

AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO AMPLIFICADORES OPERACIONAIS RAIL TO RAIL

Luis F. Scherer, Taciana P. Enderle, Camila Gehrke,

Jacson W. Lemos, Mauricio de Campos

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI

Faculdade de Engenharia Elétrica, – Ijuí - RS

luis.scherer@unijui.edu.br, taciana.enderle@unijui.edu.br, camila.gehrke@unijui.edu.br,

jacson.lemos@unijui.edu.br, campos@unijui.edu.br

Resumo. *O objetivo básico deste trabalho é efetuar a leitura dos valores de tensão e corrente de uma rede trifásica e enviá-los as entradas analógicas de um DSP (Digital Signal Processor). Seu desenvolvimento inicia-se a partir de um circuito comumente utilizado para estes fins, mas a necessidade de se limitar os valores de tensão nas saídas, a fim de proteger os conversores, deu início ao estudo de uma série de soluções e aprimoramentos. Estas modificações acabaram formando um novo circuito e são apresentadas no decorrer deste trabalho demonstrando-se serem alternativas práticas para proteção, redução do circuito e para os problemas com associações de componentes comerciais. Dentre estas soluções, cabe ressaltar a utilização dos Amplificadores Operacionais rail-to-rail, dotados de características que facilitam limitar a tensão de saída.*

Palavras-chave: *Tensão, Corrente, Rail-to-rail.*

1. INTRODUÇÃO

Os sensores necessários para leitura dos valores de tensão e corrente de uma rede trifásica, bem como os circuitos de condicionamento utilizados para o ajuste destes valores aos níveis suportados por um

conversor Analógico Digital (AD), constituem o objetivo deste trabalho.

Em seu decorrer são apresentadas primeiramente as características dos sensores empregados, seguidas dos problemas construtivos em que se focalizou a atenção, bem como das soluções propostas para os mesmos. Estas soluções então são utilizadas para por fim construir os circuitos de aquisição de tensão e corrente propriamente ditos.

2. SENSORES DE CORRENTE E TENSÃO

Os sensores de corrente e de tensão foram definidos logo no início do projeto.

Sendo que para tensão optou-se por usar um transformador de medição com relação 15:1, corrente máxima de 50mA e núcleo saturado permitindo a ele ter dimensões reduzidas.



Figura 1. Transformador de Medição

Para a corrente foi utilizado o sensor HAIS 100-P da LEM. Que, conforme seu *data sheet* [3], tem como características ser um sensor de saída com erro de linearidade menor ou igual a 0.5%, alimentado em 5V, fazendo leituras de 0 a 100A baseadas no efeito Hall, tem precisão de $\pm 1\%$ da corrente de leitura a 25°C, e que ainda possui um offset interno de 2.5V.

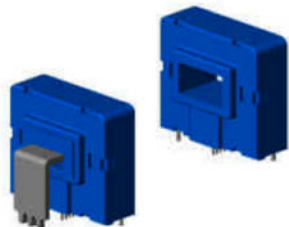


Figura 2. Sensor de Corrente

3. SOLUÇÕES BUSCADAS

3.1 Proteção

Como os dados condicionados no circuito serão enviados para um DSP (Digital Signal Processor) usando para isso suas entradas analógicas, uma das preocupações era quanto à proteção dessas portas. Sabendo-se que elas suportam tensão máxima de 3Vdc, conforme *data sheet* [4], e que a resolução máxima do AD também é obtida neste nível, primeiramente optou-se em usar como limitador na saída um diodo zenner.

Como notou-se uma grande variação nos valores de tensão zenner, sendo ela no caso de 2.7Vdc e chegando a alcançar valores superiores a 3.2Vdc passou-se a buscar outra solução. Nesse sentido, pensou-se em usar amplificadores operacionais do tipo *rail-to-rail*.

Esses dispositivos embora apresentem custos financeiros superiores aos normais, além de aceitarem tensões de alimentação simétrica ou assimétrica, conforme *data sheet* [5], caracterizam-se por não apresentarem

diferenças consideráveis entre os valores máximos de saída e os valores de alimentação, devido a sua baixa corrente de polarização. Com isso conseguiu-se limitar a tensão de saída fixando a tensão de alimentação em 3Vdc.

3.2 Offset AmpOp

Por estar-se trabalhando com tensão e correntes senoidais e por servirem de referência de mínimo e de máximo para o AD respectivamente os valores de 0V e 3V, foi necessário fazer um deslocamento nestas ondas injetando uma tensão de offset de 1.5Vdc no AmpOp.

As dificuldades enfrentadas na obtenção precisa destas tensões tenham sido elas, na combinação de componentes de valores comerciais ou nas influências impostas pelo circuito nestas combinações levaram a busca por uma nova alternativa para o offset.

Optou-se então por usar um circuito divisor de tensão para regular as tensões de offset das três correntes e outro para as três tensões. A fim de facilitar o ajuste, o circuito divisor de tensão foi construído utilizando um trimpot multi-voltas.

O uso de uma única tensão de referência se mostrou possível pelas altas impedâncias de entrada, característica básica dos amplificadores operacionais.

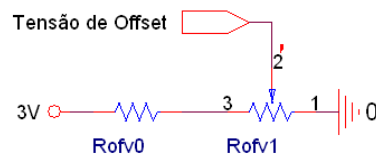


Figura 3. Divisor de tensão offset.

3.3 Malha de Ganho

A configuração inicial dos circuitos de tensão baseava-se em um divisor de tensão na

saída do transformador, no qual já obtinha-se a tensão adequada para a saída e onde o AmpOp era utilizado como um buffer. No entanto nesses divisores de tensão também se estava enfrentando dificuldades com a associação de resistores comerciais, além de estarem implicando no uso de componentes desnecessários ao circuito.

Nessa linha de raciocínio optou-se por alterar os valores dos resistores da malha de ganho do AmpOp, antes configurada para um ganho unitário, a fim de obter-se agora uma atenuação no sinal de entrada. Redimensionando esses componentes já presentes no circuito o divisor de tensão tornou-se desnecessário.

4. CONSTRUÇÃO DOS CIRCUITOS

Os circuitos envolvidos no condicionamento dos valores obtidos para tensões e correntes de fase foram trabalhos separadamente, embora algumas das soluções apresentadas à cima tenham sido empregadas em ambos os casos. Os cálculos para definição dos ganhos dos AmpOp foram realizados conforme BOYLESTAD (1996) [2].

4.1 TENSÃO

Na leitura da tensão de fase foi estipulada uma tolerância de 20%. Sendo seu valor normal igual a 115V, dimensionou-se os circuitos para leitura de valores menores ou iguais a 138V.

$$V_{\text{primário}} = 138V, N_1 = 15, N_2 = 1 \quad (1)$$

$$\frac{V_{\text{primário}}}{V_{\text{secundário}}} = \frac{N_1}{N_2}; V_{\text{secundário}} = 9.2V \quad (2)$$

A malha de ganho do AmpOp foi calculada pretendendo-se uma atenuação no sinal de entrada, conforme relatou-se no item 3.3. Com isso definiu-se que a máxima tensão

de saída (3Vdc) será obtida na maior diferença de tensão no do transformador (138V).

$$A_V = \frac{V_O}{V_i} = \frac{V_{\text{secundário}}}{V_{AD}} \quad (3)$$

$$A_V = 0,326, \text{ com } V_{AD} = 3V$$

$$0,326 = -\frac{R_f}{R_i} \quad (4)$$

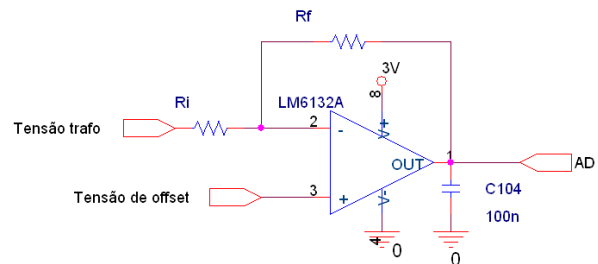


Figura 4. Circuito de aquisição de tensão.

Para o ajuste do offset foi usado um mesmo divisor de tensão para os três circuitos de leitura das tensões de fase, conforme item 3.2.

4.2 CORRENTE

Para uma maior precisão das leituras, o circuito de corrente foi dividido em dois estágios, sendo que a saída de cada estágio será lida por um conversor AD. O primeiro estágio foi configurado para leitura de correntes entre 0A e 5A, faixa em que predominantemente as correntes variarão, e o segundo para correntes entre 0A e 100A utilizando então toda a escala possível do sensor.

Com base em testes realizados com o sensor adotado, obteve-se na saída do mesmo os seguintes valores de tensão pico a pico:

$$V_{i_{5A}} = 0.260V \quad V_{i_{100A}} = 2.93V \quad (5)$$

A tensão máxima pretendida na saída do condicionamento para ambos os casos é a tensão máxima suportada no AD do DSP:

$$Vo_{5A} = Vo_{100A} = 3V \quad (6)$$

Tendo definido estes valores equacionou-se o ganho de cada estágio a fim de obter a maior resolução possível nos conversores:

$$Av_{5A} = \frac{Vo_{5A}}{Vi_{5A}} = 11.54 \quad (7)$$

$$Av_{100A} = \frac{Vo_{100A}}{Vi_{100A}} = 1.02 \quad (8)$$

Como o sensor de corrente já possui uma tensão de offset de 2,5Vdc em sua saída e por está ser inadequada para o nível de saída desejado (3Vdc), foi utilizado um capacitor para eliminá-la. Já nos amplificadores operacionais foi incluída uma nova tensão de offset (1,5Vdc) usando o circuito visto no item 3.2.

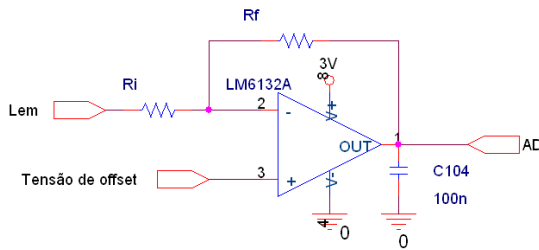


Figura 5. Circuito de aquisição de corrente.

5. RESULTADOS PRÁTICOS

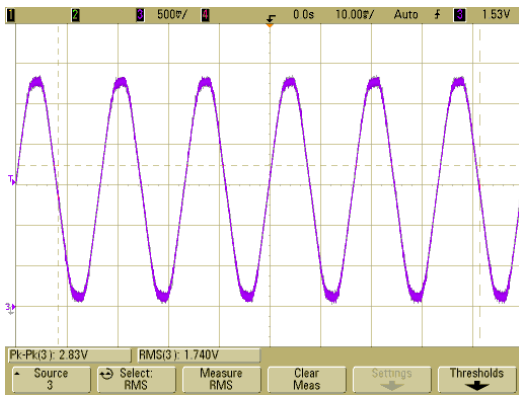


Figura 6. Saída Tensão

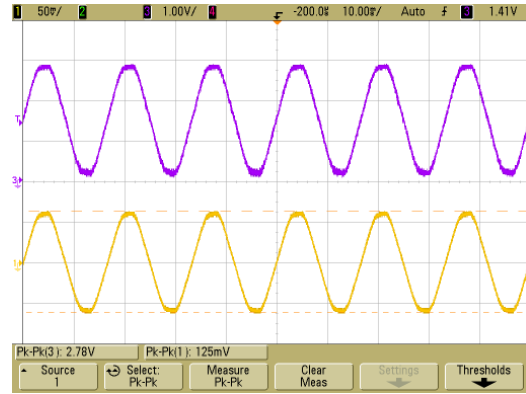


Figura 7. Saída Corrente

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A limitação das tensões de saída e conseqüentemente proteção de dispositivos do tipo DSP's, um dos maiores objetivos, foi garantida com o uso dos amplificadores operacionais *rail-to-rail*. O uso de *trimpot* para controle da tensão de offset permitiu um ajuste preciso, e junto com a reorganização da malha do ganho possibilitou a redução do número de componentes. Tais resultados qualificam ainda mais as soluções propostas, minimizando custos e otimizando o circuito para sua aplicação.

REFERÊNCIAS

- [1] RASHID, Muhamad H. Eletrônica de Potência – Circuitos dispositivos e aplicações. 2ª edição, São Paulo: Editora Makron Books, 1999.
- [2] BOYLESTAD, R., NASHELSKI, L. Dispositivos e Circuitos Eletrônicos. 6ª edição, São Paulo: Editora LTC, 1996.
- [3] LEM - Data Sheet HAIS 100-P. http://www.lem.com/hq/en/component/option,com_catalog/task,displaymodel/id,64.83.34.00.0.0/

[4] Texas Instruments - Data Sheet TMS 320 F2812.

<http://focus.ti.com/dsp/docs/dspsupporttechdocs.tsp?sectionId=3&tabId=409&techDoc=6&familyId=1406&documentCategoryId=6&Input3=Go>

[5] National - Data Sheet LM6132.

<http://www.national.com/mpf/LM/LM6132.html#Datasheet>