



Motor Stirling Movido à Vela 1000 rpm para melhor entendimento prático da física no curso de Ciência e tecnologia da UFPA campus Ananindeua.

Dayana Rosy Souza dos Santos – dayana_rossy01@hotmail.com
Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Ciência e Tecnologia.
Campus Ananindeua
Faculdade da Amazônia, na BR 316 8, Alameda BR, - PA
67000-000 –Ananindeua – Pará

Misheila dos Santos Souza – misheila1@live.com
Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Ciência e Tecnologia.
Campus Ananindeua
BR 316, Km 07, n. 590 – bairro: Levilândia.
67000-000 –Ananindeua – Pará

Resumo: *Este trabalho foi desenvolvido para melhor entendimento prático da física no curso de ciência e tecnologia dos alunos da UFPA campus Ananindeua. O motor Stirling apresenta processos isotérmicos e possui um mecanismo de recuperação de calor entre dois processos isocóricos, o que promove a eficiência deste ciclo maior que a de outros ciclos de motores convencionais. utiliza um gás com fluido de trabalho, o mesmo foi desenvolvido pelo engenheiro escocês Robert Stirling no ano de 1816, esse motor possui o diferencial de ter combustão externa, podendo assim gerar trabalho a partir de varias fontes caloríficas como gases, madeira, biomassa, energia solar, entre outras. Seu funcionamento é baseado na variação do volume deste gás segundo a variação da temperatura que o mesmo é submetido, o gás expande quando aquecido e contrai quando resfriado. É constituído por duas câmaras de diferentes temperaturas que aquecem e resfriam o gás de forma alternada, provoca a expansão e contração, que faz movimentar dois êmbolos ligados a um eixo. No decorrer deste trabalho será realizado um estudo sobre a situação energética mundial, mostrando assim a real necessidade de se buscar tecnologias que possam se valer de fontes de energia alternativa. Diante da temática do uso da energia vinda de fontes alternativas, é mostrado a aplicabilidade dos motores Stirling, seu funcionamento e ciclo de trabalho. Utilizando os conhecimentos pesquisados, foi projetado um motor, demonstrando assim seu funcionamento.*

Palavras-chave: *Motor Stirling, Motor de ar quente, motores de combustão externa.*

1. INTRODUÇÃO

O motor Stirling representa uma alternativa para eletrificação de comunidades remotas e que não são amparadas pela rede elétrica convencional, porque podem operar alimentados

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





através de qualquer fonte de calor. Ainda existem as diversas limitações para o desenvolvimento desse tipo de motor, contudo se as restrições operacionais forem resolvidas, diferentes opções de projetos viáveis podem ser encontradas (SHENDAGE et al., 2010).

Em relação à eficiência térmica, o motor Stirling pode superar a de outros sistemas como, os de ciclo de Rankine e pode revelar-se mais barato em comparação com outras unidades fotovoltaicas (SHENDAGE et al., 2010).

Se as tendências atuais dos sistemas de energia, sustentadas pelas políticas existentes, mantiverem o mesmo rumo, tal como no cenário 6DS, a procura de energia primária urbana aumentará 70% em relação aos níveis de 2013, passando para cerca de 620 exajoules (EJ) em 2050, altura em que representará 66% do total segundo dados da IEA (International Energy Agency, 2016).

Desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de ampliar os conhecimentos na área da Física. A realização do experimento a seguir, foi gerado a partir da disciplina física experimental- Laboratório, visando despertar o interesse pela ciência e tecnologia, lembrando que os experimentos foram realizados utilizando material de custo baixo recicláveis, devido ao caráter socioambiental que o projeto possui.

O desenvolvimento de motores que podem ser alimentados a partir de fontes de

A energia renovável é de extrema importância para o aumento da utilização desse tipo de energia. Os motores Stirling são alvo de vários estudos e pesquisas científicas devido a sua capacidade de uso eficiente de energia proveniente de qualquer fonte de calor. Assim o desenvolvimento e investigação de motores Stirling tornam-se aspectos importantes para muitos institutos científicos e empresas comerciais (CRUZ, 2012).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ciclo Termodinâmico de Carnot

Idealizado pelo engenheiro francês Sadi Carnot, a máquina de Carnot estabelece o limite teórico máximo de rendimento das máquinas térmicas. O rendimento de um motor

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



ideal, baseado neste ciclo, é o máximo que uma máquina térmica trabalhando entre dadas temperaturas de fonte quente e fonte fria poderia alcançar (ROSSETIN et al, 2010, p. 17).

Funcionando entre duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas alternadamente, permite menor perda de energia (calor) para o meio externo (fonte fria).

A figura (1) representa o funcionamento do Ciclo Termodinâmico de Carnot, com suas diversas fases.

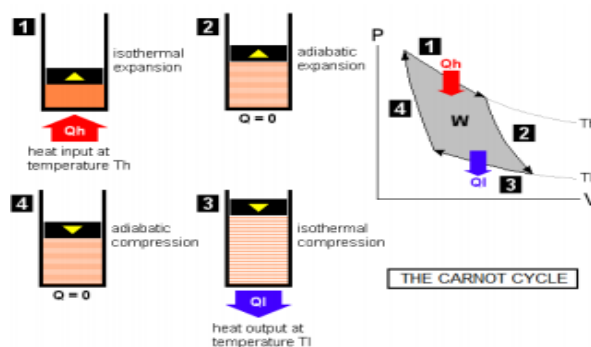


Figura 1 - Ciclo de Carnot
Fonte: Rossetin et al. (2010, p. 18)

Onde:

1. Expansão isotérmica (troca de calor com fonte quente)
2. Expansão adiabática (sem troca de calor com o meio externo)
3. Compressão isotérmica (calor é rejeitado)
4. Compressão isotérmica (sem troca de calor com o meio externo)

2.2. Princípio de Funcionamento

A máquina de Carnot apresenta um ciclo ideal, onde a energia do processo de aquecimento do fluido é, em teoria, totalmente transformada em trabalho, no entanto, seu desenvolvimento prático não foi possível. Neste sentido, esta foi a referência utilizada para

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





se desenvolver o ciclo Stirling, conforme apresentado na figura (2) e, por consequência, criar o motor Stirling.

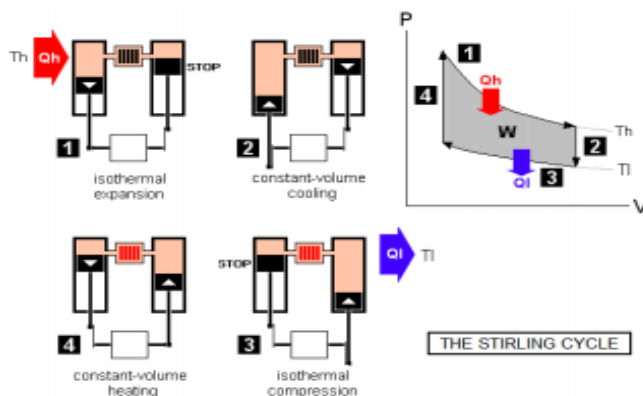


Figura 2 - Ciclo Stirling
 Fonte: Rossetin et al. (2010, p. 18)

Rossetin et al. (2005, p. 75) descrevem que ao contrário dos motores convencionais (combustão interna), o motor Stirling se caracteriza por gerar potência a partir do aquecimento e resfriamento do gás de trabalho, presente no interior do motor, através de um agente de combustão externa. Este gás de trabalho é deslocado da parte fria para a parte quente, e vice-versa, através da movimentação dos pistões, que somado a variação da sua temperatura e alteração de pressão, gera força aos mesmos e por consequência transmitem potência ao eixo.

HALLIDAY (2013, p.19) apresenta a lei dos gases ideais conforme equação (1):

$$PV = nRT, \quad (1)$$

Onde:

- T - temperatura -K
- P – pressão -PA
- V - volume - m³
- n - número de mols -
- R - constante universal dos gases - J/kg. K

Todo ciclo termodinâmico envolve transformações com a variação de uma destas três grandezas fundamentais dos gases.

2.3. Máquina Térmica

Uma máquina térmica é um sistema reservatórios com diferentes temperaturas. Este retira calor do reservatório de maior temperatura (Tq), realiza trabalho e rejeita o

Organização



UDESC
 UNIVERSIDADE
 DO ESTADO DE
 SANTA CATARINA



Promoção





restante do calor para o reservatório de menor temperatura (T_f), operando em ciclos, conforme mostra a figura 3.



Figura 3- Desenho esquemático do funcionamento de uma máquina térmica, sendo o Q_q calor do reservatório de maior temperatura (Reservatório quente a uma temperatura T_q) e Q_f calor do reservatório de menor temperatura (reservatório Frio a uma temperatura T_f).

O rendimento de uma máquina térmica é dado por:

$$N = \frac{W}{Q_q} = \left| 1 - \frac{Q_f}{Q_q} \right| * 100\% \quad (3)$$

O principal conceito envolvido é segunda Lei da termodinâmica: “Não é possível transformar completamente calor em trabalho, sem a ocorrência de outra mudança”. O rendimento de Carnot (limite teórico de uma máquina térmica) é dado por:

$$N = \left| \frac{T_q - T_f}{T_q} \right| * 100\% \quad (4)$$

- - **Primeira Lei da Termodinâmica:** essa lei diz que a variação da energia interna de um sistema pode ser expressa através da diferença entre o calor trocado com o meio externo e o trabalho realizado por ele durante uma determinada transformação.
- - **Segunda Lei da Termodinâmica:** enunciada pelo físico francês Sadi Carnot, essa lei faz restrições para as transformações realizadas pelas máquinas térmicas, segundo Carnot, para

Organização



UDESC
 UNIVERSIDADE
 DO ESTADO DE
 SANTA CATARINA



Promoção





que um sistema realize conversões de calor em trabalho, ele deve realizar ciclos entre uma fonte quente e fria, isso de forma contínua.

2.3.1 Rendimento das máquinas térmicas

Podemos chamar de rendimento de uma máquina a relação entre a energia utilizada como forma de trabalho e a energia fornecida:

η =rendimento;

τ = trabalho convertido através da energia térmica fornecida;

Q_1 =quantidade de calor fornecida pela fonte de aquecimento;

Q_2 =quantidade de calor não transformada em trabalho.

$$\eta = \frac{\tau}{|Q_1|} \quad (5)$$

Logo, podemos expressar o rendimento como:

$$\eta = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} \quad (6)$$

O valor mínimo para o rendimento é 0 se a máquina não realizar nenhum trabalho, e o máximo 1, se fosse possível que a máquina transformasse todo o calor recebido em trabalho, mas como visto, isto não é possível. Para sabermos este rendimento em percentual, multiplica-se o resultado obtido por 100%.

3. O MOTOR STIRLING

A tecnologia dos motores Stirling é antiga e foi desenvolvida pelo escocês Robert Stirling em 1816, antes dos motores de combustão interna. Desde então, vários motores com base em sua invenção foram construídos em muitas formas e tamanhos (ÇINAR, 2004).

Existem vários métodos para converter energia solar em energia mecânica, uma delas teoricamente associado à máxima eficiência é o motor stirling ou motor de ar quente, pois necessita apenas de uma fonte externa de calor. Oferece alta eficiência com baixa emissão de poluentes em comparação com os motores de combustão interna. Motores de ar quentes são limpos, eficientes e funcionam com qualquer tipo de combustível (TAVAKOUPUR, ZOMORODIAN e GOLNESHAN, 2008).

O MOTOR Stirling realiza dois processos isotérmicos e possui um mecanismo de recuperação de calor entre dois processos isocóricos, isso torna a eficiência deste ciclo maior que a de outros ciclos de motores convencionais. Portanto, para uma conversão de calor quente e frio, assim como o regenerador trabalhem adequadamente. Com o regenerador trabalhando sem muitas perdas e quantidade de calor requerida pelo motor e cada ciclo se torna menor. Por

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



isso, o desenvolvimento dos trocadores de calor e do regenerador adequados para cada tipo de motor é indispensável (KAGAWA et al., 2007 apud PAULA, 2007)

4. EXPERIMENTO

Para a construção do Motor Stirling foi feita uma pesquisa na internet, onde encontrou-se diversos modelos interessantes e que utilizavam materiais de fácil acesso. A maioria dos materiais utilizados, na construção do Motor Stirling, é de fácil acesso e custo reduzido. Este motor funciona com a dilatação do ar (quando aquecido) e com sua contração (quando resfriado). Quando o pistão deslocador (lata interna) é movimentado para cima, o ar que estava na parte fria do cilindro (no topo), é deslocado para baixo, indo para a parte mais quente. Em contato com as paredes aquecidas, o ar é aquecido e a pressão dentro do cilindro aumenta rapidamente, com o volume de ar. Consequentemente, o pistão de trabalho (feito com balão) é empurrado para cima, fazendo o virabrequim girar. Quando o pistão deslocador é movimentado para baixo, ocorre o inverso, pois o ar que estava na parte quente é deslocado para cima, se esfria e se contrai, produzindo um vácuo e fazendo com que o pistão de trabalho seja sugado para baixo e, assim, continuando o giro do virabrequim. Após a obtenção dos materiais necessários, deu-se início a construção e montagem do Motor.

4.1 MATERIAIS E METODOLOGIA

1. 3 latas de refrigerante ou cerveja 350 ml, 68 mm de diâmetro (6,8 cm) para o cilindro quente e os dois cabeçotes;
2. 1 lata de cerveja 473 ml, 68 mm de diâmetro (6,8 cm) como suporte do virabrequim;
3. 2 latas de abacaxi 400g, com 100 mm de diâmetro (10 cm), para o forminho e o sistema de resfriamento;
4. 1 tampa de uma lata de spray de cabelo 63 mm de diâmetro (6,3 cm), para o cilindro do pistão de trabalho;
5. 1 tampa de spray pra secagem de unhas de 532 mm ou 57 mm de diâmetro (5,3 cm ou 5,7 cm), para fazer a tampa externa do pistão de trabalho;
6. 1 tampa de amaciante de 40 mm de diâmetro (4 cm), para fazer a tampa interna do pistão de trabalho;
7. 1 balão número 9, para o pistão de trabalho;
8. 1 câmara de motocicleta, (descartada em borracharia), cortada em duas tiras para colocar em volta do cilindro do pistão de trabalho a fim de afixar o balão;
9. 1 rodinha de lã de aço ‘Bom Bril, marca que produz maior desempenho em relação às outras;
10. 3 raios de bicicleta de 2 mm (conhecido por fino) todos em INOX;
11. 1 raio de bicicleta de 2,5 mm (conhecido como grosso) em INOX, para a biela do pistão de trabalho;
12. 2 moedas de 5 centavos, para os mancais (bucha de suporte para o virabrequim);
13. 4 cds para o volante;
14. 1 gravadora de CD de computador ou DVD estragado para fazer o volante;
15. 8 conectores de fio de luz tamanho 6 mm;
16. 1 pedaço de mangueirinha de plástico para fazer a ligação entre os dois cilindros;
17. 1 de ferro ou alumínio, para fazer o apoio do pistão de trabalho;
18. Graxa, cola de silicone de alta temperatura.

4.1.1 MEDIDAS

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





- Curso do pistão deslocador: 38 mm, 980 RPM-com curso reduzido para 36 mm , o motor atinge 1100 RPM;
- Comprimento do pistão deslocador: 35 mm;
- Curso do pistão de trabalho: 16mm ou 18 mm;
- O comprimento do cilindro frio é 30 mm (3 cm), com diâmetro de 63 mm;
- A tampa externa do pistão de trabalho, possui 54 mm de diâmetro;
- A tampa interna do pistão de trabalho, possui 40 mm de diâmetro;
- O primeiro cabeçote com 60 mm de comprimento e o segundo entre 50 a 60 mm;
- O cilindro quente com 105 mm (10,5 cm) de comprimento;
- O comprimento da lata do sistema de resfriamento: 45 mm (4,5 cm);

4.1.2 FERRAMENTAS USADAS

- 1 Furadeira;
- 1 broca de 1,2mm, 2mm, 2,5 mm e 4 mm;
- 1 serrinha de cortar ferro;
- 1 esmeril;
- 1 chave de fenda, alicate de ponta e um normal, martelo;
- 1 régua ou paquímetro de plástico.

4.1.3 CABEÇÓTE

4.1.3.1 Centro da lata: Coloca-se uma canetinha no centro da lata apoiada sobre uma base improvisada. Como mostra a figura abaixo:



Figura 4 – Técnica para encontrar o centro da lata.

4.1.3.2 Medidas dos cabeçotes: A primeira lata de alumínio possui 60 mm de comprimento, e a segunda pode variar entre 50 mm até 60 mm de comprimento.



Figura 5 – Dois cabeçotes.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





4.1.3.3 Encaixe do Cabeçote: É encaixado a 10 mm (a cm) e o encaixe do cabeçote no cilindro quente é 5 mm (0,5 cm). Como se pode observar abaixo.



Figura 6– Cabeçotes encaixados em 1 mm.

4.1.4 Cilindro quente: Uma lata é cortada com 105 mm de comprimento (10,5 cm) e com 68 mm de diâmetro (6,8 cm).



Figura 7 – Cilindro quente.

4.1.5 Reservatório de água: Lata do sistema de resfriamento tem 45 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro.



Figura 8 – Reservatório de água.

4.1.6 Tampa externa do pistão de trabalho: possui 53 mm de diâmetro;

4.1.7 Tampa interna do pistão de trabalho: possui 40 mm de diâmetro;

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





4.1.8 Balão: É conhecido pelo numero 9.

4.1.9 Cilindro do pistão de trabalho: 63 mm de diâmetro e 30 mm de comprimento, que é conhecido como cilindro frio;



Figura 9 – Cilindro do pistão de trabalho.

4.1.10 Duas mangueirinhas: Dois caninhos com 6 mm de diâmetro de ligação para os dois cilindros.



Figura 10 – mangueirinhas de ligação entre os dois cilindros

2.4.1.11 Vedação do pistão: Duas borrachas de câmara de moto cortadas para afixação do balão no cilindro frio, onde a borracha interna é de 15 mm de largura e a externa é 20 mm. Corta-se a câmara de moto com tesoura.



Figura 11 – Câmara de moto cortada.



4.1.12 Suporte: Lata de suporte do virabrequim tem 155mm de comprimento, sendo a localização do centro do furo para a fixação do virabrequim, de 30 mm medidos de cima para baixo.

4.1.13 Bielas: As bielas dos dois pistões devem ser cortadas depois do motor montado.



Figura 12 – Suporte do virabrequim.

4.1.14 Haste do pistão deslocador: É usada a rosca do raio com a porca cortada ao meio, para afixar uma tampa de latinha de cerveja, depois é envolvida a lã de aço em torno do raio, porém, extremamente fofa até completar o diâmetro do cilindro (63 mm).



Figura 13 e 14 – Haste do pistão deslocador com a porca cortada; haste do pistão envolvido com a lã de aço.

4.1.15 Virabrequim:

Após a conclusão da dobra para o pistão deslocador, é introduzido o conector de fio de luz no virabrequim, que será usado na fixação da biela do pistão deslocador.

Usando o alicate e depois de ter feito a marcação com canetinha no raio de 2,5 mm, foi feita as dobras do virabrequim seguindo essas medidas aqui abaixo.

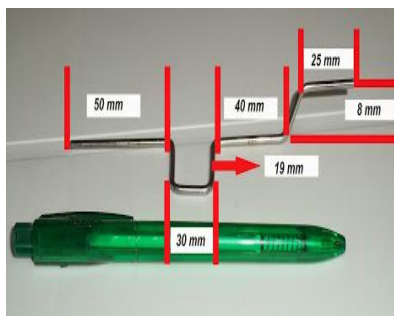


Figura 15 – virabrequim.

4.1.16 Volante do virabrequim: Cola-se um conector de fio de luz com cola de silicone no centro dos cds, para então ser fixado no virabrequim.



Figura 16 – volante.

5 DESCRIÇÃO

O motor Stirling surpreende por sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras em diferentes temperaturas que aquecem e resfriam um gás de forma alternada, provocando expansão e contração cíclicas, o que faz movimentar dois êmbolos ligados a um eixo comum. Este tipo de motor funciona com um ciclo termodinâmico composto de 4 fases e executado em 2 tempos do pistão: compressão isotérmica (= temperatura constante), aquecimento isométrico (= volume constante), expansão isotérmica e resfriamento isométrico. Este é o ciclo idealizado (válido para gases perfeitos), que diverge do ciclo real medido por instrumentos. Não obstante, encontra-se muito próximo do chamado Ciclo de Carnot, que estabelece o limite teórico máximo de rendimento das máquinas térmicas.

Há 3 configurações básicas deste tipo de motor: Alfa - com cilindros em V; Beta - com êmbolos co-axiais num mesmo cilindro e Gama - com cilindros em linha (ver links externos). Existem modelos grandes com uso prático e modelos didáticos, minúsculos, acionados até pelo calor de uma mão humana.

5.1 Vantagens deste motor:

- Pode ser alimentado por qualquer fonte de calor, o que inclui a queima dos mais variados combustíveis, (gás natural, óleo combustível, biomassa, gasolina, álcool, entre outros), mas também a possibilita o aproveitamento do

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





calor proveniente de fontes de energia limpa como a luz solar e energia geotérmica;

5.2 Desvantagens deste motor:

- Lenta aceleração e desaceleração. Em geral são motores ditos de pequena densidade energética, possuem grande tamanho para dada potência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A base teórica da pesquisa para construção do motor deu-se por meio dos princípios da física com os assuntos abordados: mecânica e suas aplicações; termodinâmica; máquinas térmica e seu princípio de funcionamento enfatizando o motor Stirling.

A construção do protótipo do motor Stirling se deu por meio de muita dificuldade, pois, a princípio parecia fácil de construir, porém, na execução observamos vários impasses. Algumas latinhas de cerveja foram perdidas durante o corte, ou rasgaram durante o manuseio de acoplamento no caso dos cabeçotes. Devido a improvisos, e a fragilidade do material utilizado quando se tratava de perfuração como, por exemplo, na instalação das mangueirinhas entre os dois cilindros. Na confecção do virabrequim, também tivemos contratempo no uso do alicate, onde a precisão não era eficiente, perdemos três virabrequins. Na hora de colocar o motor para rodar, não foi possível, pois o volante não tinha força e também o corpo do motor ficou desalinhado. Contudo, conclui-se que mesmo que o motor finalizado não tenha sido eficaz seu funcionamento, baseado nos estudos feitos com base na física, pode-se concluir que este motor é uma alternativa de geração de energia sustentável, eficiente e de custo baixo.

O resultado angariado com a construção desse motor facilitou o aprendizado por meio da prática à teoria da física dos alunos do curso ciência e tecnologia do *campus* Ananindeua, assim, ficou compreensível, sobretudo a eficiência na geração de energia de

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia



um equipamento térmico, assim como, o processo de funcionamento de uma máquina térmica, os princípios da termodinâmica e a mecânica em si.



Figura 17 – Motor de Stirling

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Capítulos de Livros:

Companhia Energética de Minas Gerais-CEMIG. Coletânea de artigos sobre alternativas energéticas [livro eletrônico] / Organizadores: Cláudio Homero Ferreira da Silva, Luana Teixeira Costa Lana. – Belo Horizonte: Cemig, 2016. Disponível online em: <<http://cemig20/Inovacao/AlternativasEnergeticas>> Acesso em 25 Março. 2017.

CHAVES, Alaor. Física básica: Gravitação, Ondas, Fluidos, Termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HALLIDAY, David; ROBERT, Resnick; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física. Vol.2 .9º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

Monografias, dissertações e teses:

CRUZ, Vinícius; UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, Centro de Tecnologia. Desenvolvimento experimental de um Motor Stirling tipo Gama, 2012, 70 p, il. Tese (Mestrado).

CINAR C., YUCESU S., TOPGUL T., OKUR M., *Beta-type Stirling engine operating at atmospheric pressure*. Applied Energy, v. 81, p. 351-357, 2005.

DUARTE, Luiz; TOLEDO, Marcel; OLIVEIRA, Thiago; UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, Departamento Acadêmico de Eletrônica. Conversão de Energia Térmica em Energia Elétrica utilizando Motor Stirling, 2013, 58p. il. TCC.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





PAULA, R. B., *Projeto e avaliação teórica e experimental de sistemas de geração de eletricidade a partir da biomassa utilizando motores Stirling*, 2007. 178 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá. 2007.

PAUTZ, Edson; UNIJUÍ – UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL DCEENG – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias. Estudo e Projeto de um Motor Stirling, 2013, 57p. il. TCC.

ROSSETIN, André L et al. Análise da Aplicabilidade dos Motores Stirling. Curitiba, 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade de São Paulo, 2007.

SHENDAGE, D. J ., KEDAR, S. B ., BAPAT, S . L., *An analysis of beta tipe Stirling engine whith rhombic drive mechanism. Renewable Energy*, v .36,p. 289-297, 2010.

Internet:

MOURA, G. C. de M. **Citação de referências e documentos eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.elogica.com.br/users/gmoura/refere.html>> Acesso em: 09 out. 1996.

Faculdade de Física Laboratório/Termodinâmica FIZ 0211. **Motor Stirling**. Disponível em: <http://fisica.uc.cl/images/Stirling-Motor_rev3.pdf> Acesso em: 27 Março 2017.

SILVA, R. P. Projeto Motor Stirling. Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2008/RenatoP-Llagostera_RF2.pdf> Acesso em: 16 Março 2017.

Normas:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

STIRLING MOTOR SAILED 1000 RPM FOR BETTER PRACTICAL UNDERSTANDING OF PHYSICS IN THE COURSE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THE UFPA ANANINDEUA CAMPUS.

Abstract: *This work was developed for better practical understanding of physics in the science and technology course of UFPA students Ananindeua campus. The Stirling engine has isothermal processes and has a mechanism of heat recovery between two isochronous*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



processes, which promotes the efficiency of this cycle greater than that of other cycles of conventional motors. Uses a gas with working fluid, the same was developed by the Scottish engineer Robert Stirling in the year of 1816, this engine has the differential of having external combustion, being able to generate work from several heat sources like gases, wood, biomass, energy Solar, among others. Its operation is based on the variation of the volume of this gas according to the temperature variation that it is subjected, the gas expands when heated and contracts when cooled. It consists of two chambers of different temperatures that heat and cool the gas alternately, causing expansion and contraction, which causes two pistons connected to an axis to move. In the course of this work will be carried out a study on the world energy situation, thus showing the real need to look for technologies that can use alternative energy sources. In view of the use of energy from alternative sources, the applicability of the Stirling engines, their operation and their working cycle is shown. Using the researched knowledge, an engine was designed, thus demonstrating its operation.

Keywords: Stirling engine, Hot air engine, external combustion engines.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia