



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE SISTEMAS CENTRALIZADOS DE MEDIÇÕES DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA SUBMETIDOS A INTERFERÊNCIAS ELETROMAGNÉTICAS

M. F. Bortotti ¹, C. P. Colvero ¹, V. R. D. Carneiro ¹

¹ INMETRO, Duque de Caxias, Brasil, mfbortotti@inmetro.gov.br

Resumo: Este trabalho apresenta resultados da análise do comportamento de Sistemas Centralizados de Medições baseados em comunicações digitais de radiofrequência sob interferência eletromagnética. A Divisão de Metrologia em Telecomunicações do Inmetro analisou a influência de interferências na comunicação de dados sem fio do sistema citado no resultado final de medição.

Palavras chave: sistema de medição centralizada, medidores de energia elétrica, interferência.

1. INTRODUÇÃO

O primeiro medidor eletrônico de energia elétrica homologado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) data de 14 de dezembro de 1994, através da portaria INPM/Nº. 150 ^[2]. Resultado do desenvolvimento pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) do primeiro circuito integrado nacional dedicado para medições de energia elétrica ^[1], o MEE02, desenvolvido com o objetivo de permitir soluções de baixo custo e alta confiabilidade para o segmento de medição para faturamento em baixa tensão. A inclusão de circuitos integrados em sistemas de medições de energia elétrica no Brasil fomentou o conceito e o desenvolvimento de projetos de medições centralizadas. A proposta principal da medição centralizada é a preservação da individualização na medição do consumo de energia de um determinado estabelecimento associado à centralização das informações de consumo de energia de inúmeros estabelecimentos, permitindo o compartilhamento de partes comuns de equipamentos e processos de medições e propiciando significativa redução de custo, tempo de medição e espaço físico.

Outras vantagens apresentadas pela medição centralizada estão relacionadas a novas funcionalidades em automação da rede de distribuição de energia elétrica, inexistentes na medição convencional. Além da própria medição do consumo o levantamento de curvas de carga, interrupção e reativação do fornecimento a consumidores inadimplentes, leitura de consumo, entre outras funcionalidades, poderão

ser remotamente administradas através de sistemas de comunicações de dados. Além de ser de fácil reposição, não apresentar os desgastes mecânicos do sistema de medição convencional e possibilitar para a companhia a oferta de serviços de internet banda larga e energia pré-paga.

O primeiro protótipo de um Sistema de Medição Centralizada (SMC), em seu conceito original, foi desenvolvido em 1995 para a companhia distribuidora de energia elétrica Light Serviços de Eletricidade S.A, responsável por atender a cidade do Rio de Janeiro ^[2].

As companhias de distribuição de energia elétrica estão em fase de teste e implantação da automação do sistema de medição de consumo com SMCs e uma pequena parcela de consumidores nacionais já possui suas faturas geradas a partir deste novo sistema. O SMC é composto basicamente por medidores eletrônicos de energia elétrica, concentradores de medição, central de aquisição e sistema de comunicação de dados.

2. MOTIVAÇÃO AO ESTUDO

O INMETRO vem recebendo reclamações de consumidores a respeito de discrepâncias nas atuais medições de consumo de energia elétrica causadas pela utilização de equipamentos do Sistema Centralizado de Medições. Os novos valores de consumo são prejudiciais aos consumidores finais e existem reclamações de aumento em até cinco vezes no valor médio de consumo.

Por se tratar de um problema resultante de alterações no sistema de medição de consumo de energia elétrica, serviço essencial a qualquer população, com resultados a princípio prejudiciais ao consumidor final, em estabelecimentos residenciais, comerciais e industriais, as discrepâncias entre medições de consumo em curtos períodos de tempo proporcionaram a criação de uma Comissão Parlamentar de Inquérito na Assembléia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro para investigar os casos no referido estado.

Motivados por uma questão de interesse nacional o INMETRO solicitou aos fabricantes dos equipamentos do SMC em operação no país amostras das séries de

equipamentos com o intuito de avaliar fontes geradoras de erros no sistema de medição.

Uma das possibilidades de geração de erro nas medições de consumo de energia elétrica encontrava-se na comunicação de dados por radiofrequência dos SMCs. Estes sistemas utilizam frequências abertas e, dessa forma, precisam estar integralmente preparados para sofrerem interrupções na comunicação de dados sem gerar anomalias na medição do consumo de energia.

Dentro das suas atribuições, a Divisão de Metrologia em Telecomunicações do INMETRO analisou o sistema de comunicação de dados sem fio do Sistema de Medição Centralizada de energia elétrica de alguns fabricantes. O INMETRO verificou o comportamento do sistema sob interferências eletromagnéticas e a influência dessas interferências no resultado final de medição do consumo de energia elétrica.

3. SISTEMA DE MEDIÇÃO CENTRALIZADA

O SMC é composto por Unidade de Medição (UM), Unidade Concentradora (UC) e Terminal de Consulta ao Consumo Individual (TCCI). Conforme as figuras 1 e 2 abaixo, a Unidade de Medição é responsável por receber uma ou mais fases de consumo de energia elétrica de um ou mais estabelecimentos de consumo, realizar a medição do consumo individual destas fases, armazenar os resultados de medição e transmiti-los para uma determinada Unidade Concentradora. Por sua vez, a Unidade Concentradora, conforme figura 1 abaixo, é responsável por armazenar resultados de medição de consumo de diferentes unidades de medições e disponibilizá-las para processamento e/ou visualização da concessionária de distribuição de energia. A função do Terminal de Consulta ao Consumo Individual é fornecer a informação do consumo individual a um determinado estabelecimento.

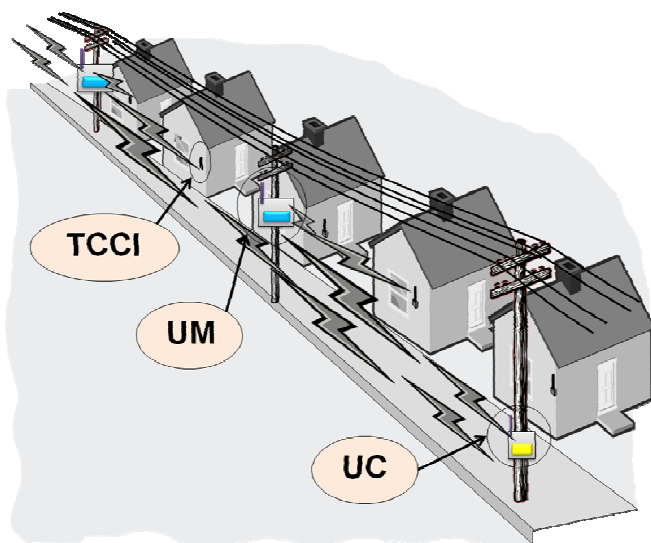


Fig. 1. Esquema de aplicação do SMC.

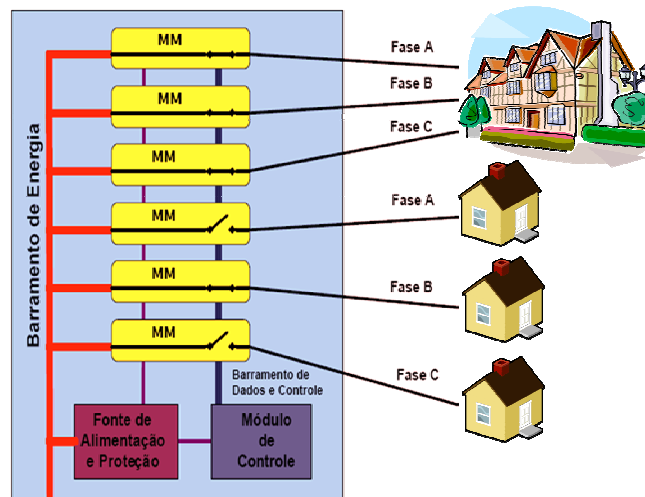


Fig. 2. Esquema de composição da Unidade de Medição [1].

A comunicação de dados entre as unidades de medições e concentradora pode estabelecer-se através de sistemas de comunicação pela rede elétrica (PLC, *Power Line Communications*), radiofrequência, como transceptores de rádio, Zigbee e WiMax e cabo dedicado como RS485 e coaxial. A comunicação de dados entre as unidades de medições e/ou concentradora e os terminais de consulta ao consumo individual pode ocorrer através dos mesmos sistemas anteriores. Por sua vez, a comunicação de dados entre a Unidade Concentradora e a companhia de distribuição de energia elétrica pode estabelecer-se através de PLC, fibra óptica, radiofrequência, cabo dedicado e ADSL.

O SMC utilizado nas medições deste trabalho, conforme verificado na figura 3, é composto por uma Unidade de Medição com capacidade para 12 ramais (fases de energia elétrica) que envia os resultados de medições de consumo de energia elétrica para o Terminal de Consulta ao Consumo Individual e para a Unidade Concentradora via radiofrequência. Esta última disponibiliza via interface RS 485 e display digital os dados de medição de consumo de energia. Esta configuração ainda exige a atuação de um funcionário em campo para a coleta dos dados de medição do consumo de energia.

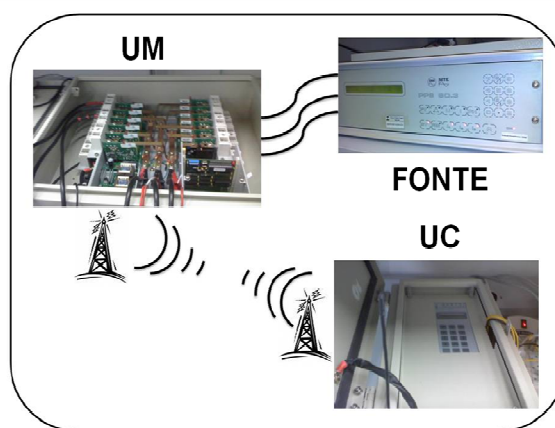


Fig. 3. Esquema de composição do SMC utilizado nas medições.

Neste SMC, cada Unidade de Medição possui um concentrador, denominado Concentrador de Ramais, responsável pelo armazenamento dos dados de medições do consumo de energia dos ramais. Os Concentradores de Ramais enviam estes dados via radiofrequência para o Concentrador Principal da Unidade Concentradora que funciona como um terminal central de serviço e faturamento, englobando um teclado simplificado, display alfanumérico e uma saída serial para coletores (PDAs, laptops ou PCs). A medição é efetuada pela geração de pulsos na Unidade de Medição, onde cada pulso equivale a 0,833 Wh.

4. PROCEDIMENTO DOS TESTES

As medições foram realizadas no laboratório de TV Digital da Divisão de Metrologia em Telecomunicações do INMETRO. Os equipamentos utilizados nas medições foram uma Unidade de Medição com 12 ramais, uma Unidade Concentradora, um gerador de sinais, uma fonte de tensão e corrente, três padrões terciários de medição de energia elétrica, um laptop e uma antena UHF com ganho de 12 dBi.

A fonte de corrente forneceu três fases para a Unidade de Medição com tensão alternada de 120 V e corrente alternada de 15 A cada. Os padrões foram utilizados para monitorar a energia fornecida pela fonte e o laptop foi conectado à Unidade Concentradora via cabo serial para fornecimento da quantidade de pulsos transmitidos pela Unidade de Medição e armazenados na Unidade Concentradora. O gerador de sinais emitia um sinal contínuo na mesma frequência de operação da comunicação de dados entre a Unidade de Medição e a Unidade Concentradora, 433 MHz, com largura de banda de 6 MHz. Este procedimento teve por objetivo analisar a robustez do SMC a interferências de radiofrequência. Segue abaixo, na figura 4, um esquema resumido do ambiente de medições.

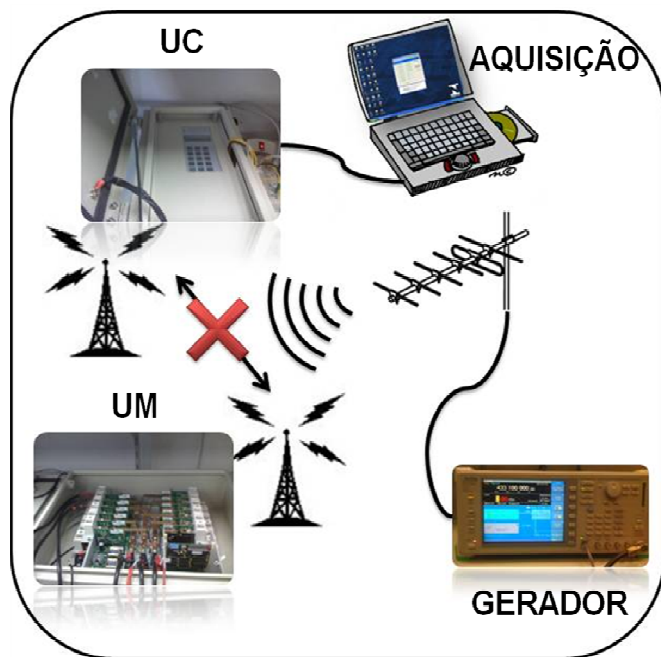


Fig. 4. Ambiente de medições.

Para a aquisição de dados era estipulado um tempo de medição aproximado (ex.: 60 minutos) e armazenada a quantidade de pulsos inicial. Depois de atingido este tempo aguardava-se a recepção imediatamente seguinte da quantidade de pulsos pela Unidade Concentradora e coletavam-se os novos valores dos pulsos acumulados e o tempo exato de medição de consumo. Como a precisão da fonte mantinha-se na terceira casa decimal, a energia teórica era calculada a partir das tensões e correntes configuradas em cada fase da fonte. A energia medida era obtida a partir da conversão do SMC utilizado, um pulso equivalendo a 0,833 Wh. Adicionalmente, eram armazenadas a potência de transmissão do gerador de sinais, a distância da antena conectada ao gerador à antena da Unidade de Medição e a distância entre as antenas da Unidade de Medição e Unidade Concentradora.

5. RESULTADOS

As medições foram realizadas com potências de saída do gerador variando de 1 dBm a 10 dBm, distâncias fixas em 5 m entre as antenas da Unidade de Medição e Unidade Concentradora e 2 m entre as antenas do gerador de sinais e da Unidade de Medição.

Os erros de medição ΔE em cada fase foram calculados com referência na energia calculada através do tempo de medição e das tensões e correntes das fases (Energia Calculada) de acordo com a energia obtida através dos pulsos medidos pela Unidade de Medição (Energia Medida). De acordo com a equação 1 abaixo.

$$\Delta E = \frac{|Energia\ Calculada - Energia\ Medida|}{(Energia\ Calculada)} \times 100 \quad (1)$$

De acordo com a Portaria INMETRO nº. 431, de 04 de dezembro de 2007 o erro máximo de medição de consumo permitido para medidores eletrônicos de energia elétrica como o SMC é de 2,0 % ^[3]. Os resultados de medição de consumo obtidos com os medidores eletrônicos do SMC submetidos a interferências eletromagnéticas nas condições citadas encontram-se abaixo de 1,0 %. Segue, nos gráficos abaixo, a ilustração das porcentagens de erros de medição de consumo de energia elétrica do SMC utilizado em função do número de pulsos para cada fase.

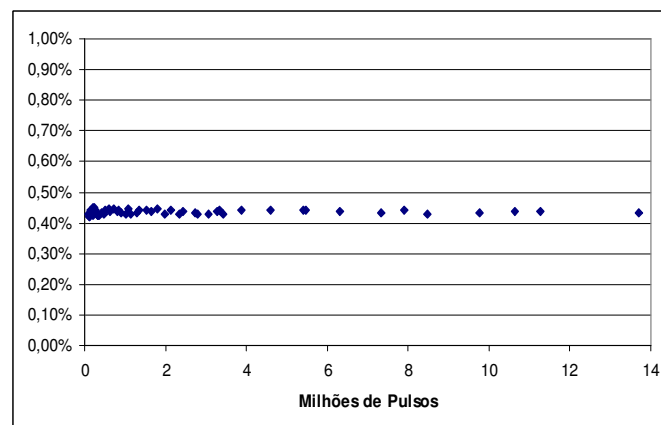


Fig. 5. Erro do SMC em função do nº. de pulsos para fase 1.

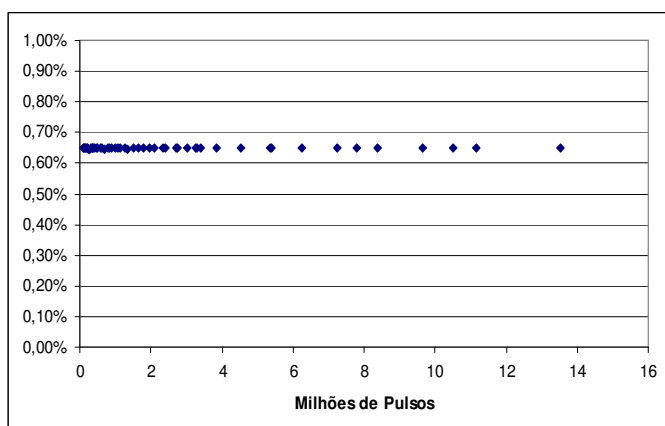


Fig. 6. Erro do SMC em função do n°. de pulsos para fase 2.

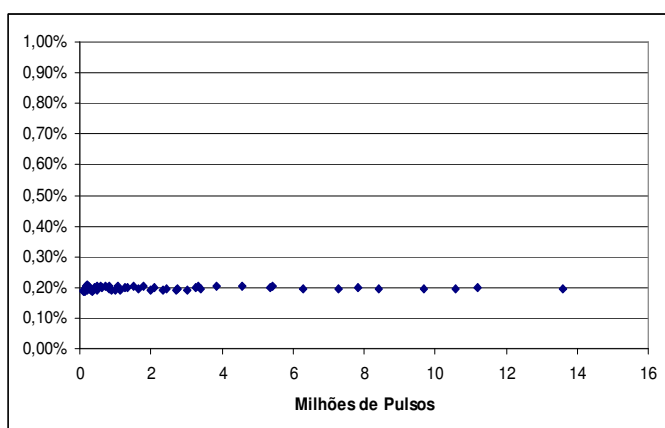


Fig. 7. Erro do SMC em função do n°. de pulsos para fase 3.

Nos gráficos acima encontram-se os erros de medição de consumo do SMC em cada fase fornecida pela fonte de tensão e corrente em função do número de pulsos emitidos pela Unidade de Medição e recebidos pela Unidade Concentradora. As porcentagens de erros de medição de consumo de energia elétrica do SMC utilizado nas medições deste trabalho estiveram sempre abaixo de 1,0 %.

6. CONCLUSÃO

As medições realizadas pela Divisão de Metrologia em Telecomunicações do INMETRO com objetivo de apresentar resultados da análise do comportamento de Sistemas Centralizados de Medições sob interferência eletromagnética apresentaram resultados satisfatórios quanto à eficiência do sistema de comunicação de dados submetido a interferências eletromagnéticas.

Os dados coletados nos permitem afirmar que os resultados de medições de consumo de energia elétrica do Sistema Centralizado de Medições utilizado não são afetados por interferências eletromagnéticas e os problemas na medição de consumo, caso procedam às denúncias, são provenientes de outras fontes.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq/Prometro e FINEP pelo apoio financeiro aos colaboradores e projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] L. M. Alvarenga, "Sistema de Medição Centralizada, Estado da Arte, Aplicações Atuais e Perspectivas", Seminário Internacional de Medição Eletrônica, Brasília, Brasil, setembro de 2008.
- [2] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Portaria INPM/N°. 150 de 14 de dezembro de 1994.
- [3] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Portaria n°. 431 de 04 de dezembro de 2007.