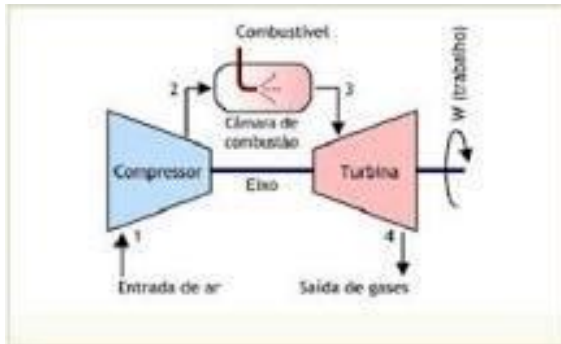


Ciclo de Brayton

Por Ronaldo Francisco Prates

Curso Operador de Usina Termelétrica de Ciclo Combinado

Como funciona o ciclo Brayton simples?



Entre 1 e 2 o ar em condição ambiente passa pelo compressor, onde por **compressão adiabática** e isotrópica ocorre o aumento de temperatura e consequente aumento de entalpia. Comprimido, o ar é direcionado às câmaras, entre 2 e 3, onde é misturado ao combustível possibilitando sua queima e seu aquecimento tendo sua pressão constante. Ao sair da câmara de combustão, os gases, à alta pressão e temperatura, se expandem conforme passam pela turbina, entre 3 e 4. Na medida em que o fluido fornece o trabalho sobre as palhetas, reduzem-se a **pressão** e **temperatura** dos seus gases, gerando-se potência mecânica. A potência extraída através do eixo da turbina é usada para acionar o compressor. A quarta etapa representa a transferência de calor do fluido para o ambiente em que se encontra. Desta forma, mesmo se tratando de um ciclo aberto, parte da energia gerada pela combustão é eliminada por forma de calor nos gases quentes fluindo como escape. A rejeição de calor é um limite físico, intrínseco ao funcionamento de **Ciclo termodinâmico**, mesmo nos casos ideais, como define a **Segunda lei da termodinâmica**.

O **Ciclo de Brayton** é **ciclo termodinâmico** no qual a adição de **calor** ocorre a pressão constante, utilizado no estudo das **turbinas a gás**.

Ele é um ciclo ideal, uma aproximação dos processos térmicos que ocorrem nas turbinas a gás, descrevendo variações de **estado (pressão e temperatura)** dos gases. O conceito é utilizado como base **didática** e para análise dos ciclos

reais, que se desviam do modelo ideal, devido às limitações tecnológicas e fenômenos de **irreversibilidade**, como o **atrito**.

O ciclo se constitui de quatro etapas, como demonstrado em Esquema básico de Brayton.

O ciclo do motor é nomeado após George Brayton (1830-1892), coordenador americano que o desenvolveu originalmente para o uso nos motores de pistão, embora fosse proposto e patenteado originalmente por John Barber, inglês em 1791. Também é conhecido como o ciclo de Joule. O ciclo de Ericsson é semelhante ao ciclo de Brayton, mas usa calor externo e incorpora o uso de um regenerador. Há dois tipos de ciclos de Brayton, abertos à atmosfera e usando a câmara de combustão interna ou fechado e usando trocador de calor.

Histórias

Em 1872, George Brayton pediu uma patente para o seu "Ready Motor", motores que usavam um compressor de pistão separado do expensor, injetando ar comprimido quente pelo cilindro interno do expensor. As primeiras versões do motor de Brayton eram os motores a vapor que misturavam o **Combustível** e o ar enquanto o compressor, por meio de um **Carburador** em uma superfície aquecida. O combustível/ar ficava contido em um reservatório e depois ia para um cilindro de expansão onde era queimado, a medida com que o combustível entrava no cilindro de expansão era acendida uma chama piloto. Uma tela de proteção foi usada para impedir que o fogo voltasse para o reservatório, porém nas primeiras tentativas tal tela falhava e uma explosão ocorria.

Em 1874 Brayton resolveu o problema da explosão adicionando o combustível imediatamente antes do cilindro expensor. O motor agora usava combustíveis mais pesados, como querosene e óleo combustível, onde a ignição continuava pela chama piloto. Brayton produziu e vendeu os "Ready Motors" para execução de uma variedade de tarefas, como bombeamento de água, operação de moinho, **geradores termoelétricos** e propulsão marítima. Brayton licenciou seu projeto através da Simone no **Reino Unido**, onde havia muitas variações em seu layout; alguns eram de ação simples, outros de ação dupla, outros tinham funcionamento em terra e outros aéreos. Havia ainda a variedade de modelos horizontais e verticais, podendo ir de um a até 40 cavalos, tendo uma eficiência razoável para época.

Modelos

Um compressor, uma câmara de mistura e um expansor são os três componentes necessários de um motor de Brayton, uma vez que os motores mais modernos que o de Brayton são na maioria das vezes uma espécie de turbina, como os utilizados em **avião**. Embora Brayton só tenha feito motores a pistão, onde o ar ambiente era aspirado para um compressor de pistão, e comprimido, em um processo idealmente isentrópico. O ar comprimido passava através de uma câmara de mistura onde era adicionado combustível, um processo isobárico. A mistura pressurizada de ar e combustível era então inflamada num cilindro de expansão, e a energia é liberada, fazendo com que o ar aquecido e os produtos de combustão se expandam através de um pistão/cilindro, outro processo idealmente isentrópico. Parte do trabalho extraído pelo pistão/cilindro é usado para dirigir o compressor através de um arranjo de **Cambota**.

Uma **turbina a gás** também é um motor de Brayton, onde o ar ambiente é aspirado para dentro do compressor, posteriormente pressurizado, se tratando de um processo isentrópico, o ar comprimido passa então através de uma câmara de combustão, onde o combustível é queimado, aquecendo o ar - um processo de pressão constante, uma vez que a câmara está aberta para entrar e sair; um processo isobárico, o ar aquecido e pressurizado então fornece sua energia, expandindo-se através de uma turbina (ou série de turbinas). Parte do trabalho extraído pela turbina é usado para conduzir o compressor; um processo isentrópico, e por fim rejeição de calor (na atmosfera); um processo isobárico.

Ciclo ideal de Brayton:

O ciclo de Brayton ideal é composto basicamente por 4 etapas, sendo elas:

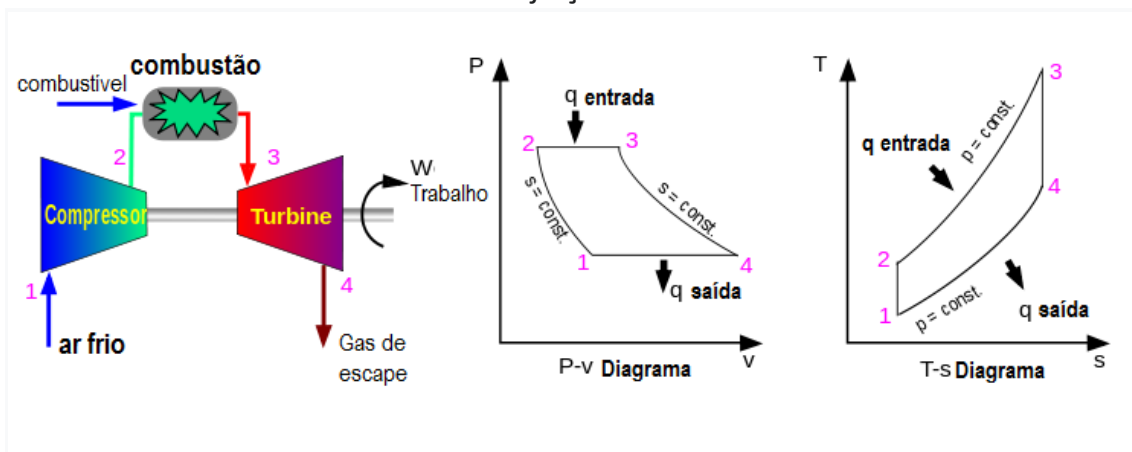
1. Uma compressão isentrópica dentro de um compressor.
2. Fornecimento de calor isobaricamente.
3. Expansão isentrópica dentro de uma turbina.
4. Perda de calor isobaricamente.

Neste ciclo o ar entra no compressor, que representa a primeira etapa, onde o fluido é comprimido realizando uma transformação isentrópica (1 a 2). O ar comprimido se dirige à uma câmara de combustão onde adiciona-se combustível e este é comburido isobaricamente (2 a 3). Após a combustão os gases saem com elevada temperatura e pressão, se expandem, passam pela turbina colidindo com as palhetas, gerando trabalho e reduzindo sua

temperatura e pressão (processo isentrópico de 3 a 4). Parte do trabalho gerado é reaproveitado para conduzir o compressor e o restante gera potência mecânica. A última etapa representa a exaustão dos gases para o ambiente, desta forma, mesmo se tratando de um ciclo aberto, parte da energia gerada pela combustão é eliminada na forma de calor pelos gases, fluindo como escape (processo isobárico). Contudo, no ciclo de Brayton real, temos respectivamente para as mesmas etapas: um processo adiabático, isobárico, adiabático e por último isobárico.

Ciclo real de Brayton:

1. Processo adiabático - compressão.
2. Processo isobárico - adição de calor.
3. Processo adiabático - expansão.
4. Processo isobárico - rejeição de calor.



ciclo real de Brayton

Uma vez que nem a compressão nem a expansão podem ser verdadeiramente isentrópicas, as perdas através do compressor e do expansor representam fontes de inefetividade ineficaz. Em geral, aumentar a taxa de compressão é a maneira mais direta de aumentar a **Potência** total produzida por um sistema Brayton.

Referências bibliográficas:

1. [«Gas Turbine History»](#). 3 de junho de 2010
2. ↑ Frank A. Taylor (1939). [«"Catalog of the Mechanical Collections Of The Division Of Engineering"»](#). United States National Museum Bulletin 173, United States Government Printing Office, p. 147
3. ↑ [Ir para: a b](#) [Improvement in gas-engines](#)

4. ↑ C. Lichty, Lester (1967). *Combustion Engine Processes*. [S.l.]: , McGraw-Hill, Inc., Library of Congress 67-10876
5. ↑ Douglas Quattrochi (8 de Junho de 2006). «[3.7 Brayton Cycle](#)». Consultado em 3 de Agosto de 2017
6. ↑ «[Turbine Engine Thermodynamic Cycle - Brayton Cycle](#)». www.grc.nasa.gov. 2009