

## DISPOSITIVO PARA REALIZAR MEDIÇÃO DE POTÊNCIA

JÚLIO CÉSAR ROLOFF PERES<sup>1</sup>; MAIQUEL S. CANABARRO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas– julio.peres@ufpel.edu.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – maiquel.canabarro@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O número de dispositivos de IoT (Internet das Coisas) tem crescido rapidamente, uma estimativa segundo LUETH (2018), é que este número de aproximadamente 8,3 bilhões se duplique nos próximos cinco anos. Com isso são diversas as áreas onde pode ser aplicado o conceito de IoT, que consiste basicamente na aquisição de dados sobre determinado ambiente que serão processados para efetuar algum controle, visando o bem-estar das pessoas que frequentam este recinto.

A medição de potência pode ser uma grandeza de interesse no ramo da Internet das Coisas, uma vez que é possível verificar o consumo dos dispositivos utilizados, podendo utilizar estes dados para manejo dos equipamentos em questão, podendo ser realizada alguma política em prol da redução do consumo, também sendo possível a gestão de aparelhos que porventura possam estar consumindo muita energia em standby, onde conforme pesquisa desenvolvida na Bélgica, por CLEMENT et al. (2007), esse consumo de energia pode corresponder a uma grande parcela do consumo total, chegando a 8% de toda energia utilizada durante um ano. A observação de um fator de potência de má qualidade, item abordado na próxima seção, também pode ser feita, dando assim suporte a correção deste fator, se desejado.

Desta forma, no decorrer do trabalho será desenvolvido um protótipo capaz de realizar a medida de potência elétrica.

### 2. METODOLOGIA

Segundo SADIKU (2013), a potência instantânea, dada em Watts, absorvida por uma carga é o produto entre a tensão elétrica sobre a carga, e a corrente elétrica que passa através dela no instante medido (equação 1), já a potência aparente (equação 4) é resultado do produto da tensão eficaz (equação 2) e a corrente eficaz (equação 3), esta potência aparente pode ser dada também como a soma da potência instantânea com a reativa. Por fim, SADIKU diz que a relação entre o que de fato está sendo consumido pela carga, a potência ativa, e a potência calculada com valores eficazes, é denominado fator de potência (equação 5).

$$P(t) = V(t) * I(t) \quad (1)$$

$$V_{RMS}^2 = \frac{1}{T} \int_{<T_0>} V(t)^2 dt \quad (2)$$

$$I_{RMS}^2 = \frac{1}{T} \int_{<T_0>} I(t)^2 dt \quad (3)$$

$$S = V_{RMS} * I_{RMS} \quad (4)$$

$$FP = \frac{P}{S} \quad (5)$$

Sabendo disso, para que se consiga efetuar a mensuração dos valores de potência de um determinado dispositivo, é preciso realizar a aquisição de duas grandezas físicas, a tensão e corrente elétrica sobre este.

Para primeira abordagem foi escolhida a plataforma Arduino para obtenção dos valores de tensão e corrente. O dispositivo usado, Arduino UNO, consegue realizar a conversão do sinal analógico, de 0 a 5 volts, para digital em uma resolução de 10 bits e em uma taxa de amostragem suficiente para que o teorema de Nyquist-Shannon seja cumprido.

Na revisão bibliográfica, FRANSISKA (2013), se encontra alguns métodos para que se possa medir a corrente que circula em um dispositivo, seja invasivo, como através do uso de uma resistência Shunt que cria uma diferença de potencial proporcional a corrente que circula no dispositivo ou não invasivo, como o que será abordado no desenvolvimento do trabalho, que utiliza um transformador de corrente (SCT-013-000), onde é gerada uma corrente na saída que tem amplitude 2000 vezes menor a corrente em que o sensor está medindo, através do campo magnético gerado pela corrente na carga.

O sensor usado é capaz de medir até 100 amperes RMS que equivalem a 141A de pico. Por ser um transformador com 2000 espiras, a corrente de pico máxima que presente no secundário é o quociente entre a corrente de pico no primário e o número de espiras, resultando em  $\pm 0,0707A$ . Como foi visto o microcontrolador é capaz de realizar a leitura apenas de sinais de tensão que estejam dentro do escopo de 0 a 5V, é então preciso condicionar esse sinal de corrente em um valor de tensão que pode ser lido pelo microcontrolador, então é usado um resistor em paralelo com o sensor afim de se criar uma tensão proporcional a corrente medida, de acordo com a lei de Ohm. Deve ser usada uma resistência que proporcione, de pico a pico, a tensão máxima do conversor AD quando há o maior valor de corrente na carga (equação 6).

$$R = \frac{5V}{2 * 0,0707A} \approx 33 \Omega \quad (6)$$

A tensão então é medida através de um amplificador diferencial de instrumentação, após isso é somado o offset igual a metade da tensão máxima, uma vez que o microcontrolador não lê tensões negativas, desta forma quando for lido 5V, equivale a corrente máxima positiva, quando for lido 0V, equivale a corrente máxima negativa e quando for lido 2,5V não existe corrente circulando pela carga.

Para efetuar a leitura da tensão é usado um divisor de tensão resistivo de forma a rebaixar os 220V em uma tensão de pico a pico de no máximo 5V, e então essa divisão de tensão é medida através do amplificador de instrumentação e somado a um offset, exatamente como abordado para o caso da corrente, como pode ser observado na figura 1.

Tendo os sinais condicionados é preciso fazer o processamento dos mesmos, é efetuado a leitura dos sinais via conversor analógico digital, aplicado um filtro passa-baixas digital, para adquirir o valor do offset e remove-lo do sinal lido, e então realizada as integrais discretas (equações 7,8,9), em 10 ciclos.

$$P = Vc * Ic \frac{1}{N} * \sum(I * V) \quad (7)$$

$$V_{RMS} = Vg * \sqrt{\frac{1}{N} * \sum V^2} \quad (8)$$

$$I_{RMS} = Ig * \sqrt{\frac{1}{N} * \sum I^2} \quad (9)$$

Realizando a compensação do conversor AD com os devidos ganhos através da lei de Ohm para a leitura da corrente e da divisão de tensão para a diferença de potencial como se verifica nas equações 10 e 11.

$$Vg = \frac{5}{1024} * \left( \frac{6,8k\Omega + 1M\Omega}{6,8k\Omega} \right) \quad (10)$$

$$I_g = \frac{5}{1024} * \left( \frac{2000CT}{33\Omega} \right) \quad (11)$$

Com isso, através da equação 4 e 5, é calculada potência aparente e o fator de potência, tendo os dados desejados sobre a potência. Este método para cálculo do fator de potência possibilita estimar o este fator para cargas não lineares, uma vez que ele não tem como base a verificação do deslocamento de fase.

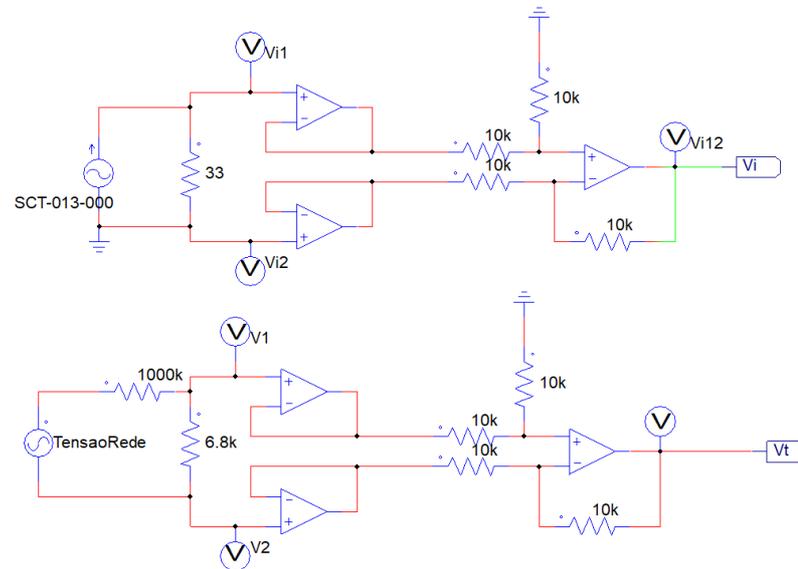


Figura 1 – Circuito de instrumentação implementado

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

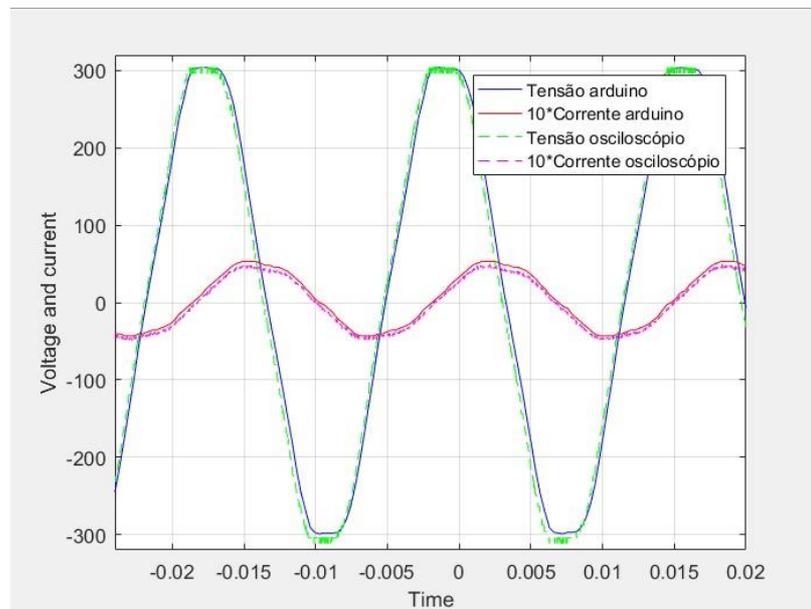


Figura 2 – Formas de ondas obtidas no teste

Foi realizada a implementação do protótipo, que foi testado utilizando duas cargas, um aquecedor comercial e um motor monofásico com carga zero (WEG). Então foi realizada uma calibração dos valores dos ganhos, utilizando um Wattímetro comercial e como carga o aquecedor puramente resistivo. Esta calibração é necessária porque que existem resistências na placa e os resistores

usados não são 100% precisos. Com o protótipo calibrado foi ligado a segunda carga, o motor monofásico, e usando o Matlab foi obtido os valores processados pelo Arduino que foram colocados em um gráfico afim de comparar com os pontos amostrados pelo osciloscópio, parâmetro de referência, onde foi usado uma ponteira de corrente e uma ponteira isolada de tensão. Chegando nos gráficos para tensão e corrente da Figura 2 e a Tabela 1 com alguns valores de interesse processados.

Grandeza	Fabricante	Osciloscópio	Arduino
Potência (W)	250W	227,85W	227,53W
Fator de Potência	0,22	0,3	0,295

Tabela 1 – Dados obtidos

#### 4. CONCLUSÕES

Comparando os valores processados medidos através do protótipo e da amostragem realizada pelo osciloscópio, os valores se mostraram bastante próximos, por não usar resistores de precisão é entendível a variação com os valores mensurados usados como referência.

Como trabalhos futuros, se pretende realizar testes mais longos, utilizando o Wattímetro comercial, dispositivo próprio para aferição das grandezas de potência, com comunicação serial, afins comparativos e validadores, fazendo o uso de resistores mais precisos, testes os quais poderão contemplar estudos sobre o consumo de energia de dispositivos em standby. Também utilizar a técnica do resistor shunt para medição da corrente, para que se possa comparar a precisão dos métodos. Após isso, implementar o sistema embarcado com algum dispositivo de comunicação para enviar esses dados para internet, utilizando tecnologias WiFi ou LoRa, afim de criar interface homem máquina, para disponibilizar os dados de interesse em alguma plataforma visual, uma vez que atualmente estão apenas disponíveis via porta serial, transformando o medidor em um dispositivo de IoT.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SADIKU, M. N.; ALEXANDER, C. K. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

FRANSISKA, R. W.; SEPTIA, E. M. P.; VESSABHU, W. K.; FRANS, W.; ABEDNEGO, W; HENDRO. Electrical power measurement using Arduino Uno microcontroller and LabVIEW, **3rd International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering (ICICI-BME)**, Bandung, 226-229, 2013.

WEG. **Catálogo Motores**. Jaraguá do Sul. Acessado em 08 set. 2019. Online. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>

IOT ANALYTICS. **State of the IoT 2018: Number of IoT devices now at 7B – Market accelerating**. Acessado em 08 set. 2019. Online. Disponível em: <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/>

CLEMENT, K.; PARDON, I.; DRIESEN, J. Standby Power Consumption in Belgium, **9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation**, Barcelona, 1-4, 2007.