

ANAIS DO VII SEMINÁRIO

ADUNESP

GUARATINGUETÁ

20-25 OUTUBRO 1986

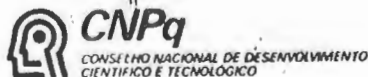
VOLUME 2

UNESP
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

FEG
FAC. ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ

ADUNESP
ASSOCIAÇÃO DOS DOCENTES DA UNESP

APOIO:



CNPq - Agência Regional São Paulo
Av. 9 de Julho, 4.400 - Jardim Paulista
Tel.: (011) 881-8255/852-8898
01406 - São Paulo - SP

ANAIIS DO
VII SEMINÁRIO ADUNESP - GUARATINGUETÁ

20 A 25 DE OUTUBRO DE 1986
CAMPUS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
GUARATINGUETÁ - SP
BRASIL



Organizado pela ADUNESP-Guaratinguetá
Associação dos Docentes da Universidade Estadual Paulista
Regional de Guaratinguetá

GERADOR TERMOELÉTRICO A SEMICONDUTOR PARA APROVEITAMENTO EM MOTORES
A COMBUSTÃO INTERNA

CELERE, SAMUEL W. - EESC - USP

VENANZI, DUÍLIO - EESC - USP

SANTOS, PAULO RENATO PEREZ DOS - CTI - Universidade do Rio Grande-RS

SUMÁRIO

Aproveitamento dos gases de escape de motores a combustão interna para a geração de potência elétrica utilizando-se gerador a semiconductor (telureto de bismuto) para recarga de baterias. O uso do sistema proposto se traduzirá numa substancial economia de combustível. É apresentado o projeto para 144 W, com os gases de escape a 400°C.

INTRODUÇÃO

Num circuito elétrico para auto veículos, de 12 V e 25 A nominais, a sua recarga consome aproximadamente 300 W de potência em regime contínuo. Esse sistema é composto de um alternador ligado mecanicamente ao eixo do motor, de onde absorve aquela potência e mais as perdas mecânicas do próprio alternador, aqui estimadas em 100 W. Este sistema em funcionamento apresenta um consumo de 176 g/h de álcool para um motor a plena carga e girando a 3000 rpm /l/, com potência medida de 33.9 HP com um tempo de utilização mensal de 30 horas, correspondendo portanto a um consumo de 5.28 kg/mês. Além disso, o sistema convencional apresenta um consumo médio de 10 g/HP-h acima do consumo específico calculado para o motor funcionando com o sistema de recarga desacoplado.

Em substituição a este sistema pode-se utilizar geradores a semicondutores, com a fonte fria sendo o ar ambiente e a fonte quente os gases de escape do próprio motor que o abandonam a uma temperatura média de 400°C.

O gerador termoeletrico é um dispositivo composto por dois semicondutores, um do tipo p e outro do tipo n, ligados termicamente e eletricamente a dois terminais condutores de calor e eletricidade.

Um dos terminais constitui a junção quente que é mantido a T_h por meio da fonte quente e o outro terminal é a junção fria que mantém-se a T_c devido a fonte fria.

SYSNO	1536349
PROD	-001665
ACERVO EESC	

O efeito Seebeck que surge entre os terminais do gerador é a força eletromotriz que é proporcional à diferença de temperatura e ao coeficiente de Seebeck. Esse coeficiente varia entre 280 e 430 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ quando utiliza-se semicondutores, valor este que é dez vezes superior ao do cobre constante.

PARÂMETROS DO PROJETO

Segundo a Tabela I nota-se que o telureto de bismuto apresenta a maior figura de mérito, e também possui temperatura de fusão relativamente alta em comparação à temperatura de trabalho que se pretende usar.

Escolhendo-se o telureto de bismuto, por exemplo, como constituinte dos semicondutores, tanto pelas suas propriedades, quanto pela construção dos protótipos /3/, /4/. Para a obtenção dos semicondutores pode-se utilizar o método de Bridgman /3/, onde o material a ser cristalizado é colocado numa cápsula cônica tubular que é movida vagarosamente em um forno, onde sofre um gradiente de temperatura de 625 a 580 $^\circ\text{C}$ em atmosfera de hidrogênio. Uma outra opção é o método de Czochralski /5/, semelhante ao de Bridgman mas em atmosfera de argônio e com um aquecimento pré-purificador.

Tais protótipos poderão ser construídos a partir do telureto de bismuto comercial dopados com Te e Bi em excesso (tipos n e p respectivamente). Os elementos deverão ser encapsulados em tubos cerâmicos para maior estabilidade química.

PROJETO DOS PROTÓTIPOS

Adotou-se as temperaturas médias das fontes quente e fria respectivamente iguais a 400 $^\circ\text{C}$ e 50 $^\circ\text{C}$. A da fonte quente foi escolhida com base em dados experimentais tirados em ensaios de motores a combustão interna. Esta temperatura corresponde ao uso de um motor a 75% da carga plena e rotação máxima /1/. A temperatura da fonte fria foi adotada em 50 $^\circ\text{C}$ por ser mais próxima das condições ambientes reinantes em salas de motores a combustão, vizinhas à tubulação de escape.

Os valores da Tabela II foram obtidos através da metodologia de cálculo de /2/, /3/, e considerando-se 3 hipóteses simplificadas:

- Entre as fontes quente e fria só há transmissão de calor através dos semicondutores;
- a resistência de contacto da junção é desprezível;
- a resistividade elétrica, a condutividade térmica e o coeficiente Seebeck são constantes com a temperatura.

TABELA I /2/, /3/

SUBSTÂNCIA	PONTO DE FUSÃO °C	NÍVEL DE ENERGIA eV	TIPO, P IMPUREZAS	TIPO N IMPUREZAS	CONDUTIBILIDADE TÉRMICA W/cm°C	FIGURA DE MÉRITO (a 300° K)
As Te	360	—	Te em excesso	Te em excesso	0.025	tipo p > 0.016 tipo n > 0.023
Sb Te	620	—	Sb em excesso	—	0.048	tipo p > 0.02
Bi Te	580	0.16	Bi ou Pb em excesso	Te ou I em excesso	0.021	tipo p > 0.041 tipo n > 0.048

TABELA II

. Temperatura da Fonte Fria	323.0	$^{\circ}\text{K}$
. Temperatura da fonte quente	673.0	$^{\circ}\text{K}$
. Semicondutor tipo n	$= 195.0 \times 10^{-3}$	$\text{V}/^{\circ}\text{C}$
	$= 1.35 \times 10^{-3}$	Ohm.cm
	$Z = 2.05 \times 10^{-3}$	$\text{V}/^{\circ}\text{C}$
. Semicondutor tipo p	$= 230.0 \times 10^{-3}$	$\text{V}/^{\circ}\text{C}$
	$= 1.75 \times 10^{-3}$	Ohm.cm
	$Z = 2.5 \times 10^{-3}$	$^{\circ}\text{K}$
. Tensão por célula	0.15	V
. Número de células	90	-
. Figura de mérito	2.26×10^{-3}	$^{\circ}\text{K}^{-1}$
. Dimensões das células		
(p) diâmetro	11,0	mm
altura	15.0	mm
(n) diâmetro	13.0	mm
altura	15.0	mm
. Corrente	19	A
. Potência de saída	144	W
. Eficiência térmica	12.0	%

Os diâmetros constantes da Tabela II foram escolhidos em função de tubos cerâmicos existentes comercialmente no mercado nacional. O cálculo da relação de diâmetros e altura foi baseado na máxima eficiência e no maior valor da figura de mérito /2/.

Para se construir um gerador que tenha uma tensão de 12 V em seus terminais deverão ser então necessários 80 elementos, para substituição do sistema convencional de recarga. Como o gerador poderá trabalhar com temperaturas diferentes daquelas do projeto, se torna necessário um acréscimo no número de elementos. Este acréscimo foi arbitrado em 10%, tendo portanto 90 elementos no total.

Polos gráficos I e II pode-se ver que a potência e o rendimento são funções da diferença de temperatura entre as fontes quente e fria:

Os geradores poderão ser montados em placas individuais, com isolamento elétrico de mica, para receber o calor gerado pela fonte quente, obtida dos gases de escape de motores a combustão interna. O espaço entre semicondutores poderá ser preenchido com amianto em pó ou terra diatomácea para isolação térmica e estabilidade estrutural. Os dissipadores de calor da fonte fria deverão ser construídos

vizando-se a utilização de convecção natural e forçada (por meio de ventiladores) para a necessária variação de temperatura.

Gráfico I

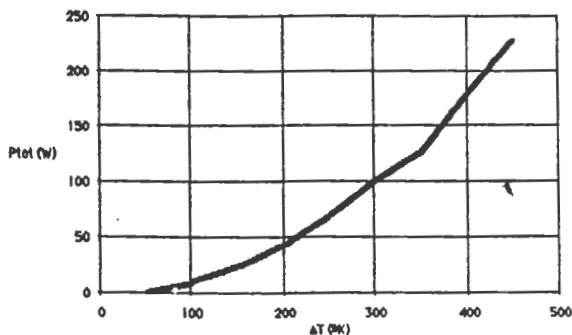
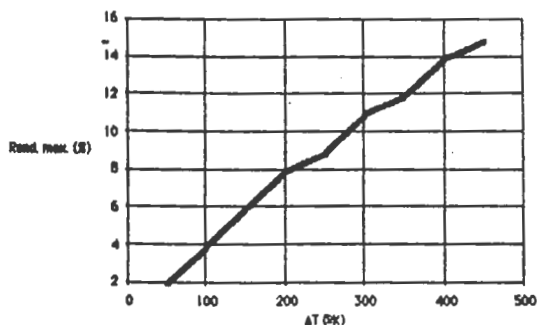


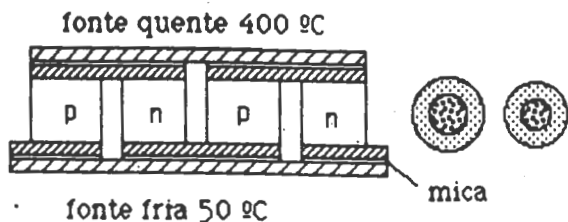
Gráfico II



As placas de aço da Figura I deverão ser aletadas e contraven-tadas para resistência estrutural e vedação dos termoelementos. Os coletores deverão ser isolados eletricamente das placas por meio de espaçadores de mica. Tais coletores deverão ser construídos em alumínio para fácil usinagem e vedação dos elementos.

CONCLUSÕES

- O sistema de recarga de baterias apresentado leva a uma efetiva economia de combustível e aumento da potência do motor pela substituição do sistema convencional;
- O custo de manutenção é praticamente nulo pela inexistência de peças móveis e construção hermética;






-  placa dissipadora de calor (aço)
-  coletor (aluminio)
-  cerâmica

figure 1

- A obtenção dos semicondutores é relativamente simples, necessitando apenas de fornos com atmosfera controlada e dispositivo de avanços;
- O sistema é de instalação simples, pois é parte integrante da tubulação dos gases de escape do motor.

REFERÊNCIAS

- /1/ SANTOS, A.M. - "Aproveitamento da energia rejeitada em máquinas térmicas para a produção de frio através de sistemas de absorção". Dissertação de Mestrado, EESC-USP, 1980.
- /2/ ANGRIST, S.W. - "Direct energy conversion". Mechanical Engineering Carnegie-Mellon University, 1965.
- /3/ HARMAN, T.C. - "Preparation and some physical properties of Bi Te, Sb Te and As Te". J. Phys. Chem. Solids, vol. 2 - nº 3, pp. 181-190.
- /4/ STOLL, R. - "Les générateurs thermoélectriques". L'onde électrique, vol. 55, nº 3, pp. 167-176.
- /5/ GOL'TSMAN, B.M. & PROKHOROVA, S.D. - "An apparatus for growing bismuth telluride monocrystals by Czochralski's method". J. Phys. Chem. Solids. 1965, p. 45-47.