para as turbinas de reação utiliza-se o tambor rotativo, de seções crescentes da admissão para a descarga, em peça única ou de seções soldadas. As pontas do eixo são prolongamentos do tambor. Na periferia do tambor são montadas as palhetas.

Todas as partes principais do conjunto rotativo devem receber balanceamento dinâmico individual. O conjunto deve receber balanceado dinâmico multiplano durante a montagem, e ser feita verificação e correção do balanceamento a cada adição de dois componentes.

Palhetas

São fabricadas de aços-liga especiais, forjadas e usinadas com fino acabamento. Dependendo da configuração dos estágios, formam canais de seção uniforme, orientando adequadamente o fluxo sem turbilhonamento, ou formam canais de seção variável, atuando como expansoras.

As palhetas estacionárias (fixas) podem ser montadas diretamente no estator, ou em anéis suportes, que são presos ao estator. As palhetas do conjunto rotativo são removíveis, fixadas ao disco do rotor pelo malhete.

Em estágios de média e alta pressão, são presas nas extremidades ao aro de consolidação, pela espiga. Em estágios de baixa pressão, são ligadas pelo arame amortecedor nas suas seções intermediárias.

Diafragmas

Separam dois discos adjacentes em turbinas de ação multiestágios. Neles são instalados os arcos de expansores intermediários e final. São constituídos de dois semicírculos montados na carcaça por um sistema de ranhuras, abraçando o eixo sem tocá-lo. Entre o diafragma e o eixo são instalados os labirintos, fixados no diafragma ou no eixo, que garantem a selagem interna entre os estágios intermediários. São fabricados em aço inoxidável ferrítico e em aço-carbono ou ferro fundido nas partes estruturais.

Acoplamento

Liga o eixo da turbina ao eixo do equipamento acionado. É sempre flexível e normalmente fornecido pelo fabricante do equipamento acionado.

Sistema de vedação

Devido às folgas existentes entre as partes estacionárias e o conjunto rotativo, pode ocorrer o escapamento de vapor das zonas de alta pressão para as de baixa pressão ou a entrada de ar em turbinas de condensação. O escapamento do vapor reduz a potência útil e aumenta o consumo de vapor. A entrada de ar eleva a pressão no condensador, e a potência útil também é reduzida. Os sistemas de vedação são os seguintes:

Labirintos – São anéis, normalmente bipartidos e montados no estator, dotados internamente de uma série de aletas circulares, ajustados com o mínimo de folga entre o eixo e a borda das aletas. Reduzem o escapamento de vapor pela alta perda de carga ocasionada pela restrição ao fluxo e turbilhonamento causados pelas aletas.

Mista – Associação de anéis de carvão e labirintos.

ANÉIS DE CARVÃO

Anéis de carvão são anéis tripartidos fixados ao estator, mantidos juntos ao redor do eixo pela ação de uma mola helicoidal de tração. Sofrem desgaste e devem ser usados para baixas velocidades periféricas

Nas saídas do eixo pode-se adotar os três sistemas. Nos interestágios usam-se os labirintos. Em turbinas de uso geral, utilizam-se anéis de carvão devido à simplicidade construtiva e ao baixo custo, apesar da necessidade de substituição periódica.

Em turbinas de uso especial, multiestágios, devido à preocupação com eficiência e com confiabilidade e continuidade operacional, usam-se labirintos nas selagens internas e externas (eixos), na extremidade das palhetas fixas e palhetas móveis nos estágios de reação, assim como entre o eixo e diafragmas nos estágios de ação.

No caso das turbinas de condensação, para evitar a entrada de ar, pode-se injetar vapor com pressões ligeiramente superiores à pressão atmosférica nas selagens de baixa pressão.

Sistema de apoio

Apóia o eixo e suporta os esforços radiais e axiais que atuam sobre conjunto rotativo. Garante também as folgas entre as partes móveis e estacionárias. É composto por mancais radiais (de apoio), axiais (de escora) ou mistos (combinação apoio e escora).

Os mancais podem ser de rolamento ou de deslizamento. Os de rolamento são empregados para condições de cargas moderadas. Os de deslizamento são adotados para condições de cargas severas.

Os mancais de apoio suportam todos os esforços radiais do conjunto rotativo. Normalmente são utilizados dois mancais nas extremidades do eixo. Em alguns casos de turbinas de baixa potência, os dois mancais ficam de um lado da carcaça com o conjunto rotativo em balanço (como em bombas centrífugas). No caso de baixas potências (até 100Hp) podem ser encontrados mancais de rolamentos. Em geral são usados mancais de deslizamento com canais para lubrificação, com lubrificação por reservatório de óleo de nível constante para turbinas de uso geral, e lubrificação forçada para turbinas de uso especial.

Os mancais de escora resistem aos esforços axiais do conjunto rotativo. Em turbinas de ação estes esforços são reduzidos e em turbinas de reação eles são consideráveis. Em turbinas de uso geral, de ação e baixa potência, o mancal de escora resume-se a apenas um rolamento. Em turbinas de uso especial utilizam-se sempre mancais de deslizamento com lubrificação forçada do tipo *kingsbury*.

Sistema de controle

O controle em turbinas pode ser empregado para:

- Manter a rotação, no caso de acionamento de geradores elétricos
- Manter estável pressão de descarga de compressores ou bombas acionadas
- Manter constante a pressão de saída do vapor nas turbinas de contrapressão

Normalmente o controle é feito na admissão de vapor para a turbina, pela válvula de admissão de vapor. Estas válvulas são comandadas por dispositivos denominados governadores, para ajuste de velocidade automático, pela pressão na descarga da turbina, para ajuste da contrapressão, ou pela pressão na descarga dos equipamentos acionados. É feito também na extração, quando houver, por uma válvula de extração.

Válvulas de controle de admissão

Em turbinas de uso especial usam-se múltiplas válvulas em paralelo (válvulas de sobrecarga). Cada válvula alimenta um grupo de expansores diferente, podendo ser fechadas total ou parcialmente, ficando, em casos de vazão baixa, apenas um grupo de expansores com a válvula aberta. Permitem um controle mais preciso.

Em turbinas de uso geral utiliza-se uma única válvula de controle na admissão, para todos os grupos de expansores. Em vazão baixa, esta será dividida por todos os expansores, deslocando a operação do ponto de maior eficiência. Porém, são mais simples e baratas que as múltiplas.

Governadores

Os governadores mecânicos ou de massas oscilantes consistem basicamente em dois pesos articulados, que giram a uma velocidade igual ou proporcional à turbina e atuam contra a pressão de uma mola (que dá o ajuste da velocidade desejada). Se a velocidade da turbina aumenta, os pesos articulados se abrem, movimentando a haste no sentido de fechar a válvula de admissão. Se a velocidade diminui, os pesos se fecham, abrindo a válvula de admissão. São simples e baratos, porém de resposta lenta e não permitem a variação da força de acionamento. Indicados para turbinas de uso geral.

Já os governadores mecânico-hidráulicos utilizam sistemas hidráulicos diversos, dependendo do fabricante, para interferir no sistema massas-mola, alterando sua regulação inerente (mola), assim como ampliar sua força de acionamento. Podem possuir ainda ajuste de velocidade local ou remota e ajuste da regulação e limitação da carga. Melhoram a precisão, velocidade de resposta, confiabilidade e força de atuação. Mais indicados para turbinas de serviços especiais.

Os governadores hidráulicos substituem os sistema massas-mola por uma bomba de óleo acionada, direta ou proporcionalmente, pelo eixo da turbina. A variação da velocidade do eixo da turbina altera a pressão de descarga da bomba, que atua diretamente no atuador da válvula de admissão. Possuem regulação inerente dada pelas molas do atuador e ajuste de velocidade local ou remoto, por meio de válvulas agulha instaladas no circuito de óleo. São também precisos e confiáveis, indicados para turbinas de serviços especiais.

Os governadores com servomotores hidráulicos recebem um sinal de um controlador e acionam diretamente as válvulas de admissão.

Válvulas de controle de extração

Algumas turbinas possuem retirada parcial de vapor (extração), em um estágio intermediário entre a de admissão e a de descarga, a uma pressão intermediária que pode variar com as condições de operação da turbina. Como normalmente se deseja uma pressão constante na saída da extração para uso no processo ou no acionamento de máquinas menores, é instalada uma válvula controlada pela pressão do vapor extraído, sendo denominada de extração automática.

Nos casos em que a válvula não é necessária, são denominados de extração não-automática.

Sistema de segurança

Existem diversos sensores e dispositivos que podem ser instalados para garantir a segurança da operação da turbina, dos equipamentos acionados e da unidade onde estes operam.

O acionamento pode ser manual ou automático, local ou remoto, atuando como alarme e/ou corte.

Entre os problemas temos:

- Alta velocidade
- Vibração excessiva
- Deslocamento axial do conjunto rotativo
- Baixa pressão de óleo
- Nível de óleo alto ou baixo
- Alta temperatura nos mancais
- Alta temperatura do vapor de saída
- Alta pressão do vapor de descarga
- Alta pressão do vapor de extração
- Baixa vazão de vapor na admissão
- Baixa vazão de vapor exausto

Sistema de lubrificação

A lubrificação de mancais de turbinas de uso geral é feita por anel pescador, com reservatório na própria caixa do mancal. Com potências elevadas, pode ser necessário um sistema pressurizado com reservatório externo.

A lubrificação de mancais de turbinas de uso especial é feita sempre por sistema pressurizado com reservatório externo. As bombas de óleo devem trabalhar afogadas e ter acionamento independente da turbina. Deve haver um par de resfriadores de óleo, um como reserva, com indicação de temperatura na entrada e na saída, além de um par de filtros de óleo, um como reserva, com indicação de pressão na entrada e na saída, e visores de fluxo no retorno de óleo, entre outras recomendações.

Operação de turbinas a vapor

A operação de uma turbina a vapor depende do tipo de turbina, do serviço para o qual ela foi selecionada e o sistema no qual a máquina acionada está instalada. Deve-se observar cuidadosamente os dados e procedimentos definidos no manual de instalação, de operação e de manutenção fornecido pelo fabricante, bem como manuais de operação da unidade. Serão apresentados aqui passos básicos para uma visão global da operação de turbinas a vapor. A operação compõe-se das fases de partida, acompanhamento e parada.

Na pré-operação de turbinas, principalmente nas de usos especiais, deve-se observar:

- Preparação dos sistemas auxiliares: vapor, condensado, vapor de selagem, água de refrigeração, lubrificante e instrumentação
- Teste de desempenho mecânico com a turbina desacoplada
- Teste de desempenho mecânico com a turbina acoplada
- Teste de *performance*

Isso deve ser feito com o aumento lento de velocidade e observação dos itens de controle e segurança. A partida pode ser manual ou automática. Para partida manual é necessário observar os seguintes passos:

- Garantir lubrificação adequada
- Garantir circulação da água de refrigeração
- Drenar condensado em todos os pontos durante o aquecimento
- Armar segurança
- Abrir válvula de exaustão
- Inicializar condensador e vapor de selagem, caso necessário
- Aquecer
- Colocar em giro lento usando desvio (*by-pass*) da válvula de admissão
- Verificar operação do governador
- Partir, abrindo a válvula de admissão e fechando o desvio

Para colocar uma turbina a vapor em condições de partida automática, é necessário observar os mesmos passos da partida manual.

O acompanhamento visa detectar anormalidades e evitar que uma condição operacional inadequada se torne uma falha mecânica, ou uma falha mecânica se agrave a ponto de danificar severamente o equipamento e/ou causar acidentes.

Ele acontece por meio da observação e intervenção do operador, com uso de instrumentos portáteis de monitoramento (como medidores de vibração, medidores de temperatura, avaliadores de ruído e detectores de vazamentos), assim como do uso dos instrumentos residentes de monitoramento e proteção. As determinações de uso destes métodos são em função da importância do equipamento e da política de operação e automação da empresa.



FALHAS MECÂNICAS

Principais problemas que constituem falhas mecânicas

VAZAMENTOS

Vapor, condensado, lubrificante e água de refrigeração

VIBRAÇÃO

Carga excessiva, desbalanceamento, desalinhamento, folgas inadequadas etc.

RUÍDO

Danificação dos mancais, atrito entre as partes móveis etc.

AQUECIMENTO EXCESSIVO

Falha na lubrificação, excesso de lubrificante nos mancais, falha na refrigeração etc.

PERDA DE EFICIÊNCIA

Recirculação interna, vazamento de vapor ou admissão de ar devido a desgaste da selagem etc.

Evitar passagem de vapor ou a entrada de ar pela selagem com o rotor parado.
Não operar sem o governador



ATENÇÃO

A parada também pode ser manual ou automática. Para realizar a parada de uma turbina a vapor de pequeno porte, observar os seguintes passos:

- ✓ Fechar a válvula de admissão
- ✓ Drenar condensado em todos os pontos
- ✓ Fechar válvula de exaustão

No caso das turbinas de maior porte, observar a seqüência de desligamento dos sistemas auxiliares de acordo com o tipo da turbina

TURBINAS A VAPOR

DEFINIÇÃO

A turbina é um motor rotativo que converte em energia mecânica a energia de uma corrente de água, vapor d'água ou gás. As turbinas se classificam, de acordo com o acionamento, como hidráulicas, a vapor ou de combustão.

1 CONCEITO DE TURBINAS A VAPOR

São equipamentos acionadores cuja função é a de transformar energia térmica em energia mecânica. Na primeira etapa o vapor, ao escapar por um bocal expensor, forma um jato de alta velocidade. Na segunda etapa a força do jato produz trabalho mecânico

PRINCÍPIOS

- **Ação** – Vapor expandido no bocal (fixo), exerce força sobre uma palheta montada na periferia de um rotor que gira
- **Reação** – Bocal na periferia de um rotor, vapor expandindo-se e gerando uma reação que gira o rotor

2 TURBINAS DE USO GERAL

Pequenas e compactas, para bombas e ventiladores. São usualmente máquinas de um só estágio de ação de velocidade, podendo ser um estágio de pressão em máquinas muito pequenas. Trabalham em baixa rotação a 3.600rpm, ou mais raramente a 1.800rpm.

3 TURBINAS DE USO ESPECIAL

De grande porte e sofisticadas, de múltiplos estágios de ação ou reação (>1.000hp), para grande acionamento de compressores centrífugos, fabricadas para cada aplicação, descarregam para condensador ou para contrapressão

4 TURBINAS DE AÇÃO

ESTÁGIO RATEAU (de pressão)

- Arco de expansores, um rotor de palhetas móvel, ou anel de palhetas estacionário, e um rotor de palhetas móvel

ESTÁGIO CURTIS (DE VELOCIDADE)

- Arco de expansores e duas fileiras de palhetas em um único disco móvel, intercaladas por um anel de palhetas guias estacionário

5 TURBINAS DE REAÇÃO

ESTÁGIO PARSONS

- Disco de palhetas estacionário e disco de palhetas móvel

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O NÚMERO DE ESTÁGIOS

- Simples ou multiestágios

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A DIREÇÃO DO FLUXO DE VAPOR

- Axial, radial e helicoidal

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A ENERGIA DO VAPOR

- Alta, média e baixa

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A PRESSÃO DO VAPOR NA EXAUSTÃO

- Contrapressão e condensação

VANTAGENS

- O rendimento melhora à medida que aumentam a potência e as pressões e temperaturas de geração de vapor
- São puramente rotativas, de alta rotação, de operação simples, precisas e confiáveis, de partida fácil, de funcionamento suave, sem lubrificação interna, com campanhas operacionais e vida útil longas

6 TURBOGERADORES

Acionam os geradores elétricos existentes nas centrais termoeleétricas. São semelhantes às turbinas de uso especial, mas trabalham com rotação baixa e constante (3.600rpm), com extração de vapor em um estágio intermediário

7 COMPONENTES

- **Carcaça ou estator** – Envolvimento da turbina
- **Expansores** – Peças de seção variável que reduzem a pressão e aumentam a velocidade do vapor
- **Conjunto rotativo** – Pode ser constituído de eixos e rotores montados ou em única peça, ou tambor rotativo de seções crescentes
- **Palhetas** – Fixas ou móveis, formam canais de seção uniforme, ou formam canais de seção variável, atuando como expansoras e/ou movimentando o rotor
- **Diafragmas** – Separam dois discos adjacentes em turbinas de ação multistágios, com arcos de expansores e labirintos
- **Acoplamento** – Liga o eixo da turbina ao eixo do equipamento acionado
- **Sistema de vedação** – Evita escapamento de vapor ou a entrada de ar. Do tipo labirintos ou anéis de carvão
- **Sistema de apoio** – Apóia o eixo, suporta os esforços radiais e axiais, garantindo as folgas entre as partes móveis e estacionárias. Mancais de apoio e escora dos tipos de deslizamento ou de rolamentos
- **Sistema de controle** – Mantém a rotação, a pressão de descarga das acionadas ou da saída de vapor (válvulas de controle de admissão, de controle de extração e governadores)
- **Sistema de segurança** – Sensores e dispositivos instalados para garantir a segurança da turbina, dos acionados e da unidade
- **Sistema de lubrificação** – Por anel pescador, com reservatório na caixa do mancal, ou sistema pressurizado com reservatório externo

8 PRÉ-OPERAÇÃO

- Preparação dos sistemas auxiliares – Vapor, condensado, vapor de selagem, água de refrigeração, lubrificante e instrumentação
- Teste de desempenho mecânico com a turbina desacoplada
- Teste de desempenho mecânico com a turbina acoplada
- Teste de *performance*

Isso deve ser feito com aumento lento de velocidade e observação dos itens de controle e segurança

9 PARTIDA

- Garantir lubrificação adequada
- Garantir circulação da água de refrigeração
- Drenar condensado em todos os pontos durante aquecimento
- Armar segurança
- Abrir válvula de exaustão
- Inicializar condensador e vapor de selagem, caso necessário
- Aquecer
- Colocar em giro lento, usando desvio (*by-pass*) da válvula de admissão
- Verificar operação do governador
- Partir, abrindo a válvula de admissão e fechando o desvio

10 ACOMPANHAMENTO

Detectar anormalidades e intervir para evitar que uma condição operacional inadequada ou que uma falha mecânica se agrave. Usar instrumentos portáteis de monitoramento e instrumentos residentes de monitoramento e proteção.

PARADA

- Fechar a válvula de admissão
- Drenar condensado em todos os pontos
- Fechar válvula de exaustão

No caso de turbinas de maior porte, observe a seqüência de desligamento dos sistemas auxiliares de acordo com o tipo

ATENÇÃO

PRINCIPAIS PROBLEMAS

Vazamentos, vibração, ruído, aquecimento excessivo, perda de eficiência

