

Sistema de medição inteligente para cargas conectadas à *smart grid*

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

Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia de São Carlos

rafael.magossi@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 é constituído por duas placas e um sistema supervisorio. Uma das placas realiza o tratamento dos sinais de tensão e corrente, adequando-os para a outra placa dotada de um microcontrolador que faz as medidas de tensão, corrente, potência e possui um algoritmo para transmissão de dados para o supervisorio através de comunicação USB. Além disso, o microcontrolador possui um sistema de proteção automático embarcado que analisa violação dos parâmetros de tensão e corrente da carga, identificando e isolando contingências. O supervisorio do SM pode realizar o gerenciamento do conjunto de cargas e gerar um banco de dados com as medidas realizadas e os alarmes que ocorreram no sistema. 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.

Palavras Chaves: Medidor inteligente, gerenciador de cargas, monitoramento de rede.

Abstract

This research project addressed the implementation of a smart meter (SM), for application on smart grid systems monitoring voltage, current and power consumed by a load. The SM consists of two boards and a supervisory system. One of the boards process the signals of voltage and current, adapting them for the other board that has a microcontroller that make voltage, current and power measurements, and has a USB data transmission algorithm to the supervisory system. Also, the microcontroller has an embedded automatic protection system that analyzes violation of voltage and load current parameters, identifying and isolating contingencies. The SM supervisory can generates and manages a database system with measured signals and violations events that occurred in each branch of the system. The SM was calibrated with commercial instruments for electric measurement, and was then tested with a single-phase resistive load monitoring voltage, current, and load power parameters, also violations of the load voltage and current parameters were tested.

Key words: Smart meter, load manager, network monitoring.

Introdução

Atualmente, a construção de unidades geradoras de grande porte, como hidroelétricas, termoelétricas e usinas nucleares, tem sido dificultada em razão do impacto socioambiental gerado. A partir disso, surge a ideia de redes de energia inteligentes (SG, das iniciais em inglês). A SG é uma rede de energia elétrica que possui malha de monitoramento e automação, capaz de selecionar ramos, isolar contingências e rejeitar cargas do sistema, além de trabalhar com geração distribuída desde pequenos até grandes fornecedores de energia. Sabe-se também que um sistema de energia elétrica é composto por sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia. No entanto, para as SGs, estes sistemas são monitorados por uma central utilizando vias de comunicação e nós sensores, para que seja possível a interoperabilidade da rede. Os equipamentos de medição das SGs são denominados medidores inteligentes [1-4].

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, sendo possível também a medição de outros parâmetros interessantes à qualidade da energia elétrica. A utilização do SM permite, além das leituras de tensão e correntes instantâneas, detectar e isolar faltas e gerenciar as entradas e saídas de cargas do sistema [3]. 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].

Sendo assim, esse projeto trata da implementação de um sistema de medição inteligente para cargas conectadas à rede elétrica, visando um sistema básico de medição de tensão eficaz, corrente eficaz e potência aparente, além de que, enquanto possível, atenta para um projeto de baixo custo. O SM possui um sistema de comunicação direta com um sistema supervisor e pode ser capaz de estabelecer prioridade entre os tipos de cargas gerenciadas. Ainda, o sistema de medição inteligente monitora o funcionamento apropriado da rede e da carga, evitando que os limites de operação sejam violados e causem danos aos aparelhos, além de permitir o desligamento daquele pelo operador da rede. Portanto, o SM funciona de modo híbrido, tanto como dispositivo autônomo quanto dispositivo de monitoramento.

Objetivos

Os objetivos dessa pesquisa incluem o desenvolvimento e implementação de um SM para monitoramento de tensão e corrente eficazes, e potência aparente de cargas conectadas à SG. Além de estudar a viabilidade de protocolos de comunicação para dispositivos conectados à SG para realização da comunicação com um sistema supervisor.

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 tratou do desenvolvimento do supervisor, destinado ao operador, para monitoramento da rede.

Assim, para a primeira etapa, foi utilizada uma placa de condicionamento elaborada pelos pesquisadores do LAC – Laboratório de Controle – USP/EESC, onde é possível reduzir os valores de tensão da rede para valores mensuráveis pelos sistemas digitais TTL, além de permitir a medição da corrente através de um transdutor de corrente que transforma o sinal de corrente em um sinal de tensão que pode facilmente ser medido pelo SM. A placa de condicionamento e acionamento de cargas conta com ganhos variáveis para as amplitudes dos sinais de saída, além de proteções, isolamento e um ganho de *offset* e aciona duas cargas monofásicas utilizando relés acionados via nível lógico digital.

Com a primeira etapa concluída, deu-se início à segunda etapa, que tratou da construção do sistema de medição e comunicação. Saliendo que como a frequência da rede não é elevada, optou-se por utilizar um microcontrolador PIC, pois os mesmos possuem periféricos de conversão analógico-digital e comunicação, enquadrando-se na proposta de manter o baixo custo. Além disso, como o objetivo maior é a construção do dispositivo de medida em si e ao estudo dos protocolos de comunicação viáveis, optou-se por utilizar provisoriamente uma comunicação USB dada a facilidade de implementação e flexibilidade. O modelo do microcontrolador escolhido foi o PIC18F2550, pois, além do conversor analógico-digital, o mesmo possui comunicação USB.

Assim, o sistema de medição recebe um sinal condicionado com *offset* e utiliza o cálculo discreto para medir o valor RMS de tensão e de corrente [6]. O valor de potência seria medido dentro desse sistema, mas como se trata de um cálculo feito a partir de outras duas medidas, esse valor será calculado no supervisor. O algoritmo é baseado no método de Newton para extrair a raiz quadrada dos valores medidos devido a convergência quadrática, que fornece maior velocidade e precisão ao sistema [7]. Já o sistema de comunicação USB possui um protocolo local para transmissão de dados, sendo estruturado em 64 *bytes*, onde o primeiro *byte* indica se o dado transmitido se trata de uma medida ou de um pedido de alteração do estado de conexão da carga, o segundo *byte* é destinado para qual carga se está referindo o ato e o

restante é utilizado para carregar os valores de medida, reservando-se somente o último *byte* para indicar o estado de conexão da carga. Antes de enviar os dados, o sistema possui um verificador de violação de parâmetros de tensão, fornecido pelo PRODIST, e de corrente, dado pelo fabricante da carga, que informa o supervisor caso algum seja violado. Nesse caso, a carga é desconectada da rede e o operador fica impossibilitado de refazer a conexão enquanto o sistema de medição não informar que é seguro.

Para o supervisor, como é utilizada a comunicação USB, optou-se pela confecção através de um *windows form application* do software *Visual Studio*, em razão da facilidade de se tratar essa comunicação. Assim, o programa foi feito na linguagem C# e se comunica com o sistema de medição de acordo com o protocolo local citado, requisitando dados ou a alteração da conexão da carga. Além disso, é possível escolher o local para salvar os dados como arquivo de texto e produzir um histórico gráfico sobre os valores de tensão, corrente e potência disponível em tempo real para o operador, sendo que o supervisor gerará notificações sobre as violações dos parâmetros da rede. Para maior flexibilidade, o programa foi estruturado para trabalhar em *plug and play*, assim, uma vez instalado o supervisor em qualquer computador, basta conectar o SM para iniciar o processo de monitoramento sem a necessidade de nenhuma configuração adicional. As placas confeccionadas são exibidas na Figura 1. Na parte superior são mostradas a placa do sistema de medição e comunicação, e os transdutores de corrente. Na parte inferior, são mostradas as placas de condicionamento e acionamento de cargas.

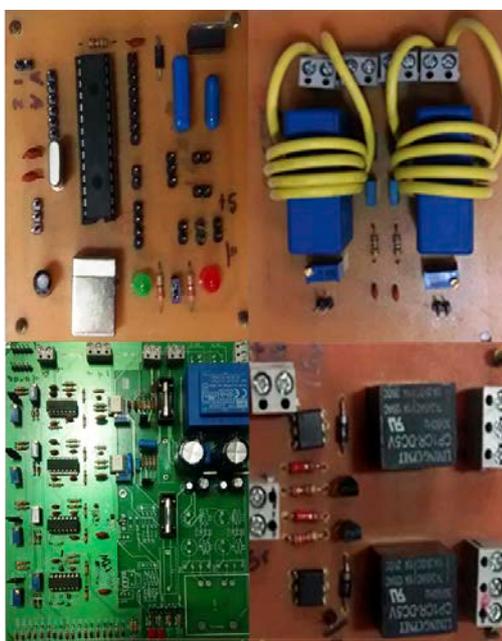


Figura 1: Placas confeccionadas para o SM.

Resultados

Foram definidos dois ensaios a serem realizados. O primeiro ensaio tratou da calibragem do equipamento. Para isso, foi utilizado um multímetro *Minipa* e um osciloscópio *Tektronics*, ajustando-se os ganhos de *offset* no sinal de saída para o sistema de medição. Conseguiu-se nessa etapa uma calibragem com cerca de 0,7% de flutuação em relação aos equipamentos padrões.

No segundo estágio, realizou-se um teste com uma carga resistiva monofásica, no qual estabeleceu-se que o ensaio do sistema usaria uma carga de aproximadamente 1000W nominais para 127V e 7,87A. Assim, com a carga conectada ao sistema, foram simuladas as variações de tensão e ensaiou-se o resultado de algumas manobras, mostrado na Figura 2. O tempo de resposta para obtenção dos dados foi de aproximadamente 1 segundo.

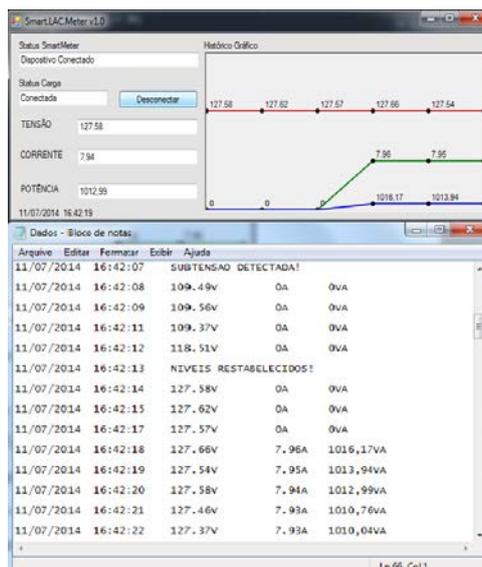


Figura 2: Na parte superior é exibido o supervisório em funcionamento e, na parte inferior, os dados gerados.

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 supervisório. 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.

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.; Shuttlerwork, 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. 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.