



Ingeniería Energética

ISSN: 1815-5901

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.Cujae

Pérez Martínez, Maykop

Proposta de instrumentação para realizar as medições
do Sistema de Aterramento da Subestação do Xitoto

Ingeniería Energética, vol. XL, núm. 1, 2019, Janeiro-Abril, pp. 81-91

Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.Cujae

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329164315010>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

UNEM redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal

Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa
acesso aberto



APLICACIONES INDUSTRIALES

Proposta de instrumentação para realizar as medições do Sistema de Aterramento da Subestação do Xitoto

Propuesta de instrumentación para realizar las mediciones de Sistema de Aterramiento de Subestación de Xitoto

Proposal instrumentation to perform the measurements Grounding System substation Xitoto

Maykop – Pérez Martínez

Escola Superior Politécnica do Namibe Universidade Mandume ya Ndemufyo, Moçâmedes, Angola.

E-mail: maykop1982@gmail.com

Recibido: septiembre de 2017 Aprobado: julio de 2018

Licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional



RESUMEN / ABSTRACT

Os sistemas de aterramento de subestações exigem uma avaliação permanente devido fundamentalmente ao envelhecimento das malhas de terra e os problemas de corrosão. Como as condições de desligar a energia de uma subestação fica cada vez mais difícil, cresceu a necessidade de buscar alternativas de medições viáveis, dando-se preferência aos métodos de medição de subestações energizadas. Esporadicamente, uma empresa busca desenvolver técnicas de medições com as instalações energizadas, deparando-se, porém, com obstáculos que comprometem a qualidade dos resultados de ensaios, pelo que este trabalho tem como objectivo propor um equipamento adequado para realizar as medições do Sistema de Aterramento da Subestação Xitoto energizada. Para levar a cabo a medição do sistema de posta a terra, se propor o Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500, com o qual se pode determinar a resistência total de posta a terra da malha e a resistividade da terra.

Palavras-chaves: Sistemas de posta a terra; Subestações energizadas.

Los sistemas de aterramiento de subestaciones exigen una evaluación permanente debida fundamentalmente al envejecimiento de las mallas de tierra y los problemas de corrosión. Como las condiciones de desconectar la energía de una subestación es cada vez más difícil, creció la necesidad de buscar alternativas de mediciones viables, dando distinción a los métodos de medición de subestaciones energizadas. En ocasiones, una empresa busca desarrollar técnicas de mediciones con las instalaciones energizadas, encontrándose con obstáculos que comprometen la calidad de los resultados de ensayos, por lo que este trabajo tiene como objetivo proponer un equipamiento adecuado para realizar las mediciones del Sistema de aterramiento de la subestación Xitoto energizada. Para realizar la medición del sistema de puesta a tierra, se propone el Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500, con el cual se puede determinar la resistencia total de puesta a tierra de la malla y la resistividad del terreno.

Palabras claves: Sistema de puesta a tierra; Subestaciones energizadas.

Substation grounding systems require ongoing evaluation due mainly to the aging of ground grid and corrosion problems. The conditions to turn off the power substation is increasingly difficult, grew the need to find alternative viable measurements, giving preference to the methods of measuring energized substations. Sporadically, a company aims to develop measurement techniques with energized facilities, encountering, however, obstacles that compromise the quality of the test results, so this work aims to propose a suitable equipment to perform measurements Grounding System Substation Xitoto energized. To carry out the measurement of put the land system, proposing the Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500, with which one can determine the total resistance of the network, put the mesh and the resistivity of the earth.

Key Works: grounding systems; energized substations.

INTRODUÇÃO.

No presente trabalho é dado á conhecer vários aspectos técnicos que devem ser considerados em um sistema de posta a terra aplicada a Subestações; relacionado especificamente com os procedimentos de testes que se devem seguir para a verificação de uma apropriada operação do sistema de posta a terra. Os métodos que serão descritos para a avaliação e diagnóstico da malha de terra, são utilizados com o propósito de obter valores que são parâmetros suficientes como para conhecer a efectividade da malha de terra, do ponto de vista de referência e protecção dos aparelhos instalados na subestação. Como as condições de se desligar a energia de uma subestação ou locais em que se usa aterramento ficaram cada vez mais difíceis de acontecer, cresceu a necessidade de se buscarem alternativas de medições viáveis, dando-se preferência aos métodos de medição de subestação energizada. Os sistemas de aterramento foram criados para proteger pessoas, animais e materiais contra uma possível falha de um determinado sistema. Essa falha pode ser desde uma pequena fuga de corrente até um arco eléctrico visível que pode vir a danificar um equipamento e ocasionar um incêndio numa situação grave.

Os sistemas eléctricos conectados á terra geralmente apresentam algumas fraquezas, entre as quais podem ter-se a sensibilidade às mudanças abruptas nas condições de operação, quer dizer, as perturbações na alimentação eléctrica ou os fenómenos transitórios eléctricos. Para evitar e atenuar o perigo destas perturbações na vida e operação dos aparelhos eléctricos é provido à estabilidade, continuidade de operação e a protecção dos aparelhos com dispositivos que evitam a entrada destes transitórios aos sistemas em fracções de segundos e previamente sejam dispersos por uma rota como é o sistema de posta a terra; sendo o primeiro dispositivo protector não só de aparelhos eléctricos sensíveis, mais também da vida humana evitando infortúnios ou perdas que lamentar.

Tem-se como expectativa que um sistema ou posta a terra em geral, possua bastante capacidade de dispersão de certos valores de corrente para o chão, sem permitir que o potencial na superfície deste, tenha níveis perigosos para a segurança das pessoas por causa de uma falha e assegura a operação de protecção às instalações contradescargas atmosféricas. Os sistemas de posta a terra corroem-se com o passar dos anos devido ao grande conteúdo de humidade e sais do chão, como também as altas temperaturas, acontecendo uma diminuição da efectividade da malha de terra.

Devido a isto a NETA (*International Electrical Testing Association*) recomenda que para manter um sistema em corretas condições, se devem realizar-se confirmações de os eléctrodos de conexão para terra cada três anos.

É por isso que surge a necessidade de realizar na Subestação do Xitoto um diagnóstico das condições do sistema de posta a terra encontrando-se o seguinte problema o qual será tomado como problema científico para a realização deste trabalho: desconhecem-se registos de dados das medições da malha de terra (resistividade do terreno e da resistência de posta a terra) e não se conta com equipamento adequado para levar a cabo as medições. E por isto, que o objectivo geral que se procura é propor um equipamento adequado para realizar as medições do Sistema de Posta a Terra da Subestação Xitoto.

MATERIAIS E MÉTODOS.

Pela importância e necessidade de conhecer o estado técnico do Sistema de Aterramento da Subestação do Xitoto e antes a problemática que não se conta com um equipamento adequado para levar a cabo as medições se realizou este artigo, para isto se consulto um total de 14 fontes bibliográficas incluindo normas e procedimentos, se realizaram entrevistas aos técnicos e engenheiros da subestação detetando-se que se desconhecem os registos de dados das medições da malha de terra e que não se conta com equipamento adequado para realizar as mesmas, também revisou-se os planos da subestação para desta forma realizar um levantamento eléctrico e constatar o estado técnico da malha de terra. Finalmente se estudo a traves de uma pesquisa o equipamento adequado para levar a cabo as medições com a qual se propõe o Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500.

DISCUSSÃO E RESULTADOS.

Definição de Sistema de aterramento

A denominação de “Sistema de Aterramento” entende-se todo laço metálico directo, sem fusível, nenhum dispositivo de protecção, de seção suficiente, entre uma parte da instalação e um eléctrodo ou grupo de eléctrodos enterrada no chão, com o objectivo de conseguir que no um grupo de: instalação, edificio e superficies próximas para a terra não existem diferenças de voltagens perigosas e que ao mesmo tempo permite o passo a terra das correntes de falha ou de descarga de origem atmosférica. A instalação de Sistema de aterramento se torna em tipo de um funil ou dreno que facilita o passo a terra de toda corrente eléctrica que dirige fora sua estrada normal em direcção a terra. Também, deriva as correntes ou descargas de origem atmosféricas. [1]

Natureza de um sistema de aterramento

Em um sistema de aterramento, a resistência oferece ao passo da corrente eléctrica por um eléctrodo para a terra tem três componentes principais:

- **Resistência do eléctrodo:** É uma resistência da qual é desprezível a resistência total. Os elementos que geralmente são usados para conexões a terra são: barras, tubos, massas de metal, estruturas, entre outros.
- **Resistência de contacto entre o eléctrodo e a terra:** Se pode menosprezar si o eléctrodo está isento de qualquer cobertura isolante como tintas, pinturas, óleo, e se a terra é bem compactada na área de contacto com suas paredes.

- **Resistência do terreno:** Este realmente é o componente que influencia no valor da resistência de um sistema de aterramento e depende basicamente da resistividade do solo e da distribuição da corrente proveniente do eléctrodo. [2-3]

Resistividade do solo

A terra, isto é o solo, pode ser considerado como um condutor através do qual a corrente eléctrica pode fluir, ou melhor, dissipar-se. Para o que está definido como resistividade do solo a dificuldade que acha o passo da corrente eléctrica em um cubo de terra de um metro de longitude. A unidade de medida é o ohm-metro [$\Omega \cdot m$]. A resistividade do solo pode variar muito através da profundidade, devido as diferenças na percentagem de humidade, tipo de material que compõe o solo, temperatura, idade de formação geológica, composição química e concentração de sais dissolvidos na água. [4]. Os solos que apresentam resistividade mais baixa são os que contêm resíduos vegetais, os pantanosos e os situados no fundo de vales e nas margens de rios. Os de maior resistividade são os arenosos, os rochosos e os situados em locais altos e desprovidos de vegetação. [5]

Medição de resistência de aterramento

O conhecimento do valor da resistência de aterramento é muito importante para a ampliação ou manutenção da malha de terra de uma subestação. Ao obter o valor de resistência de aterramento pode-se comparar ele com os dados originais do projecto, analisando assim a sua qualidade. Caso o valor da resistência de aterramento seja maior do que o calculado no projecto há um indicativo de mau dimensionamento da rede de terra ou mesmo algum defeito no sistema de aterramento, como o rompimento de algum cabo de aterramento, falhas nas soldas, etc.

Para efectuar uma medição de resistência de aterramento, é necessário a obtenção de um circuito eléctrico, composto de um ponto onde se injecta uma corrente e um ponto onde se retire essa corrente. A corrente é injectada através do sistema de aterramento a ser medido e retirada através de um aterramento ou terra auxiliar que poderá ser composto por uma ou mais hastes interligadas. [1]

Medição de resistência de aterramento em Subestações Energizadas.

A medição da resistência de aterramento em subestações energizadas é mais complexa do que em subestações desenergizadas. Isto acontece, pois com a subestação energizada ocorrem correntes parasitas, interferência electromagnética entre outros factores, que podem dificultar a obtenção das medidas. Por causa da interferência do funcionamento da subestação são necessários métodos e equipamentos mais complexos e específicos para a medição da resistência de aterramento. [6]

Método das Altas Correntes

O método mais comum, mas também um dos mais complexos, é o de injeção de altas correntes, mais de 30 amperes. O circuito montado, representado na figura 1, é injectando corrente no sistema de aterramento e medindo a tensão entre o sistema de aterramento e uma terra remota.

Para a realização deste método são necessários vários equipamentos, como um gerador ou transformador monofásico, transformador de corrente, amperímetros, voltímetros, entre outros. Além da necessidade do uso de muitos equipamentos, existem outras situações que dificultam a aplicação deste método. Uma delas é a distância necessária para lançar os circuitos de corrente e potencial, que são grandes, ainda mais se for a áreas urbanas.

Percebe-se assim a dificuldade técnica, de equipamentos e custos neste tipo de medição, além de ser necessário considerar o preparo das torres de linha de transmissão e também na dificuldade ou impossibilidade no desligamento de alguma linha de transmissão. [7]

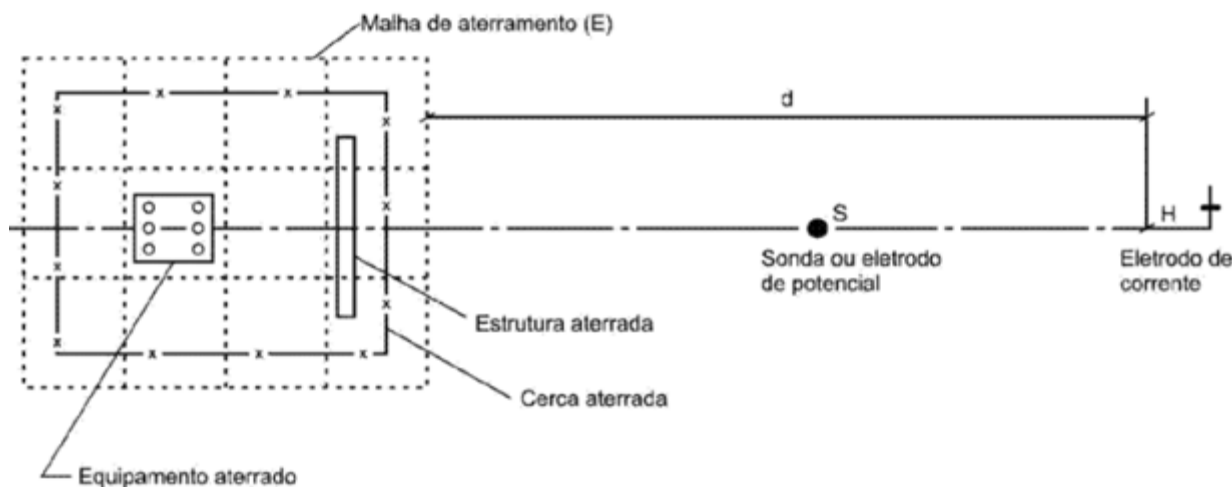


Fig. 1. Circuito de injeção de corrente.

Método de Alta Frequência

Uma alternativa para a medição da resistência de aterramento encontrada recentemente, especialmente com o desenvolvimento de novos equipamentos, é a medição com altas frequências. O princípio desta medição é que um gerador, que opera em 25 kHz, é conectado entre o aterramento a ser medido e o eléctrodo auxiliar de corrente faz circular uma corrente de medição que produz a distribuição de potencial, representada por uma espécie de cone em cada um destes pontos.

Entre os dois cones existe uma onda neutra que se pode chamar de patamar de potencial, no qual deve-se cravar o eléctrodo de potencial, para assim medir a tensão originada entre este eléctrodo e o sistema de aterramento. O valor da resistência de aterramento é determinado pela relação entre tensão originada e corrente injectada.

O uso de altas frequências nas medições permite que se teste o sistema de aterramento em uma condição mais parecida com a que ele será usado para dissipar uma corrente de curto-circuito ou mesmo uma descarga atmosférica. Na figura 2 mostra um esquema simplificado deste método. [7].

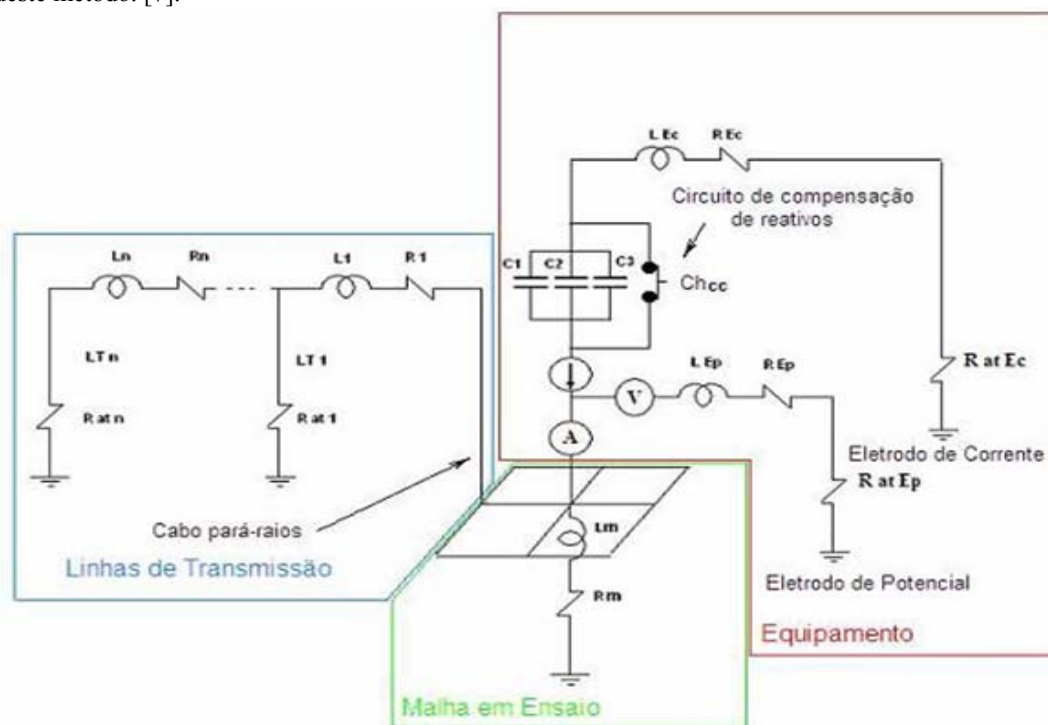


Fig. 2. Esquema simplificado da medição.

Neste esquema é possível identificar os parâmetros envolvidos na medição, sendo que:

- $L1...Ln$ representam a parte indutiva da impedância do circuito formada pelas torres (cabos pára-raios das linhas de transmissão);
- $R1...Rn$ representam uma parte da resistência do circuito (cabos pára-raios das linhas de transmissão);
- $Rat1...Ratn$ representam as resistências dos aterramentos de cada torre das linhas de transmissão;
- Lm representa a parte indutiva da impedância da malha de aterramento sob ensaio;
- Rm representa a parte resistiva da impedância da malha de aterramento sob ensaio;
- LEc representa a parte indutiva da impedância do eléctrodo de corrente;
- REc representa a parte resistiva do eléctrodo de corrente;
- $RatEc$ representa a resistência de aterramento do eléctrodo de corrente;
- LEp representa a parte indutiva da impedância do eléctrodo de potencial;
- REp representa a parte resistiva da impedância do eléctrodo de potencial;
- $RatEp$ representa a resistência de aterramento do eléctrodo de potencial;
- $C1, C2$ e $C3$ representam o banco de capacitores utilizado para compensar a parte reactiva do circuito;
- $Chcc$ representa a chave do circuito utilizada para fazer a medida sem compensação [7].

Em medições feitas na frequência de 25 kHz, em subestações com entradas e saídas de linhas de transmissão dotadas de cabos pára-raios conectados a rede de terra, estima-se que a medição obtenha valores relativos somente à resistência da malha de terra. Assim, o valor obtido tende a ser mais real do que os fornecidos em medidas com equipamentos mais comuns, em baixa frequência (60 Hz), mesmo com os cabos pára-raios desacoplados das instalações, [7]

Importância na medição da resistência de sistema de aterramento

A medição da resistência ou impedância de sistema de aterramento é necessário por diferentes razões, entre eles:

- Determinar a resistência actual das conexões para terra.
- Verificar a necessidade de um novo sistema de aterramento.
- Determinar mudanças no sistema de aterramento actual. É verificado se for possível ou não incorporar equipamento novos ou usar o mesmo sistema de aterramento para protecção contra descargas atmosféricas e outros.
- Determinar os valores de tensão de passo e de contacto e o possível aumento que resulta de uma corrente falha no sistema.
- Desenhar protecções para o pessoal e os circuitos de potência e comunicação. [8]

Proposta de instrumentação para realizar as medições na Subestação Xitoto.

A Subestação do Xitoto, é localizada no Namibe, mais no Bairro do Cambongue constituída por 6 grupos geradores de marca Hyundai com uma potência instalada de 10,2 MW tendo uma tensão de geração de 6,6 kV e uma tensão de distribuição de 15 kV, pertencendo na Empresa Nacional Distribuição de Energia (ENDE).

Antecedentes do Registos de Medições do Sistema de Aterramento

Bem como já se sabe não é fácil fazer a medição de aterramento numa central em funcionamento. Segundo o funcionamento da central do Xitoto, é difícil deixa-la fora de acção para se medir.

Em base á investigação feita, se achou que a central não possui um manual onde se registou as medições realizadas pelos mestres nesta área. Mas ela possui um esquema de aterramento ou o eléctrodo de terra de forma segura para todos os geradores terem a mesma protecção.

Composição do Sistema de Malha de Terra

Cada gerador possui o seu sistema de aterramento mais estão interligados de forma segura e protegida. Os geradores possuem um sistema de protecção e segurança de forma eficiente que mantém os aparelhos e equipamentos aterrados de forma fixa.

Na central em estudo, não se sabe a profundidade que se fez o aterramento da malha de terra, pois segundo as informações adquiridas por nós são projectos a nível nacional. A rede de aterramento da central do Xitoto é composta principalmente por cabos de cobre nu # 1/0 AWG, tanto para o conductor de terra como o conductor de serviço. É utilizado este tipo de cabo, pois ele apresenta óptima condutividade eléctrica, boa resistência mecânica e também é resistente à corrosão.

Em relação ao cabo, é muito importante dimensionar adequadamente seu diâmetro, para que ele suporte adequadamente as altas correntes de um possível curto-circuito na subestação. A sua profundidade é aproximadamente 50 cm. Estes cabos estão interligados nos geradores, transformadores, zonas de combustíveis e todo local ligado a ser protegido a central e possuindo a malha de terra de forma segura e plena.

Na actualidade a subestação, tem três anos de serviço, mas fica necessário realizar esta investigação porque como foi dito não existem registos de dados de medições tanto da resistividade de terreno como da resistência de malha de terra.

Levantamento do sistema de terra

Para realizar uma análise do Sistema de Aterramento da Subestação Xitoto, se partiu do levantamento da mesma, o qual inclui o ubiquação exacta dos elementos que constituem a malha de terra, como são: cabos de protecção e cabos de serviço, e análises respectivo da condição física de seus materiais.

Para a análise do sistema actual foi efectuado um recorrido pela subestação, observando os componentes do sistema de posta a terra, em referência a [9], o sistema de posta a terra instalada na Subestação Xitoto, não apresenta inconveniências produto do pequeno tempo de exploração que apresenta, o qual pode ser visto nas figuras 3 e 4 onde se observa claramente o bom estado de suas ligações a terra.



Fig. 3. Conexão de posta a terra de geradores.



Fig. 4. Conexão de posta a terra de transformadores.

Proposta do Equipo de medição

Para estudo a medição do sistema de posta a terra da Subestação Xitoto, se propor o Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500, com o qual se pode determinar a resistência total de posta a terra da malha e a resistividade da terra. O Metro de Digital Terra Modelo 4500 é desenhado para medir resistências muito baixas em sistemas de terra extensa, como grelha de tomada de terra e malha de sistema de terra. Na figura 5 mostra O Metro de Digital Terra Modelo 4500 e a figura 6 mostra a construção do mesmo.



Fig. 5. Metro digital de terras modelo 4500.

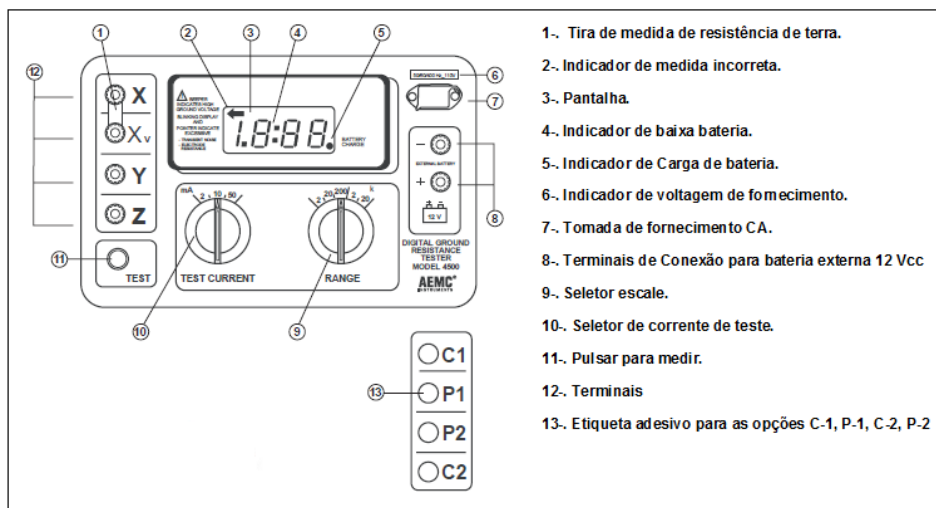


Fig. 6. Construção Metro digital de terras modelo 4500.

Características técnicas

- Mede a resistividade da terra por o método de 4- pontos.
- Mede a resistência de posta a terra por o método de caída de potencial.
- Testes de voltagem graduada e medidas de potenciais pontuais.
- Seleccionável: três correntes de teste e cinco escalas de resistência.
- Mede resistências baixas em grandes sistemas de toma de terra e rede.

- Altas correntes de teste também permitem estudos geológicos.
- Pantalha grande para leituras fáceis.
- A pantalha inclui excesso de correntes parasitas de indicadores para, alta resistência de elétrodo auxiliar, e conexão defeituosa.
- Fornecimento: Bateria (110/220 V recarregável) ou externa 12 Vcc.

Aplicações

- Medição de três pontos de ranhuras de toma terra grande, contratenas, esteiras de toma de terra, e equipamento com toma de terra.
- Teste de resistividade da terra (medida de quatro- pontos), geralmente levado a cabo por companhias eléctricas em cidades de construção proposta. Análise usando de resistividade da terra, o tamanho e a complexidade da construção do sistema de toma de terra. O Medidor de Resistência de terra modelo 4500 medirão a resistividade de compostos epóxidos, cimento, materiais de melhoria da terra e muitas outras substâncias.
- Os níveis de passo de toque baixo condições de falho verdadeiro pode ser determinado usando o modelo 4500 para injectar um falho de baixo nível simulado dentro de um sistema eléctrico.
- Teste de dois pontos para testes de continuidade em enlaces ou em tomas de terra prefixado.

Propostas de medições

Método de medição de Resistividade da terra.

Método de Schlumberger

Este método consiste em calcular a resistividade aparente da terra colocando em o chão os quatro eléctrodos, em linha recta a distâncias iguais entre si. A separação entre elas deve ser pelo menos 3 vezes superior na profundidade na qual estão fixados. A separação entre os eléctrodos centrais ou de potencial fica constante, e as medições são realizadas variando a distância dos eléctrodos exteriores a partir dos eléctrodos interiores, a distâncias múltiplos da separação base dos eléctrodos internos.

Tal como é mostrado na figura 7., os quatro eléctrodos ficam situados em um mesmo eixo; é injectada corrente à terra pelos eléctrodos de correntes externos e é medida a diferença de potencial entre os eléctrodos potenciais internos.

Se a profundidade de enterramento dos eléctrodos é pequena comparado com a sua separação, então a resistividade medida posse calcular do seguinte modo:

$$\rho = \pi \cdot ns(ns + s) \frac{R}{s} \quad (1)$$

Onde:

ρ = É a resistividade aparente do terreno [$\Omega \cdot m$]

ns = É a distancia entre o eletrodo de corrente e o eletrodo de potencial [m]

s = É a distancia entre os eletrodos de potencial [Ω] [10]

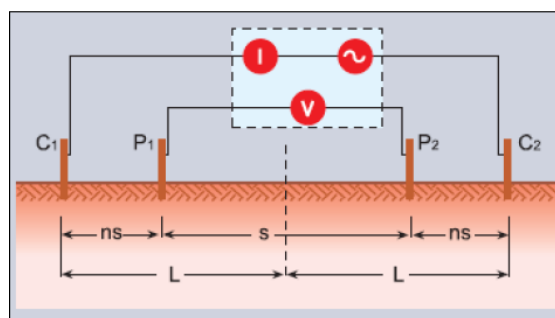


Fig. 7. Método de Schlumberger para a medição de Resistividade da terra.

Métodos de medição da resistência de posta a terra.

Método de queda de potencial

O método de comprovação de queda potencial também é conhecido como o método das duas picas, o método dos três pontos ou o método de 62%, e é usado para medir a resistência total de um sistema de posta a terra.

Para levar a cabo a comprovação por este método, são precisados dois eléctrodos auxiliares de conexão a terra no terreno, um é o eléctrodo de corrente (Z) que vai colocado a uma distância de 6,5 vezes o lado maior na malha, e outro é o eléctrodo de potencial (E), situado a 62% da distância total ao qual foi colocado o eléctrodo de corrente; estes são colocados em linha recta e longe do eléctrodo de terra (X) baixo prova no terreno e tomam-se as leituras. O instrumento de medida: Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500 gera uma corrente conhecida entre o eléctrodo externo de corrente (Z) e o eléctrodo de terra baixo teste (X), enquanto é medido o potencial de queda de tensão entre o eléctrodo auxiliar interno de potencial (Y) e o eléctrodo de terra (X); usando a lei de Ohm ($V = IR$), o medidor de terra, calcula automaticamente o valor total da resistência de posta a terra. Na figura 8, é indicado o diagrama de conexão para a comprovação da resistência de acordo com o método caída de potencial. [11-12]

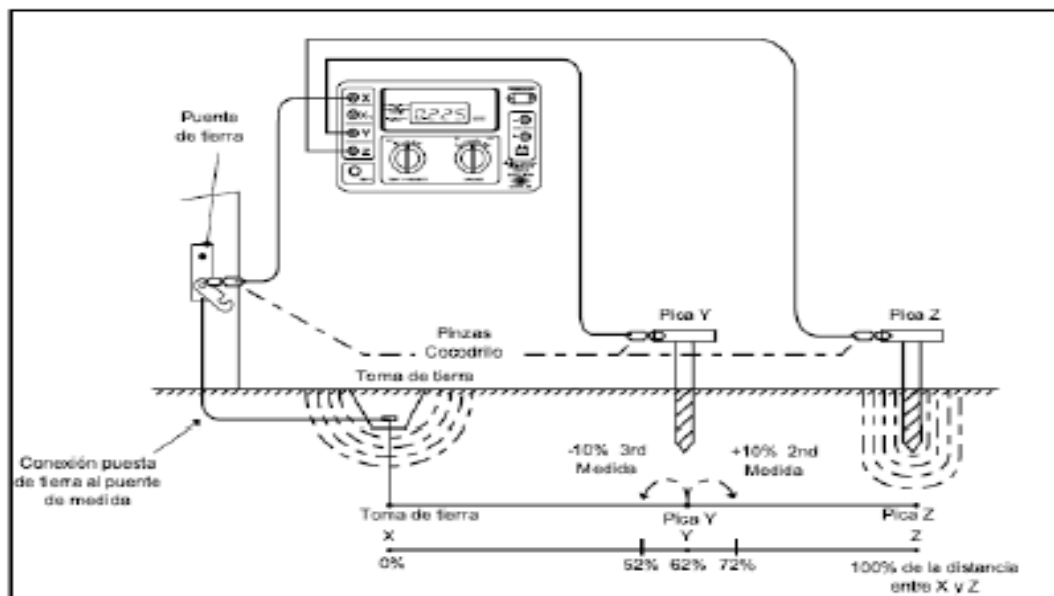


Fig. 8. Método da queda de potencial para medir a resistência de um sistema de posta a terra.

Método do Pendente

O método do pendente é usado em sistemas de eléctrodos que cobrem uma grande área, onde a posição do centro geométrico da malha é desconhecida ou também é usado onde a área disponível para colocar os eléctrodos de teste é restringida.

Para o desenvolvimento correto do método do pendente tomem-se leituras situando a pica Y às distâncias: 20%, 40% y 60% desde o eléctrodo X. Estas leituras são: R1, R2 e R3 respectivamente, figura 9.

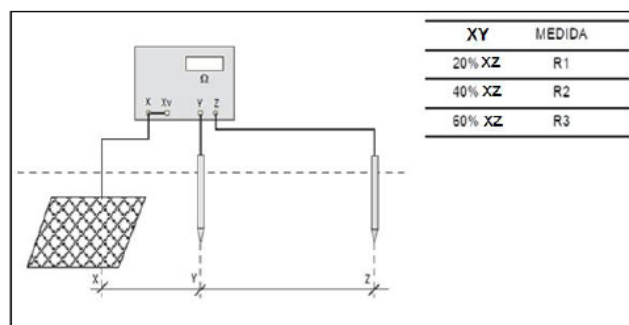


Fig. 9. Método do pendente.

Se introduze um valor conhecido como μ , que representa o cambio de pendente da curva resistência-distância, calculado do modo seguinte:

$$\mu = \frac{R_3 - R_2}{R_2 - R_1} \quad (2)$$

Para o valor de μ achado, aparece um valor de PT/C, mostrado na tabela 1, os valores que se apresentam de PT/C, devem ser divididos por 1000 (por exemplo para um valor de $\mu=0,401$ se tem um valor de PT/C = 0,6431).

Multiplicar este valor de PT/C por XZ e obter a distância XY. Se coloca o eléctrodo de potencial à distância XZ achada, e tome-se a leitura. Esta leitura é a resistência de terra do eléctrodo baixo prova e este será o resultado.

Deve-se ter em conta que se o valor de μ , é maior que na tabela PT/C, abra que colocar o eléctrodo de corrente Z á maior distancia. Tem que ser aclarado que para a realização deste artigo só foi tomada uma mostra da tabela. [13-14]

Tabela 1. Valores de PT/C para distintos valores de μ.										
μ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,40	6432	6431	6429	6429	6426	6425	6423	6422	6420	6419
0,41	6418	6416	6415	6413	6412	6410	6409	6408	6406	6405
0,42	6403	6402	6400	6399	6397	6396	6395	6393	6392	6390
0,43	6389	6387	6386	6384	6383	6382	6380	6379	6377	6376
0,44	6374	6373	6372	6370	6369	6367	6366	6364	6363	6361
0,45	6360	6359	6357	6356	6354	6353	6351	6350	6348	6347
0,46	6346	6344	6343	6341	6340	6338	6337	6336	6334	6333

Recomendações gerais para fazer as Medições

Assegurar medidas validas em sistemas grandes de terra exige usar técnicas e instrumentos apropriados. A maneira de levar a cabo as medições de campo dos sistemas de terra em subestações elétricas, face que estes testem são mais delicadas e complexas que sobre uma barra de terra. A continuação se apresentam pontos que devem tomar-se em conta para efetuar adequadamente uma medição de resistência de posta a terra:

- As medições se efetuam em dias nos que o terreno fique seco, tendo-se aí a situação mais desfavorável na conexão á terra.
- Os cabos, conectores e os extremos externos dos eletrodos auxiliares do aparelho de medição, devem estar em estado bom de conservação.
- No caso de levar a cabo medições em áreas onde são enterrados objectos metálicos (tubo, barras, etc.) precise-se levar a cabo medições ortogonais, para de este modo eliminar a influência destes objectos na medição.
- Para a medida de resistência de posta a terra, é recomendado que a instalação deve ficar desenergizada e o eletrodo de terra desconectado do sistema elétrico. De não ser possível o desenergização total da instalação e a desconexão completa do eletrodo de terra, deve seguir-se um procedimento de segurança rigorosamente organizado, que contemple os aspectos seguintes:
 - Uma pessoa á cargo do trabalho.
 - Comunicação entre todos os que participam do teste, por rádio ou telefone portátil.
 - Uso de luvas de borracha e calçado apropriado.
 - Suspensão do teste durante uma tempestade elétrica ou outras condições severas de tempo.
- No caso de que a terra este muito seca, é aconselhável umedecer os eletrodos, especialmente o eletrodo de corrente, para obter um bom contato entre o eletrodo auxiliar e a terra.
- A presença de linhas energizadas de alta tensão nas proximidades da área onde se está levando a cabo a medição, afeta a qualidade da mesma, em particular quando se está medindo de um modo paralelo à linha energizada.

Para evitar esta interferência, se deve realizar a medição em uma direção perpendicular à linha energizada, incluso pode-se medir abrindo os eletrodos de corrente e potencial aproximadamente 90°, como é ilustrado na figura 10.

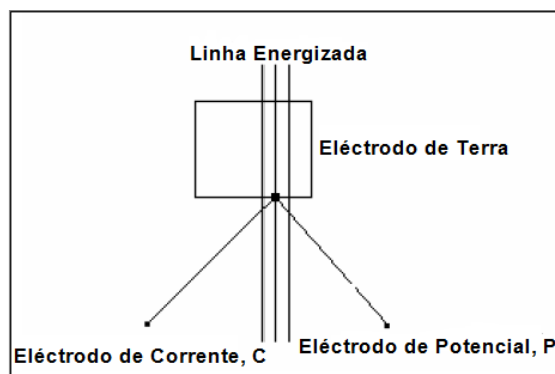


Fig. 10. Eléctrodo de corrente e potencial a 90° entre se.

- Durante a execução das medidas de campo, o barulho excessivo pode interferir com a medição devido à grande longitude dos cabos dos eléctrodos de prova. A voltagem de interferência deve estar dentro da tolerância do aparelho de medição; de não ser possível usar-se a técnica seguinte deste modo, trançar os cabos que vai até os eléctrodos de teste. Isto pode cancelar as voltagens de um modo comum entre os dois condutores, na figura 11, o processo é ilustrado.

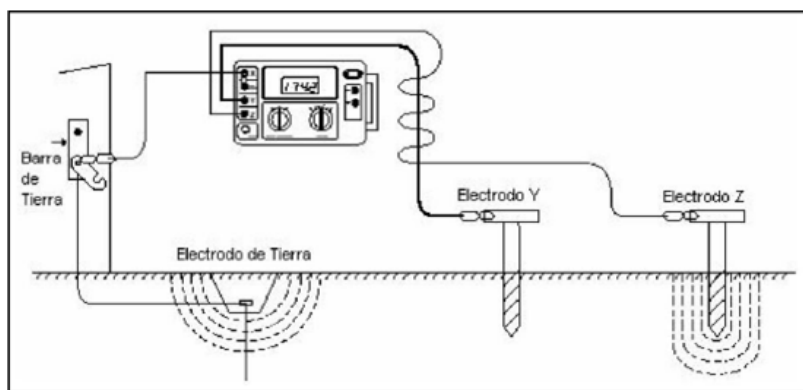


Fig. 11. Trançado de cabos dos eletrodos de teste.

CONCLUSÕES

Em base ao estudo realizado para levar a cabo a medição do sistema posta a terra da Subestação de Xitoto, se pode mencionar as conclusões seguintes:

- Com o Metro de Digital Terras AEMC Modelo 4500 pode levar-se a cabo as medições do sistema de posta a terra da Subestação Xitoto sem deixar-lha fora de funcionamento, propondo-se os procedimentos de medições do sistema de posta a terra e resistividade da terra.
- Como não se tem registos de medições da malha de terra se deve usar o método do pendente para a medição da resistência do sistema de posta a terra.
- Toda avaliação de um sistema de posta a terra consistirá em identificar os problemas existentes, verificar o valor de resistência e estado actual de conservação de todos os elementos de toma de terra. Também deveram comunicar-se os defeitos encontrados para que se proceda a sua imediata reparação.
- Com os procedimentos para a avaliação de sistemas de terra em subestações eléctricas descritos, se pretende assistir ao pessoal encargado de realizar a manutenção de malhas de terras em Subestações, em ter uma melhor visão e conhecer o problema dos sistemas de posta a terra, como também compreender melhor os conceitos envolvidos no desígnio e análise dos parâmetros que caracterizam um Sistema de Posta a Terra.

REFERENCIAS

- [1]. Moreno, Hilton e Costa, Paulo Fernandes. Manual de aterramento elétrico. *www.procobrebrasil.org*. [Online] 2011. [Citação: 15 de Outubro de 2016.] Disponible en: http://tex.com.br/transfer/Manual_de_aterramento_eletrico.pdf. CEP 01451-903.
- [2]. França, Renato de Carvalho. Projeto de Modernização de Subestação Consumidora Rio de Janeiro. *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Elétrica*. [Online] 2012. [Citação: 18 de

- Outubro de 2016.]Disponível em:
http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32817015/monopoli10005093.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1476786999&Signature=j4d6aJGWFdwBZQeLnylNbdP%2BJoI%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPROJETO_DE_MODERNIZACAO_DE_S_CEP:21945-970
- [3]. Rodrigues, Lucas Duarte. ESTUDO E SIMULAÇÃO DE MALHA DE ATERRAMENTO PARA SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, ESCOLA DE ENGENHARIA*. [Online] 2015. [Citação: 18 de Outubro de 2016.]Disponível em:
<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/134922/000988216.pdf?sequence=1>. CEP: 90040-060
- [4]. Muzy, Gustavo Luiz Castro de Oliveira. Consolidação de Material Didático para a Disciplina de Subestações Elétricas. *Universidade Federal do Rio de Janeiro, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA*. [Online] Fevereiro de 2012. [Citação: 17 de Outubro de 2016.]Disponível em:
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005233.pdf>. CEP: 21945 - 970
- [5]. Pinheiro, Tiago Figueira Leão. SISTEMAS DE ATERRAMENTO EM BAIXA TENSÃO. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Elétrica*. [Online] Rio de Janeiro, 2013. [Citação: 17 de Outubro de 2016.]Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006066.pdf>. CEP: 21945 - 970
- [6]. Silva, Arnaldo fleck e. Análise do aterramento de subestações. *Universidade federal do rio grande do sul, escola de engenharia*. [Online] 2012. [Citação: 18 de Outubro de 2016.]Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65428/000858053.pdf?sequence=1>. CEP: 90040-060
- [7]. Souza, Hyrlann Almeida de. Modelagem em baixa frequência de malha de aterramento. *CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO*. [Online] 2016. [Citação: 17 de Outubro de 2016.]Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016496.pdf>. CEP: 21945 - 970
- [8]. Viana, maurício josé. Análise dos valores da resistência de aterramento temporário em canteiros de obras. *Universidade de pernambuco, escola politécnica*. [Online] 2013. [Citação: 15 de Outubro de 2016.]Disponível em:
https://indicadoresdeemprego.files.wordpress.com/2013/12/dissert-mauricio-resiste3aanciaaterramento_20131203173431.pdf. CRB-4/1389.
- [9]. Castaño, José Samuel Ramírez e Plata, Eduardo Antonio Cano. *Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF*. [Documento] COLOMBIA : Editorial Blanecolor Ltda, 2011. I.S.B.N. 978-958-8280-38-7.
- [10] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. [Documento] New York : Copyright © 2000 by the Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2000. ISBN 0-7381-1927-X SS94807.
- [11] Creder, Helio. *Instalações Elétricas*. s.l. : LIVROS TECNICOS E CIENTÍFICOS EDITORA S.A. 14a Edição , 2000. ISBN 85-216-1232-X.
- [12] Harper Enriquez, Gilberto. *Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas*. s.l. : Editorial Limusa, México, Segunda Edición., 2005. ISBN 968-186222-8.
- [13] Kindermann, Geraldo e Campagnolo, Jorge Mário. *Aterramento Elétrico*. s.l. : Sagra-DC Luzzatto 3a, 1995. ISBN 900550-230.
- [14] Bustamante, Cuenca Andrés Juan. Evaluación y diagnóstico de la malla de puesta a tierra de la Subestación Obrapía con niveles de tensión de 69 kV y 13,8 kV perteneciente a la E.E.R.S.S.A, para cumplir con los parámetros establecidos por la norma IEEE Std. 80 - 2000. *Universidad Politécnica Salesiana Cuenca – Ecuador*. [Online] 2011. [Citação: 18 de Outubro de 2016.]Disponível em: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1102/16/UPS-CT002093.pdf>. ISSN 1390-650X