

Rafael F. Q. Magossi, Vilma A. Oliveira e Elian J. Agnoletto

Departamento de Engenharia Elétrica e Computação

Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos

rafael.magossi@usp.br; elianmt@hotmail.com; vilma@sc.usp.br

## Resumo

O presente projeto de pesquisa tratou da implementação de um medidor inteligente (SM, das iniciais em inglês) para aplicação em redes de energia inteligentes, monitorando a tensão, corrente e a potência consumida por uma carga. O SM possui um sistema de comunicação USB e de modo autônomo analisa violações dos parâmetros da rede, além de gerar banco de dados e histórico gráfico por meio de um supervisor. O SM foi calibrado com instrumentos comerciais para medidas elétricas e, em seguida, foi ensaiado com uma carga resistiva monofásica monitorando os parâmetros de tensão, corrente e potência da carga, além do ensaio de situações de violação dos parâmetros de tensão e corrente da carga.

## Introdução

Os equipamentos de medição das Smart Grids (SG) são denominados medidores inteligentes. Os SMs são capazes de medir em tempo real os valores de tensão e corrente presentes nos diversos equipamentos conectados à rede, informando a potência que este equipamento está consumindo ou fornecendo ao sistema, além de detectar e isolar faltas e gerenciar as entradas e saídas de cargas do sistema [1-4]. Há modelos comerciais do SM que podem ser encontrados na Europa, nos Estados Unidos e em outras localidades, mas possuem um alto custo envolvido na sua implementação dificultando a entrada de investimentos para o setor [5].

## Materiais e Métodos

Primeiramente, foi feito um estudo sobre SG e SM, incluindo os seus protocolos de comunicação. Para melhor atingir os objetivos, estruturou-se o processo em três etapas. A primeira etapa envolveu a confecção de uma placa para o condicionamento dos sinais da rede elétrica e acionamento de cargas. A segunda etapa tratou da confecção do medidor, assim como seu sistema de comunicação e proteção. Por fim, a terceira etapa compreendeu o desenvolvimento do supervisor, destinado ao operador, para monitorar o funcionamento da rede.

O sistema de medição foi feito com um microcontrolador que recebe um sinal condicionado com offset e utiliza o cálculo discreto para medir o valor RMS de tensão e de corrente, e estimar o valor de potência. O algoritmo é baseado no método de Newton [6,7]. O sistema de medição monitora também, violações dos parâmetros de operação da rede. Na Figura 1 é possível ver as placas construídas.



Figura 1: Placas de condicionamento, acionamento e sistema de medição

Para o supervisor, como foi utilizada a comunicação USB, optou-se pela confecção através de um windows form application do software Visual Studio e que se comunica com o sistema de medição de acordo com um protocolo requisitando dados ou a alteração da conexão da carga, gerando banco de dados e histórico gráfico.

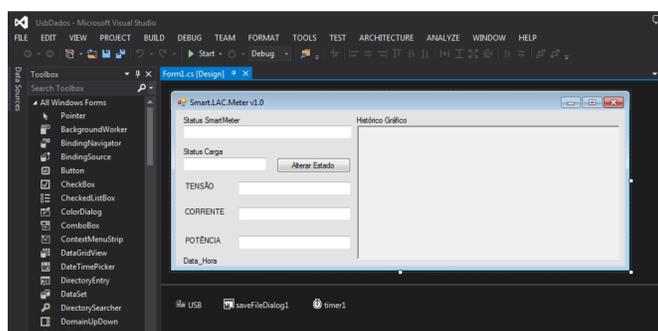


Figura 2: Supervisor em construção no Visual Studio

## Resultados

Foram definidos dois ensaios a serem realizados. O primeiro ensaio foi um ensaio de calibragem do equipamento. Para isso ajustou-se os ganhos de *offset* no sinal de saída para o sistema de medição, através de resistores variáveis na placa de condicionamento até um valor alternado estritamente positivo. Utilizando-se um multímetro Minipa ET-20745B, anotou-se diversos valores de tensão obtidos no SM e no multímetro. Com os dados obtidos, observou-se o desvio padrão entre cada medida, considerando-se o multímetro como base. Após isso foi feito a média desses desvios, e foi possível verificar que as medidas flutuam em média cerca de 0,7% em relação ao equipamento padrão.

No segundo ensaio, realizou-se um teste com uma carga resistiva monofásica, no qual estabeleceu-se uma carga de aproximadamente 1000W nominais para 127V e 7,87A seria usada. Assim, com a carga conectada ao sistema, foram simuladas as variações de tensão e ensaiou-se o resultado de algumas manobras, mostrado na Figura 3. O tempo de resposta para obtenção dos dados foi de aproximadamente 1 segundo.

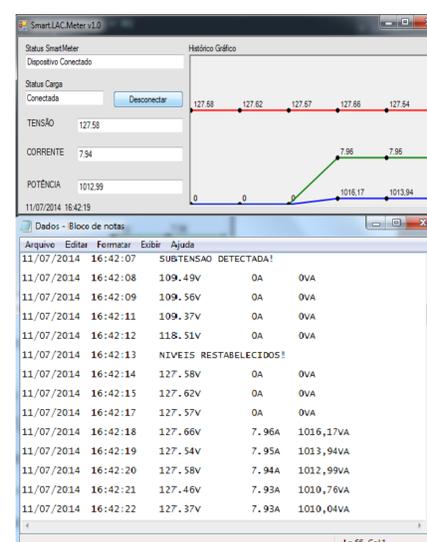


Figura 3: Supervisor, histórico gráfico e banco de dados gerado.

## Conclusões

Neste projeto de pesquisa foi desenvolvido e implementado um SM para monitoramento de tensão e corrente eficazes, e potência aparente de cargas conectadas à rede SG. O tempo de resposta do sistema é de 1 segundo, devido ao fato do microcontrolador realizar as medidas, monitorar as possíveis violações dos parâmetros e prover a comunicação com o supervisor. Sugere-se, portanto, para uma próxima fase da pesquisa, o uso de um microcontrolador mais rápido do que o PIC utilizado. Durante o período de pesquisa foram desempenhadas várias atividades, desde pesquisas teóricas, confecção de placas e desenvolvimento de protótipos. Portanto, o presente projeto de pesquisa contribuiu para a formação acadêmica e profissional do bolsista.

## Agradecimentos

À USP pela bolsa concedida.

## Referências Bibliográficas

- [1] Hughes, T. P., Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880-1930: John Hopkins University Press, Softshells Book, 1983.
- [2] Hunt, S.; Shuttleworth, G., Competition and Choice in Electricity, Wiley, 1996.
- [3] Falcão, D. M., Integração de Tecnologias para Viabilização da Smart Grid. Disponível em: <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/III%20SBSE%20-%202010/PDF/SBSE2010-0241.PDF>. Acesso em: 26 de abril de 2013.
- [4] Gungor, V.C.; Sahin, D.; Kocak, T.; Ergut, S.; Buccella, C.; Cecati, C.; Hancke, G.P., "Smart grid technologies: communication technologies and standards," IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol.7, no.4, Nov. 2011.
- [5] S. S. R. Depuru; L. Wang; V. Devabhaktuni, "Smart meters for power grid: challenges, issues, advantages and status," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, 2011.
- [6] Johnson, D. E.; Hilburn, J. L.; Johnson, J. R., Fundamentos de Análise de Circuitos Elétricos, 4. ed., Prentice-Hall, 1994.
- [7] Franco, N. B., Cálculo Numérico, 2. ed., Cap. 3, pp. 68-71, Pearson, 2006.