

## XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **GERADOR DE CORRENTE CONTÍNUA BASEADO NA CONVERSÃO DE ENERGIA MECÂNICA DE UM MICROASPELADOR PARA USO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO**

*W. Roque<sup>1</sup>; A.W. Spengler<sup>1</sup>; F. J. O. Morais<sup>1</sup>; J. A. S. Dias<sup>1</sup>; E. C. Ferreira<sup>1</sup>*

**Resumo** – Esse artigo descreve um gerador de corrente contínua (DC) que utiliza a energia mecânica gerada pelo eixo de uma “bailarina” de um microaspersor. A energia mecânica gerada pelo eixo da bailarina acoplado a um gerador de corrente contínua fornece potência suficiente para ser utilizado como fonte de corrente para alimentar um carregador de bateria. Os microaspersores foram conectados a água com pressão constante e o valor da tensão na saída do gerador foi medida em um osciloscópio. Para obter uma curva característica da saída de tensão do gerador foram utilizados três resistores de valores 120, 700 e 1k ohms para simular uma carga e com isso determinar o valor da potência produzida pelo gerador com diferentes cargas. Os valores calculados da potência gerada para cada carga foram respectivamente de 18,2, 6,36, 5,29mW. Os valores obtidos mostram que com o aumento da carga a velocidade de rotação do eixo da bailarina começa a diminuir, com isso, provoca uma diminuição na potência fornecida. Contudo, os dados obtidos demonstram a possibilidade de utilização da energia mecânica produzida pelo movimento da bailarina na fabricação de um gerador de corrente contínua para possível utilização deste como um carregador de bateria.

**Abstract** – This article describes a continuous current generator produced from the mechanical energy generated by spreaders rotation of micro sprinkler. The mechanical energy generated by the spreaders rotation coupled to a DC current generator provides enough power to be used as a source of current to charge a battery. The micro sprinkler was connected with constant water pressure and the voltage value generated was measured on an oscilloscope. To get a characteristic curve of the output voltage of the generator was used three values of resistors 120, 700 and 1k ohms to simulate a load and thus determine the amount of power produced by the generator with the different loads. The calculated values of the power generated with each load were respectively 18.2, 6.36, 5.29mW. The data show that with load increasing the rotation speed of spreader begins to decrease, causing a decrease in generated power. However, that it is possible to use the mechanical energy generated by spreader rotation in the build of a DC generator, and use this energy as a battery charger.

**Palavras-Chave** – Gerador de Corrente Contínua, Microaspersor, Carregador de bateria.

### **INTRODUÇÃO**

A busca por uma melhor produção agrícola com redução de custos tem levado a um aumento da automação dos sistemas de irrigação, por isso diversos estudos tem sido realizados [Alencar *et al.* (2007)] buscando esse objetivo.

---

<sup>1</sup> Departamento de Eletrônica e Microeletrônica – DEMIC/FEEC/UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas. Av. Albert Einstein 400, Campinas, SP 13083-852 – Brasil, welroque@demic.fee.unicamp.br

Mas para a automação de sistemas de irrigação exige-se o emprego cada vez maior do uso de sensores [Roque *et al.* (2008)] e equipamentos que possibilitem a realização de medidas e gerenciamento dessas informações [Morais *et al.* (2004)].

A ampliação do uso de sensores para a automação de sistemas agrícolas [Valente *et al.* (2008)] e técnicas que, por exemplo, utilizam redes de sensores sem fio (*wireless*) [Serôdio *et al.* (2001)] para a comunicação desses sensores implicam em um aumento considerável no consumo de energia.

Com isso recursos como baterias e células solares [Santos *et al.* (2007)] aparecem como meios que podem ser usados para prover os sensores com energia elétrica, mas ainda com algumas limitações como, por exemplo, a duração da carga das baterias no primeiro caso e o custo ainda elevado para a utilização de células solares em larga escala.

Este trabalho tem como objetivo a apresentação de um gerador de corrente contínua que seria uma opção para fornecer energia elétrica, que utiliza um microaspersor como gerador de energia mecânica, essa energia é transformada pelo gerador de corrente contínua e pode ser utilizada juntamente com um carregador de bateria para aumentar a vida útil de baterias. [Lima *et al.* (2003)]

Utilizando esse gerador de corrente contínua é possível recarregar a bateria utilizada para alimentação da instrumentação, assim como dos sensores sempre que um microaspersor for utilizado, aproveitando a energia mecânica produzida por ele na forma de energia elétrica.

### **Irrigação por microaspersores**

Trata-se de um sistema de irrigação localizada, onde a água é aspergida através de microaspersores (miniaturas de aspersores) próximo ao sistema radicular das plantas. São largamente utilizados em fruticultura, irrigação em casas de vegetação, jardins etc. Adapta-se a diversas culturas e a qualquer tipo de condições topográficas [Vieira (1989)].

A Figura 1 apresenta um microaspersor semelhante ao utilizado nos ensaios.



Figura 1 – Microaspersor utilizado para fabricação do gerador de energia.

## Gerador de corrente contínua (DC)

Os motores e os geradores de corrente contínua podem ser divididos em duas partes, uma estacionária e a outra girante. A parte fixa é conhecida como estator e a parte móvel é chamada de rotor. O estator tem como função a de proporcionar o campo magnético no qual giram os condutores da armadura. Nesta parte além dos pólos propriamente ditos, temos também o conjunto de escovas [Fitzgerald *et al* (2006)].

O rotor é constituído por um núcleo de aço laminado, no qual existem ranhuras destinadas a receber os enrolamentos (condutores). No mesmo eixo dessa peça, há um conjunto de segmentos de cobre, o comutador ou coletor, sobre o qual deslizam as escovas que servem de condutores intermediários entre o enrolamento da armadura e o circuito externo. A indução magnética varia em cada ponto devido ao seu movimento de rotação submetido a um campo magnético estacionário no espaço e produzido pelo enrolamento do estator em corrente contínua.

Embora existam vários tipos de motores de corrente contínua, o motor mostrado na Figura 2 abaixo é apropriado para entender os princípios básicos.

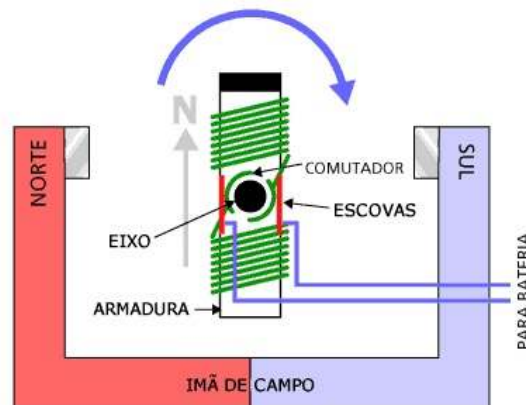


Figura 2 – Princípio básico de funcionamento de um gerador DC

## MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados no Departamento de Eletrônica e Microeletrônica (DEMIC) da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação – UNICAMP, Campinas, SP. Para realização dos mesmos foi utilizado um microaspersor ligado em um sistema pressurizado acoplado a um gerador de corrente contínua utilizado para conversão da energia mecânica em elétrica.

Na saída do gerador de corrente contínua foram utilizados alguns resistores que visavam à simulação de uma carga para medição da tensão de saída do gerador realizada através de um

osciloscópio. A Figura 3 apresenta a montagem experimental do microaspersor com o motor de corrente contínua utilizado nos ensaios.



Figura 3 – Montagem experimental com o microaspersor e o motor utilizado como gerador.

Para cada valor de resistores, que foram de 100, 700 e 1k ohms foi realizada uma medida de tensão para possibilitar o cálculo da corrente e potência fornecida em cada um dos casos.

Para ajudar na visualização do experimento em um dos casos foi utilizado um LED (Figura 4), de forma a evidenciar claramente que há geração de energia elétrica pelo sistema, já que a energia elétrica que acende o LED pode ser utilizada para recarregar uma bateria ou mesmo fornecer energia para um sensor ou módulo de processamento de dados próximo ao microaspersor.



Figura 4 – Foto do ensaio realizado mostrando LED aceso.

## RESULTADOS E DISCUSÃO

### Primeiro ensaio

Para a realização do primeiro ensaio para a simulação da carga no gerador de corrente contínua foi utilizado um resistor de  $120\Omega$  no qual o valor medido da tensão foi de  $1,48V$  e que pode ser observado na Figura 5. Então com o valor da tensão e da resistência foi possível calcular o valor da corrente e da potência gerada, que foram respectivamente de  $12,3\text{ mA}$  e  $18,2\text{ mW}$ .

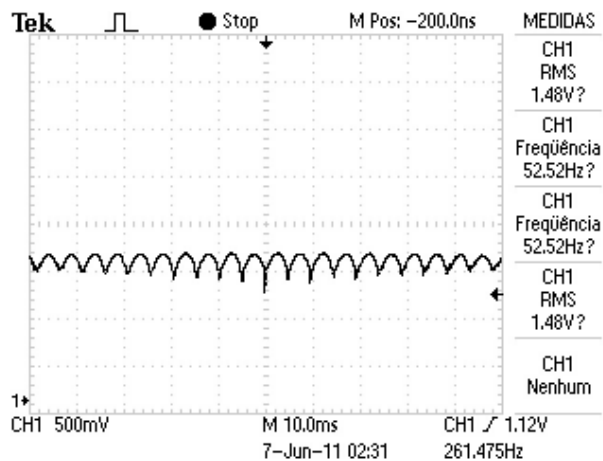


Figura 5 – Valor da tensão gerado com uma carga de  $120\Omega$ .

### Segundo ensaio

Para a realização do segundo ensaio foi utilizado resistor de  $700\Omega$  onde o valor medido da tensão foi de  $2,1V$  e pode ser observado na Figura 6.

Com o valor da tensão e da resistência calcula-se o valor da corrente e da potência gerada, que foram de  $3,03\text{ mA}$  e  $6,36\text{ mW}$ .

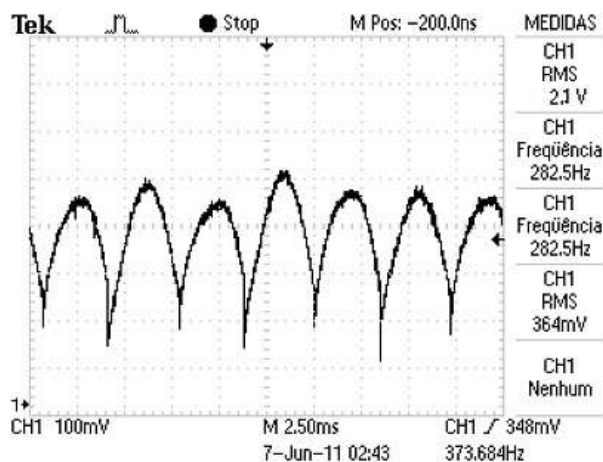


Figura 6 – Valor da tensão gerado com uma carga de  $700\Omega$ .

### Terceiro ensaio

Para a realização do terceiro ensaio foi utilizado resistor de  $1k\Omega$  onde o valor da tensão medido que foi de  $2,31V$  pode ser observado na Figura 7.

Novamente com o valor da tensão e da resistência foi possível calcular o valor da corrente e da potência gerada, que foram respectivamente de  $2,31\text{ mA}$  e  $5,29\text{ mW}$ .

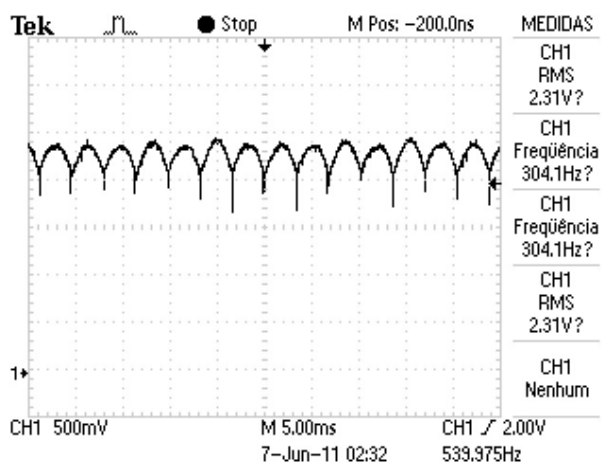


Figura 7 – Valor da tensão gerado com uma carga de  $1k\Omega$ .

Sobre as figuras 5, 6 e 7 as formas de onda de saída da tensão não tem a aparência de tensão contínua, porém essas formas são facilmente ajustadas para tensão contínua utilizando um capacitor que filtraria a tensão, sendo que só haveria uma pequena oscilação próxima do valor de pico da tensão.

Com os valores obtidos nos ensaios foi levantada uma curva característica da corrente de carga (mA) em função da tensão (V) conforme pode ser visto na figura 8. O que se observa na figura 6 é que a tensão decresce de forma exponencial com a corrente, e como a potência é proporcional a corrente e a tensão, para aplicação prática é interessante trabalhar com uma corrente o mais alta possível mesmo que isso implique em uma tensão menor, o que se necessário pode ser corrigido utilizando-se um circuito elevador de tensão.

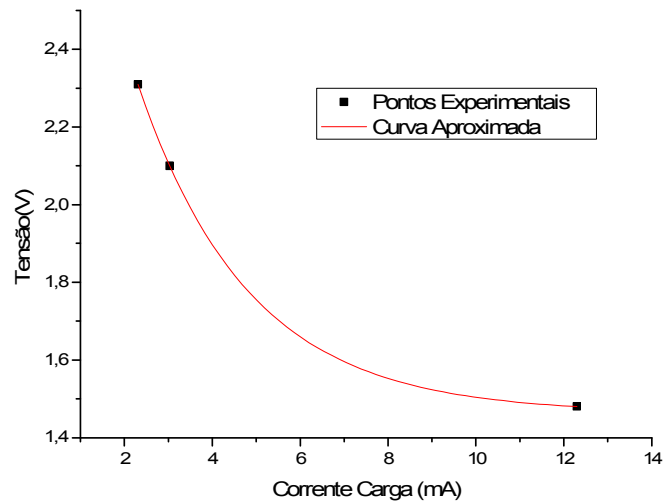


Figura 8 – curva característica da corrente de carga (mA) em função da tensão (V)

## CONCLUSÃO

Este artigo apresentou uma nova técnica que possibilita a geração local de energia elétrica para sensores agrícolas que se utiliza de instrumentos comumente utilizados para a irrigação. Foram apresentados os resultados de alguns ensaios com a variação da carga observada pelo gerador com a finalidade de analisar o comportamento do gerador, com isto pode ser observado que há uma queda da potência gerada em decorrência do aumento da carga em cima do gerador de corrente, aumentando a resistência no eixo da bailarina, diminuindo a rotação da mesma provocando uma queda de potência.

Os valores calculados da potência gerada em função da carga do gerador variaram de 5,29 mW até 18,2 mW, que embora pareçam baixos são mais do que suficientes para alimentarem circuitos digitais de controle e também sensores. Estes resultados mostram que apesar da queda de potência em função da carga simulada o gerador mostra-se capaz de fornecer corrente suficiente para ser utilizado fonte de um carregador de bateria, podendo com isso ser utilizado em sistemas que necessitam de energia elétrica no campo.

## BIBLIOGRAFIA

ALENCAR, C. A. B.; CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; SOARES, A. A.; PIZIOLO, T. A.; OLIVEIRA, R. A. (2007). “Análise da automação em um sistema de irrigação convencional fixo por minipersão”. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.15, n.2, 109-118.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S.D. (2006). *“Máquinas elétricas: Com introdução à eletrônica de potência.”* 6ed. Porto Alegre: Bookman Editora.

LIMA, F.; RAMALHO, J. N.; TAVARES, D.; DUARTE, J. ALBUQUERQUE, C.; MARQUES, T.; GERALDES, A.; CASIMIRO, A. P. (2003). “A Novel Universal Battery Charger for NiCd, NiMH, Li-Ion and Li-Polymer” in Anais do Solid-State Circuits Conference, 2003. ESSCIRC '03. Proceedings of the 29th European , Porto Salvo, Set. 2003, pp. 209.

MORAIS, R.; VALENTE, A.; COUTO, C.; CORREIA, J.H. (2004). *“A wireless RF CMOS mixed-signal interface for soil moisture measurements.”* Sensors and Actuators A 115, pp. 376 – 384.

ROQUE, W.; PFRIMER, F. W. D.; DIAS, J. A. S.; FERREIRA, E. C. (2008). *“A four terminal multi-purpose probe for measurements of soil electrical conductivity, water content and temperature.”* in Anais do CIGR – International Conference of Agricultural Engineering. XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2008, Foz do Iguassu, Setembro, 2008.

SANTOS, E. C.; SOUZA, L. C.; SOUTO, J. S.; FILHO, J. B. A. (2007). *“Energia solar na fruticultura irrigada familiar.”* Tecnologia & Ciência Agropecuária, João Pessoa, v.1., n.2, pp.1 – 7.

SERÔDIO, C.; CUNHA, J. B.; MORAIS, R.; COUTO, C.; MONTEIRO, J. (2001). *“A networked platform for agricultural management systems”.* Computers and electronics in agriculture 31, pp. 75 – 90.

VALENTE, A.; MORAIS, R.; TULLI, A.; HOPMANS, J. W.; KLUITENBERG, G. J. (2006). *“Multi-functional probe for small-scale simultaneous measurements of soil thermal properties, water content, and electrical conductivity”* Sensors and Actuators A 132, pp. 70 – 77.

VIEIRA, D. B. (1989) *“As técnicas de irrigação.”* São Paulo: Globo, pp. 273.