

## INSTRUMENTAÇÃO DE CONVERSORES CC-CC

**Autores:** Lucas MÜLLER, Daniela Iagher DILDEY, Samuel PINHEIRO, Tiago DEQUIGIOVANI

**Identificação autores:** Bolsista PIBIC-EM/CNPq; Bolsista Edital PROEX/PROPI 162/2016, Orientador IFC-Campus Luzerna.

### RESUMO

Conversores CC-CC tem ilimitadas aplicações, sendo bastante utilizados desde o advento da eletrônica de potência, até aplicações recentes, como processamento de energias renováveis e em carros elétricos. Essas aplicações dos conversores requerem medição de corrente e/ou tensão, para controlar o processamento de energia. Os circuitos utilizados para estes fins constituem a parte de instrumentação do conversor, sendo o seu projeto e implementação objetivos deste trabalho. Um circuito de instrumentação de corrente isolado é apresentado. O condicionamento do sinal é realizado para a medição de tensão através de um microcontrolador. São apresentadas etapas do desenvolvimento e resultados experimentais utilizando o circuito.

### INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

No Brasil, a aplicação de energia limpa, como a energia fotovoltaica, é uma das áreas de emprego de conversores de energia, com o propósito de adaptar a tensão à carga e/ou armazenar a energia gerada.

A energia fotovoltaica se tornou uma das mais promissoras fontes de energia, devido ao fato de ser uma fonte de energia limpa e sustentável (Karami et al., 2011). O Brasil exibe um alto índice médio diário de radiação solar, chegando a mais de 5 kWh/m<sup>2</sup> por dia em algumas regiões (Agência, 2005). Utilizando módulos fotovoltaicos com 40% de eficiência, que estão em fase inicial de industrialização, seriam gerados 2 kWh/m<sup>2</sup> por dia. Assim, menos de 10 m<sup>2</sup>, em média, seriam suficientes para abastecer uma unidade consumidora cujo consumo médio é de 503 kWh/mês (Casaro e Martins, 2010).

Uma vez que, no IFC Campus Luzerna, existem diversas pesquisas sendo realizadas na área de conversores para energia fotovoltaica, faz-se necessário também o desenvolvimento de circuitos de instrumentação para estes conversores, de forma a proporcionar um controle no processamento de energia entre fonte e carga.

Instrumentação, segundo a Norma ISA 5.1, é definida como o conjunto de instrumentos, dispositivos, hardware, ou a aplicação deles, para o objetivo de medir, monitorar ou controlar processos industriais ou máquinas [2]. Ainda, de forma mais ampla, segundo [3], o termo Instrumentação está associado ao estudo teórico e prático dos

instrumentos e seus princípios científicos. São utilizados para monitorar de forma contínua ou discreta o comportamento de variáveis de controle que, de alguma forma, venham interessar ao homem nas diversas áreas do conhecimento, não apenas em processos produtivos industriais.

Em um conversor CC-CC, a instrumentação é fundamental para o monitoramento da fonte de energia, da tensão e corrente entregues à carga, e para a implementação do rastreamento do ponto de máxima potência (MPPT) do painel fotovoltaico [1].

Nas seções a seguir, é apresentado o projeto e implementação de um circuito de instrumentação aplicado a um conversor CC-CC, para a leitura de corrente através do microcontrolador e dessa maneira controlar a razão cíclica do PWM aplicado ao conversor.

## METODOLOGIA

Para a realização deste projeto, inicialmente foi realizado um levantamento das características de um conversor CC-CC, no qual foi aplicado o circuito de instrumentação desenvolvido. Este conversor CC-CC em específico é do tipo Buck, utilizado para efetuar a adequação da tensão gerada por painéis fotovoltaicos a carga de baterias de chumbo-ácido 12 V – 48 Ah. As especificações do projeto foram definidas com base nas placas fotovoltaicas disponíveis, que fornecem até 30 V em corrente contínua, corrente de até 8 A, portanto, potência máxima de 240 W cada módulo.

A partir das características do conversor, foi identificada a necessidade de isolamento no sinal de medição da corrente, e também a faixa de tensão/corrente de medição e o respectivo sinal de saída do circuito de instrumentação. Para a medição da corrente no conversor, foi utilizado um sensor de corrente do tipo efeito *Hall*, e um divisor resistivo para a tensão.

O sensor de corrente é o ACS712, que permite efetuar a leitura de corrente contínua ou alternada de até  $\pm 5$  A, através de um sinal de tensão de saída isolado, proporcional à corrente. Esse sensor tem sensibilidade de 185 mV para cada ampère aplicado nos seus terminais. Como o modelo utilizado é para medições de corrente positiva ou negativa, quando a corrente medida é 0A, a saída é de 2,5 V, quando alimentado em 5 V.

O sinal de saída do sensor foi adequado para a entrada de um microcontrolador utilizado no conversor Buck, denominado LPC1347. Como a saída do sensor é de 0 a 5V,

e as entradas do microcontrolador suportam até 3,3 V, utilizou-se um divisor resistivo para esta adequação. No microcontrolador utilizou-se uma entrada com conversor A/D (analógico/digital) de 12bits, o que é equivalente a 0 a 4095 em decimal. Através do software de programação do microcontrolador, foi possível verificar em tempo real o valor lido na entrada A/D.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação do conversor foi realizada conforme o diagrama da Figura 1, utilizando-se os componentes descritos na Tabela 1. Nesse diagrama pode-se observar a realimentação da corrente e da tensão de saída, onde a medição de corrente representada é feita pelo sensor ACS712. No microcontrolador, representado pela placa LPC 1347, é implementado uma lógica de controle que compara a corrente de saída com uma referência predefinida, e atua através da razão cíclica no transistor para que a corrente seja mantida constante.

Tabela 1 - Dados de implementação do conversor Buck

Componentes	Modelo	Parâmetros de projeto
Diodo	15ETH06 15 A ; $t_{rr} =$ 22 n	$I_{med} =$ 9 A ; $V_{DS} = 30V$
Transistor	MOSFET IRFP250N ; $I_D =$ 17 A	$I_{med} =$ 9 A ; $V_{DS} = 30V$
Indutor	108 $\mu H$	NEE- 55/28/21 ; 23x5xAWG18
Drive	HCPL 3150	Amplificar e isolar o sinal de comando do $\mu C$
Sensor de corrente	ACS712: $\pm 20$ A	Sensibilidade: .

Fonte: Próprio autor

No transistor foi aplicado um PWM com frequência de 20kHz, o qual possui uma razão cíclica razoável

Neste projeto foi obtido alguns resultados de leituras de corrente, através de uma fonte CC ajustável de 30V / 6A, e carga resistiva variável para ajuste de diferentes valores de corrente CC, assim podendo fazer a validação do circuito e implementar no conversor CC-CC. Os resultados obtidos, comparando os dados teóricos (calculados) e práticos (medidos) são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Ensaio de medição de corrente

Corrente medida	Saída do sensor		Entrada do Microcontrolador		Software	
	Medido	Calculado	Medido	Calculado	Medido	Calculado
0 A	2.56V	2.5V	1.86V	1.65V	2455	2047
1,0 A	2.66V	2.68V	2.05V	1.83V	2574	2270
2,0 A	2.80V	2.86V	2,16V	2.02V	2702	2506
3,0 A	2.93V	3.05V	2.25V	2.2V	2823	2730
4,0 A	3.3V	3.23V	2.35V	2.39V	2950	2965

Fonte: Próprio autor

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do conversor foi realizada conforme o diagrama da tabela 1, utilizando-se os componentes descritos na Tabela 1. Nesse diagrama pode-se observar a realimentação da corrente e da tensão de saída. A leitura da corrente é feita através do sensor ACS712 e da tensão é através de um divisor resistivo. No microcontrolador, representado pela placa LPC1347, é implementado uma lógica de controle que compara a corrente de saída com uma referência predefinida, e atua através da razão cíclica no transistor para que a corrente seja mantida constante.

Os resultados experimentais obtidos, embora parciais, são satisfatórios em relação ao funcionamento do circuito de potência do conversor, leitura e regulação da corrente. A operação próxima da potência nominal do conversor foi alcançada em testes específicos, utilizando parâmetros como 25 V de entrada e 13 A de corrente na carga. O método para carga da bateria está sendo aprimorado com a inclusão de processo de carga rápida e regime de flutuação. Os picos de tensão e ruídos de chaveamento causados por não idealidades do circuito, ainda podem ser reduzidos com a inclusão de circuitos *snubber*, uma vez que o conversor está operando sob *hard switching*.



## REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2. ed., Brasília, 2005.

[2] AMERICAN NATIONAL STANDARD. ANSI/ISA-5.1-2009. **Instrumentation Symbols and Identification**. Setembro, 2009.

Casaro, M. M.; Martins, D. C. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados a rede elétrica. **Revista Controle & Automação**, v. 21, n. 2, p. 159-172, Mar.-Abr. 2010.

[3] FIALHO, Arivelto Bustamante. **Instrumentação industrial: conceitos, aplicações e análises**. 7. ed. rev. São Paulo: Érica, 2010.

Karami, N.; Moubayed, N. e Outbib, R. (2011). **Analysis of an Irradiance Adaptive PV Based Battery Floating Charger**. 37th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), pp. 1852- 1858, Seattle, WA.

[1] WIESNER, A.; DIEZ, R.; PERILLA, G. **Design and implementation of a Buck converter with MPPT for battery charge from solar module**. IEEE Power Electronics and Power Quality Applications (PEPQA), p. 1 – 6, Julho 2013.