

Unidade de verificação de medidores de energia elétrica em serviço

Rogers Demonti*	Carlos G. Bianchin	Giordano B. Wolaniuk
Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
rogers@lactec.org	bianchin@lactec.org	giordano@lactec.org.br
Sebastião Nunes de Paiva		
Cosern - Companhia Energética do Rio Grande do Norte		
sebastiao.paiva@cosern.com.br		

* Autor correspondente

Palavras-chave

Medidores de Energia Elétrica
Verificação em Campo

Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto “Unidade de Verificação de Medidores de Energia Elétrica em Serviço”, como resultado do projeto estabelecido entre a Cosern (Companhia Energética do Rio Grande do Norte) e o Lactec (Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento), dentro do programa de P&D coordenado pela ANEEL.

1. Introdução

A presente proposta de pesquisa e desenvolvimento tem como objetivo atender o artigo 38 da resolução 456 da ANEEL (1).

Este artigo determina que o consumidor tem o direito de exigir a aferição de seu medidor de energia elétrica a qualquer tempo com intuito de verificar os limites de erros da medição. O artigo ainda define que é permitido a concessionária encaminhar o medidor para aferição em órgão metrológico oficial e, caso seja comprovada qualidade nos registros de medição, é permitida a cobrança dos gastos da operação na fatura do consumidor.

Tendo isso em vista, é possível entender a necessidade de um mecanismo ou equipamento que possibilite a aferição de medidores em serviço, na própria localidade do consumidor. Esta alternativa traz vantagens tanto para a concessionária quanto para o próprio consumidor.

Inicialmente tem-se uma garantia maior de autenticidade da aferição, visto que os testes e ensaios realizados em campo consideram todas as características, problemas, interferências e não idealidades que podem ficar mascarados quando os testes são feitos em condições ideais nos laboratórios de

aferição. O consumidor é beneficiado também pois, caso ele queira, pode acompanhar os testes e ensaios. Além disso, a execução dos procedimentos em serviço permite uma diminuição no tempo necessário e no custo de todo processo. Esta redução é um grande atrativo ao consumidor pois, caso os resultados determinem o bom estado de seu medidor, os custos da verificação não são tão elevados quanto aos custos do processo realizado em laboratório. Por outro lado, para a concessionária esta redução de custos e de tempo também é importante. Ela permite a aplicação de um programa efetivo de controle de qualidade das medições. Este tipo de programa gera um aumento direto da arrecadação pois diminui as perdas ocasionadas por erros na contabilização da energia consumida. Também permite um controle preventivo de manutenção. Significa portanto que os medidores podem ser avaliados por sua real condição de trabalho e não simplesmente pelo seu tempo de vida útil. Assim, medidores que apresentem defeitos antes do seu prazo previsto de troca podem ser substituídos e medidores que ainda apresentem qualidade na medição podem ser mantidos em serviço.

Estas vantagens melhoram o relacionamento comercial entre os consumidores e a concessionária tendo em vista o aumento na confiança da medição.

Atualmente é possível encontrar no mercado equipamentos importados que possibilitam tais verificações em campo. Entretanto, estes possuem preços elevados e geralmente não se adaptam integralmente as condições da realidade brasileira. Este projeto propôs a confecção de um equipamento totalmente compatível com os sistemas e procedimentos da concessionária e que atenda inteiramente as normas definidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

2. Metodologia e descrição do projeto

2.1. Metodologia

Uma metodologia padrão foi aplicada de forma adaptativa ao projeto em questão. Os processos referentes ao dimensionamento do problema, busca de soluções e definições foram caracterizadas nas etapas de 'Pesquisa Bibliográfica' e 'Estudo da Arte da Tecnologia de Medição' deste projeto. Nelas foi possível fazer o levantamento das condições apresentadas pela concessionária (características globais das redes de distribuição, tensões e correntes nominais, quantidade de fases empregadas, tipos e modelos de medidores mais empregados e etc). Com base nesses dados foi possível avaliar uma relação ideal de custo/benefício para o desenvolvimento do protótipo. Isto é fundamental para evitar discrepâncias e exageros nos parâmetros adotados. Esta etapa determinou, por exemplo, que um sistema mais barato e mais simples atende perfeitamente as necessidades da concessionária. Todos os levantamentos e definições foram expressos através de relatórios descritivos.

O processo subsequente, referente ao desenvolvimento do projeto, caracterizou-se através das etapas de desenvolvimento de protótipo de hardware e do desenvolvimento de software de controle do equipamento.

Na primeira foram fielmente observadas e cumpridas as rígidas normas brasileiras referentes à medição de energia. Na segunda foi desenvolvido um programa de gerenciamento para este protótipo. Este programa faz o comando dos parâmetros do padrão de energia (constantes de medição, tipo do medidor a ser avaliado, etc), o registro e armazenamento de dados, a leitura de pulsos e sinais de controle e a interface básica com o operador.

O protótipo finalizado foi submetido a rigorosos testes e ensaios. A partir de então, realizou-se a aplicação em campo do protótipo desenvolvido conforme procedimento citado anteriormente. Para tanto podem vir a serem montados mais protótipos caso haja necessidade. Nesta etapa foram simuladas solicitações de verificação de medidores por parte de consumidores. As localidades atendidas foram escolhidas em comum acordo entre a concessionária e o Lactec, assim como a determinação da equipe responsável pelos testes. Estes apresentaram dois objetivos principais. O primeiro foi a avaliação do equipamento e sua funcionalidade. O segundo foi o exame inicial da qualidade da medição dos

medidores avaliados. Para que isso fosse possível foi desenvolvido também um software de alto nível, aplicável a computadores pessoais, responsável pela coleta de dados dos equipamentos, formulação de banco de dados e exibição de forma gráfica dos resultados.

Baseado nos resultados deste software é possível classificar a viabilidade das verificações de medidores em serviço e a qualidade na medição de energia em vigor.

Ao fim, cada objeto do projeto será examinado com a finalidade de refinar e corrigir eventuais erros.

2.2. Descrição do Projeto

Conforme a Figura 1 observa-se os componentes principais do verificador de medidores.

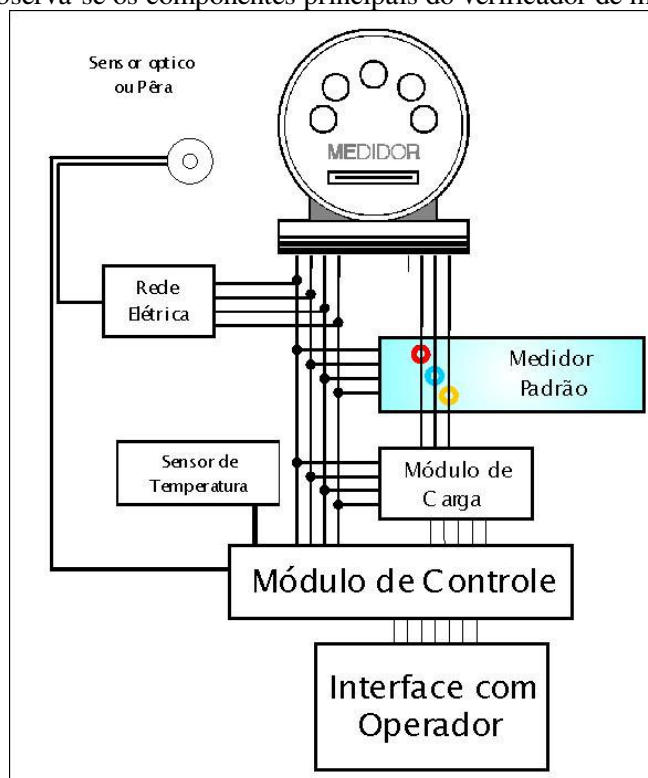


Figura 1. Topologia proposta e principais componentes do projeto.

2.2.1. Sensor ou pêra

Elemento responsável pela leitura do medidor. Quando for empregado o sensor, este deve ser posicionado para registrar pulsos com a passagem da mancha do disco do medidor ou com a alteração do estado do LED. Quando for empregada a pêra, o operador será responsável pela leitura correta. Ele deve pressionar o botão da pêra a cada passagem da mancha do disco ou com a alteração do LED do medidor.

2.2.2. Medidor padrão

O sistema possui internamente um padrão para a comparação do valor medido e do valor efetivamente consumido. Este padrão é equipado com uma saída externa de pulsos para que possa ser calibrado por um padrão externo.

2.2.3. Módulo de carga

O módulo de carga deve introduzir as correntes indicadas pelos pontos de calibração simulando, desta forma, a presença de uma carga puramente resistiva ou mista (indutiva e resistiva) conectada ao medidor.

2.2.4. *Sensor de temperatura*

O sistema possui um mecanismo para leitura e registro da temperatura durante o teste. Este registro deve ser utilizado como base para a avaliação do medidor e para referência do padrão.

2.2.5. *Módulo de controle*

O módulo de controle comanda o mecanismo através de um algoritmo de teste pré-estabelecido. Adicionalmente, este efetua a leitura junto ao padrão e a compara com o apresentado pelo medidor.

2.2.6. *Interface com operador*

A interface com o operador é feita através de teclado numérico e display de cristal líquido. Neste display são mostradas as principais informações relevantes ao processo do teste. O teclado, por sua vez, é utilizado para o fornecimento de parâmetros para o teste.

3. Desenvolvimento de software de controle do equipamento

O desenvolvimento do software considerou as características de operação do verificador de medidores para que houvesse um adequado controle dos componentes periféricos e processamento de informações. Evidentemente as informações e conhecimentos adquiridos através das reuniões entre os participantes do projeto foi de fundamental importância para a determinação e escrita deste software.

A unidade responsável por abrigar o software, ou *firmware* com também é conhecido, é a placa principal de controle.

O software associado aos dispositivos eletrônicos de hardware possibilita uma comunicação com padrão externo para realização de uma calibração, de acordo com definições preestabelecidas.

3.1. *Interação com periféricos*

Para uma correta operação foi realizada uma programação específica que proporciona uma coordenação entre todos os elementos que integram o protótipo, sempre no sentido de simplificar a utilização por parte do operador. A Placa de Controle do Equipamento contém esta programação.

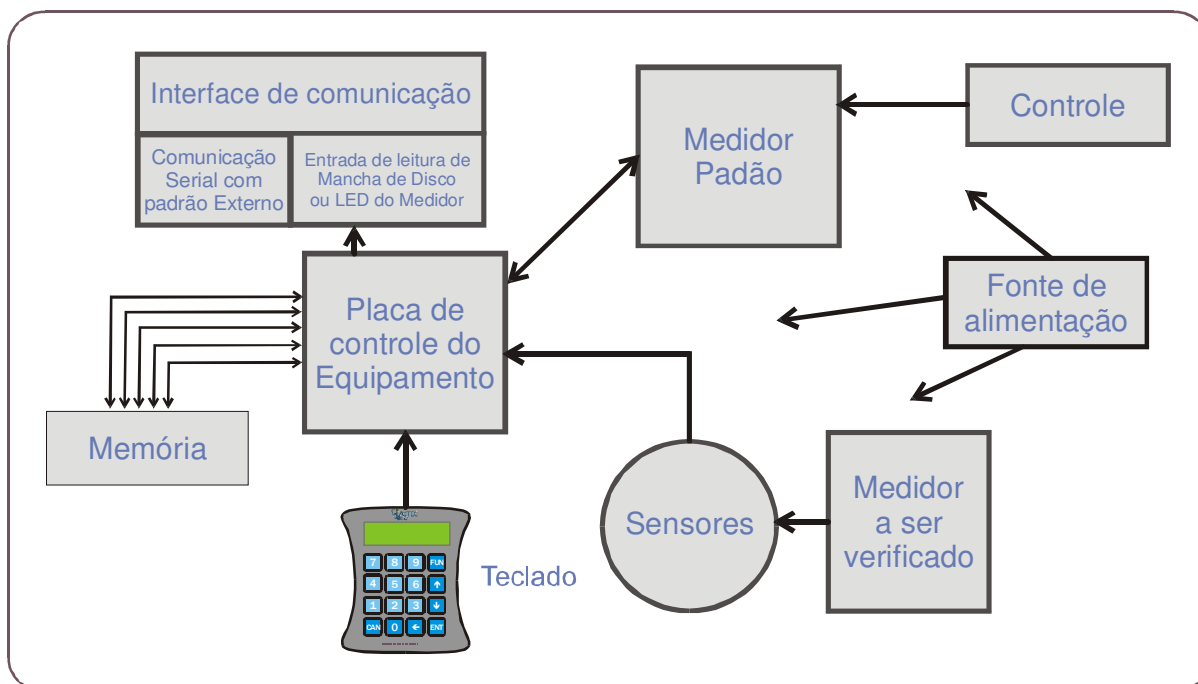


Figura 2: Diagrama geral de comunicação entre os periféricos.

Os periféricos são interligados no equipamento verificador de medidores e são controlados em uma seqüência lógica que permite a entrada de informações do medidor a ser verificado, a comunicação com o Padrão de Medição, a recepção de dados do teclado, a comunicação com a memória de armazenamento de informações, etc.

Através de uma porta de comunicação serial é possível transferir as informações coletadas ao longo de várias verificações com diferentes medidores de energia para um computador na concessionária de forma a arquivar as informações de forma organizada. Esta tarefa é auxiliada pela Interface de Comunicação.

4. Ensaio para medidores em serviço

O ensaio para medidores em serviço deve ser realizado de tal forma que não se alterem as condições de instalação. Contudo, por motivos técnicos, o consumidor deve ser desligado no período de realização dos testes. Em seu lugar deverá ser conectada a carga artificial. Esta deve simular três condições distintas denominadas “pontos”. Os pontos são os seguintes:

- 1º Ponto: Corrente de 1,5 ampères com fator de potência 1.
- 2º Ponto: Corrente de 15 ampères com fator de potência 1.
- 3º Ponto: Corrente de 15 ampères com fator de potência 0,5 indutivo.
- 4º Ponto: Corrente de 120 miliampères para verificação de travamento do disco.

O processo é semi-automático. O operador deve montar as conexões de forma correta, informar ao equipamento de teste as condições e iniciar o procedimento. Quando um ponto de medição é concluído, o display informa os passos seguintes. Caso não seja utilizado o sensor de mancha de disco ou LED, o teste deve ser feito através da “pêra”. O operador deve então pressionar o botão da pêra a cada volta do disco ou pulso do LED.

O protótipo realiza os testes nos pontos pré-determinados e registra em sua memória um relatório das condições do medidor avaliado.

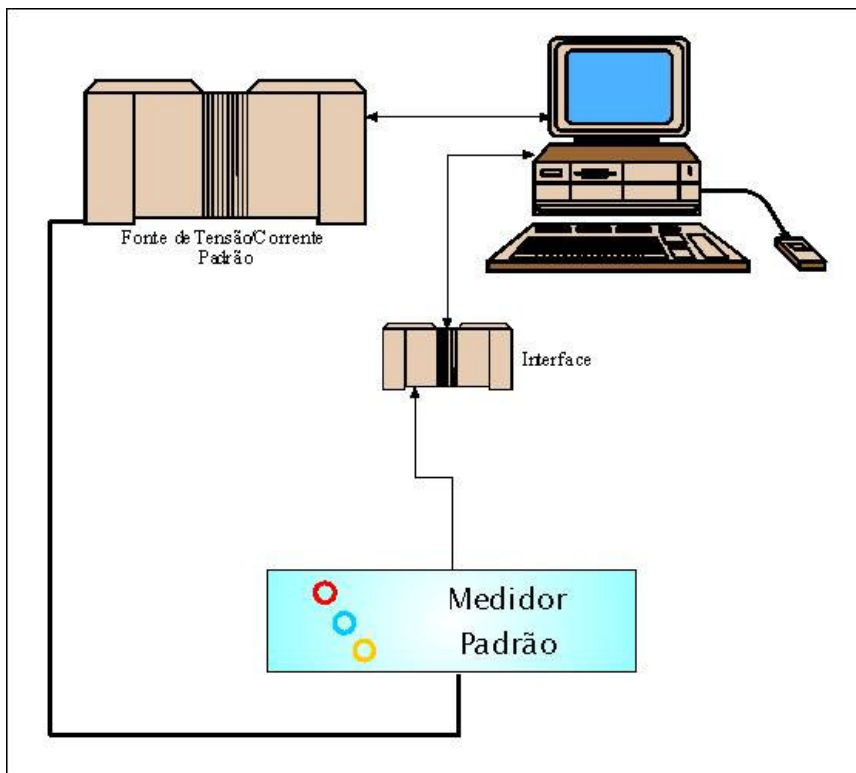


Figura 3. Interconexão com o computador.

5. Modo de operação e conexões

A seqüência das conexões a partir do início da utilização do protótipo do verificador resume-se nos seguintes itens:

1. Soltar a carga (residência) dos bornes do medidor;
2. Soltar a rede dos bornes do medidor e isolar os fios;
3. Conectar os cabos de Linha e Carga nos terminais da maleta e a seguir no medidor tomando-se o cuidado de ligar primeiro o neutro e depois as três fases em seqüência qualquer;
4. Ligar o verificador;
5. Entrar com as informações solicitadas no display (registro do usuário, tipo de teste, constante de disco, etc.);
6. Realizar os testes;
7. Desligar o verificador;
8. Desconectar as três fase e o neutro;
9. Desconectar os cabos do medidor e restabelecer as conexões originais.

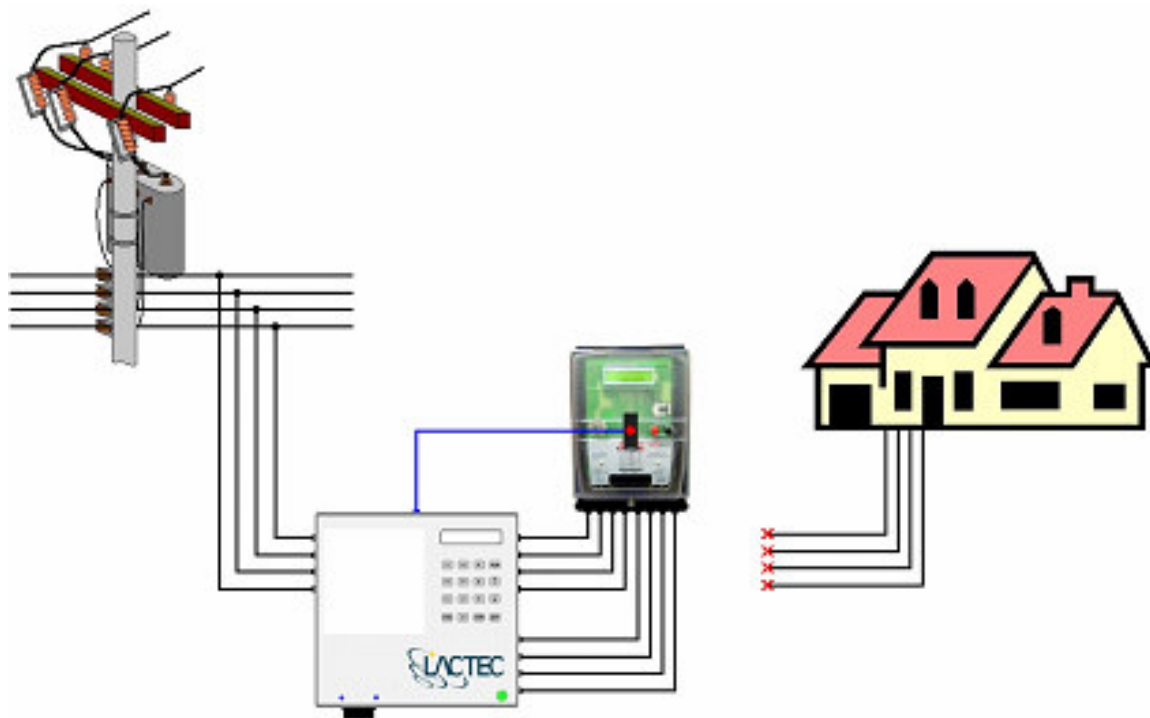


Figura 4. Esquema de ligação no medidor de energia elétrica.

A partir deste ponto as informações referentes aos testes estão registradas e salvas na memória interna do verificador. A capacidade de armazenamento é de até 550 testes, sendo suficientes para realizar testes durante várias semanas sem a necessidade de descarregar os dados em um computador.

A duração média de uma verificação foi de 35 minutos, incluindo o tempo necessário para o aprendizado por parte do funcionário e o tempo necessário para conexão e desconexão dos cabos de energia.

6. Resultados experimentais

Após a realização dos testes com os periféricos foram realizados os testes com o sistema completo, interligando um medidor monofásico e um trifásico.

As formas de onda das tensões e correntes foram registradas para as posições de teste 1º Ponto: (1,5 A $\angle 0^\circ$), 2º Ponto: (15 A $\angle 0^\circ$), 3º Ponto: (15 A $\angle 60^\circ$) e 4º Ponto: (0,12 A $\angle 0^\circ$).

A seguir apresenta-se as formas de onda do teste com o medidor monofásico.

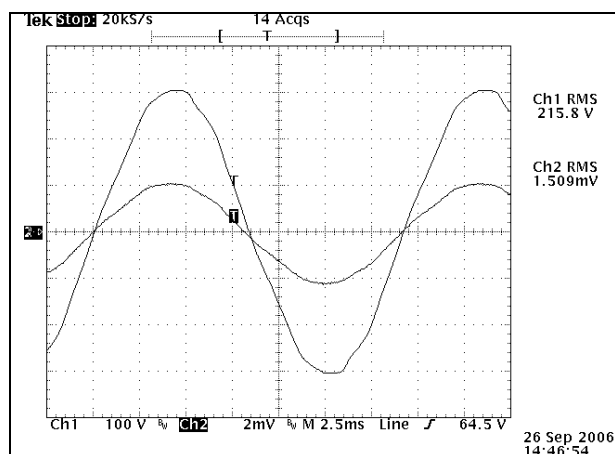


Figura 5: Tensão e corrente, 1º Ponto.
2 A/div.

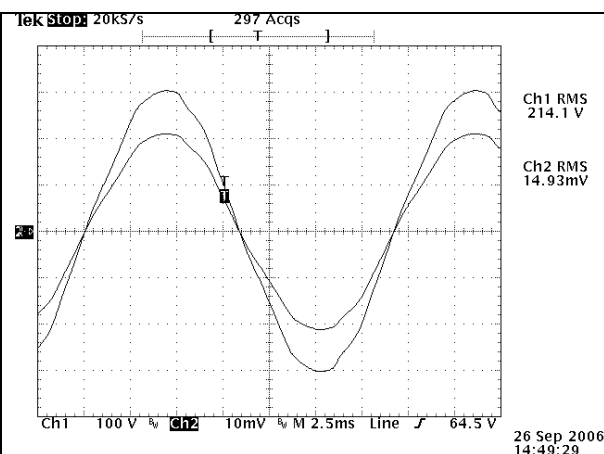


Figura 6: Tensão e corrente, 2º Ponto.
10 A/div.

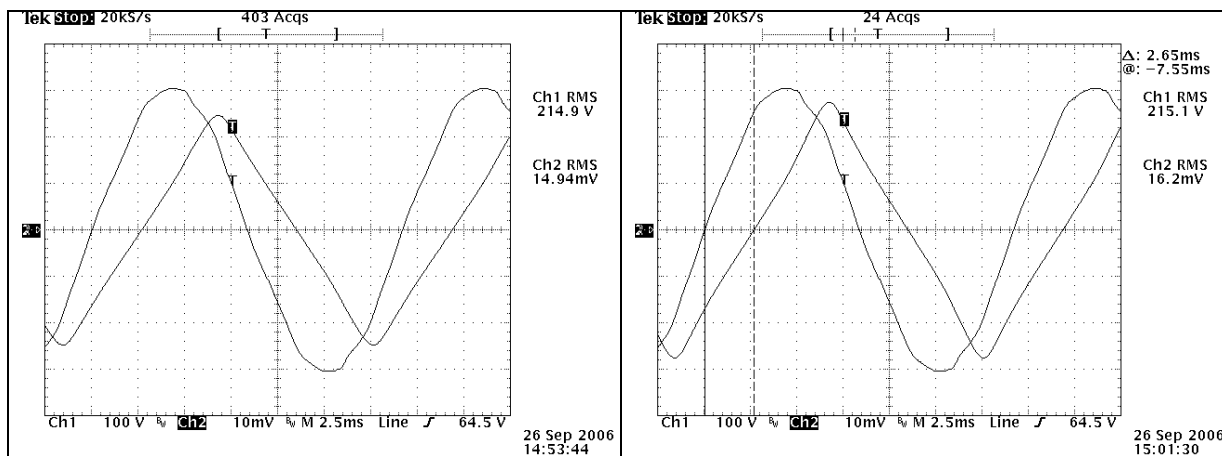


Figura 7: Tensão e corrente, 3^o Ponto.
10 A/div.

Figura 8: Detalhe da tensão e corrente mostrando o intervalo de defasagem entre as duas formas de onda.

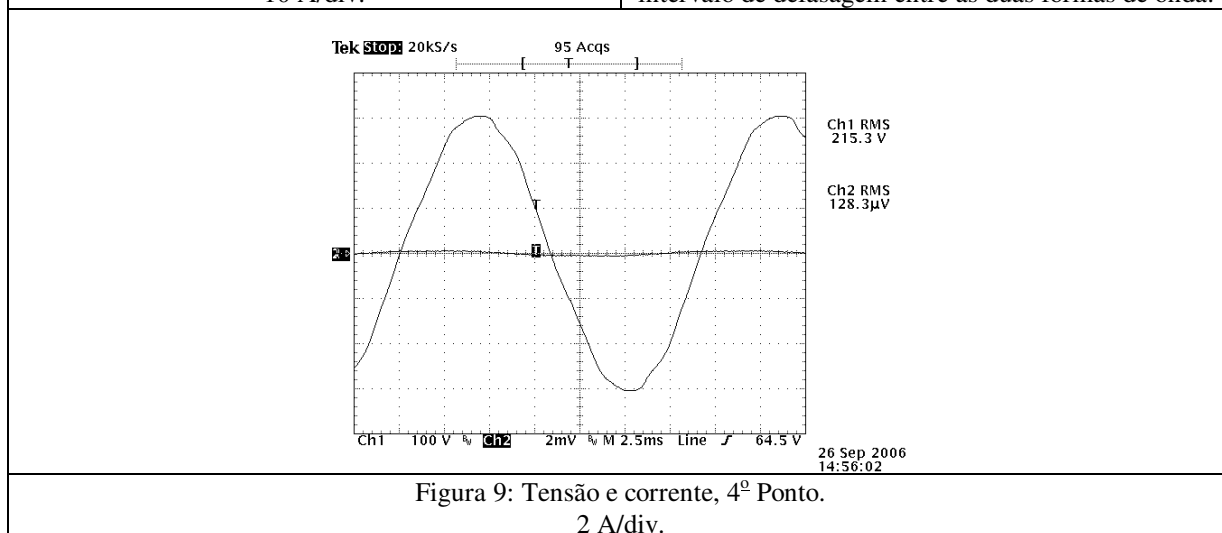


Figura 9: Tensão e corrente, 4^o Ponto.
2 A/div.

A Figura 8 mostra um intervalo de defasagem entre a tensão e a corrente de 2,65 milissegundos. Para determinação do ângulo de defasagem em graus, procede-se da seguinte forma:

$$360^{\circ} \Rightarrow \frac{1}{60} s$$

$$defasagem \Rightarrow 2,65 \cdot 10^{-3} s$$

$$\text{Assim, } defasagem = \frac{360 \cdot 2,65 \cdot 10^{-3}}{\frac{1}{60}} = 360 \cdot 60 \cdot 2,65 \cdot 10^{-3} = 57,3^{\circ}$$

Logo tem-se uma defasagem entre a tensão e a corrente de aproximadamente 57 graus, o que representa um fator de potência de aproximadamente 0,54. O objetivo seria obter um fator de potência de 0,5 mas a forma de medição do ângulo, utilizando-se o tempo, gera pequenos erros que quando aplicados ao cosseno resultam em valores um pouco diferentes dos calculados. Há também as diferenças introduzidas pelas resistências e indutâncias indesejadas nos fios e cabos de conexão. Entretanto, estas pequenas diferenças não trazem problemas ao processo de verificação já que o medidor padrão também considera o ângulo real nas medições.

Nota-se que os resultados das formas de onda são adequados ao ensaio dos medidores, propiciando vários níveis de correntes. Isto permite abranger praticamente todos os modelos de medidores diretos de energia elétrica. Quanto aos medidores indiretos de energia, que utilizam transformadores de corrente, não foram realizados testes. Acredita-se que o procedimento apresentado neste trabalho também pode se estender aos medidores indiretos.

7. Conclusões

Este processo de P&D teve como resultado um novo equipamento com tecnologia totalmente nacional destinado a auxiliar a concessionária no processo de verificação de medidores de energia elétrica otimizando o processo de verificação em campo.

Durante o desenvolvimento foram consultadas as pessoas com experiência na área de medição, pessoal de campo e pesquisadores de forma que o projeto procurou suprir as situações específicas e necessárias para o completo atendimento das reais necessidades dos usuários.

O protótipo apresentou um comportamento muito bom tanto da etapa eletrônica e de firmware, quanto da etapa mecânica, suportando sem apresentar defeitos o transporte e utilização em campo. Entretanto, este é apenas um protótipo. Para que se torne um equipamento de uso comercial é necessário a participação de empresas de medidores e equipamentos para medidores eletrônicos de energia elétrica, processo de estabelecimento de contatos já iniciado através da difusão tecnológica do trabalho que está sendo realizado pela Cosern e pelo Lactec.

8. Agradecimentos

Os autores agradecem a dedicação dos colegas do Lactec e da Cosern que colaboraram para o êxito deste projeto, esforçando-se ao máximo na solução dos problemas e no cumprimento dos prazos determinados.

9. Referências bibliográficas

- 1 Resolução nº 456, de 29 de Novembro de 2000, Agência Nacional de Energia Elétrica.
- 2 NASCIMENTO, José C. do; PEDRONI, Volnei. Medição Eletrônica de Energia - Lactec, Criando alternativas antes impossíveis, Revista Copel Informações, Ano XXXI, Nº 247, Julho de 2000, págs. 23-25.
- 3 PEREIRA, João A. Relatório Técnico Lactec, Doc. 2886/1999, Equipamento Detector de Desvio de Energia. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - Lactec, 13 de setembro de 1999.
- 4 MIODUSKI, Alfons Leopold. Elementos e Técnicas Modernas de Medição Analógica e Digital, Rio de Janeiro. Ed. Guanabara Dois, 1982.
- 5 IEEE 644. Procedures for measurement of power frequency electric and magnetic fields from ac power lines. 1994, 25 p.
- 6 Medeiros Filho, Solon de. Medição de Energia Elétrica, Ed. Guanabara, 1983.
- 7 Fausse, A.; Ferrand, P.; Mercier, P. - Schlumberger Industries - "Les Compteurs D'Energie: Réalités et Perspectives", RGE n. 11/94 - Décembre 1994, p. 45-53.
- 8 NBR 8378/1994. Norma Brasileira para Medidor de Energia Ativa, 1994.
- 9 WIEDER, H. H. Hall generators and magnetoresistors; Pion Ltd. London, 1971.
- 10 ANSI - Electricity Metering Standards Collection.
- 11 Edison Electric Institute - "Handbook for Electricity Metering"; ISBN 0-931032-30-X; 1992.
- 12 MAGALHÃES, C. GOUVÊA, M. SILVA, F. TAHAN, C. ARAUJO, L. Custo da interrupção do fornecimento de energia elétrica. IV SBQEE, Porto Alegre, 2001.
- 13 Mitsubishi Semiconductor Power Modules MOS, Application Notes. Using Intelligent Power Modules. September, 1998.