



DESENVOLVIMENTO DE MOTOR STIRLING PARA PRÁTICA DIDÁTICA

Ian Mirando Lago ¹
Ciro Rodrigues Santos Oliveira ²
Vitor Otávio Silva Teixeira de Souza ³

INTRODUÇÃO

Os motores térmicos são aqueles que utilizam a energia térmica gerada por algum tipo de combustão, como da gasolina ou do óleo diesel, para transformarem-na em uma energia mecânica. As máquinas ou motores térmicos podem ser classificados em duas diferentes formas: motores de combustão interna e motores de combustão externa. Este primeiro possui a combustão dentro de uma câmara interna, como os motores dos automóveis e, dentro dessa câmara são gerados gases que irão produzir a expansão derivada do trabalho realizado no motor (PLANAS, 2016).

Já os motores de combustão externa, de acordo com Rafael Cazeli e Luiz Davi (2016), são aqueles em que a queima do combustível utilizado ocorre fora do motor, como exemplo do motor a vapor, no qual o local de combustão é a caldeira, que fica fora da máquina (PLANAS, 2016). Este motor foi responsável pelo início da Revolução Industrial, e facilitou os processos de fabricação em massa nas grandes fábricas no século XVIII (SILVA; RODRIGUES, 2016).

Uma das desvantagens dos motores a vapor durante o século supracitado, é que estes causavam muitos acidentes entre os trabalhadores, por isso houve a criação do motor Stirling, o qual “é um motor de combustão externa, aperfeiçoado pelo pastor escocês Robert Stirling em 1816” (SILVA, 2008, p.3). É uma máquina de alta eficiência, o que foi comprovado por protótipos criados pela Philips nas décadas de 50 e 60, nos quais os índices de eficácia alcançaram 45% (SILVA; RODRIGUES, 2016).

¹ Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, ianmlago@gmail.com;

² Discente do Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA, rodriguescirol@gmail.com;

³ Professor orientador: Especialista em Automação Industrial, Universidade Cândido Mendes - UCAM, vostsouza@gmail.com.



Este tipo de motor funciona em quatro fases diferentes e por meio de um ciclo termodinâmico, executado em dois tempos do pistão: “compressão isotérmica (=temperatura constante), aquecimento isométrico (=volume constante), expansão isotérmica e resfriamento isométrico” (SILVA, 2008, p.3). Ele é muito simples, já que consiste em apenas duas câmaras com temperaturas diferentes, as quais fazem o aquecimento e resfriamento do gás de forma alternada, o que promove expansão e contração cíclica, fazendo a movimentação de êmbolos ligados a um eixo em comum (SILVA, 2008).

O motor Stirling trata-se de uma máquina de ciclo fechado, visto que o fluido de trabalho não deixa o interior dele e nem ocorre emissões de poluentes como acontece nos motores de combustão interno, por isso também são considerados como um tipo sustentável no âmbito do meio ambiente. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo principal a criação de um protótipo do motor Stirling, para fins didáticos e de aprendizagem em áreas do ensino técnico, direcionadas principalmente às áreas da termodinâmica, estudada nas disciplinas de Física e Máquinas Térmicas, além de matérias relacionadas ao curso técnico de eletromecânica, como Eficiência Energética, composta na grade curricular do curso.

Esta é a segunda etapa de um conjunto de três, em que o motor desenvolvido será acoplado a um biodigestor e a um gerador elétrico, produzidos em outros projetos. O protótipo criado foi realizado com materiais simples e baratos, tendo sido testado diversas vezes para serem feitas as discussões necessárias, como a observação da velocidade do motor, a energia calórica usada como combustão e a rotação do êmbolo preso na haste.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O presente trabalho constituiu-se na realização e montagem de um protótipo do motor Stirling, a partir de materiais simples, de baixo custo e recicláveis. Primeiramente, uma revisão de literatura foi feita com o objetivo de encontrar um modelo adequado e no intuito de auxiliar a construção do motor. Por meio disso, recorreu-se a vídeos que mostram os passos a passo e construções práticas da montagem, ajudando também a entender o funcionamento e os materiais a serem utilizados.

A partir dessas análises, a lista de materiais foi montada: duas latinhas de cerveja de 350 ml, arames galvanizados de 18 mm, duas metades de palitos de churrasco de aproximadamente 5 cm cada, um CD, uma rosca de vinho, um cotovelo de 20 mm, uma bexiga, metade de um Bombril, um pedaço de cola bastão, durepoxi loctite e fita crepe.

Também foram usadas algumas ferramentas como tesoura e alicate para montagem do motor Stirling.

Com base nesses materiais, a construção deste protótipo iniciou-se através dos cortes das latinhas, na primeira o corte foi realizado em 8 cm a partir da base, já na segunda o corte foi feito no meio da latinha e realizou-se um furo no centro desta lata, na parte inferior e outros dois furos em cada lado a partir do corte executado. Na sequência, com o auxílio de uma tesoura, um pequeno orifício foi realizado em uma extremidade do palito de churrasco e a outra extremidade foi encaixada no pedaço de cola bastão, o qual fez-se um furo em vertical com uma broca de 1 mm, já na outra metade do palito, foram feitos dois furos em cada extremidade.

Logo após, o pistão do motor foi produzido através do Bombрил e de uma parte do arame, o qual pôs-se dentro da primeira latinha para mover-se verticalmente; nesta também colocou-se o cotovelo de 20 mm com o auxílio da cola durepoxi e em seguida fez-se uma perfuração com uma faca na parte de dentro da latinha bem no meio do cotovelo. Uma haste com o arame também foi feita, diante de dobras com a ajuda do alicate, em que os palitos de churrasco foram fixados na haste, e esta foi encaixada nos dois orifícios feitos nas laterais da segunda latinha.

Fez-se então a junção das duas latinhas, no qual o pistão dentro da primeira encaixou-se através do furo na parte inferior da segunda latinha e o arame do pistão foi enganchado ao orifício na outra extremidade do palito preso na haste. Ainda fez-se o uso da bexiga para prender entre o cotovelo e o palito de churrasco preso no pedaço de bastão, com a ajuda da fita crepe fez-se essa fixação. Por fim, no centro da rosca de vinho foi realizado um furo, e esta foi encaixada no meio do CD, o qual prendeu-se na haste do motor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a montagem dos processos descritos anteriormente, obteve-se o protótipo final do motor Stirling, assim, os testes foram realizados para verificar a atuação e eficácia do mesmo. Em uma primeira testagem, os resultados alcançados não foram satisfatórios e nem como o esperado, já que o motor não apresentou o funcionamento adequado, porém, depois de algumas alterações em características do protótipo, como a diminuição do diâmetro do arame utilizado no pistão e na haste, conseguiu-se realizar um bom funcionamento, sendo possível observar as performances do motor, como a sua movimentação.

O motor funciona da seguinte forma: quando a chama é colocada na parte exterior deste, ocorre o aquecimento e a combustão dessa chama, a qual emitirá os gases aquecidos para a latinha inferior que possui o pistão feito de bombril, a partir disso, o bombril vai elevar-se com o auxílio dessa chama aquecida e fará com que o pistão se movimente para cima, movimentando também a haste presa na latinha de cima. Assim, quando essa haste puxar o pistão e mover-se para cima, o ar aquecido dentro da latinha de baixo irá passar pelo furo feito na direção do cotovelo e irá expandir a bexiga, direcionando uma força para o palito preso na bexiga e assim fazendo com que a haste esteja subindo e entrando em um processo cíclico.

O gás pressurizado no seu interior é chamado de gás de trabalho, o qual através do seu aquecimento e resfriamento, gera a potência do motor. Esse gás ficará se movimentando da parte fria para a parte quente e vice-versa, gerando assim o movimento intermitente, através do pistão, obtendo então acréscimo ou decréscimo da temperatura do gás de trabalho. Essa mudança na temperatura causa uma consequente mudança na pressão do gás, o que irá gerar uma força para movimentar o pistão (PAUTZ, 2013).

Os motores Stirling apresentam algumas vantagens importantes, como o fato de poderem utilizar diferentes tipos de fonte de calor como combustível, já que são motores de combustão externa. Assim, recebem a “possibilidade de trabalharem durante os períodos de insolação, recebendo calor do sol, e durante a noite com calor produzido por qualquer outro combustível, inclusive biomassa” (PAUTZ, 2013, p.19). Além disso, permitem que haja operações silenciosas e com pouca vibração, sendo ideais para o trabalho em regiões isoladas e que necessitam de pouco barulho.

Durante a construção deste protótipo encontrou-se algumas dificuldades, principalmente relacionadas ao movimento eficaz da haste, pois a mesma estava prendendo nos furos feitos na latinha, ocasionando uma rápida parada logo depois de iniciar o funcionamento. Por isso, ao analisar quais motivos estavam causando tal problema, percebeu-se que o diâmetro do arame desta haste estava muito grosso e assim, foi feita a alteração deste arame, apresentando então um melhor funcionamento após isso.

Uma análise observada foi em relação ao tipo de energia térmica utilizada, pois foram feitos testes tanto com uma vela, quanto com a utilização de álcool. Diante disso, observou-se que com o calor da vela o motor demorou mais para pegar impulso e gerar a rotação, já quando usamos o álcool como forma de calor, houve um rápido funcionamento do mesmo. Isso se deve pelo fato das diferentes colorações das chamas dessas combustões, uma vez que a chama amarela da vela possui uma menor intensidade do que a chama azul do álcool; assim,



quanto mais azulada for a chama, mais quente ela será e conseqüentemente apresentará uma grande intensidade e uma maior quantidade de calor.

Assim como apresenta suas vantagens, também existem algumas desvantagens neste tipo de motor, como o sistema de vedação do gás, o qual é de difícil controle; esta também foi uma das dificuldades encontradas no protótipo montado, principalmente em relação a total vedação entre a bexiga e o palito e entre as duas latinhas, pois durante algumas testagens percebeu-se que o ar estava escapando por estes locais. Outra desvantagem é a variação na velocidade do motor, uma vez que ela não pode ser controlada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permite uma maior aprendizagem em relação a algumas matérias da grade curricular do curso de eletromecânica, além de gerar um conhecimento sobre assuntos da física, como a termodinâmica. Além disso, o protótipo realizado pode ser utilizado em outros experimentos, aumentando assim a área de expansão do uso do motor Stirling. Dessa forma, a construção deste experimento apresentou mais prós do que contras, visto que utilizou-se materiais de baixo custo e o mesmo pode fazer parte da didática entre os discentes.

Palavras-chave: Educação, Motores Térmicos, Termodinâmica.

REFERÊNCIAS

PLANAS, Oriol. **O que são motores térmicos?:** Exemplos, tipos e definição.. DEMOTOR, 28 nov. 2016. Disponível em: pt.demotor.net/motores-termicos. Acesso em: 17 ago. 2022.

MOTOR de combustão externa. In: PANSIERE, Rafael C. *et al.* Motor de combustão interna e externa. [S. l.], 10 dez. 2016. Disponível em: <http://motoresdecarrsrdf.blogspot.com/2016/12/motor-de-combustao-interna-e-externa.html>. Acesso em: 17 ago. 2022.

SILVA, Alisson Oliveira da; RODRIGUES, Stéfanny Guimarães. PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DE MOTORES DE COMBUSTÃO EXTERNA. Motor Stirling, [s. l.], p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ARTIGO%20ALISSON%2001%2011%2016.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.



SILVA, Renato Peron da. Projeto Motor Stirling. Orientador: Jorge Isaias Llagostera Beltran. 2008. 21 p. Relatório Final (Bacharelado em eletromecânica) - Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, [S. l.], 2008. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2008/RenatoP-Llagostera_RF2.pdf. Acesso em: 19 ago. 2022.

PAUTZ, Edson Ronaldo. ESTUDO E PROJETO DE UM MOTOR STIRLING. 2013. 57 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2013. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br>. Acesso em: 27 nov. 2022.