



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Sistema Sem-Fio para Corte e Religamento de Consumidores Monofásico

Vitor O. S. T. de Souza	Thiago Guth	Luiz A. L. de Almeida	Antonio C. de C. Lima
OMEGAZERO	ENERGISA	UFBA	UFBA
vitor@omegazero.com.br	thiago@energisa.com.br	lalberto@ufba.br	acdcl@ufba.br

Palavras-chave

Corte e Religamento, PDA, Comutação de Cargas, PIC, RS-232, RF

Resumo

Este artigo apresenta um produto que é o resultado final do projeto de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) denominado “Sistema Automático para Controle de Inadimplência via PDA para Consumidores de Energia Elétrica” que teve como parceiros a distribuidora de energia elétrica de Sergipe, ENERGISA (Antiga ENERGIPE) e a empresa OMEGAZERO.

O produto consiste em um sistema sem-fio para realizar corte e religamento de consumidores monofásico, particularmente aqueles de baixa renda com dificuldades para manter suas contas em dia. Este sistema é composto de uma unidade de comando, baseada em um computador de mão (PDA) comumente conhecido como PALM, que se comunica através de Rádio-Frequência (RF) com um módulo atuador localizado num poste da rede de distribuição.

Apesar de existirem soluções de mercado para desligamento e religamento remoto, o custo é elevado para adoção em consumidores residenciais, o grande diferencial competitivo do sistema apresentado foi desenvolver uma plataforma de simples instalação e utilização, customizada as necessidades de uma distribuidora de energia e o custo reduzido.

1. Introdução

Segundo a Agência Canal Energia (2005), o nível de inadimplência no pagamento das contas de energia elétrica no país vem registrando queda ano a ano, mas ainda assim acumula um resultado negativo volumoso no caixa das distribuidoras. Um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica em 2005, com base nos dados de 16 concessionárias de distribuição que respondem por 62% do mercado nacional, demonstra que o total a receber contabilizado pelas empresas no primeiro semestre daquele ano chegou a R\$ 5,42 bilhões. O montante equivale a 7,66% do faturado dessas empresas nos 12 meses anteriores. Uma parte considerável desta perda de faturamento corresponde a inadimplentes que apresentam atrasos no pagamento acima de 90

dias, volume que totaliza R\$ 2,98 bilhões ou 4,21%. Já as contas que deixaram de ser pagas dentro do prazo de três meses somou, naquele primeiro semestre de 2005, R\$ 2,43 bilhões ou 3,44%. Em contrapartida, as empresas de distribuição têm adotado medidas de contenção desse percentual, em especial a prática do corte do fornecimento de energia aos devedores.

A ENERGISA (Sergipe), empresa financiadora do projeto dentro do programa de P&D da ANEEL, através das áreas de negociação de débitos, corte/religamento e inspeção, atua de forma a minimizar o índice de inadimplência. Algumas ações são efetuadas de forma sistemática mês a mês, como: estrutura interna para atuar exclusivamente na cobrança de consumidores que estão em PDD, Call Center ativo, programa com sorteios e prêmios mensais e semestrais para consumidores adimplentes, inspeção em desligados, programa de negociação de débitos anteriores ao ano de 2004 e a suspensão do fornecimento de energia. Atualmente, com cerca de 520 mil clientes apresenta uma média mensal 10 mil cortes e 18 mil visitas para negociação. Sendo assim, esta concessionária contém cerca de 40 equipes que são responsáveis pelo desligamento e/ou religamento do fornecimento de energia dos clientes inadimplentes. Neste caso, o eletricitista efetua o corte no medidor ou tem que subir no poste de distribuição para fazer a operação de desligamento ou religamento. Essa ação apresenta um potencial risco de acidentes de trabalho devido à exposição dos operadores à "linha viva".

A inadimplência dos consumidores de energia elétrica é um problema sem uma solução definitiva. As concessionárias de energia buscam soluções para minimizar as perdas com esse problema. A solução de automatização do processo de corte e religamento, aqui apresentada, foi definida a partir da necessidade de aprimoramento do sistema gerencial e de operação da inadimplência da empresa. Essa proposta proporcionará uma grande melhoria no processo interno, reduzindo custo de operação e aumentando a produtividade das equipes de campo.

Na seção seguinte serão apresentados os principais módulos e características do sistema sem-fio, desenvolvido pela equipe da OMEGAZERO Sistemas Eletrônicos em parceria com a ENERGISA, para automatizar o processo de corte e religamento de consumidores inadimplentes. O hardware é descrito nas primeiras subseções, seguido das descrições sobre software aplicativo e caixa de acondicionamento e os testes realizados em campo.

2. Desenvolvimento

O projeto está centrado no desenvolvimento de um sistema de controle de inadimplência de consumidores monofásicos através de PDAs tipo Palm top. Este sistema tem como principal característica a realização do corte ou religamento do fornecimento de energia de um dado cliente através de um dispositivo instalado no poste (módulo atuador) da rede elétrica de distribuição. Os comandos digitados num PALM, operado por um eletricitista, são enviados ao módulo atuador através de um sistema de comunicação sem-fio na faixa de 400MHz. A comunicação entre o PALM e o módulo atuador é realizada através de uma eletrônica de interface entre os padrões RS-232 e os módulos transceptores de RF. Além disso, é utilizado um protocolo proprietário de comunicação. Para a operação do PALM no processo de corte e religamento, faz-se uso de um aplicativo amigável que possibilite o operador identificar o consumidor inadimplente e acionar o dispositivo de comutação ligado ao cabo de fornecimento de energia do respectivo cliente. Um segundo aplicativo, instalado num microcomputador do tipo desktop, permitir a interação com o banco de dados corporativo para fins de atualização dos clientes e de operadores armazenados na memória do PALM, de forma que somente operadores habilitados poderão ter acesso aos clientes listados para operação de corte e religamento.

Todo o desenvolvimento deste sistema foi realizado por três equipes de trabalhos: uma primeira focada no projeto e construção do hardware, uma segunda centrada desenvolvimento do software aplicativo para PALM e uma terceira desenhando o software para desktop.

2.1 Desenvolvimento do Hardware

Para se iniciar o desenvolvimento da eletrônica de acionamento e eletrônica de comunicação com PALM do módulo atuador, tornou-se fundamental primeiramente realizar uma análise de requisitos de hardware de acordo com as necessidades especificadas pelos técnicos da ENERGISA. Os requisitos estabelecidos para o hardware do dispositivo de acionamento foram os seguintes: corrente máxima de comutação de 60A, distância mínima de acionamento para o poste de distribuição (7,5 metros), atendimento a clientes por módulo atuador, inclusão de um sistema de memória não-volátil para armazenar os estados do fornecimento de energia aos clientes estabelecidos pelo operador, armazenamento do número referente à identificação do dispositivo e o número de identificação do último operador.

A partir dos requisitos mínimos estabelecidos, iniciou-se o projeto da topologia do módulo atuador considerando os seguintes circuitos eletrônicos: fonte de alimentação, eletrônica de comutação das cargas; interface de comunicação com o módulo de comando (PALM) e sistema de controle e decisão baseado em um microcontrolador. Depois da topologia definida uma análise das tecnologias existentes no mercado foi efetuada de forma que o tempo de desenvolvimento e os custos envolvidos na produção fossem minimizados. A figura 1 mostra um diagrama em bloco do dispositivo de acionamento ou módulo atuador, além de dois blocos adicionais referentes ao módulo de comando (PALM + Interface RS232/RF).

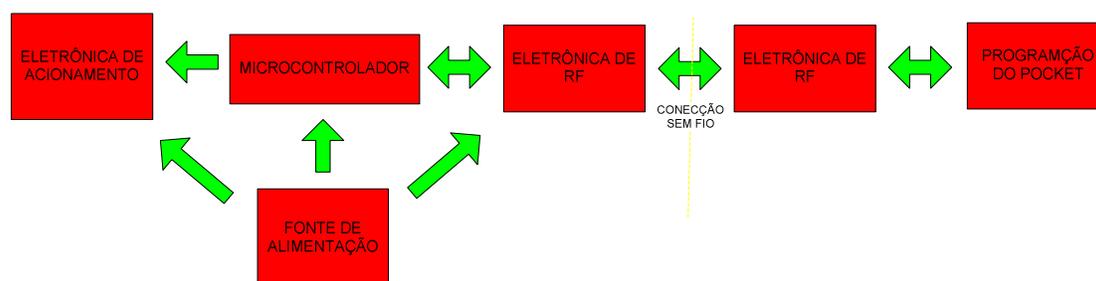


Figura 1 – Diagrama em blocos do sistema sem-fio para corte e religamento de consumidores.

2.1.1 Eletrônica de Comutação e Status das Cargas

O projeto da eletrônica de comutação e verificação do status da carga (ligada ou desligada) consiste num dispositivo atuador capaz de controlar e verificar a situação do fornecimento de energia elétrica a seis clientes monofásicos, a partir de comandos enviados por um microcontrolador. O trabalho foi dividido em etapas: escolha do dispositivo de comutação, projeto do circuito de acionamento (drivers de corrente), lógica de acionamento e sistema de verificação do status da carga.

Os requisitos utilizados no projeto para a escolha do dispositivo de comutação foram: tamanho reduzido para acomodá-los nas caixas de distribuição já utilizadas pela concessionária, baixa corrente de acionamento, pouca dissipação, baixo custo e corrente de comutação mínima de 30A. Uma avaliação de vários tipos de atuadores como comutadores, tiristores, relés de estados sólidos e relés eletromagnéticos, foi efetuada, sendo o relé eletromagnético o mais promissor para a aplicação

desejada. O relé eletromagnético escolhido tem corrente de comutação de 60A para 250VAC ou 40A para 28V contínuos. O modelo selecionado é acionado por um pulso de tensão de 12V durante 50ms. Ele possui três terminais de controle, sendo um pino comum e os outros dois de abertura e fechamento de contato. Os pulsos são aplicados às bobinas de abertura ou fechamento para alterar o estado do relé.

O acionamento dos relés é realizado através de um microcontrolador. Entretanto, suas portas de I/O não conseguem fornecer a corrente necessária para os relés comutarem diretamente. Dessa forma, foi desenvolvido um circuito de acionamento que fornecesse a corrente necessária à comutação de cada relé. Este circuito é baseado num transistor que trabalha em saturação ou corte, permitindo assim que circule corrente suficiente na bobina do relé. Como o relé escolhido possui duas bobinas, uma para abertura e outra para fechamento, são necessários dois transistores para acionar cada relé. Para comutar seis cargas, são então necessários 12 transistores para executar esta tarefa. Optou-se por utilizar dois Circuitos Integrados (CIs), ULN2004, cada um com uma matriz de sete transistores em configuração Darlington. Estes CIs foram dispostos de forma que um efetua a abertura e o outro o fechamento dos relés.

Além do módulo de corrente de acionamento dos relés, foi também concebido um circuito lógico para reduzir o número de portas de saída do microcontrolador necessárias à tarefa de comutação dos seis relés. Ao invés de 12 portas de I/O inicialmente demandadas, foram utilizadas apenas sete. Como isso, se pôde optar por um microcontrolador com menos pinos e de menor custo. Este circuito lógico permite que apenas um dos ULN2004 seja habilitado por vez, quando um pulso de acionamento é enviado pelo microcontrolador.

O último circuito desenvolvido para o módulo de acionamento permite o microcontrolador averiguar se o relé comutou de maneira apropriada e se existe fornecimento ou não de energia no ramal do cliente. A eletrônica desse módulo de status da carga foi concebida para adaptar o nível de tensão da rede àquele suportado pelos pinos de I/O do microcontrolador. Esse nível de tensão informa o status do cliente, ou seja, ligado ou em corte. A figura 2 mostra toda a eletrônica do módulo atuador.

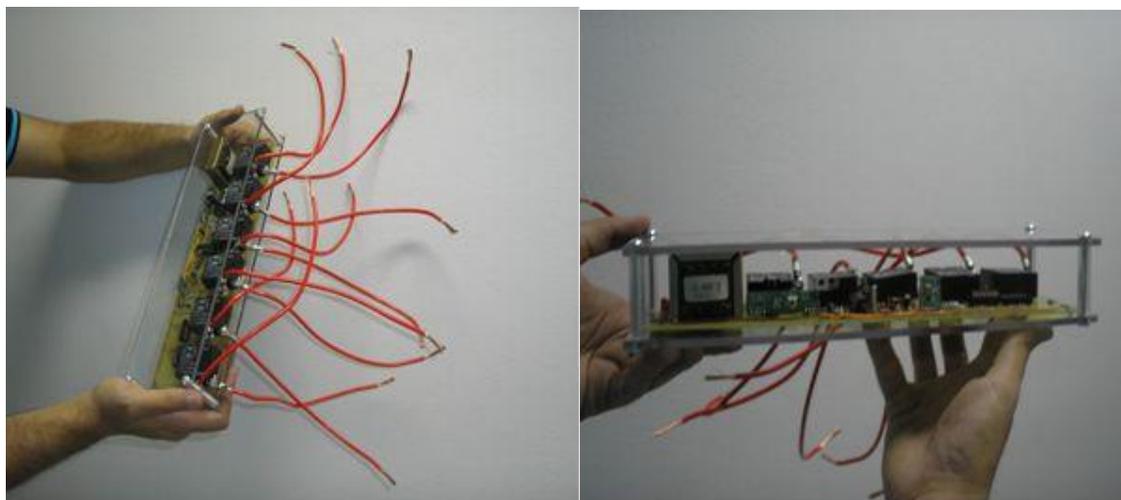


Figura 2 – Foto do módulo atuador.

2.1.2 Interface de Comunicação

Primeiramente pensou-se utilizar as tecnologias sem fio já existentes no PALM como Bluetooth, IEEE802.11 ou IRDA, mas as duas primeiras tornariam o módulo atuador caro e economicamente não competitivo. A última foi descartada devida à distância envolvida e alta incidência solar durante o dia. Sendo assim, optou-se por uma solução de baixo custo e de simples implementação, ou seja, a utilização da porta serial RS-232 do PALM juntamente módulos transceptores de RF com modulação ASK em 434MHz.

2.1.3 Sistema Microcontrolado

Para efetuar as tarefas de comunicação, verificação do status das cargas e acionamento dos relés, escolheu-se um microcontrolador que atendesse todos os requisitos estabelecidos pela concessionária a um menor custo possível. As características necessárias ao microcontrolador foram: 13 portas de I/O, memória não-volátil programável, watchdog-time, timer, interrupções e UART.

Um firmware foi concebido para que o microcontrolador efetuasse as funções de comunicação, controle de acionamento, verificação de acionamento, armazenamento na EEPROM. Este firmware tem como objetivo executar comunicação com um PALM via RS-232/RF e gerenciar tarefas determinadas pelo usuário.

2.2 Aplicativo PALM

A ENERGISA adotou como solução o software embarcado para o PDA tipo PALM (Sistema Operacional Palm OS), mas de forma a manter a competitividade do produto a OMEGAZERO também desenvolveu uma versão para PocketPC (Sistema Operacional Windows MóBILE).

O aplicativo do PDA é utilizado para permitir que o eletricitista interaja de maneira amigável com o módulo atuador posicionado no poste da rede de distribuição. Este aplicativo é capaz de ler e armazenar dados extraídos do banco de dados da concessionária com informações dos clientes inadimplentes e permite que o eletricitista identifique a caixa de distribuição para efetivação do corte ou religamento. A figura 3 ilustra um exemplo de tela do aplicativo, tanto na versão PALM como na versão PocketPC.



Figura 3 – Tela de entrada de matrícula do eletricitista, versões PALM (esq.) e PocketPC (dir.).

2.3 Prototipação da Caixa para Acondicionamento do Sistema de Comutação

Um dos requisitos estabelecidos pela concessionária financiadora do projeto, determinava que o módulo atuador devesse ser acondicionado em caixas de distribuição já em uso na rede elétrica da região de concessão. Optou-se por instalar este módulo nas caixas da INCESA com 12 conectores/barramentos de dois pólos e um conector/barramento de 10 pólos. Estas caixas da INCESA foram consideradas mais robustas e de maior resistência às intempéries, principalmente no que diz respeito a regiões de alta concentração salina. A figura 4 mostra o módulo atuador dentro da caixa de distribuição.



Figura 4 – Caixa de distribuição da INCESA com o módulo atuador conectado às borneiras.

2.4 Teste no laboratório da ENERGISA

Com a conclusão do primeiro protótipo, foi programada com a concessionária a instalação do módulo atuador num poste dentro do laboratório de treinamento de eletricitas. O sistema foi apresentado aos engenheiros e técnicos da ENERGISA e procedimentos de ligação dos ramais forma testados. O módulo foi instalado então num poste e ligado a seis conjuntos de lâmpadas para simular uma carga residencial de baixo consumo. Os objetivos dos testes em campos foram os seguintes: avaliar as dificuldades dos eletricitas para efetuarem a instalação do módulo atuador; avaliar a robustez dos circuitos eletrônicos sob as condições de carga, temperatura, umidade, etc; verificar o alcance do sistema de RF e a robustez do software de comunicação; avaliar se a interface homem-máquina do módulo de comando era realmente amigável. A figura 5 apresenta os eletricitas instalando os cabos na caixa de distribuição com o módulo atuador e a figura 6, a caixa sendo posicionada num poste do laboratório de treinamento da ENERGISA.



Figura 5 – Eletricistas da ENERGIPE ligando as cargas de teste na caixa automatizada.



Figura 6 – Eletricista posicionando a caixa/módulo atuador no poste.

3. Conclusões

Foi apresentada neste trabalho a descrição de um sistema de corte de consumidores utilizando tecnologia sem fio. O sistema foi desenvolvido pela OmegaZero e um primeiro protótipo foi construído e instalado para testes na ENERGISA.

Os primeiros resultados obtidos em testes do equipamento indicam que o mesmo pode ser utilizado com sucesso no corte e religamento de consumidores monofásicos. A unidade de comando, baseada em PDA, possui uma curva de aprendizado de uso muito favorável e foi facilmente manuseada pelos técnicos da concessionária. O equipamento de corte permitiu a sua instalação rápida e segura no poste e suas funcionalidades foram testadas com sucesso por técnicos da ENERGISA.

O baixo custo calculado para produção em série, permite que o sistema seja introduzido para consumidores de baixa renda de maneira bastante competitiva quando comparada com alternativas de equipamentos mais dispendiosos e complexos disponíveis no mercado internacional.