

WATTÍMETRO DE BAIXO DE CUSTO UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

Rafael Mateus Carvalho de Paiva¹; Eric Guimarães Barbosa²; Jandilson Almeida Bandeira¹; Julio Cesar Ferreira Lima³; Hugerles Sales Silva⁴

1 Universidade Federal de Campina Grande, Graduando em Engenharia Elétrica, rafael.carvalho@ee.ufcg.edu.br; jandilson.bandeira@ee.ufcg.edu.br

2 Instituto Federal da Paraíba, Graduando em Engenharia da Computação, ericguimaraes@msn.com

3 Universidade Federal do Ceará, Graduando em Engenharia Elétrica, julio_flima@hotmail.com

4 Universidade Federal de Campina Grande, Instituto de Estudos Avançados em Comunicações (Iecom), hugerles.silva@ee.ufcg.edu.br

Introdução

Atualmente, existe a necessidade da redução de gastos com consumo de energia elétrica. Para tal, é preciso analisar eficientemente diversas grandezas presentes na rede elétrica, como por exemplo corrente, tensão, fator de potência, entre outras. Devido à diversidade das cargas acopladas a rede de distribuição, diversas imperfeições são incorporadas aos sinais de corrente e tensão que chegam as residências.

As Imperfeições causadas pelas cargas de caráter indutivo e capacitivo, por exemplo, são responsáveis pelo defasamento dos sinais de corrente e tensão, ocasionando um aumento na potência reativa (NILSSON; RIEDEL, 2009) que circula no sistema elétrico e consequentemente uma redução no fator de potência. Essas alterações acarretam desperdício de energia e podem ser corrigidas caso haja alguma maneira de monitorar detalhadamente tais características da rede. O monitoramento e aferimento dessas grandezas, pode ser realizada, dentre outras maneiras, com o uso de um wattímetro.

Os wattímetros profissionais disponíveis no mercado possuem um elevado custo, tornando-os inacessíveis a todos os usuários. Buscando oferecer uma alternativa de baixo custo, buscou-se desenvolver um dispositivo que realize as mesmas tarefas de um equipamento profissional com uma elevada precisão.

Neste trabalho, é apresentado o desenvolvimento de um wattímetro de baixo custo utilizando a plataforma Arduino, capaz de medir grandezas em cargas com uma potência de até 500 W. O aparelho projetado utiliza o mesmo microcontrolador presente no Arduino Uno, o ATmega328, para aferir as grandezas da rede. O aparelho proposto pode ser utilizado em escolas técnicas e em instituições de nível superior para o ensino em disciplinas que envolvam o estudo de potência elétrica em corrente alternada.

Metodologia

a) Aquisição dos sinais de tensão e corrente

Para realizar a aquisição do sinal de tensão, foi utilizado o princípio do divisor de tensão resistivo (BOGART; THEODORE, 2001). O ponto de junção entre os dois resistores deste divisor foi conectado a uma das entradas analógicas do ATmega328. O divisor foi projetado com a finalidade de que a máxima tensão na porta analógica do microcontrolador não

ultrapassasse 5 V e que a potência dissipada fosse desprezível a ponto de não afetar nas medições realizadas.

Para obtenção da corrente foi utilizado um resistor *shunt* em série com a carga, o qual consiste em um método de medição de corrente de baixo custo. A resistência *shunt* foi dimensionada de maneira que possam ser medidas cargas com potência de até 500 Watts, com tolerância de 15%. Como a amplitude do sinal de corrente é baixa devido ao resistor *shunt*, foi utilizado um amplificador operacional (BOGART; THEODORE, 2001) para amplificar o sinal para o microcontrolador e também para promover a retificação do sinal da corrente, uma vez que o mesmo não pode ler sinais negativos. A tensão no resistor *shunt* é conectada a uma porta analógica do microcontrolador.

b) Processamento dos sinais no microcontrolador ATmega328 utilizando a plataforma Arduino

O microcontrolador utilizado neste trabalho, o ATmega328 possui um conversor analógico/digital (A/D) de 10 bits. A tensão lida pelo microcontrolador está em uma faixa de 0-5 V, fazendo-se necessário a utilização de técnicas de condicionamento de sinais para se obter o valor real da tensão na rede, uma vez que o valor retornado pelo microcontrolador é proporcional à tensão da entrada da porta analógica.

Na programação do ATmega328 com o ambiente de programação do Arduino (IDE), utilizando linguagem C (ALBANO; ALBANO, 2010), o valor padrão do *prescaler* (ZANETTI; OLIVEIRA, 2005), responsável pelo *clock* do conversor A/D, foi alterado para o valor 32. Optou-se por trabalhar com uma frequência de 500 KHz para o A/D, o que proporciona uma taxa de amostragem (EMBARCADOS, 2015) de 38.462 KHz.

Com o conversor A/D operando em uma frequência de 38.462 KHz, e a frequência da rede elétrica em 60Hz, é possível obter $38.462/60 = 641$ aquisições de valores por período. Na prática, o número de aquisições ficou em torno de 540 leituras, dado a existência de diversas perdas, tal como o tempo necessário para tratamento das variáveis. Apesar da diferença entre o valor calculado e o valor real, essa taxa mostrou-se constante, com valor, aproximado, de 32 KS/s. Essa taxa obedece ao teorema de Nyquist (DINIZ; SILVA; NETTO, 2014) e permite que sejam amostrados sinais com frequência de até 16 KHz.

No microcontrolador, os valores instantâneos dos sinais de tensão e corrente são obtidos em um mesmo instante de tempo t , cujos dados são armazenados em dois vetores, uma para cada grandeza. De posse desses vetores, calcula-se os valores RMS de tensão e corrente, a potência aparente, a potência ativa, o fator de potência e a frequência do sinal de tensão da rede. Por fim, os resultados são então disponibilizados por meio de um *display* LCD e também podem ser enviados via *bluetooth* para algum dispositivo de comunicação móvel.

Para auxiliar no processamento dos dados, também foi construída uma planilha no Excel que executa todos os métodos necessários para o cálculo das grandezas. Essa planilha serviu para verificar se os algoritmos do microcontrolador estavam implementados de forma correta e a partir dela também foi possível obter os gráficos das formas de onda dos sinais de tensão e corrente.

Resultados e discussão

Foi projetada e desenvolvida uma placa de circuito impresso, com o intuito de alocar todos os componentes do projeto, permitindo o uso do wattímetro pelo usuário. Com o aparelho em funcionamento todos os resultados das medições são apresentados na tela LCD. Inicialmente, são exibidos os valores de tensão e corrente RMS, frequência da rede e fator potência. Após um intervalo de tempo de quatro segundos,

os dados são apagados e, então exibidos os valores de potência ativa e aparente.

Para verificar a precisão do wattímetro desenvolvido, dois tipos de testes foram realizados. O primeiro deu-se com uma lâmpada incandescente, que caracteriza uma carga puramente resistiva, e o outro com uma lâmpada fluorescente, representando uma carga de caráter indutivo. A execução desses dois tipos de experimentos fez-se necessário para validar o algoritmo do cálculo de fator de potência utilizado, verificando seus resultados para diferentes tipos de cargas. Comparações foram realizadas dos valores obtidos de tensão e corrente RMS, e frequência da rede, com os medidos por instrumentos disponíveis à venda no mercado. Os equipamentos utilizados para medição das grandezas, usados na comparação, foram um alicate amperímetro modelo UT210B e um wattímetro ZC31001-ZC31003. Por fim os resultados dos testes realizados foram analisados para verificação do funcionamento do aparelho desenvolvido.

A partir da análise dos resultados obtidos, percebe-se que o protótipo desenvolvido possui uma alta precisão na medição das grandezas. O erro associado as leituras de todas as grandezas foram calculados e apresentam valores abaixo de 2%, o que garante a confiabilidade do equipamento projetado, tanto para cargas resistivas quanto para indutivas.

Conclusões

Neste artigo foi apresentado o projeto e desenvolvimento de um wattímetro de baixo custo utilizando a plataforma Arduino. Verificou-se que o aparelho construído apresenta resultados próximos aos obtidos utilizando dois dispositivos à venda no mercado, com erro inferior a 2% para todas as grandezas medidas. Além disso, realizou-se a validação do equipamento tanto para medição de potência em cargas indutivas quanto resistivas.

Como se trata de um aparelho de baixo custo, o mesmo pode ser desenvolvido em centros de ensino e utilizado em laboratórios para realização de experimentos que abordem a medição de potência elétrica e fator de potência.

Palavras-Chave: Wattímetro; Baixo custo; Arduino.

Referências

NILSSON, JAMES W., RIEDEL, SUAN A. **Circuitos elétricos**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 575p.

BOGART JR., THEODORE F. **Dispositivos e circuitos eletrônicos volume II**. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2001. 463p

R. S. ALBANO E S. G. ALBANO. **Programação em Linguagem C**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 430p, 2010.

ZANETTI, HUMBERTO A. P., OLIVEIRA, CLÁUDIO L. V. **Arduino descomplicado: Como elaborar projetos de eletrônica**. 1.ed. São Paulo: Érica, 2005. 325p

EMBARCADOS, **Taxa de amostragem**. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/arduino-taxa-de-amostragem-conversor-ad/>>. Último acesso: 25 de outubro de 2015.

PAULO R. S. DINIZ., EDUARDO A. B. DA SILVA., SERGIO L. NETTO. **Processamento digital de sinais**. 2.ed. São Paulo: Bookman, 2014. 1000p.