



XVI SNPTEE
Seminário Nacional de Produção e
Transmissão de Energia Elétrica

SCQ/024
21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo - Brasil

STE

INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA

A TÉCNICA DE DISPOSIÇÃO DE CABLAGENS EM “CHICOTE” PARA REDUZIR OS RUÍDOS DE MODO COMUM E DIFERENCIAL- RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

Sérgio.T.Sobral (*) Sérgio C.Sobral
ST& SC Serviços Técnicos Ltda.

David S. Rezende José Eduardo D. Olesko
COPEL – Companhia Paranaense de Energia

RESUMO

O principal objetivo do IT é reportar os resultados dos testes realizadas no laboratório de alta tensão do LACTEC, em Curitiba. Os testes destinaram-se a medir o valor dos ruídos de modo comum e diferencial, que surgem durante perturbações periódicas e aperiódicas, nos terminais dos pares de condutores dos cabos. Mediu-se a variação desses ruídos, na dependência do tipo de blindagem utilizado nos cabos, do aterramento das mesmas e da disposição dos cabos em “chicotes”.

O IT mostra como a técnica dos “chicotes” foi utilizada com sucesso no projeto de usinas e subestações de 500 kV que entraram em serviço há cerca de dois anos.

Com o objetivo de familiarizar o leitor com o assunto, o IT mostra como, segundo a teoria, as blindagens mono-aterradas, biaterradas e em combinação conseguem reduzir os ruídos de modo comum e diferencial que surgem nos terminais das cablagens ligados a dispositivos digitais, produzidos por perturbações periódicas (curto-circuitos, harmônicos, etc.), ou por perturbações aperiódicas (descargas atmosféricas, manobras, ou chaveamento de circuitos).

Em seguida o IT explica porque a organização em “chicote” dos cabos blindados contribui para reduzir ainda mais os ruídos de modo comum e de modo diferencial que chegam aos terminais de dispositivos digitais.

O IT passa então a descrever como foram realizadas no LACTEC as medições em apreço e os resultados obtidos.

Discute-se então como esses resultados poderão ser utilizados em futuros projetos de usinas e subestações digitalizadas.

PALAVRAS CHAVES

Interferência, Campo Elétrico, Campo Magnético, Ruído

1- INTRODUÇÃO

Entraram em operação há cerca de 2-3 anos as Usinas e SE's de 500 kV de Serra da Mesa, Corumbá e Samambaia (sistema de FURNAS) e de Salto Caxias (sistema da COPEL). Essas instalações foram projetadas com critérios semelhantes de controle de interferências e compatibilidade eletromagnética [14,15], utilizando entre outras medidas, uma metodologia semelhante quanto ao emprego de blindagens e quanto a organização de cabos em “chicotes”. A operação das instalações tem sido adequada, mesmo em condições ainda julgadas inviáveis por algumas normas.

Para exemplificar, as instalações altamente digitalizadas da Usina e da SE de Serra da Mesa tem uma resistência de aterramento de 46,7 Ω e apesar disso o desempenho é seguro frente a curto-circuitos, descargas atmosféricas e manobras. O presente IT analisa o peso relativo do sistema de blindagens e da organização em “chicotes” nos resultados obtidos, com base em testes realizados no laboratório de alta tensão do LACTEC, realizados de 5-7 março de 2001.

2-COMO AS BLINDAGENS CONTROLAM OS RUÍDOS DE MODO COMUM E DIFERENCIAL (PREVISÃO TEÓRICA)

A análise teórica recapitulada nos itens 2 e 3 deste artigo está de acordo com as Referências [12 a 20]. A importância relativa de cada um dos efeitos comentados será examinada mais a frente, em vista dos resultados das medições realizadas no LACTEC.

2.1- Ruído de Modo Comum

É a diferença de potencial que existe entre qualquer um dos dois condutores de um par e a terra local (malha, ferragens, painel, etc.) durante perturbações. Quando atua entre os terminais de um dispositivo e o metal do painel, o ruído de modo comum pode causar a queima do equipamento, ou má operação do mesmo [19].

Como o par de condutores está geralmente aterrado em um dos seus terminais, o ruído de modo comum (V_2), nesses casos é igual ao potencial longitudinal (V_2), induzido pelo condutor indutor sobre os condutores do par (ver Fig.1).

O potencial longitudinal V_2 tem uma componente indutiva ($I.Z_1-2$) e uma componente capacitiva (divisor capacitivo de potencial mostrado na Fig.2).

O mono-aterramento da blindagem diminui em parte a parcela de V_2 devida ao acoplamento capacitivo. Como não há corrente circulando na blindagem devido ao mono-aterramento, a mesma não pode contribuir para diminuir a parcela de V_2 devida ao acoplamento indutivo.

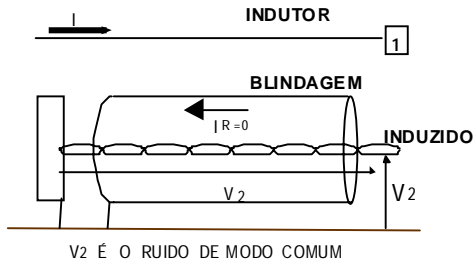


Fig.1-Ruído de modo comum

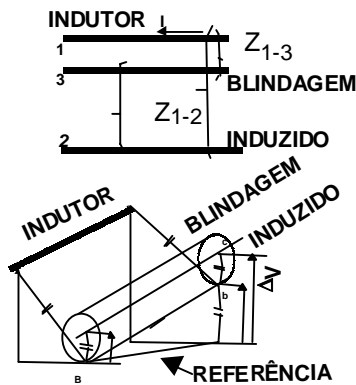


Fig.2-Acoplamentos indutivo e capacitivo entre indutor e induzido

Evidentemente, o biaterramento da blindagem permite a circulação de correntes periódicas e aperiódicas, que reduzem o potencial longitudinal aplicado sobre os condutores do par e portanto, reduzem também o ruído de modo comum (ver Fig. 3).

2.2-Ruído de Modo Diferencial

É a diferença de potencial que existe entre os dois condutores do par durante perturbações. Quando atua entre os terminais de um dispositivo, o ruído de modo diferencial pode, em alguns casos, modificar a natureza da informação transmitida (principalmente se for analógica), causar erros de operação, ou mais raramente, causar danos ao dispositivo [19].

O ruído de modo diferencial é causado pelas pequenas dissimetrias dos condutores de um par e pela circulação de correntes capacitivas parasitas, com valores ligeiramente diferentes, nos dois condutores de um par. O trançamento dos condutores do par contribui para reduzir essas diferenças.

Quando a blindagem está aterrada em apenas uma extremidade (ver Fig.4), existe uma reatância capacitiva com elevado valor ôhmico entre o terminal aberto e a terra local. Isso limita a intensidade das correntes capacitivas parasitas e reduz o valor do ruído de modo diferencial.

O biaterramento da blindagem curto-circuita a reatância capacitiva mencionada (ver Fig. 5), e permite um aumento do valor das correntes capacitivas parasitas. Aumenta portanto o valor do ruído de modo diferencial.

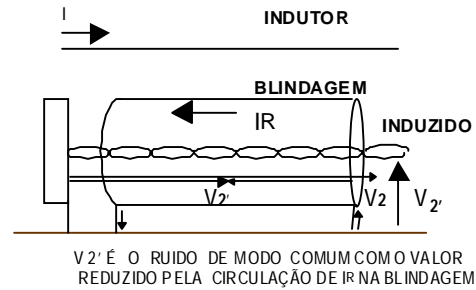


Fig.3 - Redução do ruído de modo comum por meio do biaterramento da blindagem (válido para perturbações periódicas ou aperiódicas)

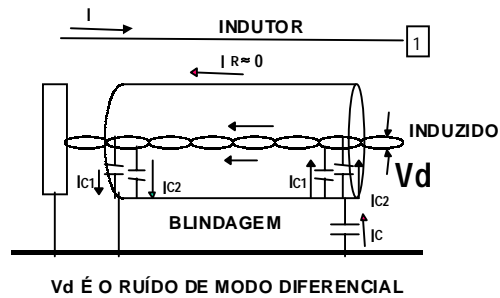


Fig.4- Ruído de modo diferencial

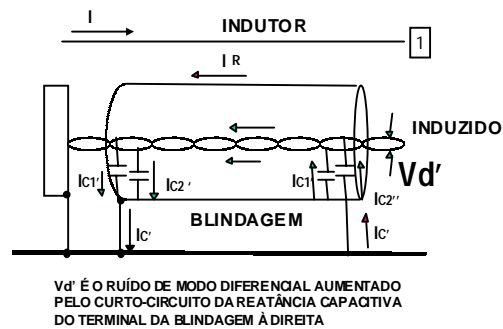


Fig.5 - O biaterramento da blindagem aumenta o valor do ruído de modo diferencial

2.3- Como conciliar a redução do ruído de modo comum com a redução do ruído de modo diferencial ?

A conciliação em título pode ser feita pelo uso de cabos com dois tipos de blindagem (ver Fig.6). Uma blindagem geral externa, aterrada nas duas extremidades, destinada a reduzir o ruído de modo comum e evitar a queima dos dispositivos terminais; e uma blindagem interna para cada par (ou terno) de condutores, aterrada somente do lado do dispositivo sensível, destinada a reduzir o ruído de modo diferencial e evitar a modificação das informações transmitidas.

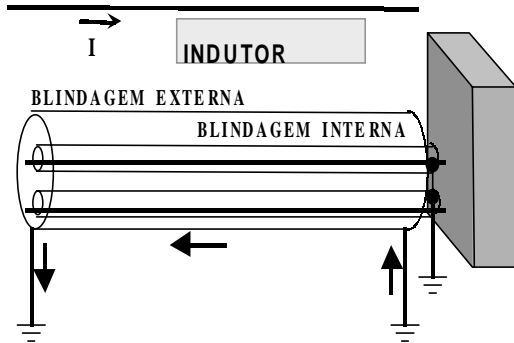


Fig.6- Cabo com dois tipos de blindagem – redução simultânea dos ruídos de modo comum e diferencial

3 - ORGANIZAÇÃO DA CABLAGEM QUE CHEGA A UM PAINEL- A TÉCNICA DO “CHICOTE” DE CABOS

Testes de laboratório conhecidos desde 1935 [1,2,3], mostram que, quando um raio atinge um objeto metálico aterrado ou não, ou atinge um reticulado de condutores aéreos (ferragens de edifício), ou um reticulado subterrâneo (malha de terra), produzirá uma variação de potencial entre pontos adjacentes ao longo do condutor, que poderá atingir dezenas, centenas ou milhares de volts, dependendo da taxa de crescimento da frente de onda [12 a 19]. Em conclusão, o conceito de equipotencialidade não se aplica para o caso de condutores percorridos por ondas de corrente injetadas por um raio, principalmente nas imediações do ponto de impacto do mesmo.

Entretanto, a técnica do “chicote” de cabos permite minimizar os ruídos de modo comum e de modo diferencial que chegam aos terminais de um dispositivo sensível, mesmo em presença de fortes variações de potencial causadas por ondas aperiódicas de corrente. Segundo essa técnica, todos os cabos (adequadamente blindados) que destinam-se a um mesmo painel de instrumentos, seguem juntos (no interior do piso falso ou da bandeja que dá acesso ao painel), formando um “chicote” denso de cabos, mantido na posição por presilhas adequadas (ver Fig.7). Cada “chicote” contém sempre um cabo terra que será interligado ao painel a que se destina. Dessa forma, qualquer onda aperiódica que seja aplicada em um cabo, produzirá ondas quase idênticas nos outros cabos e no condutor de terra que os acompanha, e que faz parte do “chicote”. Assim sendo, mesmo em presença de intensas variações de potencial longitudinal ao longo dos cabos, pode-se verificar que em cada ponto do trajeto, mantém-se muito reduzida a diferença de potencial entre os pares de condutores dos cabos de um “chicote” (ruído de modo diferencial). Da mesma maneira, em cada ponto do trajeto, mantém-se muito reduzida a diferença de potencial entre cada condutor do par e o condutor terra local (ruído de modo comum).

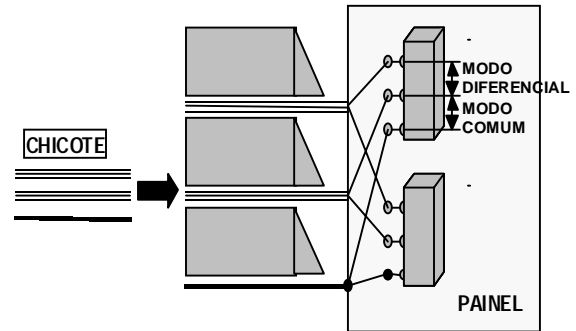


Fig.7 – Como a técnica do “chicote” de cabos reduz os ruídos de modo comum e diferencial, mesmo em presença de variações de potencial intensas

4-CIRCUITOS DE TESTE

4.1- Circuito do Indutor

Foi utilizado como indutor um trecho aproximadamente retilíneo de um condutor de cobre isolado, com 10 m de extensão, esticado entre dois suportes metálicos por meio de cordéis isolantes. Nos terminais desse trecho, os condutores que fechavam o circuito afastavam-se perpendicularmente do trecho mencionado, até uma distância de cerca de 6 m.

Durante os testes, o indutor foi percorrido ora por 100 A c.a. à 60 Hz, ora por uma onda de impulso de corrente tipo $8 \times 20 \mu s$, com 1600 A de crista.

No caso de alimentação c.a., o circuito indutor incluía uma fonte e um transformador.

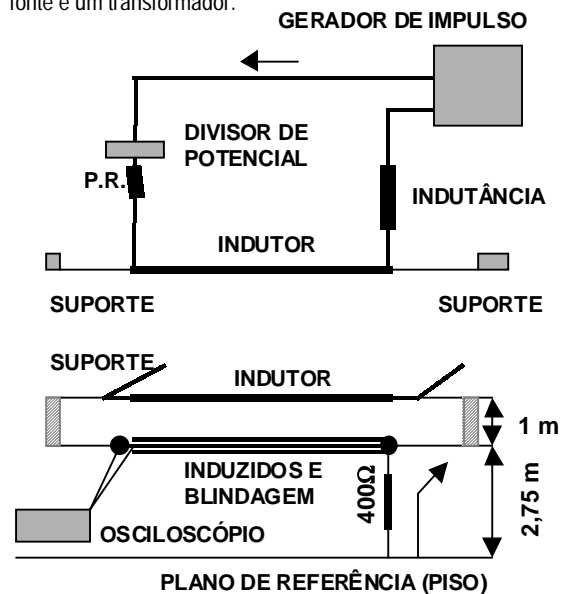


Fig.8 – Configuração dos circuitos de teste

No caso de alimentação por um impulso de corrente o circuito indutor incluía o gerador de impulsos, uma indutância com “taps”, um divisor de potencial e um pára-raios, utilizados para modelar a onda de impulso (ver Fig.8).

4.2-Circuito Induzido e Blindagens

Paralelamente ao trecho de 10 m do indutor foi instalado um conjunto de condutores para constituírem o induzido e a blindagem, com as seguintes variantes: um par de condutores; um par trançado de condutores; cabo multipar com blindagem externa; cabo com pares blindados; condutor de terra do "chicote". Quando a perturbação aplicada era de 60 Hz, o conjunto era aterrado em uma extremidade e os ruídos de modo comum e diferencial eram medidos na outra extremidade. Quando a perturbação aplicada era impulsiva, o conjunto de induzidos e blindagens eram ligados à terra por meio de um resistor de 400 Ω , e os ruídos de modo comum e diferencial eram medidos na outra extremidade. O valor ôhmico do resistor é próximo ao valor da impedância de surto dos condutores indutores e das blindagens, o que minimiza as reflexões nos terminais ligados ao resistor. As medições foram feitas por meio de um osciloscópio Tektronix TDS 744 A, utilizando 2 dos 4 canais disponíveis.

5-CONSTATAÇÕES GERAIS DECORRENTES DAS MEDIÇÕES

Deve ser lembrado que a extensão de 10 m de indutor, que foi possível utilizar nas medições, é relativamente reduzida se comparada com a extensão real de cabos que normalmente existem em uma SE ou Usina. Ainda assim, alguns efeitos das blindagens previstos pela teoria puderam ser claramente medidos. Outros efeitos previstos não puderam ser medidos de maneira confiável, como segue:

- a) Verificou-se que mesmo um pequeno aumento da separação entre dois condutores de um par de condutores induzidos aumentava sensivelmente o ruído de modo diferencial, tanto para perturbações impulsivas quanto para 60 Hz. Esse resultado, por si só, confirma a conveniência do uso de "chicotes" de cabos;
- b) Durante perturbações impulsivas, não foi significativa a redução dos ruídos de modo comum e de modo diferencial, resultantes da presença de uma blindagem monoaterrada;
- c) A redução de ruídos de modo comum e diferencial foi significativa para condições de indução com impulso de corrente e biaterramento. Não foi entretanto possível identificar o aumento do ruído de modo diferencial. Como previsto na Fig.5, esse aumento seria consequência do biaterramento das blindagens no caso de cabos com centenas de metros de extensão. Essa verificação não pôde ser feita durante o teste;
- d) Foi possível medir uma certa redução do ruído de modo diferencial no caso de cabos trançados. Como previsto na Fig.4, essa redução é esperável para perturbações impulsivas e de 60 Hz, principalmente quando os cabos trançados têm centenas de metros de extensão;
- e) Foi quase imperceptível a redução do ruído de modo comum durante perturbações de 60 Hz, consequente do biaterramento da blindagem. O assunto é analisado em mais detalhe no item 6 a seguir; e
- f) Como a sala de testes tem uma malha de terra muito densa, situada nas proximidades do piso, não foi possível separar completamente a influência dos condutores da malha da influência do condutor terra que acompanha o "chicote". Deve ser lembrado que a situação testada é bastante diferente do que ocorre em

uma SE ou Usina usuais, onde os condutores da malha podem estar separados de 3-40m. Nesse caso a utilização de um condutor terra no "chicote" pode ser mandatória, nos termos do item 3, mas esse fato não pôde ser diretamente testado.

6-EFEITOS DE BLINDAGENS BIATERRADAS OU MULTI-ATERRADAS PARA PERTURBAÇÕES À 60 Hz

O assunto tem aspectos de grande interesse teórico, que são pouco analisados pela literatura. Cálculos teóricos [4,5,7,9,10,11, 19], confirmados por medições de campo [6,8], mostram que, durante curto-circuitos, os condutores de blindagem de circuitos de transmissão e de distribuição (tais como as blindagens de cabos de potência, os cabos pára-raios de LT's e o 4º fio de alimentadores de distribuição) podem ser percorridos por percentagens elevadas das correntes que circulam nos indutores (fases). Por exemplo, no caso de cabos de potência com blindagem reforçada de alumínio, a corrente de curto-circuito que retorna pela blindagem pode ser 99,9% da corrente que circula nas fases [7,10]. No caso de cabos pára-raios CAA e do quarto fio de sistemas de distribuição, esses valores passam a ser de 40- 70% [5,6,8,9]. No caso de cabos pára-raios de aço a percentagem passa a ser de 8-14% [10]. Conforme as referências mencionadas, essas percentagens são basicamente decorrentes da relação (Z_M / Z) entre fases e as blindagens. Nesse caso (Z_M) é a impedância mútua de seqüência zero entre fases e blindagem e (Z) é a impedância própria de seqüência zero do condutor de blindagem. O cálculo de (Z_M) e (Z) é feito geralmente pelas fórmulas de Carlson, que levam em consideração que o retorno das correntes indutoras e de blindagem em circuitos de transmissão e distribuição utilizam um volume considerável de terra sob os circuitos (ver Fig.9). O efeito equivalente desse volume condutor pode ser representado por um condutor equivalente situado a uma profundidade (D_e), que pode estar a centenas de metros da superfície do solo. Como consequência, é muito grande a área da "espira" abraçada pelo fluxo mútuo. No caso de condutores indutores e induzidos situados em SE's, Usinas e laboratórios de medição, o retorno se faz pela malha de terra e a "espira" abraçada pelo fluxo comum é dezenas ou mesmo centenas de vezes menor que no caso dos circuitos de transmissão e distribuição (ver Fig.10). Nos testes realizados no LACTEC, determinou-se por cálculo e por medição direta, que a relação (Z_M / Z) do circuito era menor que 1%, apesar da proximidade entre indutor e induzido, e da baixa impedância longitudinal do condutor de alumínio interno ao cabo, usado como blindagem. Em consequência, a tensão induzida no condutor induzido e na blindagem é relativamente pequena. É pequena também a corrente que circula pela blindagem. Assim sendo, é reduzida a importância da blindagem biaterrada ou multi-aterrada para perturbações à 60 Hz em SE's e Usinas. Entretanto essa verificação não tem consequências práticas para os procedimentos de blindagem utilizados nessas instalações, pois as blindagens biaterradas e multiaterradas continuam sendo necessárias para controlar os ruídos de modo comum e diferencial, devidos a surtos atmosféricos, de manobras, etc.

7-SUMÁRIO DOS VALORES MEDIDOS

Caso {1} – par simples / sem blindagem.
 Caso {2} – par torcido / sem blindagem.
 Caso {3} – par torcido / blindagem monoaterrada (lado 1).
 Caso {4} – par torcido / blindagem monoaterrada (lado 2).
 Caso {5} – par torcido / blindagem biaterrada.
 Caso {6} – par torcido / blindagem biaterrada + cabo terra.
 Lado 1 é afastado do gerador de impulso

| CASO | 60 Hz | | IMPULSO | |
|------|-----------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|
| | M.COMUM (mV) pico a pico | M. DIFER. (mV) max. | M.COMUM (V) pico | M.DIFER. (V) pico |
| {1} | 372 | 6,8 | 2260 | 600 |
| {2} | 388 | 4,4 | 2200 | 465 |
| {3} | 388 | 3,9 | 1200 | 448 |
| {4} | 388 | 3,7 | 2700 * | 554 * |
| {5} | 382 | 4,0 | 380 | 260 |
| {6} | 384 | 3,4 | 335 | 212 |

* resultado com forte interferência da proximidade do gerador de impulsos

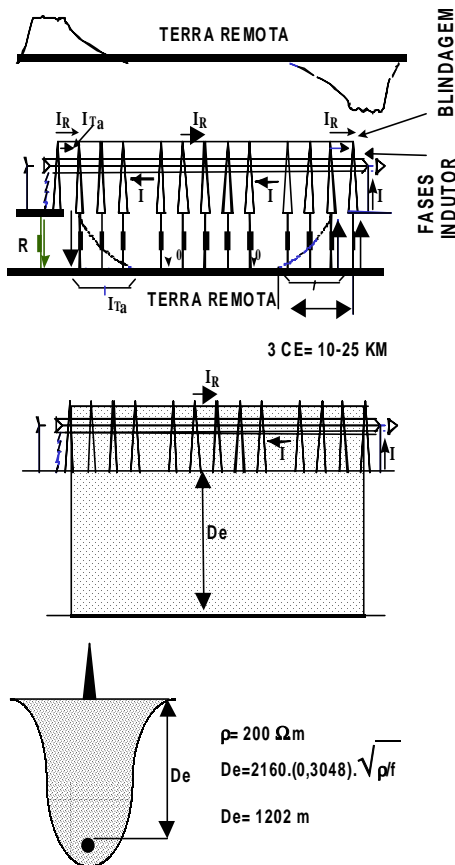


Fig.9- Circuitos do indutor e da blindagem para circuitos de transmissão e distribuição

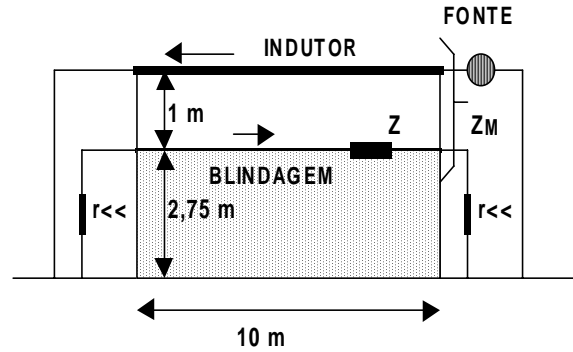


Fig.10- Circuitos do indutor e da blindagem em SE's, Usinas e laboratórios de ensaios

8- CONCLUSÕES

Os testes realizados confirmaram a eficácia do uso do rearranjo dos cabos em "chicotes" específicos para cada painel, no interior do piso falso das salas de comando e de outras "salas críticas", conforme utilizado nas instalações de SE's e Usinas mencionadas no item 1 deste artigo. A adequação da metodologia de blindagem utilizada nessas instalações foi também confirmada. Acredita-se que a discussão sobre o pequeno efeito corretivo das blindagens biaterradas e multi-aterradas apresentada neste artigo, tenha trazido esclarecimentos sobre aspectos teóricos da blindagem para 60 Hz, em SE's e Usinas.

AGRADECIMENTOS

S.T.Sobral e S.C.Sobral gostariam de consignar um agradecimento à COPEL pelo patrocínio dos testes realizados no LACTEC.

Todos os autores gostariam também de consignar um agradecimento à equipe do LACTEC que realizou as medições, mas que, infelizmente, devido a premência de tempo, não pôde participar da análise conjunta dos resultados e da elaboração de suas conclusões.

REFERÊNCIAS

- [1] - "Traveling Waves on Transmission Systems"
L.V.Bewley – (livro) John Wiley and Sons, 1935
- [2] - "Wave Propagation on Transmission Lines"
C.F.Wagner, G.D. McCann – 1935
Westinghouse Reference Book
- [3] - "Theoretical and Field Investigation on Lightning"
C.L.Fortescue, A.L. Atherton, J.H. Cox
AIEE Transactions, Volume 49, 1929
- [4] - "Decoupled Method for studying Large Interconnected Ground Systems Using Microcomputers – Part I – Fundamentals"
IEEE Summer Meeting, 1986, Cid. México
Trans. On Power Delivery, Vol.PWRD-3, Nº4, OCT 1988
pp 1536-1544
S.T.Sobral (IESA), G.P.Fleury, J.R.Villalba (ITAIPU),
Dinkar Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
- [5] - "Decoupled Method for studying Large Interconnected Ground Systems Using Microcomputers – Part II –

- Utilization on Itaipu Ground System and Complementary Aspects"
IEEE Summer Meeting, 1986, Cid. México
 Trans. On Power Delivery, Vol.PWRD-3, Nº4, OCT 1988 pp 1545-1552
 S.T.Sobral (IESA), G.P.Fleury, J.R.Villalba (ITAIPU), Dinkar Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
- [6]-"Grounding Measurements at Itaipu Generation Complex Using the Extended Eleck Method"
 IEEE Summer Meeting, 1986, Cid. México
Trans. On Power Delivery, Vol.PWRD-3, Nº4, OCT 1988 pp 1553-1563
 S.T.Sobral (IESA), C.A.O.Peixoto (FURNAS), D.Fernandes (FURNAS), Dinkar Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
Este trabalho foi incluído como referência no Standard IEEE-81
- [7]- "A Proposal For Ground Measurement Techniques in Substations Fed Exclusively by Power Cables"
IEEE-Winter Meeting, 1988, New York
 IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.PWRD-3, Nº4, OCT 1988 pp 1403-1409
 S.T.Sobral, J.J.H.Santos (IESA), D.Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
Este trabalho foi incluído como referência no Standard IEEE-81
- [8]- "Ground Parameter Measurements at Four Brazilian Substations in 500 and 230 kV"
IEEE paper 90 SM398-8 Summer Meeting 1990, Minneapolis
 S.T.Sobral, Domar Leite(IESA), M.L.S.Siqueira, J.Ribeiro, C.Celso Brasil Camargo, Duilio D.Figueiredo (ELETROSUL).
- [9]- "Interferences Between Faulted Power Circuits and Communication Circuits or Pipelines- Simplification Using the Decoupled Method"
IEEE paper 91 WM 107-3 PWRD, Winter Meeting, 1991, New York
 S.T.Sobral, W.G.Castinheiras, M.Nielsen (PETROBRAS), V.S.Costa (ELETROBRAS), D.Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
- [10]- "Ground Potential Rise Characteristics Of Urban Step-Down Substations Fed By Power Cables- A Practical Example"
IEEE Summer Meeting, 1987, San Francisco
 IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.PWRD-3, Nº4, OCT 1988 pp 1564-1572
 S.T.Sobral(iesa), J.O.Barbosa, J.V.C.Nunes, E.Chinelli, A.Ferreira Netto (LIGHT), D.Mukhedkar (ECOLE POLYTECHNIQUE DE MONTREAL).
- [11]-"Induced Effects Caused by Overhead Transmission Lines on Metallic Structures"
CIGRE paper 36-202, 1990, Paris
 R.Sanz, O.G.Vera (AGUA Y ENERGIA), D.O.C.Brasil, A.M.França (CEPEL), R.Daconti(CHESF), J.R.Medeiros (FURNAS), S.T.Sobral (IESA).
- [12]-"Controle de Interferências e Compatibilidade Eletromagnética em Subestações da Copel".
XIII SNPTEE, Camboriú - 1995. Grupo VIII (Subestações), artigo FL/GSU/12
 S.T. SOBRAL, Sérgio L.Lamy, David S.Rezende, J.Eduardo D. Olesko(COPEL)
- [13]-"Controle de Interferências e Compatibilidade Eletromagnética em Instalações de Telecomunicação da Petrobrás".
XIII SNPTEE, Camboriú - 1995. Grupo IX (Telecomunicações), artigo FL/GTL/08.
 S. T. Sobral , J.E.Nepomuceno, Ricardo B. Waldeck (PETROBRAS).
- [14]-"Controle de Interferências e Compatibilidade Eletromagnética na Usina e na Subestação de Serra da Mesa".
XIV SNPTEE, Belém, 1997. Grupo XI (Sobretensões), artigo GSI/10
 S. T. Sobral , Murilo V.Serra (FURNAS), Abelardo Milanez (IESA).
- [15]-"Controle de Interferências e Compatibilidade Eletromagnética na Usina e na SE de Salto Caxias, da Copel"
XIV SNPTEE, Belém- 1997, Grupo VIII, IT GSU/23
 S.T.Sobral (STS), Alcení J.Sério, Osmar Tessmer, Ronni M.Campaner.
 (INTERTECHNE/LEME/ENGEVIX/ESTEIO), João A. Oliveira (COPEL)
- [16]- "Condições Onde Pode Existir Equipotencialidade em um Sistema de Aterramento Submetido a Perturbações Periódicas e Aperiódicas".
XV SNPTEE, Foz do Iguacu - Brasil, 1999. Grupo X (Sobretensões), artigo GSI/24
 S. T. Sobral, S. C. Sobral, M. M. Nogueira, F. L. A. Souza (LIGHT), Adílio. R. M. Souza (FURNAS).
- [17]-"Controle de Interferências Eletromagnéticas nas Subestações da Copel"
 VII ERLAC- Encontro Regional Latino-Americano da CIGRE
 David S. Rezende, José E.D.Olesko (COPEL), Sérgio T.Sobral (STS)
- [18]-"Sugestões para Atualizar a Norma Sobre Proteção Contra Descargas Atmosféricas",
 Revista Eletricidade Moderna, Nº 310, Janeiro 2000
 Sérgio T. Sobral e Sérgio C. Sobral.
- [19]-"Tecnologia de Blindagens em Instalações de Usinas, Linhas e Subestações",
 Revista Eletricidade Moderna, Nº 317, de Agosto de 2000
 Sérgio T. Sobral e Sérgio C. Sobral.
- [20]- "A Técnica de Blindagem Adaptada para Instalações Digitalizadas que Alimentam Cargas Metropolitanas"
 XVI SNPTEE- 2001- SP
 S.T.Sobral (ST&SC); Flávio L.Souza, Murilo M.Nogueira, Georges Azzam (LIGHT).