

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA MICROCONTROLADO PARA ESTUDOS DE BATERIAS ESTACIONÁRIAS CONECTADAS EM SÉRIE

Joseandro Gomes de Lima Brasílio 1; Germano Pinto Guedes 2

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Bac. em Física, Universidade Estadual de Feira de

Santana, e-mail: joseandro.brasilio@ig.com.br

2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

germano.uefs@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: energia solar, instrumentação, baterias estacionárias

INTRODUÇÃO

O uso de energia solar é uma opção quando não existe acesso à rede de energia elétrica convencional podendo ser usada em diversas aplicações, tais como científicas ou residências. Um exemplo de aplicação da energia solar está no Observatório Pierre Auger de Raios Cósmicos, na Argentina, que possui 1600 detectores de radiação de superfície instalados no deserto da patagônia amarela. Cada um desses detectores possui uma instalação fotovoltaica própria que possibilita seu funcionamento autônomo composto por painéis solares, controlador de carga e duas baterias estacionárias de 12V ligadas em série. Em cada detector há um sistema de monitoramento que realiza medidas elétricas e térmicas periodicamente, o que nos permitiu conhecer um comportamento anômalo destas baterias ligadas em série que, em geral, não é percebido pelos usuários destes sistemas fotovoltaicos. Durante os processos de carga e descarga, as tensões das baterias se desequilibram, ficando uma maior que a outra, mas ainda mantendo a soma igual a 24V da regulação. Este desbalanço aumenta a cada ciclo e, como consequência, as baterias têm seus valores de tensão máximo e mínimo recomendados desrespeitados, podendo leva-las à falência. Para estudar o problema em laboratório sem, para isto, depender da disponibilidade de sol, projetamos e montamos um sistema capaz de comandar ciclos de carga e descarga das baterias com corrente estabilizada e ajustável, monitorando continuamente as tensões das baterias. O sistema é composto das seguintes unidades: descarregador (*DB*) e recarregador (*RB*) de baterias, ambos com corrente estabilizada programável e um controlador analógico de carga e descarga (*CACD*) que controla todo o ciclo. Todo o processo é monitorado por um dispositivo de aquisição de dados que realiza medidas periódicas de tensão em oito pontos simultâneos. Apresentamos os resultados de testes dos dispositivos desenvolvidos e testes de baterias com estes equipamentos, onde mostramos e quantificamos o comportamento anômalo das tensões nas baterias e o desbalanço de suas cargas ciclo após ciclo até próximo da sua exaustão.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi criado um sistema capaz de comandar ciclos de carga e descarga das baterias com corrente estabilizada e ajustável monitorando continuamente suas tensões. O sistema é composto por quatro dispositivos: descarregador de bateria (*DB*), uma fonte de corrente ajustável com saída de monitor para a corrente e saída para a tensão das baterias; o recarregador (*RB*) com corrente ajustável e estabilizada que usa controle de ângulo de disparo para estabilizar a corrente; o controlador analógico de carga e descarga (*CACD*) tem como base o CI 555 que comanda o ciclo ligando *RB* até que as baterias atinjam carga plena com tensão em 29,0V para então iniciar o ciclo de descarga quando a tensão das baterias atinge o piso de 21,5V; O quarto dispositivo é um sistema de aquisição modelo DI-148U (*Dataq Instruments*) que possui oito portas analógicas de entrada que são capazes de realizar medidas de tensão entre -10V e 10V com uma frequência de aquisição determinada pelo usuário. Com o *DB* e o *RB* é possível descarregar e recarregar as baterias com corrente ajustada, no caso, em

5A para a descarga e 10A para a recarga, e comparar a curva de descarga tensão x tempo com as curvas que os fabricantes das baterias fornecem, simplificando a análise de energia fornecida e recebida pelas baterias.

No protocolo experimental, tomamos duas baterias de 12V/105Ah que são inicialmente equalizadas (recarregadas e depois mantidas ligadas em paralelo por 24hs) para, em seguida, serem testadas pelo sistema por alguns dias em ciclos ininterruptos de carga e descarga. A configuração do sistema em operação está esquematizada na Fig. 1.

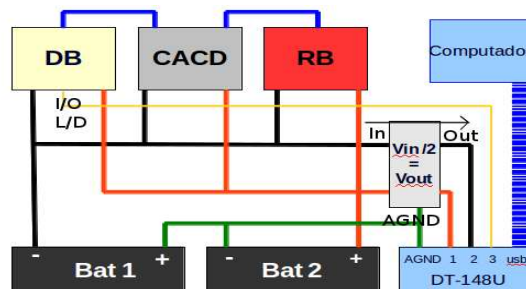


Figura 1: Diagrama em blocos e conexões do sistema.

RESULTADOS

Inicialmente testamos e calibramos cada um dos componentes do sistema, iniciando pelo *DB*. No primeiro teste, o *DB* foi programado para consumir uma corrente fixa de 5A de uma fonte de potência externa de 35V. Posteriormente, após 24 horas de funcionamento, variamos a tensão da fonte externa em passos de 0,1V para conhecer o limiar inferior de operação. Os resultados encontram-se a seguir em Tab. 1.

Tabela 1: Condições e limites de operação do *DB* em teste.

Temperatura ambiente	Temperatura máxima dos componentes de potência	Limites da tensão de trabalho (fonte externa)	Corrente
35°C	62°C	De 15 a 35V	5,00 ± 0,02A

No *RB*, o sensor de corrente é um *SHUNT*, um resistor de baixa resistência por onde passa a corrente que faz surgir uma tensão entre seus terminais e, pela Lei de Ohm, pelo valor da tensão podemos calcular a corrente:

$$I = V / R \text{ (sendo } V = \text{tensão, } I = \text{corrente e } R = \text{resistência)} \quad (1)$$

No entanto, em nosso caso, temos uma corrente pulsante que provoca uma tensão também pulsante, cujo cálculo do valor eficaz (V_{rms}) é obtido com a Eq. 2. Conhecendo-se V_{rms} e aplicando a Lei de Ohm, obtém-se a corrente eficaz.

$$V_{rms} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=N} V_i^2 \right)^{1/2} \quad (2)$$

O sinal de monitor de corrente, ainda pulsante, passa por um filtro passa-baixa com ponto de corte em 1,6Hz, que é digitalizado juntamente com o sinal antes do filtro, para calibração (Fig. 2). Usando um osciloscópio digital que tem a capacidade de fornecer V_{rms} do sinal medido, pudemos avaliar o nosso recarregador.

Foram realizadas 10 medidas de tensão *RMS* na entrada (tensão no *shunt*) e na saída do filtro passa-baixa para certificar que o mesmo responde linearmente com a corrente eficaz. Estas medidas são apresentada na Fig. 2. A reta que melhor se ajusta aos pontos, calculada por regressão linear, fornece os coeficientes *A* e *B* da reta

$$y = Ax + B \quad (3)$$

que permitem estabelecer a relação linear entre o valor medido no monitor de corrente e o V_{rms} medido no *shunt*.

Verificamos também a estabilidade da resistência do *SHUNT* com a temperatura. Para tal, fixamos a corrente em 3A e medimos a temperatura e a tensão no *shunt*, depois o mesmo foi aquecido e foi anotada a variação de tensão, ver Tab. 2.

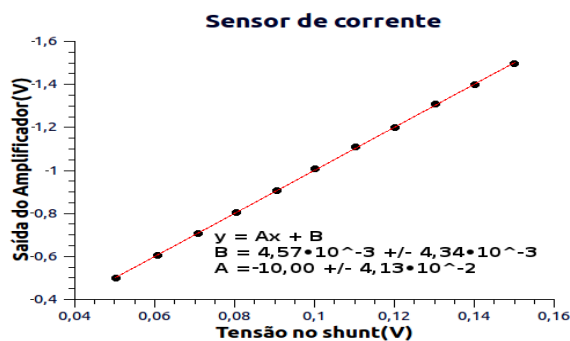


Figura 2: Verificação da linearidade entre o sinal de entrada e o sinal de saída do filtro passa-baixas.

Tabela 2. Características ôhmicas do *shunt* conduzindo uma corrente de 3A.

Temperatura (°C)	25,00	100,00
Tensão (mV)	26,40	26,50
Resistência calculada (mΩ)	8,80	8,83

Partimos para os testes finais, operando com baterias, que chamaremos de *teste2* e *teste3*. No *teste2*, conectamos na posição *Bat1* (ver Fig. 1) a bateria de número de série PG0206 e na posição *Bat2* (Fig. 1) a bateria de número PG0205. Com o *teste3* analisamos se o comportamento observado era decorrente da própria bateria ou da posição em que estava instalada, então foram feitas as mesmas medidas do *teste2* apenas invertendo-se suas posições. Esta inversão mostrou que o comportamento de suas tensões muda (Fig. 3): enquanto no *teste2* as curvas de tensão das baterias se cruzam, no *teste3* elas mantêm-se afastadas.

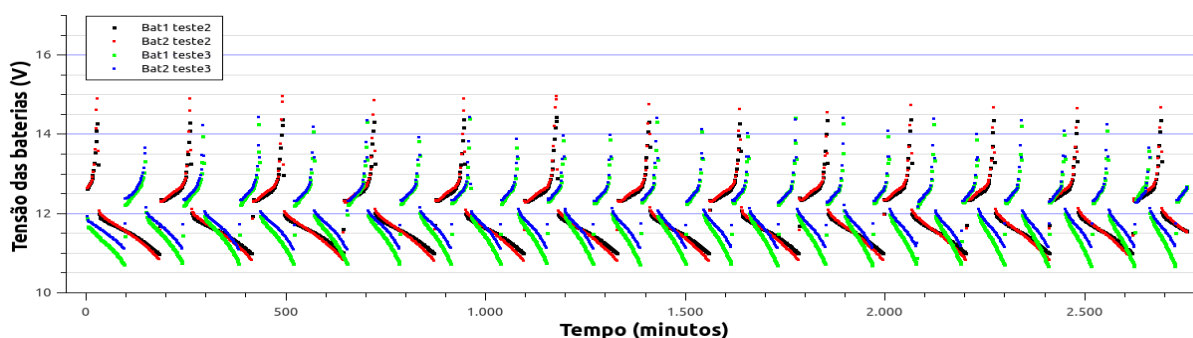


Figura 3: Tensão nas baterias durante os testes teste2 e teste3.

A energia fornecida em cada ciclo de carga ou descarga é calculada calculando-se numericamente o produto da área da curva pela corrente programada para o ciclo (carga ou descarga) e o resultado é apresentado na Fig. 4, que mostra também, que, tanto a energia recebida, quanto a energia fornecida diminuem a cada ciclo. A análise dos pontos dos gráficos Fig. 4 estão na Tab. 3.

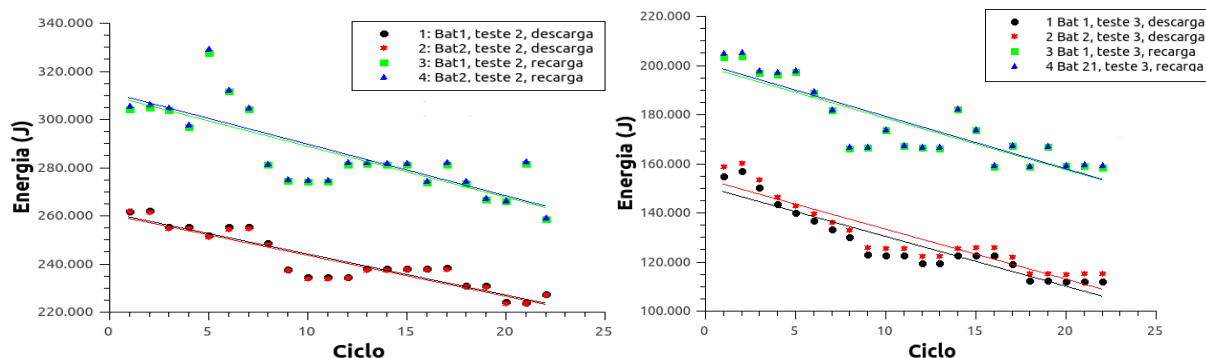


Figura 4: Energia recebida e fornecida pelas baterias durante os testes.

Tabela 3. Coeficientes da retas ($y = Ax + B$) ajustadas na Fig. 4.

	DESCARGA		RECARGA	
	A (J/ciclo)	B(J)	A (J/ciclo)	B(J)
Bat1, teste2	$-1,70 \cdot 10^3 \pm 1,57 \cdot 10^2$	$2,60 \cdot 10^5 \pm 2,06 \cdot 10^3$	$-2,12 \cdot 10^3 \pm 3,59 \cdot 10^2$	$3,10 \cdot 10^5 \pm 4,72 \cdot 10^3$
Bat2, teste2	$-1,70 \cdot 10^3 \pm 1,56 \cdot 10^2$	$2,60 \cdot 10^5 \pm 2,05 \cdot 10^3$	$-2,14 \cdot 10^3 \pm 3,64 \cdot 10^2$	$3,11 \cdot 10^5 \pm 4,78 \cdot 10^3$
Bat1, teste3	$-2,02 \cdot 10^3 \pm 1,78 \cdot 10^2$	$1,50 \cdot 10^5 \pm 2,34 \cdot 10^3$	$-2,10 \cdot 10^3 \pm 2,66 \cdot 10^2$	$1,99 \cdot 10^5 \pm 3,50 \cdot 10^3$
Bat2, teste3	$-2,03 \cdot 10^3 \pm 1,83 \cdot 10^2$	$1,53 \cdot 10^5 \pm 2,40 \cdot 10^3$	$-2,13 \cdot 10^3 \pm 2,70 \cdot 10^2$	$2,01 \cdot 10^5 \pm 3,55 \cdot 10^3$

CONCLUSÕES

Depois de todos os testes realizados, conclui-se que os circuitos estão funcionando perfeitamente e cumprem o objetivo proposto. Através desse sistema é possível obter curvas de descarga com corrente constante para compará-las com curvas fornecidas pelos fabricantes de baterias, e ainda, simplificar o cálculo da energia recebida e fornecida pelas baterias.

As baterias estudadas em laboratório apresentaram um comportamento anômalo semelhante ao detectado no Observatório Pierre Auger. Observa-se também que, quando a bateria PG0205 está conectada ao potencial positivo os valores de tensão das baterias se cruzam, invertendo a posição das baterias se mantêm afastados, o que indica uma influência da posição em que a bateria esta conectada. A recarga perde eficiência a cada ciclo devido ao desequilíbrio das tensões das baterias, uma vez que a bateria com a tensão maior apresenta um aumento de tensão durante a recarga mais rápido que a outra fazendo que a tensão da série atinja o valor de carga plena sem que uma das baterias esteja completamente carregada.

Este trabalho não é conclusivo, pois ainda não é possível compreender as causas desse comportamento das baterias. O passo seguinte deste trabalho será automatizar digitalmente todo o sistema de testes utilizando *chips* microcontroladores tornando o sistema capaz de fazer sozinho toda uma rotina pre programada de testes e ainda armazenar dados brutos ou tratados diretamente em *pen drivers*, ou em cartões de memória.

Agradecimentos

À UEFS, Programa de bolsa PROBIC, LABENSOL, CNPq, ao Professor Orientador Germano Pinto Guedes e aos colegas de laboratório.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, A.F., Pepe, I.M., GUEDES, G.P., SOARES, L.C.S., AGUERA, A.L., RODRIGUEZ, I., ROSOLEM, M.F.N.C., BATTERIES Grupo de Trabalho de Energia Solar - GTES, 2004. CEPTEL-CRESESB, MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS, PRC-PRODEEM. HAYT, W.H. Jr., KEMMERLY, J.E., DURBIN, S.M., 2008. ANÁLISE DE CIRCUITOS EM ENGENHARIA, 7ª ed, McGraw Hill.