



GRUPO - VIII

GRUPO DE ESTUDO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA DE ATERRAMENTO POR DIFERENÇAS PARCIAIS DE POTENCIAL SELETIVAS EM FREQUENCIA E TENSÕES DE PASSO E TOQUE PARA SUBESTAÇÕES ENERGIZADAS

Maguerroski, D.(*) **López Barbero, A.P.** **Bragantine, S. G.** **Meireles da Silva, J.M.** **Zanco, W.S**
Eletrosul UFF-PPGIO/Lacop UFF – PPGEET/Lacop UFF - TET UFF-PPGIO/Lacop

RESUMO

A segurança e integridade de subestações motivaram ações de aprendizagem de métodos e práticas de medições no sistema de aterramento de subestações energizadas desde 2001 pela Eletrosul e o desenvolvimento de um protótipo funcional, de alta sensibilidade em tensão e seletividade em frequência através de um projeto de P&D ANEEL, tendo como executora a Universidade Federal Fluminense - UFF. A forma de injeção de corrente na malha de terra, as condições de contorno, a medições no sistema de aterramento tratamento dos dados medidos, geração de relatórios e medições complementares de conexões serão descritos no artigo.

PALAVRAS-CHAVE

Aterramento, Medições Parciais, Seletividade, Sensibilidade e Malha de Terra.

1.0 - INTRODUÇÃO

A concepção da malha de terra de uma Subestação de Energia Elétrica - SE ocorre no projeto de engenharia onde no memorial de cálculo constam os valores teóricos calculados para a resistência ôhmica da malha e as tensões máximas de toque e de passo, para uma condição particular de corrente de curto-circuito. Esses valores dependem da medição da resistividade do solo, do tempo de eliminação do curto-circuito pelo sistema de proteção, da geometria e materiais da malha e da metodologia para processamento destes dados(1)(3)(4). Pela importante função que desempenha a malha de terra para a segurança de pessoas, integridade de equipamentos e do sistema de transmissão ao qual está conectada. Esta Malha de Terra – MT e os aterramentos a ela conectados requerem um acompanhamento ao longo do tempo, para que, se tenha indícios que a mesma se mantenha próxima das condições de projeto frente a solicitações elétricas e que os materiais não sofreram degradações naturais, quando colocados no solo. A MT isolada não estaria conectada às linhas de transmissão pelos cabos “para-raios” ou “cobertura”. Quando não energizada seria a condição ideal para execução de medições pelo métodos tradicionais e validar o valores teóricos, pois os procedimentos não sofreriam interferências, uma vez que, a subestação estaria desenergizada e não haveria influências de correntes que circulam na malha e campos eletromagnéticos(5). No momento que essa MT é conectada às linhas de transmissão, onde os pórticos que recebem as linhas estão conectados às torres pelos cabos para-raios, a malha isolada original deixa de existir e as primeiras torres participam do sistema de aterramento da subestação pelos seus aterramentos próprios. Se medições nestas condições forem feitas, o valores teóricos passam a ser uma referência, pois o valores esperados devem ser menores pela influência dos aterramentos das torres das linhas de transmissão. Aqui cabe uma indagação: Se a malha original não fosse conectada o valores seriam verificados?. Nesse ambiente há necessidade de medições seletivas e sensíveis e o desenvolvimento de uma alternativa de acompanhamento se fez necessária frente às soluções encontradas no mercado e de alto custo.

2.0 - MEDIÇÕES NO SISTEMA DE ATERRAMENTO ENERGIZADO

2.1 Medições

As medidas usuais realizadas em malhas de terra de subestações são a resistência ôhmica da MT, tensões de passo e de Toque (1). Adicionalmente a Eletrosul tem verificado as conexões das descidas de aterramento à malha. Durante a fase de obras, essas conexões soldadas ou prensadas são fiscalizadas, porém uma vez enterradas, medições se fazem necessárias para garantir um contato elétrico satisfatório.

2.1.1 Resistência Ôhmica da Malha de Terra e Tensões de Passo e de Toque

A injeção de corrente na malha de terra da SE através de um ponto remoto gera potencial no pátio da SE e linhas equipotenciais radiais em relação à malha de terra nas proximidades da SE. Estes valores quantificados e tratados permitem a comparação de valores teóricos e medidos. O ponto remoto é denominado eletrodo ou terra remoto. O método “da queda de potencial (3 terminais)” é consolidado(3). Consiste em injetar uma corrente na malha efetiva (I_{ef}) através de um eletrodo remoto e levantar o perfil de potencial nas proximidades da malha. A referência para as medições é um ponto na malha e com um eletrodo sonda ou móvel acoplado a um voltímetro de alta impedancia mede-se tensões em distâncias regulares, (para SE's entre 50 e 100m) e para cada ponto registra-se a tensão até e mesma estabilizar. Este ponto é denominado patamar. A razão entre a tensão do patamar e a corrente efetiva injetada representa a resistência do sistema de aterramento da SE. As tensões de passo e toque correspondem às tensões medidas sobre o pátio da SE. A Figura 1 ilustra esses conceitos.

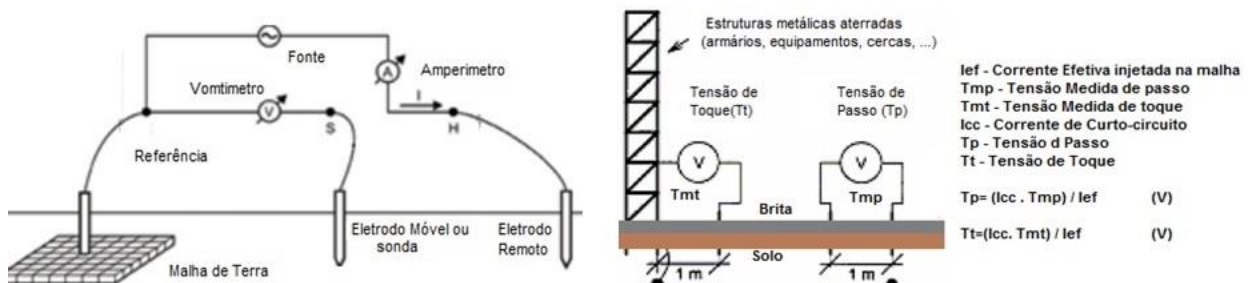


Figura 1 – Medições no Sistema de Aterramento (3) (6)

2.1.2 Medições dos Pontos Conectados à Malha de Terra

Os pontos de conexões de aterramento de estruturas (armários, equipamentos, cercas, pórticos,...) para a malha de terra são avaliados através de uma injeção de corrente AC na ordem de 100 A e com auxílio de dois alicates amperimétricos para medir as correntes I_1 , I_2 e I_3 indicadas na Figura 2 (5). O transformador de tensão isolado utilizado para esse fim foi projetado e construído nos laboratórios da Eletrosul e é semelhante ao conceito de “solda ponto”, que permite uma medição rápida e conclusiva para avaliar se a conexão na malha está em boas condições. Essa medição se executada periodicamente se constitui em um importante meio de acompanhamento do sistema de aterramento. De nada adianta a malha estar em ótimas condições, mas não se verificar como estão os aterramentos conforme ilustrado na Figura 2.

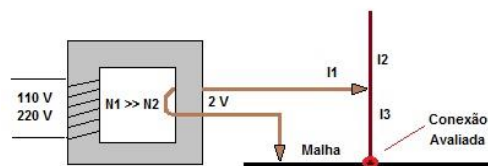


Figura 2 – Verificação de Conexões

2.2 Solução Aplicada

A solução encontrada para avaliar o sistema de aterramento com a subestação energizada foi a injeção de uma corrente de baixa intensidade (entre 15 e 20A), com frequência de 70 Hz. Essa corrente de baixo valor gera potenciais de baixa intensidade, logo o medidor de tensão tem que ser seletivo para não sofrer a influência de 60Hz ou 50 Hz e com sensibilidade para medir tensões na ordem de milivolts. Uma das torres de suspensão de uma das linhas de transmissão conectadas à SE se apresenta como um eletrodo remoto adequado, na qual, com apoio de uma equipe de linhas deverão ser isolados os cabos para-raios. Não há necessidade de desligamento da linha. Coloca-se entre a torre isolada e um cabo para-raio um gerador de emergência levemente acelerado para obter 70Hz, com uma carga resistiva em série para limitar e controlar a corrente injetada. A resistência de aterramento da SE é bem menor que os aterramentos das torres, logo não é necessário isolar nas outras torres os cabos para-raios. Mesmo havendo perda de corrente devido aos aterramentos das torres não isoladas torres em ambas as direções, em relação ao ponto de injeção, um parcela considerável e suficiente será injetada malha, sendo

denominada corrente efetiva injetada na malha (I_{ef}), a qual é medida nos cabos para raios de forma seletiva na primeira torre na direção do eletrodo remoto, através de um clamp de corrente, conectado ao medidor seletivo por um cabo coaxial. Obtida e medida a corrente efetiva injetada, torna-se possível as medições de tensões de passo e de toque e o levantamento do Perfil do Potencial nas proximidades da SE. Este cenário está representado na Figura 3.

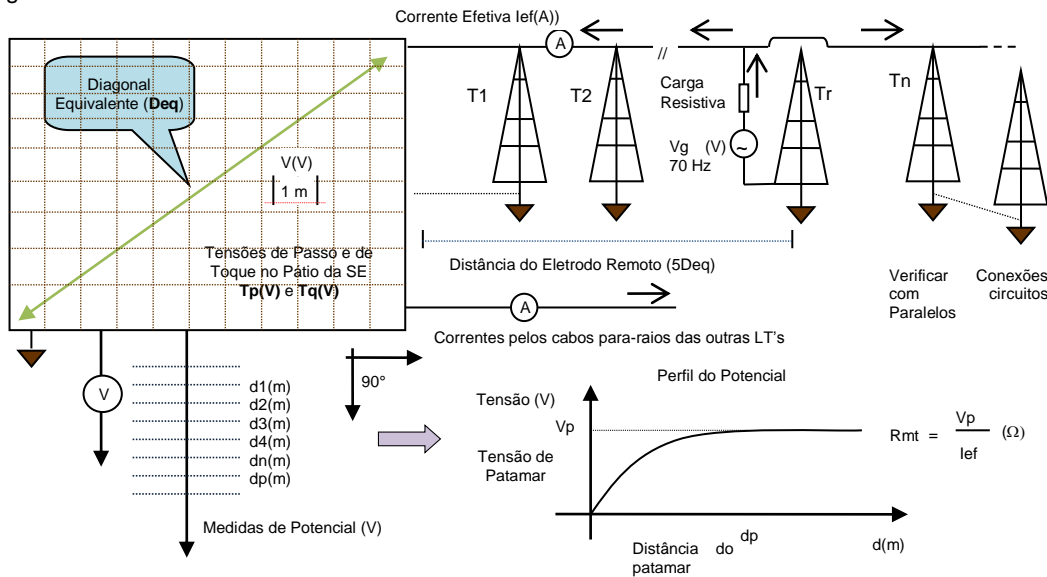


Figura 3 – Injeção de Corrente Remota e Medições em uma SE

2.2.1 Diferenças Parciais

Nas medições convencionais, para levantamento do perfil do potencial são necessárias medidas até obter a tensão de patamar. Na maioria dos casos essa distância está entre 500m e 1000m. Significa esticar um condutor móvel da malha da SE a esses comprimentos, causando transtornos em rodovias e cuidados onde transitam pessoas. A inovação foi executar medidas diferenciais parciais e recompor a curva de potencial matematicamente. Esse procedimento possibilita verificar o perfil com maior agilidade e segurança, sem prejuízo na qualidade dos resultados, mesmo quando, ocorrerem trechos de difícil condição de medição (1). Na Tabela 1 está demonstrado o tratamento de dados dos valores medidos.

Tabela 1 - Medições em SE Dourados - Mato Grosso do Sul - Jun/2009

Pontos	Medições	Valores das distâncias (m)	Distância Recompоста (m)	Diferenças Parciais (V)	Potencial Recompоста (V)	Corrente eletrodo Remoto (A)	Perdas (A)	Corrente Efetiva na Malha (A)	Resistência da Malha (Ω)
d0	d0	0	0	0,00	0,00	20,0	14,4	5,6	0,18
d1	d1-d0	92	92	1,00	1,00	20,0	14,4	5,6	0,25
d2	d2-d1	93	185	0,40	1,40	20,0	14,4	5,6	0,29
d3	d3-d2	90	275	0,25	1,65	20,0	14,4	5,6	0,36
d4	d4-d3	93	368	0,35	2,00	20,0	14,4	5,6	0,39
d5	d5-d4	95	463	0,20	2,20	20,0	14,4	5,6	0,41
d6	d6-d5	92	555	0,10	2,30	20,0	14,4	5,6	0,43
d7	d7-d6	67	622	0,10	2,40	20,0	14,4	5,6	0,43
d8	d8-d7	94	716	0,01	2,41	20,0	14,4	5,6	0,43
d9	d9-d8	81	797	0,01	2,42	20,0	14,4	5,6	0,43
d10	d10-d9	96	893	0,01	2,43	20,0	14,4	5,6	0,43

2.3 Desenvolvimento de um Medidor Seletivo em Tensão

O projeto de pesquisa e desenvolvimento em parceria com a Universidade Federal Fluminense – UFF, com recursos do programa de P&D ANEEL, Lei 9991/ 2001(2), teve como resultado um protótipo funcional de um medidor de tensão, com alta **sensibilidade** e **seletividade** com resolução espectral de ± 1 Hz na faixa de 50Hz a 2kHz. O sistema, denominado de VTR-1000, permite armazenar centenas de médias em memória de massa, a transferência destas para um computador portátil e a geração automática de relatórios de inspeção (2).

2.3.1 Metodologia de Desenvolvimento

As especificações funcionais mínimas do sistema **VTR-1000** foram definidas previamente pela equipe da Eletrosul em razão das necessidades verificadas em campo para as inspeções das suas subestações energizadas. As estratégias metodológicas de desenvolvimento do sistema para alcançar estas especificações foram definidas durante a etapa inicial de pesquisa bibliográfica e confirmadas durante os testes de bancada efetuados para a definição da tecnologia a ser utilizada. Testes efetuados em laboratórios da UFF mostraram que o uso de um

microprocessador DSP (Digital Signal Processor) como processador principal em uma placa proprietária de medição e pré-processamento do sinal seria a melhor opção dentre as testadas. Esse módulo foi denominado Medidor Digital de Tensão - MDT. Na entrada foi desenvolvido outro módulo denominado Condicionador de Sinais - CDS. A interação com o usuário foi através de uma Interface Homem-Máquina - IHM customizada para as necessidades de medições em sistemas de aterramento. O sinal elétrico da tensão proveniente de um par de eletrodos chega ao módulo CDS para adequação dos níveis de tensão aceitos pelo conversor A/D no módulo MDT. Após o pré-processamento, o MDT envia o valor medido para o módulo IHM para tomada de decisão do usuário: aceita a medida, gravação, nova medida, etc. A Figura 4 mostra os módulos que constituem o VTR-1000.

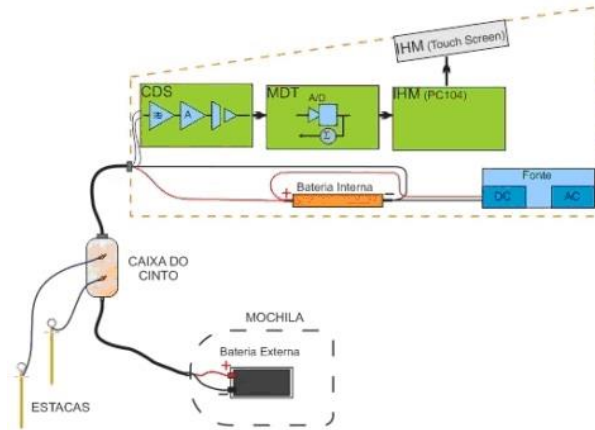


Figura 4 – Diagrama Geral do VTR 100

2.3.2 Módulo Condicionador de Sinais – CDS

A **Sensibilidade** para medição de sinais de baixo valor em pátio de SE, foi obtida através pelo CDS, que é responsável por efetuar a filtragem e formatação/adequação dos níveis de tensão entre o sinal diretamente medido pelas eletrodos e o sinal entregue ao conversor A/D no módulo MDT. Os sinais elétricos esperados para serem medidos pelo VTR-1000 estão na faixa de tensão compreendida entre 2mV e 20 V, e em frequências entre 50 Hz e 2kHz. O CDS desenvolvido para este projeto, como pode ser observado no diagrama em blocos da Figura 5, apresenta no estágio inicial uma impedância de entrada igual a 1M Ω . Após o sinal passar por um filtro ativo passa alta, que reduz a amplitude de frequências inferiores a 50 Hz e promove uma eliminação inicial dos ruídos de baixa frequência eventualmente capturados juntamente com o sinal, é feita uma pré-amplificação por um amplificador de instrumentação de baixo ruído, que opera em modo diferencial para eliminar os ruídos eletromagnéticos que apresentem características de modo comum, sendo o ganho deste estágio determinado e controlado pelo módulo IHM através do MDT. Com a finalidade de proteger os demais circuitos e módulos contra possíveis potenciais elevados, o sinal a ser analisado passa por um isolador galvânico. Na etapa final de processamento analógico, o CDS faz a adequação dos níveis de amplitude da tensão aos níveis de tensão de entrada do conversor A/D, que é a etapa de entrada do módulo MDT.

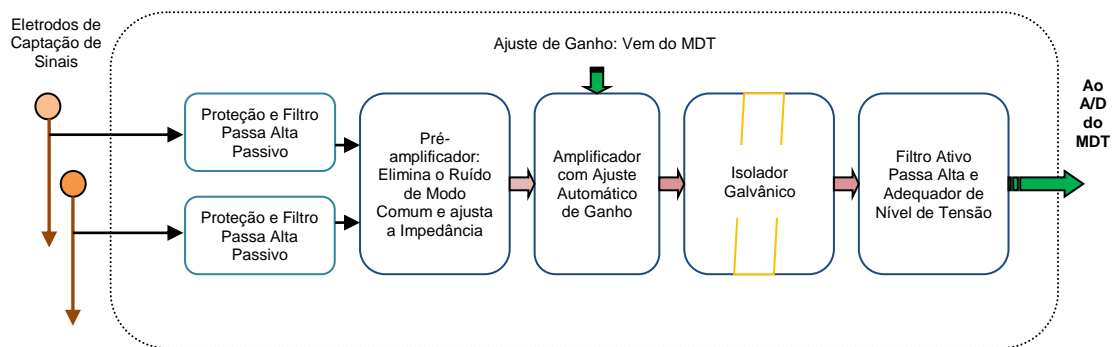


Figura 5 – Diagrama Em Blocos do Módulo Condicionador de Sinais - CDS

2.3.3 Módulo Medidor de Tensão – MDT

A **Seletividade** espectral das medidas realizadas pelo VTR-1000 foi implementada através de um filtro digital implementado no *firmware* do MDT. Os principais estágios podem ser observados na Figura 6. O MDT é o módulo do equipamento que mede a tensão da componente espectral desejada. Para isso é feita uma conversão A/D da tensão analógica proveniente do CDS, seguida de uma filtragem digital e o cálculo do valor eficaz da tensão. A Figura 6 mostra o diagrama em blocos do módulo do MDT. O componente principal do MDT é o dsPIC33FJ256G710, um microcontrolador de 16 bits com uma máquina DSP integrada, rodando a uma frequência de *clock* de 80 MHz, com 256k de memória de programa. Há, opcionalmente, um servidor WEB embarcado no

MDT, uma solução oferecida pela empresa NetMedia, chamada de *Embedded Ethernet Web Server Coprocessor Module*, conhecido comercialmente também como *SitePlayer*, o qual possui suporte aos protocolos ARP, ICMP, IP, UDP, TCP, DHCP. Além da possibilidade de incluir o servidor de WEB, a placa MDT possui uma interface USB, uma porta de comunicação serial RS-232, uma interface de teclado PS2, duas interfaces de comunicação serial UART, 2 MB de memória RAM, 8 kB de memória EEPROM, conversor analógico digital, suporte ao LCD caractere e ao LCD gráfico. Além disso, a placa MDT possui um conector com 16 pinos de entrada e saída de dados que podem ser configurados como pinos de entrada e saída digital, ou como entradas analógicas do conversor A/D. O MDT possui uma resolução de 600 μV e uma largura de banda de 250 kHz, e que para este projeto foi limitada por hardware em 2 kHz. Um conversor A/D de 12 bits de resolução associado a um microcontrolador de 16 bits, dão ao MDT a capacidade de processamento necessária para aquisitar as amostras, filtrar digitalmente e medir o valor eficaz da tensão aplicada na sua entrada. O projeto do *layout* da placa eletrônica do MDT foi desenvolvido no Software Proteus Professional, versão 8.0. O *firmware* embarcado no dsPIC33FJ256G710 foi escrito para o compilador MPLAB C30, versão 3.31, rodando sob a Suite MPLAB® IDE, versão 8.91.

Através do cálculo da DFT – Transformada Discreta de Fourier, mostrada na Equação 1, é calculada a amplitude da componente espectral desejada, que é o objetivo da medição do MDT. A DFT é calculada como

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi \frac{k}{N} n}, \quad (\text{EQUAÇÃO 1})$$

onde $X[k]$ é a k -ésima componente espectral de um sinal $x(t)$ amostrado com N amostras, sendo $x[n]$ a n -ésima amostra temporal. A relação entre o tempo total de amostragem T_{tot} e o período de amostragem T é dada pela Equação 2

$$T_{tot} = (N - 1) \cdot T \quad (\text{EQUAÇÃO 2})$$

O espectro das frequências positivas é obtido aplicando a DFT da Equação 1 para $0 \leq k \leq \text{Int}[(N-1)/2]$, em que $\text{Int}[(N-1)/2]$ representa o inteiro mais próximo de $(N-1)/2$. A diferença de frequência Δf entre duas componentes subsequentes calculadas pela DFT da Equação 1 é dada pela Equação 3 como sendo

$$\Delta f = \frac{1}{T_{tot}}, \quad (\text{EQUAÇÃO 3})$$

e, por outro lado, a frequência máxima do espectro disponibilizado pela DFT da Equação 1 é dada pelo Teorema de Nyquist e é dada por

$$f_{max} = \frac{1}{2T} \dots \quad (\text{EQUAÇÃO 4})$$

Logo, para conhecer o valor de “ k ” para uma determinada frequência f_0 de interesse na DFT da Equação 1, basta, usando a Equação 3 e Equação 4, fazer

$$k = \frac{f_0}{\Delta f} = f_0 T_{tot} \quad (\text{EQUAÇÃO 5})$$

É importante observar que o valor de k deve ser um número inteiro e que a Equação 5 pode levar a um valor não inteiro para um dado valor de f_0 e T_{tot} . Contudo, pode-se ajustar o valor de T_{tot} para que k seja inteiro para uma desejada frequência f_0 . Através desta estratégia são então definidos valores para T_{tot} e N de forma que obtenhamos filtros digitais de largura desejada e envolta da frequência f_0 .

A seletividade espectral das medidas realizadas pelo VTR-1000 é implementada através de um filtro digital implementado no *firmware* do MDT. Através do cálculo da DFT – Transformada Discreta de Fourier, mostrada na Equação 1, é calculada a amplitude da componente espectral desejada, que é o objetivo da medição do MDT. A DFT é calculada como

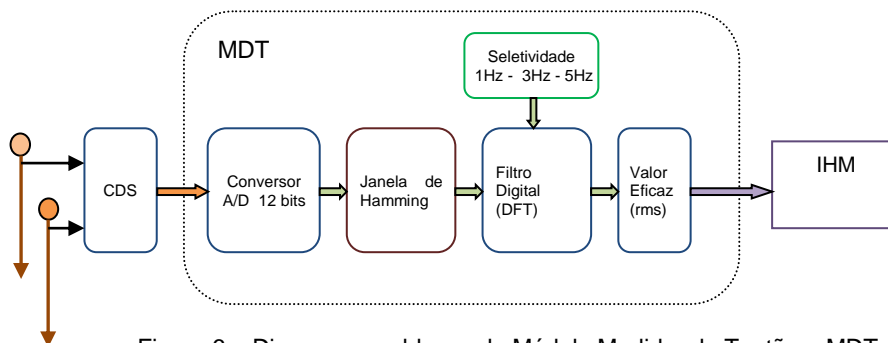


Figura 6 – Diagrama em blocos do Módulo Medidor de Tensão – MDT

2.3.4 Interface Homem Máquina – IHM

A IHM é o módulo responsável por disponibilizar um conjunto de funções para o Operador do VTR-1000. A IHM pode ser operada via toques diretos na tela de 8" *touchscreen* do equipamento, ou através de teclado e mouse (opcionais). A IHM foi modelada de forma a ser funcional e prática para as medições em campo, disponibilizando diretamente as funções mais utilizadas por meio de botões com cores vivas. A Figura 7 apresenta a tela da IHM.

Os principais parâmetros estão facilmente acessíveis para o Operador. A tela está dividida em 6 campos:

1. Uma área gráfica, em branco, para plotagem das medições feitas.
2. Uma tabela que registra as medições como segue:
 - a. *Medida N^o*: Identificação numérica das medidas
 - b. *mVolts*: Medida (eficaz) realizada pelo equipamento, conforme os parâmetros ajustados nos demais painéis/botões;
 - c. *Data*: data da medição
 - d. *Hora*: Horário em que foi realizada a medição
 - e. *Localização*: Um campo de comentário geral, que pode ser utilizado para registrar o local onde a medida foi tomada ou outro texto qualquer.
 - f. *Corrente de Curto circuito*
3. *Escala*: Estabelece um fundo de escala para o VTR-1000.
4. *Filtro de Entrada*: Permite escolher a largura de banda do filtro digital de entrada, enquanto o controle de *Frequência Central* permite estabelecer qual a frequência central do filtro digital;
5. *Média*: Permite ao VTR-1000 realizar várias medidas e apresentar a média aritmética delas;
6. *Medições*: Permite escolher uma determinada medida para: apagar, alternar o conjunto de medidas/gráfico e realizar uma medida pelo VTR-1000.



Figura 7 – Interface Homem Máquina – IHM

7. *Emissão de Relatórios*: A IHM apresenta duas fases de medições. A primeira corresponde às medições de tensões das diferenças parciais de tensões para o levantamento do perfil de potencial e a segunda para as medições de tensões de passo e de toque. A partir dos registros de cada medição, quando concluídas todas as medições um arquivo do tipo “xml” é salvo, com o nome da SE. O Software VTR-1000 é uma Interface Homem-Máquina para geração e visualização de relatórios com base nos dados vindos (XMLs) do medidor portátil desenvolvido. Através desse software é possível: gerenciar os dados extraídos do medidor portátil; customizar campos, pré-visualizar, gerar e gerenciar os relatórios em formato PDF. O Software é uma aplicação Desktop instalada na máquina do usuário. O relatório gerado pelo Software faz cálculos que são projetados em tabelas e gráficos. Na Figura 8, está como exemplo, parte de um relatório emitido.

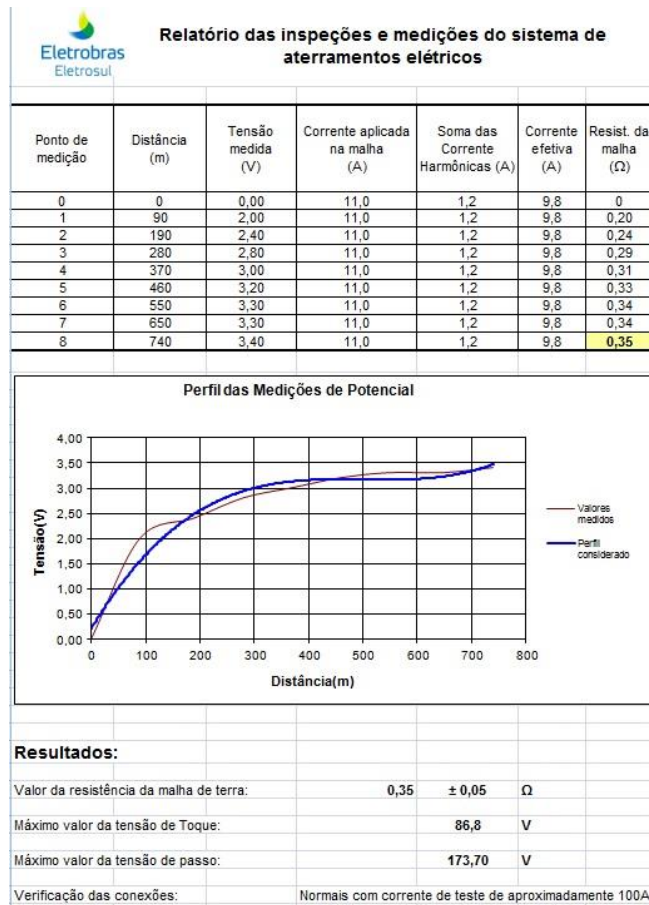


Figura 8 - Relatório Emitido (parcial)

2.3.5 Caracterização e Testes de Conformidade em Campo

Foram feitos testes de caracterização e de conformidade do VTR-1000 operando em campo. A subestação de Desterro, da Eletrosul, foi escolhida para os testes realizados nos dias 21 e 22 de março de 2016. Esses testes comprovaram que o VTR-1000 pode substituir com vantagem o atual setup de medição utilizado pela empresa, na avaliação da qualidade da malha de terra de suas subestações. A Subestação Desterro da Eletrosul está localizada na ilha de Florianópolis nas coordenadas 27°40'13"S; 48°30'50"W. Para as medidas de resistência ôhmica do sistema de aterramento e das tensões de passo e toque de forma seletiva foi injetada uma corrente de teste pela torre da linha de transmissão distante aproximadamente a 480m da Subestação Desterro (ponto remoto). A corrente efetiva injetada na malha da subestação foi de aproximadamente 9,3A e de 19,6A no eletrodo remoto. Foram feitas diversas medidas de potencial e de tensões de passo e toque. A Tabela 2, apresenta os alguns valores medidos com o VTR-1000, com o equipamento convencional, utilizado pela Eletrosul, o Voltímetro Seletivo ML38A (*Selective Level Meter*) da Anritsu e um Osciloscópio com análise espectral (196C -Fluke).

A Tabela- 2 - Comparação de Valores Medidos

Ponto de Medida (Perfil de Potencial)	Voltímetro Seletivo (ML 38 ^a) (V)	Osciloscópio (V)	VTR 1000 (V)
1	1,030	0,933	0,893
2	0,253	0,278	0,292
3	0,089	0,109	0,092

3.0 - CONCLUSÕES

A periodicidade das inspeções no sistema de aterramento composto pela malha de terra e aterramentos

em subestações compõem um item de extrema importância para segurança das instalações e dos profissionais que realizam atividades nelas.

A injeção de corrente em uma torre remota através do cabo para-raio, sem desconectar os demais, é uma solução inovadora e necessária em sistemas energizados.

A medida da tensão de passo e de toque através das técnicas que exigem sensibilidade e seletividade apresentadas possibilitam acompanhar o desempenho do sistema de aterramento, não requerendo o desligamentos, o que representa uma grande vantagem.

O levantamento do perfil de potencial de Malha de Terra em SE através de diferenças parciais de tensão não foi encontrada na literatura e sua aplicabilidade possibilita confiabilidade, agilidade e segurança.

O desenvolvimento do sistema chamado VTR-1000 propicia à empresa dispor de um equipamento de fácil uso, portátil, sensível e seletivo em frequência e que possa gerar relatórios de inspeção de forma automática.

As medições complementares de conexões são muito importantes, pois podem ser executadas rapidamente e com uma periodicidade de menor tempo e são elas que garantem os aterramentos à Malha de Terra da SE.

O medidor seletivo desenvolvido denominado VTR 1000, se apresentou funcional, havendo necessidade de uma miniaturização futura, pois a tecnologia desenvolvida foi validada.

Dentre os desafios futuros a serem estudados, no contexto do tema abordado, ressalta-se:

- a) Encontrar uma forma injetar corrente na Malha de Terra da SE através de uma fonte de menor porte.
- b) Avaliar o estado da trama da Malha de Terra com técnicas inovadoras.
- c) Estudar com mais critérios a influência de descargas atmosféricas diretas e próximas às subestações.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Relatórios Técnicos e Instruções Técnica do Departamento de Engenharia de Manutenção da Eletrosul – 2001 até 2016.
- (2) Relatório Técnicos – Projeto P&D ANEEL – “VTR-1000: Sistema de Medição para Pátio de Subestações” -2014 até 2016
- (3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT. NBR 15749: Medição de resistência de aterramento e de potenciais de superfície do solo em sistemas de aterramento. 1a ed. ABNT , 2009
- (4) Leite, Carlos Moreira – “Técnicas de Aterramentos Elétricos: cálculos, projetos e softwares para aterramentos”. Oficina Mídia Editora - 1996
- (5) Galvani L.V, Maguerroski, D. , Besen, C. e Ribeiro, J.: Avaliação de Malhas de Terra em Subestações Energizadas Através de Medições Seletivas em Frequência Diferente de 60Hz, - Anais do XVIII SNPTEE, Curitiba, 2005.
- (6) Visacro Filho, Silvério – “Aterramentos Elétricos: Conceitos, Técnicas de Medição e Instrumentação, Filosofias de Aterramento” – Artiliber Editora – 2002.
- (7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS - ABNT_2. NBR 15751: Sistemas de aterramento de subestações - Requisitos. 1a ed. ABNT , 2009

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Maguerroski, D. Nasceu em 12/10/1961 na cidade de Curitiba - PR. Mestre em Metrologia Científica pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2009), Engenheiro Eletricista (1994) e Físico (2000) pela UFSC e Técnico em Eletrônica (1981) pelo CEFET-PR. Ingressou na empresa Eletrosul - Centrais Elétricas S.A em 1982 onde atuou em laboratórios de telecomunicações e Metrologia Elétrica. Desde 2011 atua como Engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento e participou de vários projetos de pesquisa, tendo os temas de sistemas de aterramento, métodos de medições e eletromagnetismo como preferenciais.



Lopez Barbero, A.P. nasceu em 26/05/1966 na cidade de Montividéu no Uruguai. Doutor (2000) em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas-Unicamp, Mestre (1991) em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA e Engenheiro de Telecomunicações (1988) pela Universidade Federal Fluminense – UFF. Foi o principal articulador para implantação do Curso de Mestrado em Engenharia de Telecomunicações na UFF, no qual atuou como coordenador de 2003 até 2008. Desenvolve

projetos financiados pelas companhias de energia elétrica que atuam no Rio de Janeiro, Pernambuco, Pará e Santa Catarina. Experiência no desenvolvimento de sistemas eletrônicos embarcados, em sensores a fibras ópticas e instrumentação. Atualmente é professor do Departamento de Telecomunicações da UFF e orientador de diversos trabalhos científicos, experimentais e teóricos desde a titulação de doutorado.



Germano, S. B. nasceu em 01/03/1952 na cidade do Rio de Janeiro – RJ- BR. Mestre em Engenharia de Telecomunicações (2015) pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Engenheiro Eletricista (1986) pela FRPNL – RJ, Engenheiro Operacional Eletrônico (1977) pela Universidade Santa Úrsula -USU – RJ e MBA em Gestão de Contratos e Negócios (2007) pela FGV - RJ. Atuou no Laboratório de Instrumentação e Fotônica - LIF da UFRJ de 1999 a 2003, pesquisador em projetos de P&D no Laboratório de Comunicações Ópticas - LaCOp, da UFF desde 2006 e como engenheiro Coordenador de Automação e Energia na TI das empresas do GRUPO EBX (Mineração, Energia, Óleo e Gás) de 2007 a 2010. Desde 2012 atua como consultor em energia para aplicações críticas e Automação de Máquinas e Equipamentos Industriais. Experiência nos temas de Óptica aberta, Fibra óptica, Automação Industrial, Alta tensão, Sensores e Sistemas elétricos prediais.



Meireles da Silva, J.M. nasceu em 13/07/1971 na cidade do Rio de Janeiro – RJ – BR. Doutor (2008) em Engenharia Elétrica em sistemas digitais e telecomunicações e Mestre (2001) em Engenharia Elétrica na área de Controle Automação e Robótica pela COPPE/UFRJ. Engenheiro Eletricista (1996) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e MBA (2001) em Marketing pelo IBMEC. Atuou como Capitão-Tenente, no Instituto de Pesquisas da Marinha (Laboratório de Sistemas Inerciais - Grupo de Armas). Atualmente, é professor Adjunto da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, no Departamento de Telecomunicações. Experiência em projetos de sistemas de controle, veículos aéreos não-tripulados, sistemas de navegação GPS - Inercial, programação em tempo real (QNX) e desenvolvimento de sistemas distribuídos. Os temas de interesse de pesquisa são: Aprendizado de Máquina, Redes Neurais Artificiais, Aprendizado Profundo e Bioinformática.



Zanco, W.S. nasceu em 10/02/1969 na cidade do Rio de Janeiro – RJ – BR . Doutorando em Instrumentação Óptica pela UFF/CEFET, Mestre (2013) em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense – UFF, Graduado (1987) em Licenciatura em Técnicas Industriais com habilitação em Eletrônica pela Faculdade Béthencurt da Silva –FABES. MBA em Gestão do Ensino Profissional no Estado do Rio de Janeiro pela Fundação Getúlio Vargas (2004), pós graduação em Projetos de Infraestrutura de Redes em Telecomunicações pela Universidade Estácio de Sá (2002) e Docência Superior pelo ISEP (1993). Professor da Rede FAETEC da Universidade Estácio de Sá – RJ e da rede particular de ensino do Estado do Rio de Janeiro. Consultor técnico, projetista de circuitos eletrônicos microcontrolados e atualmente é pesquisador colaborador em projetos de pesquisa e desenvolvimento no Laboratório de Comunicações Ópticas - LaCOp da UFF.