



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO E DEFINIÇÃO DE SENSORES PARA UM SISTEMA DE ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA EM MÉDIA TENSÃO¹

**Jonathas Rodrigo Kinas², Júlia Rambo Hammarstron³, Luis Felipe Bianchi Carbonera⁴,
Mauricio de Campos⁵.**

¹ Projeto pesquisa institucional desenvolvida no departamento DCEeng pertencente ao Grupo de Automação Industrial e Controle (GAIC)

² Aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista P&D, jonataskinas@yahoo.com.br

³ Aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista P&D, julia.rambo@hotmail.com

⁴ Aluno do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UNIJUI, bolsista PIBIC, UNIJUI, felipe.carbo@hotmail.com

⁵ Professor doutor no DCEeng, orientador, campos@unijui.edu.br

Resumo: O acesso à energia elétrica tem propiciado uma série de benefícios, tanto a nível de comodidade/conforto quanto à segurança da população. Estes benefícios fazem com que as pessoas fiquem cada dia mais dependentes da energia elétrica para a grande maioria das suas atividades. Isto tem incrementado a preocupação com a manutenção da qualidade da energia elétrica fornecida pelas concessionárias, para que não ocorram problemas em equipamentos por causa da sua possível má procedência. No presente estudo será demonstrada uma revisão bibliográfica sobre os sensores de corrente e sensores de tensão, a fim de escolher os sensores mais adequados para analisar a qualidade da energia elétrica (QEE) da rede de média tensão (classe 25kV) do Departamento Municipal de Energia de Ijuí (DEMEI).

Palavras-Chave: Qualidade de Energia Elétrica, Medidor, Média Tensão.

Introdução

O acesso à energia elétrica tem propiciado uma série de benefícios, tanto a nível de comodidade/conforto quanto a segurança da população. Estes benefícios fazem com que as pessoas fiquem cada dia mais dependentes da energia elétrica para a grande maioria das suas atividades. Isto tem incrementado a preocupação com a manutenção da qualidade da energia elétrica fornecida pelas concessionárias, para que não ocorram problemas em equipamentos por causa da sua possível má procedência (MEHL, 2011).

O sistema elétrico de potência (SEP) é responsável por difundir a eletricidade, assim possibilitando que os consumidores tenham acesso a energia elétrica. A medição de valores de corrente e tensão deste sistema representa a base dos processos de tarifação, controle e proteção de usinas, subestações e linhas de transmissão. No entanto, com os avanços da Tecnologia da Informação (TI), tem-se cada vez mais necessidade de se incrementar o número de pontos de oscilografia do sistema. O processo de medição





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

dá-se em três segmentos: geração, transmissão e distribuição. Cada um destes segmentos deve repassar a energia elétrica ao segmento seguinte, conforme os critérios de qualidade estabelecidos. Nas subestações estão localizados os transformadores de potência, responsáveis pela mudança nos níveis da tensão. Também estão localizados os transformadores de instrumentação, conhecidos como transformador de corrente (TC) e transformador de potencial (TP). Esses, por sua vez, estão conectados através dos seus enrolamentos primários diretamente à linha de transmissão, e tem como função reproduzir, proporcionalmente, em seus secundários, réplicas em escala reduzida da corrente e tensão na linha de transmissão (WENDHAUSEN, 2011).

No presente estudo será demonstrada uma revisão bibliográfica sobre os sensores de corrente e sensores de tensão, a fim de escolher os sensores mais adequados para analisar a qualidade da energia elétrica (QEE) da rede de média tensão (classe 25kV) do Departamento Municipal de Energia de Ijuí (DEMEI). Os critérios utilizados nesta escolha estão baseados em índices de QEE, os quais são: tensão em regime permanente, fator de potência (FP), distorção harmônica, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e variação da frequência. Estes aspectos foram considerados baseados no que reza a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) e serão explanados detalhadamente na metodologia (PRODIST ANEEL, módulo 8, 2011). Além disto, também podemos destacar como objetivos deste trabalho: desenvolver os circuitos de aquisição composto por um DSP capaz de suportar a conversão dos sinais em taxas adequadas, condicionamento e circuitos de transmissão dos sinais adquiridos.

Metodologia

O primeiro passo para se desenvolver um sistema destinado ao monitoramento de qualidade de energia em uma rede de média tensão é definir os sensores. Depois de escolhidos os sensores, podem ser desenvolvidos os circuitos de condicionamento, que tem como finalidade adequar os níveis de sinais aos níveis de entrada dos conversores analógicos digitais do microprocessador. Nos próximos parágrafos, discutiremos sobre os principais sensores utilizados para o sensoriamento nesta classe de tensão.

Os sensores de corrente tradicionalmente utilizados para medição em média tensão são os TCs que se caracterizam por um circuito de acoplamento magnético, destinado a reproduzir proporcionalmente em seu secundário uma réplica, em escala reduzida, da corrente do circuito primário com a sua posição fasorial mantida. Portanto, podemos destacar que os TCs tem duas características básicas: isolar os equipamentos de medição e fornecer em seu secundário uma corrente de dimensões adequadas para serem utilizadas pelos medidores (WENDHAUSEN, 2011).

A maioria dos TCs encontrados no mercado são projetados com uma frequência ressonante de 60Hz, a largura de banda se dá através da fórmula (1).

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L C}} \quad (1)$$

onde:

f = frequência elétrica (Hz);



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

ω = frequência angular (rad/s);

L = indutância (H);

R = resistência (Ω);

Considerando que a resistência do enrolamento dos TCs é muito baixa, a largura da banda passante tende a ser reduzida. Essa é uma preocupação porque a resolução nº 395 de 2009 da ANEEL, exige a medição de pelo menos a 25ª harmônica para fins do cálculo da distorção harmônica total (DHT).

Existem ainda os sensores de corrente, baseados em Transformadores de Corrente Ópticos e Bobina de Rogowski. Ambos possuem uma precisão e largura de banda maior que os TCs tradicionais, no entanto, não foram encontrados estes dispositivos para o nível de tensão pretendida por este projeto.

Para medir a diferença de potencial em média tensão, existem três tipos principais de Transformadores de Potencial (TP), que são: o indutivo, o capacitivo e divisor resistivo. Os TPs por divisor resistivo tem a vantagem sobre os demais por ter uma largura de banda passante ilimitada.

É importante que se tenha conhecimento das normas que regem os sistemas de medição temporários, observando-se os requisitos mínimos dos materiais utilizados. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, resolução nº 395, 2009), as medições de tensão amostrais devem ser realizadas utilizando-se equipamentos com, taxa de amostragem de no mínimo 16 amostras por ciclo, conversor A/D (Analogico/Digital) do sinal de tensão de 12 bits e precisão de até 1% (um por cento) da leitura.

A classe de exatidão de alicates amperímetros, de TC e TP combinados e de medidores deverá ser, no máximo, de 1,5 % (um e meio por cento). O equipamento de medição deverá permitir o cálculo dos valores eficazes de tensão, utilizando intervalos de medição de 10 (dez) minutos, com janelas fixas e consecutivas de 12 a 15 ciclos.

Resultados e discussão

Após a etapa prévia de análise das normas que abrangem os medidores de energia e um estudo sobre os tipos de sensores para medição de média tensão, foi possível definir os TPs e TCs a serem utilizados neste projeto.

Baseando-se na tabela 1, é possível fazer um comparativo entre os TPs disponíveis no mercado, de três diferentes fabricantes.

SALÃO DO CONHECIMENTO

XX Seminário de Iniciação Científica II Mostra de Iniciação Científica Júnior
XVII Jornada de Pesquisa II Seminário de Inovação e Tecnologia
XIII Jornada de Extensão

2012



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

Fabricante do TP	Braspel	Mrl	Zilmer
Modelo	BPS22T	TP-25	IPSAE
Tipo	Indutivo	Divisor resistivo	Indutivo
Classe de tensão primária (kV)	25	25	24,2
Tensão no secundário (V)	220	5	115
Classe de exatidão (%)	0,3	±1	0,3
Pot. Térmica (VA)	1500	Não informado	500
Banda Passante	Limitada a 60Hz	Ilimitada	Limitada a 60Hz
Maneira de instalação	Fixa	Grampo de linha viva tipo G3403-B	Fixa
Peso (kg)	36	1,460	33
Medidas (mm)	H – 494	H – 680	H – 595
H – Alt. Máx	L – 367	L – Não informado	L – 310
L – Larg. Máx	C – 348	C – Não informado	C – 535
C – Compr. Máx			

Tabela 1 – Comparação entre TPs para média tensão

Devido as suas características, optou-se pelos TPs oferecidos pela fabricante MRL Tecnologia Eletrônica de Precisão por atenderem os critérios estabelecidos, principalmente de banda passante (ilimitada por ser um divisor resistivo), terem uma construção robusta com sistema de engate prático, provido de olhal para instalação através de vara de manobra, sem que haja a necessidade de interrupção do fornecimento de energia e equipe de linha viva para a instalação. Na figura 1, podemos observar o TP da fabricante MRL.

SALÃO DO CONHECIMENTO

2012

XX Seminário de Iniciação Científica II Mostra de Iniciação Científica Júnior
 XVII Jornada de Pesquisa II Seminário de Inovação e Tecnologia
 XIII Jornada de Extensão





Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica



Figura 1 – Transformador de Potencial (TP) da MRL

Baseando-se na tabela 2, é realizado um comparativo entre os TCs dos mesmos fabricantes dos TPs.

Fabricante do TC	Braspel	Mrl	Zilmer
Modelo	BCS24E	TC-25	ICSE-4
Tipo	Indutivo	Não informado	Indutivo
Classe de tensão (kV)	25	25	24,2
Máx. corrente primário(A)	3000	600	1500
Classe de exatidão (%)	0,3	±1	0,3
Fator Térmico	1,2	Não informado	1,2
Banda Passante	Limitada a 60Hz	Até pelo menos 7º harmônica	Limitada a 60Hz
Maneira de instalação	Fixa	Grampo de fixação MELRO PA/P18	Fixa
Peso (kg)	76	1,460	55
Medidas (mm)	H – 368 L – 320 C – 480	H – 580 L – Não informado C – Não informado	H – 361 L – 355 C – 409

Tabela 2 – Comparação entre TCs para média tensão



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

O TC escolhido foi o TC-15 fabricado pela MRL. É monofásico e portátil a ser utilizado em instalações fixas e/ ou provisórias classe de 15/25kV até 600A. Possui a maior banda passante informada. Com ele é possível fazer medições de corrente em linhas de distribuição, através do contato direto dos cabos energizados e de forma segura. Assim, pode-se estabelecer e registrar parâmetros de grandezas elétricas nestas classes de tensão.



Figura 2 – Transformador de Corrente (TC) da fabricante MRL

Após o estudo realizado, o qual aborda as normas atuais que regulamentam sistemas de medição, tipos de sensores utilizados para o monitoramento em média tensão e as características específicas dos modelos disponíveis no mercado, pode-se escolher os sensores que melhor se enquadram para a aplicação desejada. Os sensores escolhidos são da fabricante MRL Tecnologia de Precisão, por se mostrarem mais compactos, de fácil instalação e pelo fato do TC e TP apresentarem a melhor banda passante em relação aos concorrentes, o que é essencial para uma melhor análise da qualidade de energia na rede a ser monitorada.

Com a definição dos sensores que serão utilizados, as próximas etapas do trabalho compreendem o condicionamento e a elaboração da placa de aquisição dos sinais enviados pelos sensores. Isto



Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XX Seminário de Iniciação Científica

possibilita maior precisão na leitura dos dados enviados pelos sensores ao DSP, evitando grandes perdas de informação.

Referências Bibliográficas

- MEHL, Ewaldo L. M. Qualidade da Energia Elétrica. 2011
- WENDHAUSEN, Moacir. Desenvolvimento de um Sistema de Medição de Corrente Elétrica para Aplicação em Linhas de Transmissão de Alta Tensão. Dissertação de mestrado UFSM. 2011
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica. Revisão 2. 2011
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 395 de 15.12.2009. Art. 14, pg. 9.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 5. 2011