



**XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SENDI 2012 - 22 a 26 de outubro
Rio de Janeiro - RJ - Brasil**

Reginato D. Scremim	Giordano Bruno Wolaniuk	Ivo N. Goncalves
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Light Serviços de Eletricidade S/A
reginato@lactec.org.br	giordano@lactec.org.br	ivo.goncalves@light.com.br

Vilson Rodrigo Mognon	Carlos A. Purim	Bruno Marchesi
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento	Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento
vilson@lactec.org.br	purim@lactec.org.br	marchesi@lactec.org.br

Conector Especializado para Corte de Energia de Consumidores Inadimplentes em Baixa Tensão

Palavras-chave

Conector
Corte de Energia
Dispositivo Eletromecânico
Medidor de Energia
Perdas não Técnicas

Resumo

No contexto de combate às perdas de energia por fraude no sistema elétrico, um dos problemas enfrentados pelas concessionárias de energia é a falta de confiabilidade na execução dos cortes do fornecimento de energia de clientes inadimplentes. Para resolver esse problema foi desenvolvido um dispositivo eletromecânico do tipo conector elétrico que deve ser instalado em série com o medidor de energia, cuja função principal é a de permitir o corte de energia, quando necessário, diretamente na entrada do medidor de energia, de forma rápida, segura e que dificulte ao consumidor religar a energia por conta própria sem prévia autorização da concessionária. A comprovação da execução do corte se dá pela leitura de um tag RFID (Identificação por Radio Frequência) que é retirado do interior do conector, levado à central de controle e lido por um dispositivo eletrônico que se comunica com o sistema de controle da concessionária. O conector, juntamente com o método é um meio eficaz para auxiliar no combate às perdas.

1. Introdução

A ineficiência da metodologia adotada para a realização dos serviços de corte/religa [1], [2] de consumidores inadimplentes acaba demandando a necessidade de muitas revisitas para efetivar cortes não realizados ou desfazer aqueles que o cliente refez por conta própria após o corte. Mesmo assim não há nenhuma garantia de que o corte foi realmente executado.

Neste projeto foi feito o desenvolvimento de um dispositivo eletromecânico que permite executar o corte de energia do consumidor inadimplente com total controle possibilitando o rastreamento por parte da concessionária no que se refere à efetividade do corte, auxiliando no combate às perdas comerciais e permitindo uma ágil autuação de consumidores fraudadores do sistema de distribuição de energia.

Além do conector, foi elaborado um procedimento para execução dos cortes e religamentos, um dispositivo eletrônico para leitura e gravação de tags RFID [3] para ser acoplado no coletor de dados padrão da concessionária e outro dispositivo eletrônico para leitura e gravação de tags RFID para ser ligado a um computador via porta USB na central de controle.

O procedimento elaborado se baseia na leitura de dados gravados em uma pastilha eletrônica, que neste projeto se denomina lingueta de contatos. Esse dispositivo, que fica instalado dentro do conector com acesso restrito, contém um componente eletrônico de identificação única RFID [4], [5] e [6].

O conector é fechado por um parafuso especial com travamento magnético e só pode ser aberto com uma chave especialmente desenvolvida para isso.

Durante o procedimento de corte de energia, o operador deverá abrir o conector, retirar a lingueta de contatos do seu interior e entregar à central de controle de corte/religa (CORE) que comprovará a efetiva realização do corte através da leitura dos dados gravados na lingueta de contatos (que é única por consumidor), comparando com os dados registrados na ordem de serviço emitida para execução daquele serviço.

No procedimento de restabelecimento de energia (religa), o operador recebe a lingueta de contatos da central de corte/religa e, utilizando a chave especial para abrir e fechar o conector instalará esse dispositivo no conector relativo ao cliente que teve seus débitos regularizados, restabelecendo o fornecimento de energia.

A criação desta nova tecnologia de combate às perdas se mostrou inédito no setor elétrico, resultando em um registro de patente industrial no INPI: PI1001816-6 A2 [7].

2. Desenvolvimento

O projeto foi iniciado com uma avaliação junto à concessionária sobre as reais condições dos procedimentos e da operação de corte e religamento de consumidores em baixa tensão, para assim se determinar os seus principais pontos vulneráveis e vislumbrar as possibilidades de ação para o projeto resultando na criação de um dispositivo específico totalmente adequado às condições de uso determinados pela concessionária.

Durante a execução do projeto de P&D procurou-se chegar a um dispositivo eletromecânico tipo “conector” de baixo custo, alta precisão, de fácil operação e instalação que opere de forma a, depois de executado o corte do consumidor, não seja possível o religamento sem que a concessionária esteja ciente e aprove o religamento.

A ideia utilizada para o desenvolvimento foi projetar um conector que fique ligado em série com o medidor de energia e que fizesse uso de uma peça retrátil com contatos elétricos, denominada lingueta de contatos, que por sua vez, contivesse em seu interior um dispositivo passivo de identificação eletrônica de tecnologia RFID. Essa lingueta de contatos seria então responsável pela ligação da energia ao medidor do consumidor, operando como uma chave. Assim, quando a lingueta de contatos é retirada da base de conexões, o fornecimento de energia ao consumidor é interrompido.

A lingueta retirada durante o procedimento de corte não poderá mais ser reutilizada, mas sim, substituída por outra nova aprovada eletronicamente pela concessionária quando da determinação de se restabelecer o fornecimento de energia ao consumidor. Esta característica obriga o operador de corte a apresentar a lingueta retirada à concessionária após a realização do corte, que por sua vez dará baixa no sistema de controle confrontando os dados gravados no tag RFID entregue pelo operador de corte com aqueles da ordem de serviço emitida para o corte. Dessa maneira, a concessionária pode confirmar que o corte foi executado corretamente de acordo com a ordem de serviço, dispensando uma possível visita ao local para comprovar a efetividade do corte.

O dispositivo de RFID que está dentro da lingueta de contatos contém um número de registro único e que consta em um banco de dados de controle da concessionária para o qual podem ser feitas correlações ao ponto de medição (por exemplo: endereço, nº do medidor, operador, data, hora, etc.).

Foi necessário o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico denominado “leitor/gravador de tags RFID-SD” que foi acoplado ao Coletor de Dados padrão da concessionária para a leitura dos dados contidos nos tags inseridos nas linguetas de contatos. Esse mesmo dispositivo pode fazer a gravação de dados nos tags RFID inseridos nas linguetas.

Também foi desenvolvido outro dispositivo eletrônico para a leitura/gravação de tags RFID que deverá estar na central de controle ligado a um microcomputador via porta USB. Esse dispositivo faz a gravação de novas peças de conexão para os novos religamentos diretamente pelo sistema de controle da concessionária. Também pode ler o tag RFID de cada lingueta que retornar de campo após cada corte de energia.

O conector fechado mostrado na figura 1 contém internamente a principal parte do sistema que é a lingueta de contatos elétricos que contém um tag RFID internamente. Em cumprimento de exigências normativas, optou-se pela utilização do polímero Noryl® [8] para a injeção das partes plásticas do conector. Esse polímero possui grande resistência mecânica boa estabilidade hidrolítica, elevada resistência térmica e é utilizado para a fabricação de medidores de energia.

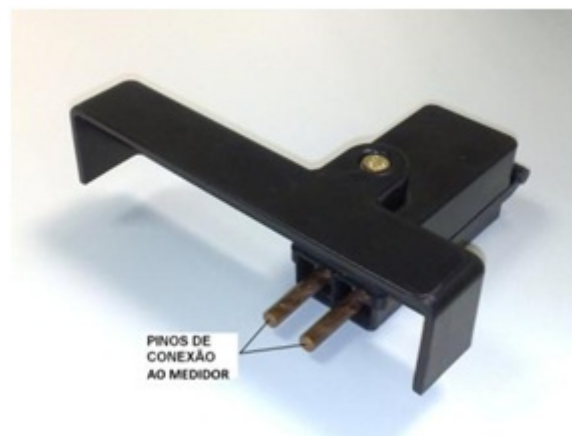


Figura 1 – Conector fechado.

Na figura 2 é mostrada a vista explodida do conector onde pode se ver a base do conector (2) que abriga os contatos elétricos com efeito mola (3), os bornes de conexão (4) e a lingueta de contatos (1) que contém em seu interior um tag RFID. Todo o conjunto é abrigado pela tampa (5) e fechado por um parafuso de segurança especial (6) que só é possível operar com ferramenta especialmente desenvolvida para esse tipo de parafuso.

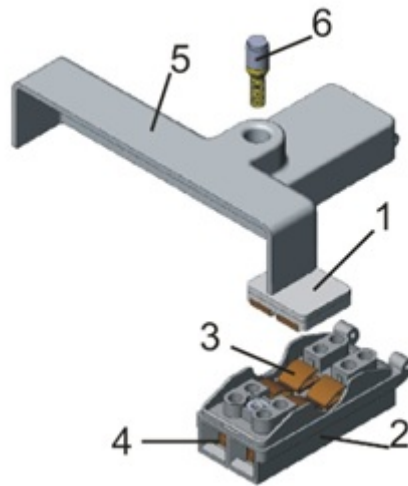


Figura 2 – Vista explodida do conector com suas respectivas partes.

A figura 3 mostra a lingueta de contatos que foi desenvolvida de tal forma a receber duas barras de cobre eletrolítico [9] na sua base para permitir o contato e servir como chave. Ela tem uma pequena cavidade para receber um tag RFID como o da figura 4. Nesse tag RFID estão gravados os dados do cliente e pode ser rastreado possibilitando a comprovação do corte de energia.

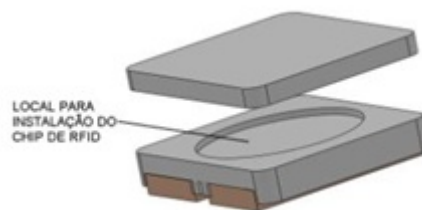


Figura 3 – Lingueta de contato com cavidade para tag RFID



Figura 4 – Tag RFID que fica inserido no interior da Lingueta de contato.

A tampa do conector foi desenvolvida com um formato especial para proteger e evitar o acesso indevido aos bornes de conexão dos medidores. O acesso só é possível abrindo o conector com chave especialmente desenvolvida para o parafuso que fecha o conector.

Existem diversos fabricantes e pouca padronização do tamanho dos medidores, logo, a tampa teve de ser projetada para “vestir” todos os tipos de medidores, ficando muitas vezes “sobrando” em algumas instalações.

Outro ponto que mereceu atenção durante o desenvolvimento, foi a também falta de padronização da distância entre os contatos do borne de conexão dos medidores que chegam a ter até 5mm de diferença de um medidor para outro de marcas diferentes. Para contornar a situação, nos bornes de conexão do conector

ao medidor, foram instalados pinos de conexão de cobre eletrolítico de 22mm de diâmetro. Durante a instalação esses pinos podem ser soltos de maneira que os contatos do conector se encaixem nos bornes do medidor permitindo uma perfeita conexão.

Para o fechamento do conector foi utilizado, com a intenção de dificultar o acesso por terceiros, um parafuso de segurança especial com travamento magnético, associado a sua chave específica (registro no INPI: MU8101829-0) mostrados na figura 5. O parafuso só pode ser utilizado quando associado à chave, caso contrário não pode ser apertado ou desapertado, pois girará livremente.



Figura 5 – Chave especial e parafuso de segurança com travamento magnético.

O leitor/gravador de tags RFID-SD foi desenvolvido para ser acoplado ao coletor de dados padrão da concessionária da marca Honeywell modelo Dolphin 9900 que não possui capacidade de leitura/gravação de tags RFID.

Esse dispositivo eletrônico, mostrado nas figuras 6 e 7, possui um circuito eletrônico e uma antena sintonizada na frequência de 13,56 MHz [10] e trabalha com o protocolo ISO15693. Ele tem um invólucro que foi confeccionado em polímero sinterizado obtido através de prototipação rápida em 3D e foi acoplado ao coletor de dados utilizando a abertura destinada ao cartão de memória adicional do tipo MC-SD (Memory Card Security Device).



Figura 7 – Leitor/gravador de tags RFID



Figura 8 – Leitor acoplado ao PDA.

Para controlar a ação de leitura e gravação de tags RFID foi desenvolvido um aplicativo para esse PDA que tem a tela principal parecida com a mostrada na figura 9.



Figura 9 – Tela do programa sendo executado no coletor de dados.

O outro dispositivo eletrônico desenvolvido foi um leitor/gravador de tags RFID para ser conectado a uma porta USB de um microcomputador. Esse dispositivo que é portátil pode ser visto na figura 10 e foi denominado Leitor/Gravador RFID-USB. Esse dispositivo permite a leitura e gravação das linguetas de contatos em um ambiente de escritório (central de serviços e controle), onde se fará a configuração das linguetas que deverão ser instaladas em campo e onde serão aferidas as linguetas provenientes dos cortes realizados.



Figura 10 – Leitor/gravador de tags RFID USB

O programa de gerenciamento de dados dos conectores permite o cadastro e manutenção de dados dos consumidores onde os conectores serão instalados. Esse programa deverá ficar instalado em um microcomputador na central de serviços e controle juntamente com o leitor/gravador de tags RFID-USB. Ao se cadastrar determinado consumidor, o software permite a leitura de tags RFID inseridos nas linguetas de contato daquele consumidor via dispositivo leitor de tags RFID-USB conectado à porta USB do computador. Uma cópia da tela de cadastro do programa de gerenciamento pode ser vista na Figura 11.



Figura 11 – Tela de cadastro do programa de gerenciamento.

PROCEDIMENTO DE CORTE/RELIGA

Para organizar o processo de corte e religa de clientes inadimplentes, foi elaborado um procedimento que descreve todo o processo.

A central de corte e religa (CORE) elabora uma lista de clientes que deverão ter seu fornecimento de energia cortado e outra lista com clientes que deverão ter seu fornecimento de energia restabelecido. Deverá separar as linguetas de contato de cada cliente que terá o fornecimento de energia restabelecido (religa) e também deverá separar uma determinada quantidade de linguetas sem dados gravados que será entregue à equipe responsável pelo processo de religa. As linguetas de contato sem dados gravados que não forem utilizadas e aquelas que forem retiradas pelo processo de corte deverão ser devolvidas à central de serviços e controle ao final do período.

No procedimento de corte, ao chegar ao cliente, o responsável pelo corte deverá verificar se não houve qualquer violação aparente no conector e no seu respectivo medidor de energia. Deverá abrir o conector com ferramenta adequada e retirar a lingueta de contatos, bloqueando o fornecimento de energia ao cliente e em seguida deverá fechar o conector.

Caso não seja possível a retirada da lingueta de contatos efetivando o corte de energia, o responsável pelo corte deverá informar a central de controle.

Utilizando o leitor/gravador de tags RFID que estará acoplado ao PDA, o operador deverá fazer a leitura do tag inserido na lingueta de contatos e os dados do tag serão gravados no coletor de dados que se comunicará com a central de controle informando a ocorrência.

No procedimento de religa, o responsável, ao chegar ao cliente, deverá inspecionar o conector de corte e o medidor de energia para verificar se não houve qualquer tentativa de fraude então, de posse de uma lingueta de contatos e utilizando o leitor/gravador de tags RFID certificar-se-á de que os dados gravados no tag correspondem aos dados daquele cliente e fará a instalação dessa lingueta de contatos no conector restabelecendo a energia ao cliente.

Caso tenha ocorrido fraude, o responsável não instalará a lingueta de contatos e deverá informar a central.

No procedimento de religa urgente, o CORE avisa a equipe de religa que irá ao cliente e verificará se não houve qualquer violação no conector e no seu respectivo medidor de energia.

Utilizando o leitor/gravador de tags RFID, gravará uma das linguetas de contato sem dados com as informações do cliente que foram transmitidas da central para o coletor de dados do operador e instalará a lingueta no conector. Ao mesmo tempo, o coletor de dados se comunicará com a central informando a ocorrência. Caso não seja possível a instalação da lingueta de contatos, o operador deverá registrar a ocorrência avisando a central.

Esse processo pode ser acompanhado pelo fluxograma de corte/religa mostrado na figura 12.

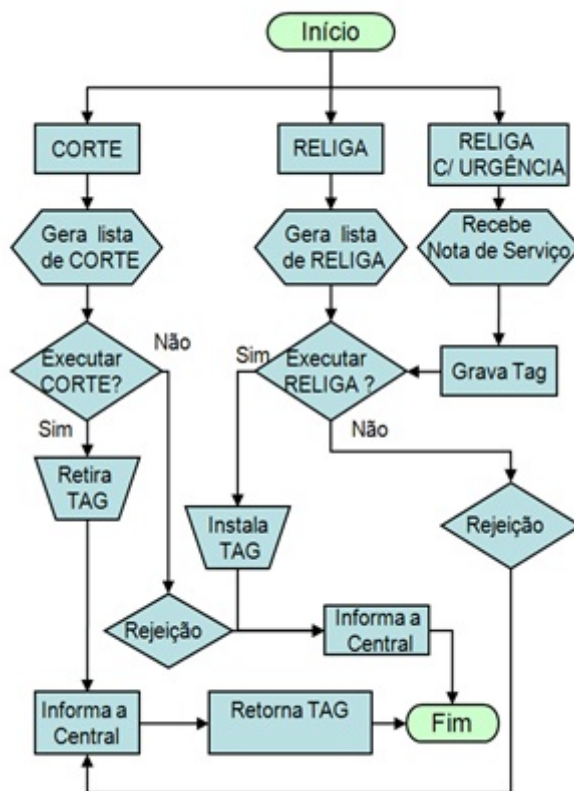


Figura 12 – Processo de corte/religa

RESULTADOS

Para testes em campo foram definidas três localidades diferentes e instaladas 49 unidades protótipo do conector.

As instalações ocorreram em painéis como mostrado na figura 13, em armários metálicos padrões como o da figura 14 e dentro de caixas de policarbonato como mostrado na figura 15.



Figura 13 – quadro de medidores com os conectores instalados.



Figura 14 – Armário padrão com o conector instalado em um dos medidores.



Figura 15 – conector instalado dentro de caixa de policarbonato.

Até o final desta verificação, foi observada uma considerável redução do nível de inadimplência como pode ser acompanhado pela figura 16, pois 70% dos consumidores que foram cortados quitaram suas dívidas e tiveram o fornecimento de energia restabelecido. Os outros 30% que foram cortados, permanecem com a energia cortada, mas não tentaram auto religação.



Figura 16 – Estatística de corte/religa com novo conector.

3. Conclusões

O resultado do processo de P&D foi um novo equipamento de baixo custo com tecnologia nacional que pode ser empregado como ferramenta para auxiliar no combate às perdas comerciais das concessionárias por furto

de energia. Espera-se que o emprego do "Conector Especializado para Corte de Consumidores Inadimplentes" contribua de modo significativo, em curto prazo, para a redução de perdas e melhoria da qualidade da energia oferecida, promovendo como resultado um aumento do faturamento da empresa e melhoria do conceito da concessionária junto ao contexto energético do país.

Para a concessionária patrocinadora (LIGHT) o resultado se dá diretamente pela possibilidade de usufruir plenamente dos benefícios que a tecnologia recém-criada pôde gerar. Tanto por poder utilizá-la em seus procedimentos, como também pelos dividendos que possam advir dos direitos de produção do dispositivo. Outro benefício será permitir que a nova tecnologia esteja disponível no mercado também para outras concessionárias e assim permitir que a sociedade venha a se beneficiar como um todo.

Os resultados preliminares dos testes de campo mostraram a eficiência do método e o perfeito funcionamento do conector.

Para a melhoria do dispositivo foi elaborado contrato de parceria com uma indústria que fará novo projeto de engenharia do conector e também com empresa que fará a engenharia do produto, fabricará e comercializará os leitores/gravadores de tags RFID.

Essas medidas fazem parte de novo projeto de P&D iniciado em 2011 e que tem previsão de fabricação e instalação de lote cabeça de série e lote pioneiro.

Frente ao que foi apresentado em relação aos custos oriundos da pouca eficiência do procedimento de corte/religa atual, uma economia de cerca de 8% somente nos custos de revisitas [11] já justificaria o custo do projeto (aproximadamente R\$600.000,00) com retorno previsto do investimento em 1 (um) ano.

4. Referências bibliográficas

- [1] Normas LIGHT - Fornecimento de Energia em Baixa Tensão - Adquiridas junto à concessionária;
- [2] NBR 5434 - Redes de Distribuição Aérea Urbana de Energia Elétrica;
- [3] PEREIRA, João A. Relatório Final de Projeto - "Lacre Eletrônico AMPLA". LACTEC, 14/12/2005;
- [4] GUDNASON, Gunnar. CMOS Circuit Design for RF Sensors. Kluwer Academic Publishers, August 2002;
- [5] Radio Engineering for Wireless Communication and Sensor Applications, Artech House Inc., June 2003;
- [6] TEXAS INSTRUMENTS. Radio Frequency Identification Systems: Tag-it HF-I Transponder Inlay (24.2mm Circular) – www.ti-rfid.com
- [7] PI1001816-6 A2 – Dispositivo Eletromecânico Conector para Corte. Depósito de patente em 22/02/2011 e publicação na RPI 2125 de 27/09/2011.
- [8] WARD, I. M. E Hadley, D. W. Mechanical Properties of Solid Polymers. England, John Wiley & Sons Ltd, 1993;
- [9] NBR 5370 – Conectores de cobre para condutores elétricos em sistema de potencia;
- [10] FEIG Electronic - Application Note - Constructions and tuning of 13.56MHz Antennas for Reader Power Level Up to 1W, 15 January 2003;

[11] Seminário sobre eficiência energética e perdas não técnicas. Light, Outubro 2007.
