



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GDS/26
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – X

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GDS

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE MALHAS DE TERRA DE SUBESTAÇÕES ENERGIZADAS

Maria Emília L. Tostes(*)
UFPA

Ubiratan H. Bezerra
UFPA

Jorge Dantas Pelaes
ELETRONORTE

Márcio Moscoso
UFPA

Dugan M. Amanajas
ELETRONORTE

Paulo R. M. Vilhena
ELETRONORTE

Kleiber T. Souza
UFPA

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema composto por placas de aquisição microcontroladas, para coletar os sinais de tensão e corrente em pontos selecionados da malha de aterramento sem que seja necessário o desligamento da SE. Este sistema de monitoramento de malha de terra faz parte de um sistema de gestão de qualidade da energia em implantação na Usina Hidroelétrica Coaracy Nunes da ELETRONORTE, no Estado do Amapá, que utiliza a estrutura de oscilografia já existente na instalação. Com a utilização de técnicas de processamento de sinais oscilográficos via wavelet podem ser identificados e parametrizados fenômenos de QEE existentes nesses dados de forma automática, sendo possível correlacioná-los com os dados adquiridos do sistema de aterramento.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade da Energia Elétrica, Malhas de Terra, Sistema de Gestão, Monitoramento, Subestações Energizadas

1.0 - INTRODUÇÃO

Os problemas que comprometem a Qualidade de Energia Elétrica (QEE), embora conhecidos e estudados há algum tempo, sofrem mudanças quanto a abordagem e a ênfase dada. À medida que se avança nos estudos sobre os fenômenos de QEE, as investigações passam a ser concentradas em particularidades de cada sistema, como por exemplo, o levantamento de danos causados pelos problemas de QEE; a identificação das principais fontes causadoras de tais problemas e suas respectivas contribuições, visando a atribuição de responsabilidades; definição de métodos e procedimentos para a apuração dos parâmetros determinantes associados à QEE, entre outros. Neste sentido, um conceito que ganha notoriedade é o de Gestão em QEE. No sistema elétrico de uma forma geral, o monitoramento da qualidade de energia garante a confiabilidade e a segurança do sistema, as quais são imprescindíveis no processo de suprimento de energia. Distorções harmônicas, variações de tensão de curta duração (VTCDs), transitórios, entre outros fenômenos podem comprometer o tempo de vida útil dos componentes do sistema, aumentar o custo com manutenções, ocasionar disparos indesejados da proteção ou mesmo acarretar em erros na transmissão de dados. Este trabalho tem como ênfase a implantação de um sistema de monitoramento em qualidade de energia (SMQEE), com a inclusão de um sistema automático de monitoramento das malhas de terra. Serão apresentados os resultados preliminares do desenvolvimento de um sistema de monitoramento de malhas de aterramento de subestações. O monitoramento contínuo da malha de aterramento é importante para a identificação de problemas que afetam a qualidade da energia fornecida pelos Sistemas Elétricos de Potência (SEP). A boa condição da malha de aterramento é um componente necessário para que os SEP possam se recuperar de tais eventos e retomar as suas condições nominais de operação.

Assim, torna-se essencial desenvolver sistemas que possam monitorar continuamente as condições de operação da malha de aterramento. Este monitoramento é uma ferramenta importante para as equipes de operação e manutenção e os dados coletados podem ser cruzados com outras informações, como oscilografias, para formar

uma compreensão mais ampla dos problemas que estejam afetando a operação do sistema em questão. A partir dessa análise, os procedimentos mitigatórios podem ser encaminhados com maior eficiência, visando trazer o sistema elétrico para um patamar mais robusto de operação.

2.0 - DESENVOLVIMENTO

2.1 Sistema de Monitoramento da Qualidade da Energia Elétrica - SMQEE

Atualmente em desenvolvimento, o Sistema de Monitoramento de QEE proposto para a UHE Coracy Nunes, no Estado do Amapá, utilizará toda a infraestrutura existente na usina no que tange a coleta de dados, sobretudo dos oscilógrafos. A usina conta com 3 oscilógrafos: o primeiro deles é do fabricante SIEMENS e se dedica ao monitoramento da Subestação; os outros dois são do fabricante REASON, instalados para coletarem informações das máquinas 1,2 e 3.

Além do que já se possui na usina, o projeto do SMQEE prevê a expansão dos pontos a serem monitorados, os quais serão feitos através de módulos embarcados de coleta dos valores de tensão e de corrente com uma taxa de amostragem adequada. A expansão da instrumentação para coleta de dados de tensão e corrente alcançará pontos que atualmente a oscilografia não cobre e que podem ser decisivos para o bom funcionamento do SMQEE, quais sejam, rede de Serviços Auxiliares e pontos da Malha de Aterramento.

Uma vez coletados, os dados provenientes da oscilografia e dos módulos de expansão são armazenados em um banco de dados que será utilizado pelo SMQEE, e os dados oscilográficos serão processados via a técnica wavelet para a extração dos fenômenos de QEE neles contidos. Uma vez processados, os dados alimentarão ferramentas estatísticas e ferramentas baseadas em inteligência computacional (Redes Neurais Artificiais) para facilitar a análise e o diagnóstico associados aos eventos de QEE. Como mencionado, o SMQEE ainda propiciará aos seus operadores a visualização das condições da malha de aterramento permitindo o franco conhecimento das tensões residuais na mesma.

A Figura 1 mostra a concepção do SMQEE em diagrama de blocos. A estrutura de aquisição de dados do SMQEE é composta da oscilografia hoje existente, acrescida de um sistema de aquisição de dados específico da malha de terra da Usina e da Subestação.

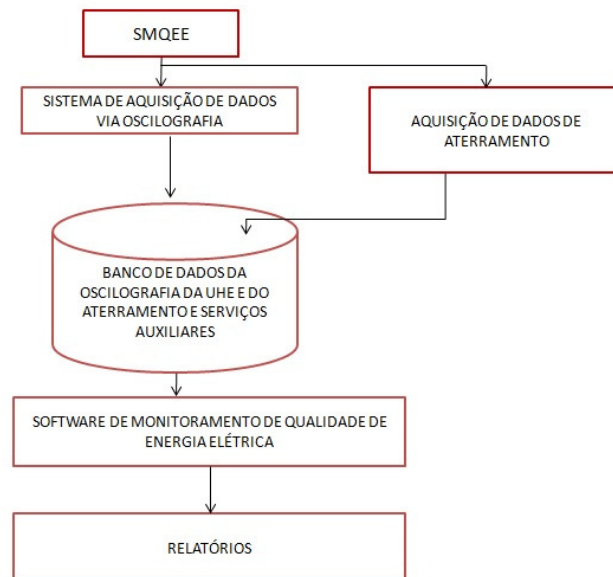


FIGURA 1 – Descrição das etapas do SMQEE em diagramas de bloco

Os dados da oscilografia e do aterramento compõem o banco de dados do SMQEE, a partir do qual são feitas as consultas e extraídos os relatórios de qualidade da energia elétrica.

2.2 Tratamento da Oscilografia

Os registros oscilográficos contêm informações importantes sobre o comportamento e o desempenho do sistema elétrico em decorrência de uma falta ou perturbação, ou seja, sobre a qualidade da energia. Uma das dificuldades na utilização das medidas obtidas pelos registradores de perturbação na avaliação da qualidade da energia, do

mesmo modo como as obtidas pelos analisadores de QEE, é que muitas das etapas do processamento dos sinais obtidos não são realizadas de forma automática. Para que os registros oscilográficos possam ser úteis como indicadores da qualidade da energia, é necessário que certos parâmetros sejam obtidos para que os sinais sejam classificados quanto ao tipo de fenômeno ocorrido. A obtenção desses parâmetros possibilita a aplicação de ferramentas estatísticas para a análise e visualização dos resultados, o que disponibiliza informações sobre o comportamento do sistema elétrico em determinados intervalos de tempo como horas, dias, semanas, meses ou anos, por exemplo. Outra dificuldade, talvez a mais crítica, é o grande volume de dados obtidos da monitoração oscilográfica; muitos desses sinais gravados são decorrentes de sinais espúrios ou ruídos, não caracterizando variações de tensão dentro do sistema elétrico. Para que essa grande quantidade de dados possa ser avaliada, faz-se necessária a aplicação de um método automático de classificação, de modo que apenas os sinais com as características desejadas sejam utilizados para a determinação dos parâmetros de interesse. Neste trabalho, esta problemática será tratada via aplicação de modelos de processamento digital de sinais (decomposição multiresolução Wavelet) e de inteligência computacional (RNA), já abalizados na área de análise de padrões em sistemas elétricos. Inicialmente a oscilografia é decomposta pela técnica *wavelet* para detectar o início e o fim das ocorrências que caracterizam os eventos de QEE que se deseja extrair. A proposta do SMQEE é a utilização da oscilografia para extração dos seguintes fenômenos: harmônicos de tensão, variações de tensão de curta duração (afundamentos e elevações de tensão, interrupção), desequilíbrios de tensão, e transitórios.

2.3 Sistema de Monitoramento da Malha de Terra

A arquitetura do sistema de monitoramento, aqui proposto, baseia-se na construção de uma rede sem fio de equipamentos microcontrolados para monitorar pontos selecionados da malha do aterramento da instalação elétrica. Cada instrumento de monitoramento mede a corrente injetada pelo próprio SEP, na malha de terra e a tensão no mesmo ponto em função de uma referência fornecida por um terra instalado remotamente.

A partir das medidas de tensão e corrente, obtém-se a resistência equivalente da malha de terra no ponto de medição dado pela relação:

$$R = V/I \quad (1)$$

Sendo R a resistência equivalente no ponto de acesso à malha, V tensão em relação ao terra remoto e I a injeção de corrente no ponto de acesso à malha. A partir dos valores calculados de R, de forma contínua, pode-se avaliar as condições da malha de terra para as situações de regime permanente, e transitórios de média e baixa frequência, como também avaliar efeitos de cauda em eventos de natureza impulsiva, como descargas atmosféricas. Portanto a função do sistema de monitoramento é acompanhar o comportamento do sistema de aterramento, por meio das variações detectadas nas resistências equivalentes dos pontos de medição.

A localização do terra remoto foi determinada por meio de medições realizadas no local seguindo recomendações técnicas baseadas em norma (ABNT NBR 15749, de 2009). Nessa campanha de medição, utilizou-se um Terrômetro MKD20KWe da Megabras para a definição do ponto de localização do terra remoto, o qual foi instalado a uma distância de 210 metros a partir do ponto de acesso na malha de terra, que correspondeu a um ponto dentro do patamar de potencial para o cálculo da resistência de aterramento.

Outros trabalhos já desenvolvidos nessa área também propõem novas metodologias de medição e avaliação da malha de terra. Nestes trabalhos também são definidas referências para medição de tensão. Um dos métodos utilizados com sucesso na medição da resistência de aterramento de instalações energizadas é o método da queda de potencial, no qual o equipamento utilizado possui uma fonte de corrente cuja frequência pode ser ajustada para valores que não coincidam com as frequências industriais e suas harmônicas. A utilização dessas frequências reduz a influência gerada pela própria instalação nas medições, permitindo uma avaliação confiável da resistência de aterramento [2].

Em [3] é apresentado um sistema embarcado que realiza medições e análise dos níveis de potencial na superfície do solo, dentro e fora dos limites da malha de aterramento. Neste trabalho, avaliam-se indiretamente as condições de degradação de um sistema de aterramento através da distribuição de potenciais em sua área e em seu entorno.

Em [4] o autor desenvolveu uma metodologia para determinação da resistência de aterramento em instalações energizadas nas quais exista pouca disponibilidade de área livre para colocação de eletrodos de corrente e de potencial, como em áreas urbanas. O método avalia as diferenças de potencial em pontos próximos ao sistema de aterramento e utiliza, além da frequência de 25 KHz, as frequências de 270 Hz e de 1,47 KHz.

Em outro trabalho [5], desenvolvido e apresentado pelo Instituto de Tecnologia para o desenvolvimento - LACTEC em colaboração com a Companhia Paranaense de Energia –COPE, realizaram-se medições das correntes injetadas pelo próprio SEP na malha de terra, juntamente com a medição da tensão em relação a um terra remoto. Assim, dispensou-se uma fonte de corrente. A corrente e a tensão foram medidas por meio de transdutores posicionados nas descidas de aterramento do neutro de equipamentos de alta tensão.

A rede de aquisição é composta por vários instrumentos microcontrolados e são formados essencialmente por um circuito de condicionamento de tensão e corrente e por outro circuito contendo um transceptor *wifi*. Cada

instrumento é alimentado por uma bateria. Como o consumo é bastante reduzido, o instrumento possui autonomia para ser utilizado em campanhas de medição. Assim, cada instrumento pode ser facilmente reinstalado em outro ponto do sistema de aterramento.

O subsistema de hardware é responsável pela aquisição e transmissão das amostras de sinal de tensão e corrente para um computador instalado na sala de controle na própria UHE. O hardware de aquisição baseia-se na plataforma Arduino, mais precisamente, utilizou-se uma placa Arduino UNO. A Figura 2 mostra os elementos que compõem a arquitetura proposta para a aquisição de sinais.

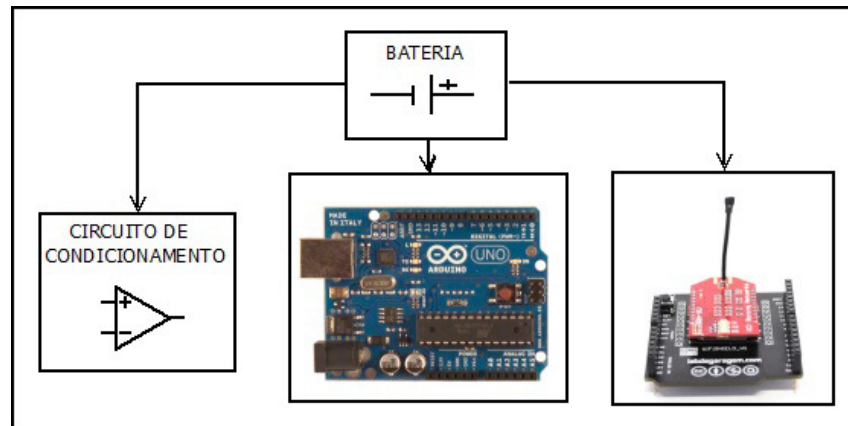


FIGURA 2 - Arquitetura do hardware de aquisição de sinais

A aquisição do sinal de corrente é realizada com a utilização de um sensor de corrente do tipo não invasivo com capacidade para medir correntes de até 100A. Com esse sensor, não é necessário interromper os pontos onde se deseja medir a corrente injetada pelo sistema na malha de aterramento. A Figura 3 apresenta o aspecto geral da instalação de um instrumento com a utilização do sensor de corrente utilizado.



FIGURA 3. Aspecto geral do instrumento de aquisição com o módulo wifi e o sensor de corrente

O sinal de tensão é medido, de forma diferencial, entre o ponto onde estiver instalado o instrumento de aquisição e o terra remoto. Os sinais de tensão e corrente são condicionados de forma a se adequar aos níveis de tensão de entrada do conversor A/D do microcontrolador. O módulo de condicionamento de sinal conta com Amplificadores de Instrumentação especificados para esse tipo de aplicação. De acordo com o diagrama da Figura 4, cada instrumento de aquisição é alimentado por uma bateria. Isso permite a sua fixação em vários pontos da malha de aterramento. Isto permite que os instrumentos possam ser facilmente reposicionados, caso se deseje ter mais unidades de aquisição em uma determinada área do sistema de aterramento.

O módulo *wifi* foi assim designado para permitir a transmissão das amostras a partir dos diferentes locais onde cada equipamento de aquisição for posicionado. A conexão via '*socket*' permite que cada instrumento possa atender a uma requisição do PC sempre que solicitado. O microcontrolador ATmega328 da ATMEL, presente na placa da plataforma Arduino possui um conversor A/D interno de 10 bits de resolução e uma interface de comunicação serial. A interface de comunicação serial é utilizada para transmissão das amostras de sinal através do módulo *wifi*.

O padrão IEE 1451 foi utilizado como referência para montagem das componentes de software em cada instrumento e também no PC responsáveis pela organização da transmissão dos sinais coletados pelos instrumentos. Este padrão é composto de 4 partes que são definidas nas seções 1451.1, 1451.2, 1451.3 e 1451.4. Este conjunto define a cadeia de sinal desde o nível dos transdutores até o nível das redes de comunicação. Os principais objetivos do padrão IEEE 1451 são os de habilitar o modo “*plug and play*” ao nível dos transdutores (sensores e atuadores) fornecendo uma interface de comunicação comum, Simplificar a criação de redes inteligentes de sensores e facilitar o suporte de redes múltiplas. Mais especificamente, utilizou-se uma seção do padrão para compor a camada de gerência da rede de aquisição.

Os dados coletados pela rede de instrumentos são organizados em um banco de dados por um módulo de software instalado em um computador na sala de controle da Usina. O módulo de software tem como principais funções, portanto: Gerenciar a rede formada pelos equipamentos de medição; Coletar e armazenar as informações oriundas de cada unidade de medição; Produzir relatórios de acompanhamento das condições de operação da malha de aterramento da Usina. A partir desse relatório é possível detectar mudanças sensíveis nos valores de tensão e corrente. Esses registros podem ser cruzados com outras indicações das telemetrias já presentes na cadeia de medição da UHE de modo que o Sistema proposto pode ampliar a visão acerca dos desequilíbrios que afetam a operação da UHE.

O software foi desenvolvido em Java. Na interface observa-se um mapa com os pontos onde os instrumentos de aquisição podem ser instalados. Este mapeamento permite uma identificação imediata, por parte da equipe de operação, dos pontos de localização dos instrumentos. Cada instrumento que for instalado, em um determinado ponto da malha de aterramento, é reconhecido e cadastrado automaticamente no sistema, bem como a sua localização também é determinada para organizar a base de dados. Dessa forma, se um instrumento for substituído por outro, as amostras coletadas a partir de então, são organizadas na mesma tabela de banco de dados de modo que o relatório gerado para cada ponto de medição é exibido corretamente independente de qual instrumento tiver sido utilizado para coletar as amostras.

A gerência da coleta de dados é feita através de linhas de execução (*threads*) dedicadas para cada instrumento. Isso é feito para dar maior garantia de entrega das amostras coletadas pelos instrumentos. Na Figura 4 apresenta-se a concepção da interface gráfica do sistema de monitoramento de malha de terra. Observa-se que os resultados podem ser apresentados de forma gráfica (gráficos de corrente e tensão) ou em forma de tabelas. A cada par de valores de tensão e corrente adquiridos e calculado a respectiva resistência do ponto de acesso a malha.

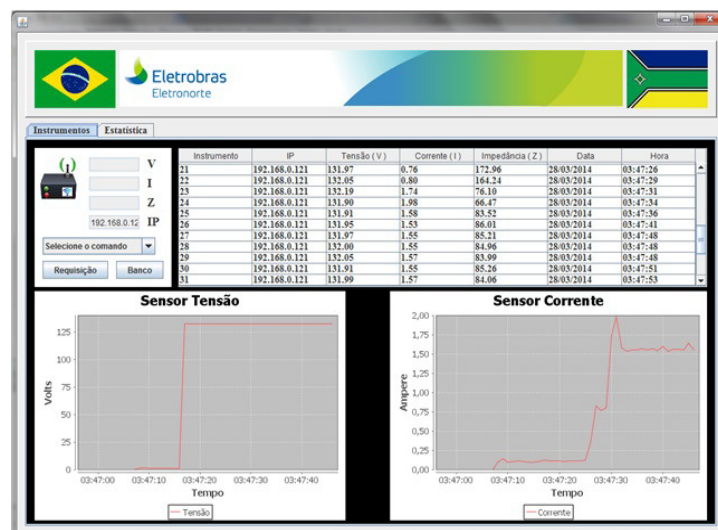


FIGURA 4. Aspecto geral da interface de apresentação de resultado do sistema de monitoramento da malha de terra.

2.4 Descrição do Módulo de Tratamento de Oscilografia

O módulo de tratamento de oscilografia integra algoritmos de visualização e pré-processamento de dados, bem como a aplicação de algoritmos de inteligência computacional para identificação dos fenômenos de QEE, em face às perturbações ocorridas.

Para atender a esses requisitos, o SMQEE está estruturado de forma a disponibilizar os seguintes principais módulos (funções) para o usuário:

1. **Receptor:** é responsável por adquirir de forma automática os dados oscilográficos, atualizá-los e catalogá-los;

2. **Identificador** (login); habilita diferentes níveis de usuários, como administrador e usuário “normal”;
3. **Segurança**: disponibiliza mecanismos contra possíveis invasões e perda de dados;
4. **Comunicação**: permite que o usuário seja notificado por email de qualquer novo evento do sistema;
5. **Processamento**: encapsula todas as operações centrais do sistema;
6. **Interface**: define um layout intuitivo para a interação com os dados existentes.

Para o ambiente de desenvolvimento do sistema, propõe-se o uso de tecnologias de programação livres e, em especial, independentes de plataforma uma vez que essa é uma opção bastante importante no aspecto custo/benefício, além de permitir efetivamente o processo de transferência de tecnologia. Dessa forma, optou-se pela utilização de Java como linguagem de programação, a trabalhar sobre uma arquitetura comum de PCs.

Na Figura 5 apresenta-se um exemplo de saída do módulo de tratamento dos sinais oscilográficos pelo SMQEE. Neste exemplo foram processadas as oscilografias das tensões nas fases A-B-C do ponto de monitoramento L_G1, em uma janela de tempo na qual ocorreu uma perturbação no sistema elétrico. Na parte superior da Figura 5 são apresentados os valores eficazes mínimos e máximos das tensões nas fases durante a perturbação, e o respectivo tempo de duração da ocorrência. Na parte inferior da Figura 5 são apresentados graficamente os comportamentos das tensões nas respectivas fases antes e durante a perturbação. A partir da observação desses dados o analista poderá emitir seu parecer técnico a respeito da ocorrência, gerando um relatório para a pós-operação. No exemplo específico a ocorrência representa um curto circuito trifásico.

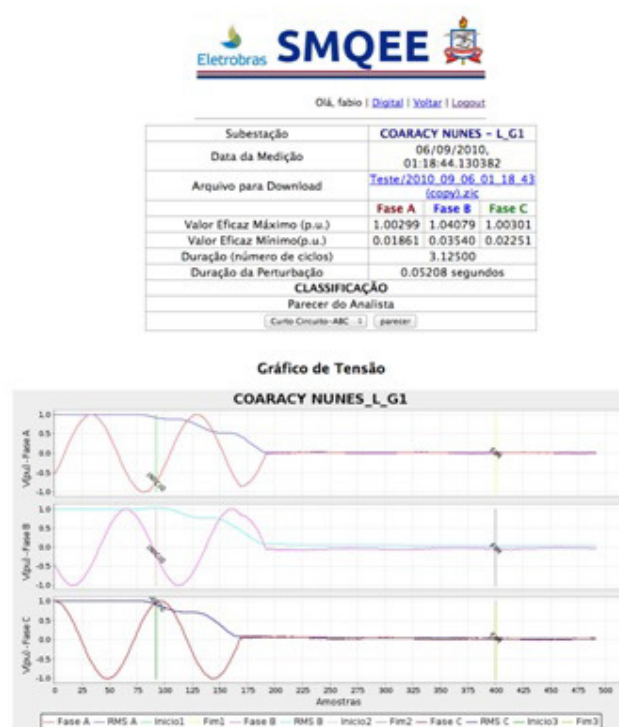


FIGURA 5 - Exemplo de Resultado Obtido pelo SMQEE com o Módulo de Tratamento da Oscilografia.

2.5 Resultados Preliminares do Uso do Sistema de Monitoramento de Malha de Terra

Um aspecto complicador para a avaliação de malhas de terra de subestações antigas é que muitas vezes não dispões de documentação adequada sobre a mesma para a modelagem eletromagnética precisa e com isso a realização de estudos e análises. Por isso, o sistema de aquisição de dados de pontos de conexão à malha de terra proposto pelo SMQEE desempenha papel fundamental no sentido de permitir o desenvolvimento de modelos equivalentes para estas malhas sem documentação, a partir das próprias condições operacionais medidas de forma que se poderá realizar análises e estudos mais confiáveis e encaminhar medidas mitigadoras mais precisas. Como exemplo do uso desse sistema de monitoramento obteve-se resultados preliminares na Usina apresentados nas figuras 6 e 7.

A observação da Figura 6 demonstra que os pontos de acesso à malha de terra apresentam tensões muito próximas entre si, caracterizando diferenças de potencial muito pequenas entre os mesmos. A maior diferença encontrada é entre os pontos 02 e 15, resultando em uma tensão de 290 mV. Uma tensão de passo ou de toque neste valor, poderá provocar uma circulação de corrente em um ser humano da ordem de 0,29 mA, a qual é bem menor que os limites suportados pelos seres humanos que são em torno de 9 mA para os homens e 6 mA para as mulheres, para uma percentagem de 99,5% da população, segundo a ABNT NBR 15751. Portanto pode-se dizer que o ambiente da Usina, em operação de regime permanente, não é perigoso para a circulação das pessoas.

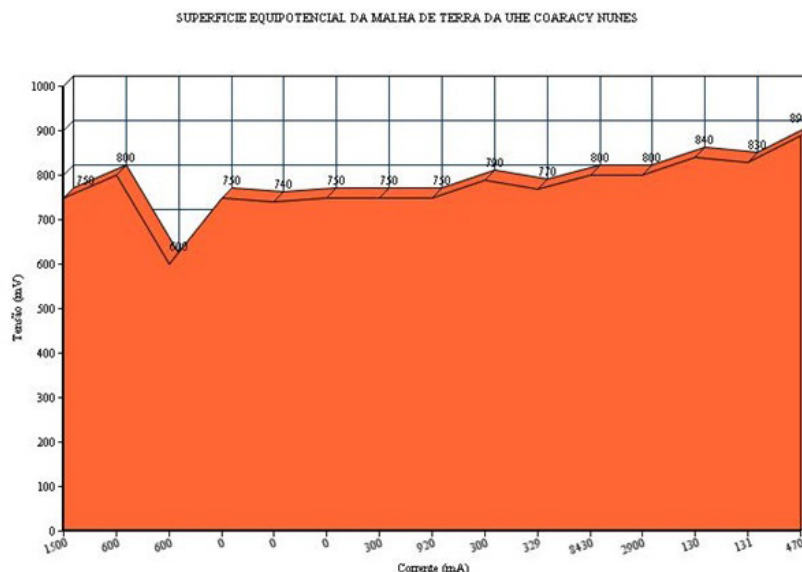


FIGURA 6 - Representação das tensões nos pontos de acesso à malha de terra da Usina, para efeito de verificação da característica de equipotencialidade dessa malha.

Por outro lado, os equipamentos elétricos/ eletrônicos da Usina que estão ligados a alguns desses pontos de acesso à malha de terra, podem correr riscos de serem percorridos por tensões e correntes transitórias elevadas e provocar a queima e/ou mal funcionamento dos mesmos. Esse aspecto pode melhor ser analisado pela observação da Figura 7, na qual estão representadas as condutâncias equivalentes de todos os pontos de acesso à malha. Observa-se facilmente que esses pontos apresentam condutâncias diferentes entre si, esse fato faz com que as correntes que circulam para a malha procurem os caminhos de maior condutância (menor resistência), e dessa forma, alguns pontos apresentam correntes mais elevadas, sendo um exemplo típico o ponto de acesso número 11.

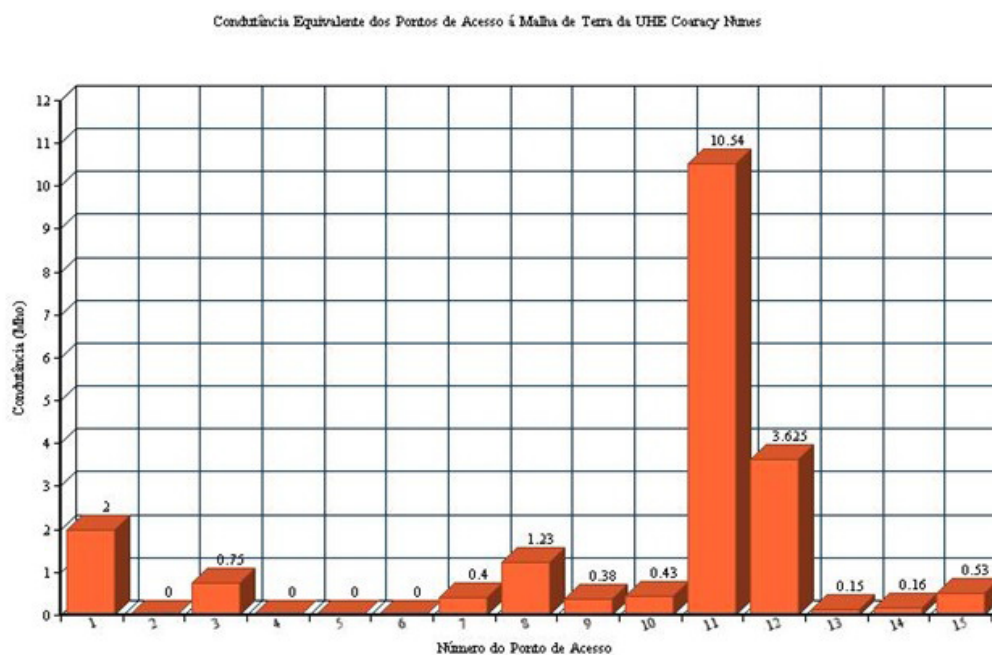


FIGURA 7 – Representação da Condutância Equivalente dos Pontos de Acesso à Malha de Terra da Usina.

Em condições de operação em regime permanente isso não representa um problema. Situação diferente pode acontecer quanto o sistema elétrico for submetido a um transitório, pois as frentes de onda do surto irão procurar os caminhos de menor impedância para alcançar a malha de terra. No caso da malha da Usina, como os pontos de acesso não estão uniformes, a maior parte de um transitório deverá procurar o ponto de maior condutância (ponto 11) sobrecarregando este ponto e podendo provocar queima e mal funcionamento de equipamentos e componentes.

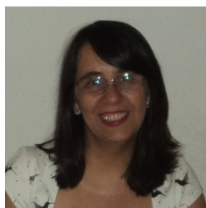
3.0 - CONCLUSÃO

O SMQEE ajudará as equipes técnicas da UHE Coaracy Nunes e Subestação a entenderem melhor os fenômenos ligados à QEE, indicando a ocorrência de eventos e auxiliando na tomada de decisão. O desenvolvimento de modelos equivalentes para a representação da malha de aterramento é um aspecto fundamental para que se entendam melhor os fenômenos eletromagnéticos que estão ocorrendo nas instalações. A solução proposta com a instalação de um sistema de aquisição de dados para o monitoramento operacional da malha de terra é sem dúvida um ponto de destaque do SMQEE, o que disponibilizará para a operação, dados e informações hoje não disponíveis. A concepção de um sistema de aquisição e análise dos sinais de tensão e corrente em malhas de aterramento de subestações energizadas é uma importante contribuição neste trabalho. O acompanhamento *online* das condições de operação da malha de terra é uma ferramenta importante, pois esta condição está diretamente associada ao nível de qualidade do fornecimento de energia. Também merece destaque o uso do SMQEE voltado para a qualificação da oscilografia como fonte de dados para a extração de parâmetros de qualidade de energia, evitando-se assim, elevados custos para a implantação de um sistema similar baseado em qualímetros.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15749 – Medição de Resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento. ABNT, 2009.
2. Paulino, M. E. C. e Pereira Junior, D. C. B., “Experiência da Celesc Distribuição nas Medições de Resistência de Aterramento em Subestações Energizadas Utilizando Variação de Frequência”.
3. L. V. Gomes, T. C. Albuquerque, E.G. Costa, E.C. T. Macedo, G. V. Andrade Jr, R. C. S. Freire, S. Schettino, A. A. Coedeiro “Detecção de Falhas em Malha de Aterramento de Subestação Energizada”.
4. J. M. Beltani, L. F. Bovolato, “Medição de Malha de Terra em Subestações Energizadas”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP.
5. L.R. A. Gamboa, J. M. Silva, C. E. Ribas, et al. “Medição da Resistência de Malhas Terra Energizadas, em SES 34,5/13,8 KV e Obtenção de Resistividade de Solos de SES em Laboratório”, SNPTE, 2005, Curitiba.
6. S. Visacro Filho, “Aterramentos Elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento”, São Paulo: Artliber, 2002.
7. IEC 61000-4-30 Ed. 1: Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods, 2003.
8. BOLLEN, MATH H. J., *Understanding Power Quality Problems*, IEEE Press, 543 p., 2000.
9. DUGAN, R. C.; MCGRANAGHAN, M. F. AND BEATY, H. W., *Electrical Power Systems Quality*, McGraw Hill, 1996, 265 p.
10. Machado, R. N. M. ; BEZERRA, Ubiratan Holanda ; TOSTES, M. E. L. ; FREIRE, Selma Cristina ; MENESES, Lair A. . Application of Wavelet Transform and Artificial Neural Network to Extract Power Quality Information from Voltage Oscillographic Signals in Electrical Power. System. INTECH Wavelet Transform / Book 2: 2011, v. , p.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Maria Emília de Lima Tostes nasceu em Recife-PE-Brasil em 1966. Formada em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 1988, concluiu o mestrado em 1992 e o doutorado em 2003 pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da mesma Universidade. É professora da Faculdade de Engenharia Elétrica e dos Programas de Pós Graduação em Engenharia Elétrica e em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Pará. Suas áreas de pesquisa são qualidade da energia, eficiência energética, sistemas de distribuição de energia, sistemas de aterramento e processos industriais.

Ubiratan Holanda Bezerra nasceu em Pereiro – Ceará – Brasil em 23 de outubro de 1950. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (1976), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (1980) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1988). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Pará. Suas áreas de atuação são: Avaliação da segurança estática e dinâmica de sistemas elétricos. Geração distribuída. Qualidade da energia elétrica

Paulo Roberto Moutinho de Vilhena nasceu em Macapá-AP-Brasil, em 1981. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2005), graduação em Tecnologia em Informática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2002), especialização em Engenharia de Sistemas pelo Centro Universitário do Estado do Pará (2005) e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2008). Atualmente é Engenheiro de Manutenção Elétrica das Centrais Elétricas do Norte do Brasil. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente, também é aluno de doutorado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará (UFPA/PPGEE).

Jorge Pelaes Dantas nasceu em Serra do Navio -AP-Brasil, em 1968. Possui graduação em Matemática pela Universidade Federal do Amapá (1994), especialização em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (2004) e especialização em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2009). Atualmente é Gerente Executivo da Divisão de Hidráulica das Centrais Elétricas do Norte do Brasil -Eletronorte. Tem experiência na área de Proteção, automação e controles. Atualmente, também é aluno de Mestrado em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará (UFPA/PPGEE).

Dugan Maciel Amanajás nasceu em Macapá-AP-Brasil, em 1961. Possui graduação em Engenharia elétrica e Licenciatura Plena Física pela Universidade Federal do Pará-UFPA (1987), e especialização em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2009). Atualmente é Engenheiro de Manutenção Elétrica das Centrais Elétricas do Norte do Brasil-ELETRONORTE. Tem experiência na área comando e Controle de Usinas Hidráulicas.

Kleiber Tenório de Sousa nasceu em Santarém-PA-Brasil, em 1974. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2000), especialização em Engenharia Elétrica pela Estácio de Belém (2014). Atualmente é aluno de mestrado na Universidade Federal do Pará (UFPA/PPGEE) e professor na Estácio de Belém ministrando aulas em cursos de Engenharia desde 2004.

Márcio Nazareno de Araujo Moscoso nasceu me Belém-PA-Brasil, em 1974. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (1998), Mestrado em Instrumentação Eletrônica pela Universidade de Campina Grande (UFCG). Atualmente é aluno de doutorado na Universidade Federal do Pará (UFPA/PPGEE), professor, desde 2009 no Instituto Federal do Pará (IFPa) ministrando aulas no curso de Engenharia de Controle e Automação e professor, desde 2001, na Estácio Belém ministrando aulas no curso de Engenharia de Controle e Automação.