



GRUPO X

GRUPO DE ESTUDO DE SOBRETENÇÕES, COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO E INTERFERÊNCIAS - (GSI)

CONDIÇÕES EM QUE PODE EXISTIR EQUIPOTENCIALIDADE EM UM SISTEMA DE ATERRAMENTO SUBMETIDO A PERTURBAÇÕES PERIÓDICAS E APERIÓDICAS

* SERGIO T. SOBRAL FLÁVIO LUCIANO A.SOUZA ADÍLIO R.M.SOUZA SÉRGIO C.SOBRAL
MURILO M .NOGUEIRA

STS-Serviços Técnicos e Sistemas

LIGHT

FURNAS

STS-Serviços Técnicos e Sistemas

RESUMO

O IT examina em detalhe o conceito de **equipotencialidade durante perturbações periódicas** (curto-circuitos, correntes de desequilíbrio de distribuição, harmônicas) e **aperiódicas** (descargas atmosféricas, manobras etc). Mostra que a equipotencialidade para ambos os tipos de perturbação depende em grande parte do **conceito de "autoneutralização"**, também recordado no IT. Em consequência dessa análise o IT apresenta conclusões de ordem prática com repercussões no projeto de sistemas de aterramento, utilização de blindagens, etc. Comenta também porque as cablagens devem preferencialmente penetrar nos painéis pela parte inferior dos mesmos, ao contrário da prática usual em instalações de telecomunicações. Mostra também que são pouco eficazes os "anéis de equalização" aéreos, ainda recomendados pelas Normas.

PALAVRAS CHAVES: Equipotencial, Autoneutralização, Blindagem, Aterramento

1-INTRODUÇÃO-CONCEITO DE CORRENTE AUTONEUTRALIZADA

Esse conceito foi discutido em vários artigos, dentre eles [1,2,3] e é ilustrado na **Figura 1**: tem-se um circuito trifásico (A), entre os pontos (1') e (2'). No ponto (2'), uma das fases é curto-circuitada no ponto (2) do condutor (B). Entre os pontos (1) e (2), a impedância própria de (B) é (Z), em Ω . A impedância mútua entre (A) e (B) é (Z_{A-B}), em Ω . O

circuito (A) é percorrido pela corrente de seqüência zero (I), que

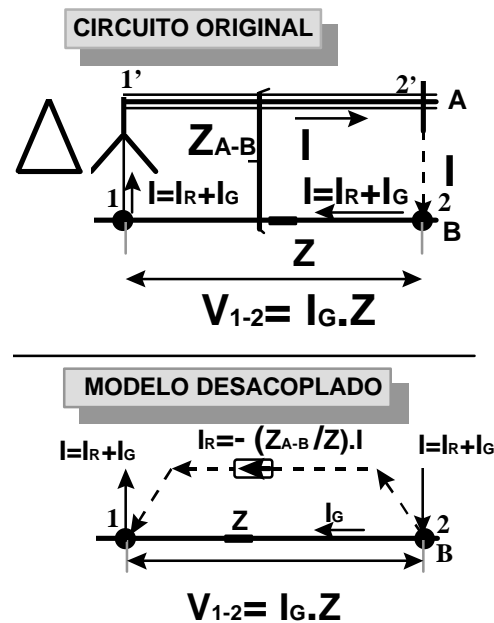


FIG 1- DIFERENÇA DE POTENCIAL CRIADA EXCLUSIVAMENTE PELA COMPONENTE (I_g)

induz ao longo do circuito (B), uma tensão cujo valor é:

$(V') = (I) \cdot (Z_{A-B})$, em volts. Por conveniência de cálculo e de raciocínio, a corrente (I) pode ser sub-dividida em duas componentes: $(I = I_R + I_G)$.

A componente (I_R) é denominada "corrente autoneutralizada", pois sua circulação ao longo de (B) causa uma queda de tensão $(V'' = I_R \cdot Z)$, que neutraliza exatamente a tensão induzida:

$$V' + V'' = 0 \rightarrow I_R \cdot Z + I \cdot Z_{A-B} = 0 \rightarrow I_R = -(Z_{A-B} / Z) \cdot I$$

$$I_R = -\mu \cdot I$$

(μ) denomina-se "fator de autoneutralização". Portanto, a componente "autoneutralizada" (I_R) , não altera o perfil de potencial do condutor (B) . A queda de tensão (V_{1-2}) , ao longo de (B) , depende exclusivamente da componente (I_G) , denominada "corrente não neutralizada", e seu valor é:

$$V_{1-2} = I_G \cdot Z$$

Note-se que o circuito foi desacoplado, isto é, o efeito de (Z_{A-B}) sobre (B) foi exatamente substituído por uma fonte de corrente de valor (I_R) , usando o teorema de Norton [1,2,3]

2- CONDIÇÃO DE EQUIPOTENCIALIDADE PARA PERTURBAÇÕES PERIÓDICAS

Com base na Fig. 1 pode-se concluir que para que um condutor (B) seja equipotencial $(V_{1-2} = 0)$, existem duas condições:

- Se (B) não recebe uma tensão longitudinal aplicada por outro condutor (indução e/ou acoplamento capacitivo), será equipotencial se for percorrido por corrente nula $(I_R + I_G = 0)$.
- Se (B) recebe uma tensão longitudinal (V') , (indução e/ou acoplamento capacitivo), aplicada por outro condutor, (B) será equipotencial se for percorrido por uma corrente, cujo valor é igual ao da componente autoneutralizada (I_R) , cuja expressão é:

$$(I_R = -V' / Z)$$

No caso do acoplamento sobre (B) ser indutivo, tem-se $(V' = I \cdot Z_{A-B}) \rightarrow I_R = -(Z_{A-B} / Z) \cdot I$ e a expressão de (I_R) passa a ser $I_R = -\mu \cdot I$

3- CASOS PRÁTICOS DE EQUIPOTENCIALIDADE PARA PERTURBAÇÕES PERIÓDICAS

3.1- Equipotencialidade Da Blindagem De Um Cabo, Aterrada Na Malha De Terra

A Fig. 2 mostra a blindagem de um cabo interligada com a malha de terra local, nos pontos (1) e (2) , por meio de impedâncias transversais (Z_T) , com valor ohmico desprezível. A

blindagem é submetida a uma tensão longitudinal, induzida pela corrente de seqüência zero (I) , que circula entre os pontos $(1')$ e $(2')$ de um barramento próximo. Ve-se que a corrente (I_R) é captada da malha no ponto (2) da blindagem, circula até o ponto (1) , onde é reinjetada na malha. A tensão dos pontos (1) e (2) e também de todos os pontos intermediários da blindagem, é a mesma dos condutores da malha.

Mesmo que existam outros pontos de aterramento (com $Z_T = 0$), ou com qualquer outro valor), entre os pontos (1) e (2) , nenhuma parcela da corrente (I_R) poderá circular pelo mesmo. Isso porque a redução do valor de (I_R) , ao longo do trecho $(1-2)$ da blindagem, faria o predomínio da tensão induzida sobre a queda de tensão e a parcela de (I_R) teria que voltar a circular no trecho $(1-2)$. Tudo se passa como se a corrente de valor (I_R) estivesse aprisionada no condutor, entre os pontos de aterramento extremos (1) e (2) . Deve ser lembrado ainda que a corrente (I_R) circula na blindagem, em sentido contrário do que a corrente indutora (I) circula no barramento. A corrente (I_R) cria uma tensão induzida nos pares de condutores situados no interior do cabo. Essa tensão tem sinal contrário ao da tensão que é induzida sobre os pares pela corrente (I) . Assim a tensão total induzida sobre os pares diminui, como consequência da presença da blindagem bi-aterrada.

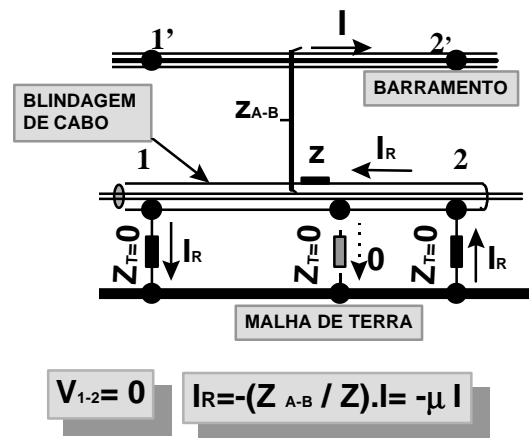


FIG. 2 - BLINDAGEM DE UM CABO ATERRADA NA MALHA DE TERRA LOCAL

3.2- Trechos Equipotenciais Dos Cabos Pára-raios De LT's, Afastados Das SE's Terminais

A Fig 3. mostra que na SE onde ocorreu o curto-circuito, a corrente de seqüência zero (I) , decompõe-se nas componentes: (I_R) e $(I_G = I_T + I_{M2})$, onde (I_T) é a "corrente de torres", que vai para a terra pelo sistema de aterramento das torres, nos trechos de 15-25 km mais próximos da SE. (I_{M2}) é a

"corrente de malha", que vai para a terra pela malha cuja resistência é (R_2). O trecho de cabos pára-raios afastado mais de 25 km das SE's terminais (suposto com 160 km de extensão na Fig. 3), é percorrido exclusivamente pela corrente (I_R), que pode ter um valor de centenas de amperes. Nesse trecho, toda a corrente (I_T) foi injetada no solo pelo sistema de aterramento das torres dos trechos iniciais. Portanto, todos os pontos dos cabos pára-raios, neste trecho, bem como as torres correspondentes, estão a um mesmo potencial zero da terra remota. Não há corrente circulando para a terra pelas torres do trecho mencionado.

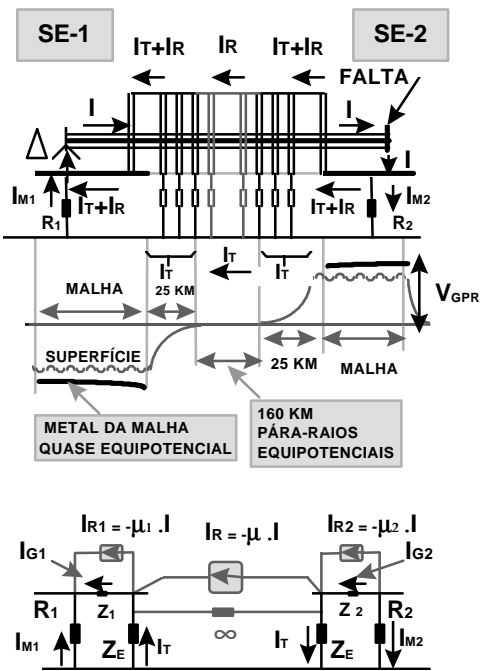


FIG.3-TRECHO EQUIPOTENCIAL DOS PÁRA-RAIOS MALHAS QUASE EQUIPOTENCIAIS

3.3 - Malha De Terra Quase Equipotencial

Na Fig.3, no ponto de curto-circuito, situado na SE-2, a corrente de seqüência zero (I) decompõe-se nas componentes: ($I = I_R + I_T + I_{M2}$). Uma grande porcentagem da corrente (I_{M2}), difunde-se no solo pelos condutores mais externos da malha, pois as resistências transversais para a terra desses condutores, tem menos acoplamentos mútuos com outros condutores da malha. Todos os pontos dos condutores da malha atingem quase exatamente o mesmo potencial ($V_{GPR} = I_{M2} \cdot R_2$), em relação a terra remota. O valor típico de (V_{GPR}) é de várias centenas, ou mesmo milhares de volts. As condições de segurança na malha não dependem dos valores de (V_{GPR}), (I_{M2}), ou (R_2), mas sim da distribuição do potencial de terra na superfície do solo, o

que é controlado pela proximidade dos condutores da malha. Dessa forma consegue-se que os potenciais de passo, de toque e de malha sejam no máximo iguais aos potenciais toleráveis correspondentes.

Entretanto a redução do valor de (V_{GPR}) pode ser necessária, para controlar o potencial transferido pela cablagem, para pontos remotos, fora da malha. Isso pode ser conseguido de maneira eficiente, utilizando-se LT's que tenham cabos pára-raios CAA nos 15-25 km mais próximos da SE. Isso causa um aumento no valor de (I_T) e um aumento drástico no valor de (I_R), resultando em uma redução do valor de (I_{M2}) e de (V_{GPR}). A circulação de (I) pelo barramento defeituoso, e pelo trecho de LT situado sobre a malha da SE, permite que uma corrente ($I_{R2} = -\mu_2 \cdot I$), com valor geralmente bastante elevado, circule exclusivamente nos condutores da malha que são paralelos e próximos do barramento e do trecho de LT mencionados (ver Fig 4), sem causar nenhuma variação de potencial ao longo dos condutores da malha. A corrente não neutralizada (I_{G2}), que circula pelos condutores da malha, terá portanto a seguinte expressão:

$I_{G2} = (I_R + I_T + I_{M2}) - \mu_2 \cdot I$, e seu valor é geralmente pequeno porque ($\mu_2 \cdot I$) é grande. O valor da queda de tensão longitudinal ao longo da malha será portanto: ($V' = I_{G2} \cdot Z_1$), e seu valor geralmente é de uma fração de um volt. A malha será portanto quase equipotencial. (Z_1) representa a impedância dos condutores da malha em paralelo, vistos entre os pontos (1) e (2) da Fig.4. Note-se que a malha é quase equipotencial, porque a corrente autoneutralizada da malha ($-\mu_2 \cdot I$), tem valor muito elevado, e porque (Z_1) tem geralmente valor muito pequeno.

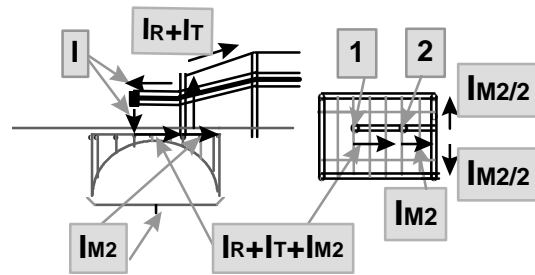


FIG.4-CIRCULAÇÃO DE CORRENTES NA MALHA

4- PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE CORRENTE E DE TENSÃO APERIÓDICAS

4.1- Impedâncias Próprias E Mútuas De Surto

A impedância de surto própria (Z_{S1}), em ohms, de um trecho elementar do condutor (1), é a impedância terminal de um circuito "ladder" infinitesimal, que substitui o trecho, composto de uma infinidade de impedâncias longitudinais ($Z_{L1} = j \cdot \omega \cdot L$) e de uma infinidade de impedâncias transversais:

$$(Z_{T1} = 1 / j \cdot \omega C):$$

Utilizando-se a expressão da impedância terminal de um circuito análogo para surtos de um transformador com secundário "ladder", com um número infinito de pis, tem-se:

$$Z_{S1} = z L_1 / 2 + \sqrt{z L_1^2 / 4 + z L_1 \cdot z T_1} \cong \sqrt{z L_1 \cdot z T_1} =$$

$$Z_{S1} \cong \sqrt{(j \cdot \omega \cdot L) \cdot (1 / j \cdot \omega C)} = \sqrt{L / C} \quad / 0.0^\circ \quad \Omega$$

O valor de (Z_{S1}) pode ser calculado diretamente da geometria do condutor pela expressão a seguir (ver Fig. 5):

$$Z_{S1} = (138 / \sqrt{k}) \log (2H / r), \text{ em } \Omega$$

Na expressão anterior, (H) é a distância ao plano de referência, em m, e (r) é o raio do condutor, em m. ($k=1$) é a permissividade magnética do meio ($k=1$, para condutores aéreos).

A impedância mútua de surto (Z_{M1-2}), em Ω , pode ser calculada pela expressão a seguir (ver Fig.5)

$$(Z_{M1-2}) = (138 / \sqrt{k}) \log (D_1 / D_2), \text{ em } \Omega.$$

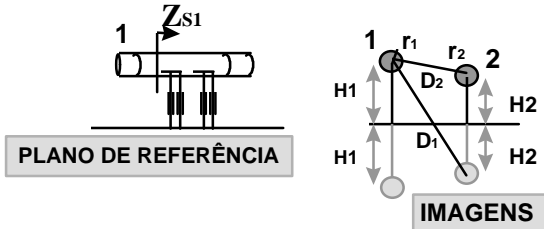


FIG.5-PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DAS IMPEDÂNCIAS PRÓPRIAS E MÚTUAS DE SURTO

4.2- Variação Do Potencial De Surto, Ao Longo Dos Condutores

A Fig.6 mostra que, quando uma onda de corrente (I_1) (por exemplo com o valor de pico ($I_1=2\text{kA}$), tempo para o pico ($t=1\mu\text{s}$), e velocidade ($u=300\text{ m}/\mu\text{s}$)) é injetada em um condutor (1), (com impedância de surto ($Z_{S1}=235\ \Omega$)), produz sempre uma onda de tensão (com valor de pico ($V_1=(Z_{S1}) \cdot (I_1) = (235) \cdot (2) = 470\text{ kV}$), tempo para o pico ($t=1\ \mu\text{s}$), e velocidade ($u=300\text{ m}/\mu\text{s}$)), que acompanha a onda de corrente. A diferença de potencial entre dois pontos desse condutor, separados pela distância de um metro, é ($v_1=470\text{ kV}/300\text{m}=1,57\text{ kV}/\text{m}$). O condutor (2), que tem uma impedância própria de surto ($Z_{S2}=220\ \Omega$), está nas proximidades do condutor (1). A impedância mútua de surto entre os condutores (1) e (2) é ($Z_{M1-2}=50\ \Omega$). O tráfego da onda (I_1) pelo condutor (1), induz uma onda de tensão (V_2') ao longo de um condutor próximo (2). A onda de tensão induzida tem valor de pico dado pela expressão:

($V_2' = (Z_{S1-2}) \cdot (I_1) = (50) \cdot (2) = 100\text{ kV}$), e um tempo para o pico ($t=1\mu\text{s}$). A Referência [4] mostra que essa onda de tensão induzida não dá origem a uma onda de corrente, até encontrar um ponto de aterramento, como o ponto (e) da Fig.6. É o

aberto. No ponto (e), a onda de tensão (V_2'), que percorre o condutor (2), provoca a absorção de uma onda de corrente (I_2) do sistema de aterramento local. Seu valor de pico corresponde a uma "onda de corrente autoneutralizada": (ver Fig.7).

($I_2 = -(Z_{M1-2} / Z_{S2}) \cdot (I_1) = -(50 / 220) \cdot (2) = -0,455\text{ kA}$). Essa onda de corrente trafega ao longo do condutor (2), em um sentido contrário ao que a onda de corrente

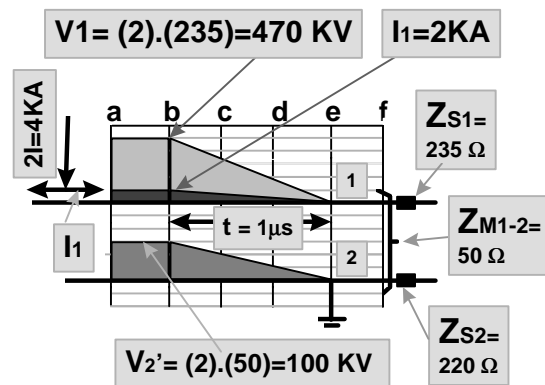


FIG.6- ONDAS DE CORRENTE E DE TENSÃO NO CONDUTOR INDUTOR (1) E ONDA DE TENSÃO NO CONDUTOR INDUZIDO (2)

indutora ($I=2\text{ kA}$), trafega ao longo do condutor (1). O tempo para o pico da onda (I_2) é ($t=1\mu\text{s}$). O tráfego de (I_2), ao longo do condutor (2), que tem impedância de surto ($Z_{S2}=220\ \Omega$), produz uma onda de tensão, que tem valor de pico: ($V_2' = (Z_{S2}) \cdot (I_2) = (220) \cdot (-0,455) = -100\text{ kV}$) e acompanha a onda (I_2). Esse valor de pico é igual e tem polaridade contrária a da onda (V_1'), de modo que tem-se:

($(V_2') + (V_1') = 0$). Qualquer ponto do condutor induzido (2), situado a uma distância (L) do ponto de aterramento (e), no sentido da propagação da onda (I_2), terá potencial nulo somente depois da onda de corrente (I_2) ter atingido seu valor de pico no ponto. A Fig.7 mostra que isso ocorre no tempo ($T = 2L / u + t$), após a onda (V_1') ter atingido o ponto em apreço. Por exemplo o ponto (d), a 100 m a esquerda de (e), terá potencial nulo somente após ($T = (2) \cdot (100) / (300) + 1 = 1,67\mu\text{s}$). A onda de corrente autoneutralizada (I_2) tem sentido de tráfego oposto ao da onda de corrente indutora (I_1). A corrente (I_2) é portanto uma corrente de blindagem, que reduz onda de tensão aplicada por (I_1) sobre qualquer circuito próximo. As blindagens dos cabos só podem ser aterradas nas extremidades, com o objetivo de manter a integridade do cabo. Geralmente isso é suficiente para reduzir as tensões induzidas periódicas, que atuam nos condutores do cabo, situados no interior de sua blindagem. Entretanto,

esses cabos devem ser conduzidas no interior de bandejas, eletrocalhas etc. com múltiplos aterramentos ao longo do percurso, que dessa forma passam a funcionar como blindagens adicionais, destinadas a reduzir a tensão induzida sobre os condutores dos cabos, produzidas por ondas de corrente. Operam também para reduzir a tensão induzida sobre os condutores dos cabos, produzidas por correntes periódicas. Quanto mais próximos os aterramentos entre si, mais rapidamente a corrente autoneutralizada chegará ao seu valor de pico, no local ao longo do trajeto dos cabos que sofreu o efeito de uma onda de tensão induzida. Isso permite evitar que a onda de tensão que é induzida nos condutores do cabo nesse ponto, atinja seu valor de pico, antes que a corrente de blindagem, circulando nas bandejas, eletrocalhas, ou outras blindagens adicionais próximas, possa reduzir esse pico.

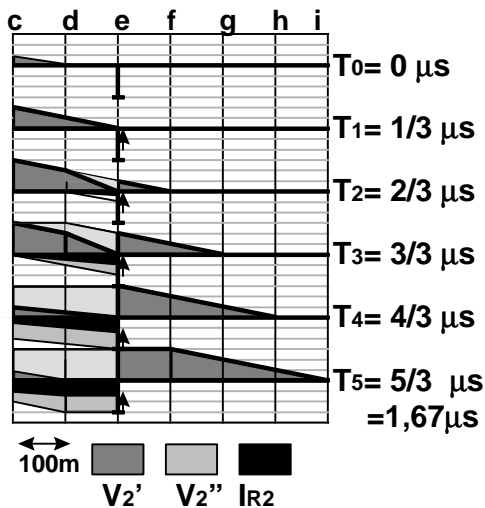


FIG 7- CIRCULAÇÃO DA ONDA DE CORRENTE (IR2) NO CONDUTOR INDUZIDO (2) (VER FIG 6)

4.3 - Influência Das Junções No Valor De Pico Das Ondas De Tensão E De Corrente

Quando um onda de tensão encontra uma junção de 4 condutores (como nas malhas de terra, nas redes de captação, nas malhas densas, e por extensão, nas placas metálicas) os fatores de refração e reflexão são respectivamente (0,5) e (-0,5). Por esse motivo o valor de pico da onda de tensão refratada (e também da soma da onda refletida com a incidente) são divididas pela metade. O tempo para o pico (t), permanece imutável. As junções aceleram portanto o decaimento do valor de pico das ondas, o que geralmente restringe as áreas de risco humano a alguns metros nas imediações do ponto de injeção de corrente de impulso. Entretanto, haverá ainda variação de tensão ao longo de dezenas, ou mesmo centenas de metros dos condutores em apreço.

4.4- Variação De Tensão Ao Longo Dos Condutores Subterrâneos

Cada trecho de um condutor subterrâneo pode ser representado por um circuito "ladder" formado de impedâncias de surto longitudinais, ligadas a resistências transversais.

Há portanto junções e efeito resistivo colaborando para acelerar a queda do valor de pico das ondas que trafegam pelo condutor. Entretanto, haverá ainda variação de tensão ao longo de dezenas de metros dos condutores em apreço.

5- CONCLUSÕES

a) No item 2 foram estabelecidas as condições para que um condutor, ou um conjunto de condutores interligados, seja considerado equipotencial, para perturbações periódicas, tais como curto-circuitos, correntes e tensões harmônicas, desequilíbrio de neutros de distribuição etc.

b) Foi mostrado que devido a corrente autoneutralizada e a reduzida resistência dos condutores de cobre, as malhas de aterramento são geralmente quase equipotenciais, para perturbações periódicas

c) Foi mostrado também que, para perturbações periódicas, o trecho da blindagem de um cabo, situado entre dois pontos de aterramento da mesma na malha local, pode ser considerado como equipotencial. Esse trecho de blindagem bi-aterrado, reduz as perturbações indutivas ou capacitivas, que agem sobre os pares ou ternos, situados no interior desse trecho de cabo.

d) Mostra-se também que os trechos dos cabos pára-raios das LT's, que estejam afastados de 15-25 km das SE's terminais, e as torres respectivas, podem ser considerados equipotenciais durante curto-circuitos, mesmo quando esses trechos de cabos pára-raios são percorridos por correntes com o valor de centenas de amperes.

e) Mostra-se que não existe efetivamente equipotencialidade, ao longo de um condutor ou sistema de condutores interligados aéreos, ou subterrâneos, quando recebem a injeção de uma onda de corrente aperiódica. Nas imediações do ponto de injeção mencionado, no mesmo instante, pode haver uma diferença de potencial de vários kV, entre pontos do condutor separados de 1m. Essa variação de tensão, no tempo e no espaço, ao longo da rede, pode estender-se por dezenas, ou mesmo centenas de metros a contar do ponto de injeção. A perturbação pode estender-se por um período superior ao tempo para o pico, da onda de corrente aplicada. A utilização de malhas densas ou placas metálicas, no trecho da rede que recebe a injeção, pode reduzir mais rapidamente o pico das ondas trafegantes, o que é importante para a segurança humana. Entretanto, isso não é geralmente suficiente para atender aos requisitos dos dispositivos eletrônicos atuais.

f) No item 4 mostra-se também que não existe efetivamente equipotencialidade ao longo de um condutor ou sistema de condutores aéreos, ou subterrâneos, quando recebem influência de ondas de tensão aperiódicas induzidas. A equipotencialidade é atingida somente após um tempo relativamente elevado, da ordem de grandeza do tempo para o pico, da onda de tensão induzida.

g) Diversas práticas ainda previstas em normas, tal como o uso de todos os cabos e o condutor terra destinados a um painel, anéis de equalização aéreos em edificações, são ineficazes, já fazem parte de um chicote exclusivo do painel. que a tensão de impulso pode ter uma variação de vários kV entre dois pontos do anel separados por um metro.

A utilização desses procedimentos decorre de uma análise indevida de fenômenos de propagação de ondas aperiódicas, feita por meio de circuitos pretensamente equivalentes, que utilizam parâmetros concentrados (L), (C) e (R) e uma decomposição indevida das ondas aperiódicas por meio da série de Fourier, para caracterizar o conceito inadequado de frequência dominante (ver Ref [5]). **Para evitar esses enganos, deve-se analisar os fenômenos que envolvem propagação de ondas aperiódicas, utilizando impedâncias de surto próprias e mútuas, ondas refletidas e refratadas etc.** A técnica das ondas trafegantes tem sólida base teórica e experimental na indústria elétrica, e tem sido utilizada com sucesso para analisar todos os fenômenos que envolvem raios, localização de pára-raios, manobras, TRV e RRRV, e demais perturbações aperiódicas (ver Ref [5]).

h) Os cabos, sempre que possível, devem ter uma blindagem mais externa aterrada nas duas extremidades (podem, quando necessário, ter outras blindagens adicionais internas). Esse tipo de blindagem bi-aterrada, é muito eficaz para reduzir os ruídos aplicados ou acoplados sobre os pares e ternos dos cabos, causados por perturbações periódicas (curto-circuitos, harmônicos, correntes de desequilíbrio), e por algumas perturbações aperiódicas (alguns chaveamentos; descargas atmosféricas, que tenham tempo para o pico extremamente longo).

i) Os cabos blindados devem ser conduzidos no interior de bandejas metálicas, eletrocalhas etc., com diversos aterramentos ao longo do percurso. Essa blindagem adicional multi-aterrada, visa **reduzir as perturbações sobre os pares dos cabos, causados por perturbações aperiódicas, com tempo para o pico na faixa usual.**

j) As blindagens próprias dos cabos e as blindagens adicionais conseguem reduzir consideravelmente a intensidade das perturbações aplicadas sobre os pares, no interior dos cabos. Entretanto raramente conseguem reduzi-las ao nível suportável pelos terminais dos dispositivos terminais sensíveis.

k) Os descarregadores, varistores, transzorbs, etc., instalados nos terminais de dispositivos sensíveis devem ser considerados como proteção de retaguarda. Isso porque a operação de um deles cria geralmente perturbações nos circuitos vizinhos, salvaguardando os dispositivos, mas aumentando a extensão da perturbação (ver Ref. [5]).

l) O ideal é que nas salas dos painéis eletrônicos, os cabos sejam reorganizados em "chicotes", de tal maneira que

essa forma, se uma onda aperiódica for injetada ou induzida em um condutor (ou em uma blindagem, ou no condutor terra) do "chicote", provocará o aparecimento de ondas praticamente idênticas, nos demais componentes do "chicote". Dessa forma, será praticamente nula a diferença de potencial entre os terminais de um dispositivo sensível, no interior do painel. Da mesma forma, será praticamente nula a diferença de potencial entre os terminais do dispositivo mencionado e a terra local (condutor terra do "chicote" ligado à carcaça do dispositivo).

m) Os "chicotes" devem entrar nos painéis pelo sua parte inferior. Isso permite que o condutor terra que acompanha os cabos e o próprio painel sejam interligados com a terra do piso.

n) A condução dos "chicotes" no interior de pisos falsos, de cobertura condutiva ou semi-condutiva, tem a vantagem de aproximá-los do plano de referência. Isso diminui o valor das impedâncias mútuas de surto entre todos os condutores. Reduz portanto a chance dos mesmos causarem ou receberem interferências.

o) Quando os cabos entram no painel pela parte superior do mesmo, como é usual nas instalações de telecomunicação, o painel deve ser aterrado tanto no condutor terra que acompanha os cabos, como no piso da sala, para evitar que o operador receba choques. Essa dupla ligação permite a formação de um "loop" no sistema de terra (composto pelo painel; ferragens do piso; ferragens das paredes; suportes das bandejas; bandejas; condutor terra; painel). Esse "loop" pode ser utilizado por eventuais correntes parasitas, ou por harmônicas produzidas por retificadores. Além disso, a maior distância dos cabos ao plano de referência aumenta o valor das impedâncias mútuas de impulso, permitindo causar ou receber perturbações.

6 - REFERÊNCIAS

[1] S.T. Sobral, V.GP. Fleury, D. Mukhedkar - *"Decoupled Method for Studying Large Interconnected - Ground Systems Using Microcomputers - Part I - Fundamentals"* - IEEE Trans Vol.PWRD-3,Nº4 Oct. 1988, pp: 1536-1544.

[2] S.T. Sobral, C.A.O. Peixoto, D. Fernandes, D.[Mukhedkar - *"Ground Measurements at Itaipu Generation Complex Using the Extended Eleck Method"* - IEEE Trans Vol.PWRD-3,Nº4 Oct. 1988, pp: 1553-1563.

[3] S.T. Sobral, M.S. Campos, B. Goldman, V.S. Costa, D. Mukhedkar - *"Análise de Circuitos "Ladder" de Parametros Concentrados Exitados Por Fontes de Corrente"* - IX SNPTEE - B.Horizonte, 1987, (BH/GSE/15).

[4] C.F. Wagner, G.D. McCann *"Wave Propagation on Transmission Lines"* T&D Reference Book, Cap 15 e 22 artigos da Bibliografia.

[5] S.T.Sobral, Murilo.V.Serra, A. Milanez, Alvaro L.A. Miranda, João L.F.Almeida, Adílio.R.M.Souza, A. S. Carlos *"Controle De Interferências E Compatibilidade Eletromagnética Na Usina E Na Se De Serra Da Mesa, De Furnas"* - XIV SNPTEE- GSI-10-1997