

## **PROJETO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO DE CORRENTE UTILIZANDO A BOBINA DE ROGOWSKI<sup>1</sup>**

**Douglas De Castro Karnikowski<sup>2</sup>, Gabriel Attuati<sup>3</sup>, Mauricio De Campos<sup>4</sup>, Paulo Sérgio Sausen<sup>5</sup>.**

<sup>1</sup> Parte integrante do Projeto de pesquisa Implantação de um Lote Pioneiro de um Sistema de Monitoramento de Consumo, Parametrização e Diagnóstico da Rede Elétrica de Distribuição em BT Utilizando Tecnologia PLC (Power Line Communication) desenvolvido no Grupo de Automação Industrial e Controle

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do Grupo de Automação Industrial e Controle.

<sup>3</sup> Estudante do Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do Grupo de Automação Industrial e Controle.

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do Grupo de Automação Industrial e Controle.

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do Grupo de Automação Industrial e Controle.

### **Introdução**

A aquisição de grandezas de média tensão requerem um conjunto de cuidados bem como de características próprias. Quando tratamos de subestações subterrâneas algumas particularidades precisam ser observadas, tais como, interferência eletromagnética, isolamento e malhas de aterramento dos cabos, condições de humidade e temperaturas extremas. Usualmente os sistemas utilizados nestes casos são simples e de baixo desempenho. Neste sentido, além do hardware de aquisição de dados adequado, um sistema deste tipo necessita de sensores apropriados e capazes de ser imunes a estes problemas. Para a escolha do sensor mais adequado para cada aplicação primeiramente é necessário conhecer suas características, analisando sua função de transferência, nível de saturação, excitação, impedância de saída, sua resposta em frequência, imunidade a ruídos, índices de proteção, encapsulamento e principalmente robustez. A impedância de saída provê as características de acoplamento para servir de base ao hardware de aquisição a ser desenvolvido. A resposta em frequência apresenta a faixa de frequência possível de ser medida sem perda de precisão. A imunidade a ruídos, principalmente em ambientes com alto índice de interferência eletromagnética como no caso das subestações subterrâneas, é crucial principalmente quando da operação em baixa carga ou com níveis de correntes próximos a zero. O índice de proteção (IP), apresenta sob quais condições de operação o mesmo pode funcionar (Alta humidade, Submerso, alta temperaturas, etc...). A fixação e características de isolamento são diretamente vinculadas ao encapsulamento, e por fim a robustez é a característica de operação mesmo em condição de estresse do dispositivo por varias horas sem perder todas as características comentadas anteriormente. As bobinas de Rogowski são hoje os sensores de correntes AC que contemplam, de forma mais completa, todas as características citadas. Existem dois tipos de bobinas de Rogowski, as flexíveis e

# SALÃO DO CONHECIMENTO

UNIJUI 2013  
Ciência • Saúde • Esporte



**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXI Seminário de Iniciação Científica

as rígidas. A bobina flexível pode instalada facilmente em um condutor que se deseja medir por meio da união de seus extremos, este tipo de construção permite a medição de condutores largos e de difícil acesso sem ter que desligar o sistema posi não necessita que seja desconectado o condutor. Já a bobina rígida é indicada para medições de grande precisão e para ser instalada de forma permanente, no entenato precisa que no momento da instalação o sistema seja desligado. Entre as características destas podemos destacar que a indutância mutua da bobina rígida é maior que a flexível e assim sua tensão de saída também é mais elevada. A Bobina de Rogowski possui algumas vantagens em relação ao Transformador de Corrente convencional. A mais importante é que ela não possui núcleo ferromagnético e assim não haverá perdas no entreferro (correntes de Foucault e histerese). Ainda, devido à ausência de um núcleo ferromagnético a bobina não satura, proporcionando uma resposta linear para todos os pontos de medição do sensor. Contudo, a não utilização de um núcleo magnético faz com que não haja uma concentração do fluxo magnético em um determinado caminho, deixando a bobina mais vulnerável às interferências eletromagnéticas, tal problema é solucionado com a utilização de uma blindagem eletromagnética. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema eletrônico para aquisição de correntes elétricas em Média Tensão utilizando a Bobina de Rogowski como sensor. O sistema foi projetado para aquisição de sinais de um sistema elétrico trifásico de Média tensão em classe de 15kV. Para a utilização em um transformador de 500KVA (13,8kV - 220V/127V) em uma subestação subterrânea do sistema reticulado da CEEE-D (Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul), localizado na região metropolitana de Porto Alegre – RS.

## Metodologia

O microcontrolador escolhido para o projeto foi o MSP430F47197, que apresenta conversão analógica para digital (A/D) precisa (16 bits) e 7 amostras simultâneas, ideais para análise de um sistema trifásico. Possui ainda, uma entrada de tensão negativa e positiva no conversor A/D que diminuiu os custos do circuito de aquisição. Apresenta também, um Real-Time Clock interno com um calendário de 1901 até 2099 também necessário em projetos desta natureza. Como já mencionado anteriormente, o sensor utilizado para a medição de corrente é a Bobina de Rogowski, que consiste em um núcleo toroidal, não magnético, colocado ao redor de um condutor. Desta forma, quando é gerado um campo magnético por uma corrente alternada que percorre o condutor é induzido uma tensão nos terminais da bobina. O valor da tensão terminal da bobina é proporcional à derivada da corrente que circula pelo condutor. Desta forma, é necessária a utilização de um circuito integrador para a integração do sinal de tensão proveniente do secundário da Bobina de Rogowski. Este circuito integrador é composto amplificadores operacionais, capacitores e resistores. A Bobina de Rogowski escolhida para o projeto foi uma bobina flexível, da fabricante Prosys, modelo ACF 3000, onde as características elétricas: Precisão de  $\pm 1\%$ , deslocamento máximo de fase de  $1^\circ$ , faixa de frequência de 10Hz a 20kHz e linearidade  $\pm 0,2\%$ . Para medir todas as distorções de corrente e tensão nas condições de operação respeitando as normas da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) é necessário representar os sinais no mínimo até a 25ª ordem harmônica. Como no Brasil, o padrão da frequência da rede é de 60 Hz, temos que a





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico

**Evento:** XXI Seminário de Iniciação Científica

frequência dos sinais a serem medidos é de 1500 Hz. Portanto, a frequência de amostragem deve ser maior que 3000 Hz (Teorema de Shannon). Para o projeto foi definido uma amostragem de 4096 Hz.

### Resultado e Discussão

Após o desenvolvimento do protótipo e a sua construção as medições realizadas foram comparadas com as medições do analisador comercial de Qualidade de Energia Elétrica DRANETZ® modelo PowerGuide 4400. O erro relativo percentual da medição de corrente eficaz, obtido no ensaio, foi de 1,1%. Para o ensaio do sinal de saída do circuito de aquisição de corrente utilizou-se uma fonte de frequência variável, onde alterou-se a faixa de frequência da corrente de 60Hz à 4999Hz, onde o sinal foi comparado com o sinal de saída de um resistor shunt de 1Ω. Os sinais não apresentaram atraso de fase até a frequência de 1490Hz, validando o circuito de aquisição, projetado para medir até a 25ª harmônica. Em frequências maiores que 1500Hz a forma de onda de saída apresentou um ruído e um atraso de fase de cerca de 4°. As placas da fonte, de aquisição e do microcontrolador foram montadas em uma caixa com tampa com grau de proteção IP65 (permitindo jatos diretos de água, mas não a submersão total da mesma), possuindo um display LCD (Liquid Crystal Display) 16x2 na parte superior, um conector para a comunicação CAN (Controller Area Network) e outro para comunicação serial, entrada para medição de corrente trifásica mais a de neutro e três conectores do tipo “jacaré” para a realização das medidas de tensão. Foi ainda desenvolvido um sistema supervisor, onde obtiveram-se as medições das grandezas elétricas do transformador de 500KVA. O sistema está em funcionamento na Subestação do “índio” da CEEE-D realizando a aquisição e transmissão dos dados a mais de seis meses, sem apresentar nenhum tipo de problema de funcionamento.

**Conclusões** O objetivo deste trabalho foi desenvolver um equipamento de medição de grandezas elétricas de baixo custo, fácil instalação e alto desempenho. Uma das principais características do medidor apresentado é que ele foi desenvolvido utilizando de um sistema de comunicação que transmite as medições para um sistema de banco de dados que possibilita a análise do comportamento do Sistema Elétrico. A Bobina de Rogowski utilizada mostrou-se um sensor de corrente bastante eficaz, possuindo diversas vantagens em relação aos demais sensores encontrados no mercado, como por exemplo, isolamento galvânica, boa resposta em altas frequências (medição de transitórios), não possui núcleo ferromagnético, resposta linear, capacidade de medição de grandes magnitudes de corrente, apresentando ainda um alto nível de segurança, diferentemente do TC que pode ocasionar acidentes caso seu secundário fique em aberto. Para finalizar destaca-se que o sistema ora proposto é seguro e de fácil instalação não interferindo no sistema em que é conectado.

**Palavras-Chave:** Medição; Aquisição de corrente; Bobina de Rogowski;

### Agradecimentos

Os autores deste projeto agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS pela bolsa de Iniciação Científica.





**Modalidade do trabalho:** Relatório técnico-científico  
**Evento:** XXI Seminário de Iniciação Científica

#### Referência Bibliográfica

HIGASHI, E. M. Modelagem da bobina de Rogowski para medidas de pulsos de corrente elétrica. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, p. 82. 2006. LATHI, B. P. Sinais e Sistemas Lineares. 2ª. s.l. : Bookman®, 2007. p. 856. PEREIRA, F. Microcontroladores MSP430 – Teoria e Prática. s.l. : Érica Ltda, 2005.

