



**XXII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GDS/10
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - X

GRUPO DE ESTUDO - DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO PARA AS ESTAÇÕES CONVERSoras DE ± 600 kV DE PORTO VELHO E ARARAQUARA 2 – PRIMEIRO BIPOLO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DAS USINAS DO RIO MADEIRA

**José G. Tannuri(*)/Sérgio O. Frontin
CONSÓRCIO THEMAG/ARCADIS LOGOS**

**Camilo Machado Júnior
ELETROBRAS ELETRONORTE**

**João Neves T. Filho
ETE**

**Paulo Fischer / José Nunes
ABB**

RESUMO:

O estudo de coordenação de isolamento compreende a seleção da suportabilidade dielétrica dos equipamentos e em relação às tensões que podem aparecer no sistema, tendo em vista as características dos dispositivos de proteção. Os dispositivos de proteção utilizados para a proteção de sobretensões são para-raios ZnO (Óxido de Zinco), do tipo sem gap. A seleção do nível de proteção dos para-raios é dada e as suas bases são explicadas. Os níveis de suportabilidade do isolamento e as tensões de teste para os principais equipamentos.

PALAVRAS CHAVES:

Coordenação de Isolamento, Sobretensões, Transmissão em Corrente Contínua, Para-raios ZnO, Estação Conversora

1.0 - INTRODUÇÃO

Este documento resume os requisitos para coordenação de isolamento da Estação Coletora de Porto Velho e Estação Conversora de Araraquara 2.

A base para a coordenação de isolamento é o esquema de proteção de para-raios mostrado na Figura1. As designações usadas para os diferentes tipos de para-raios também são mostradas. Um ponto importante para este projeto, quando comparado com vários projetos existentes é a colocação dos reatores de alisamento no neutro. No polo há apenas um pequeno reator (15 mH) destinado a proteção contra surtos atmosféricos. São apresentadas as correntes de coordenação e energias dos para-raios. Foram feitos estudos completos de sobretensões nas conversoras.

2.0 - SOBRETENSÕES E COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO

Os estudos de sobretensões e coordenação de isolamento foram executados pela ABB e baseiam-se numa filosofia de projeto alcançado do resultado de longa experiência em projeto de sistemas CC. A filosofia de projeto segue as recomendações e orientações CIGRÉ (ver referências). O resultado desta filosofia de projeto tem sido comprovado através de muitos anos de experiências operacionais em sistemas CC em todo o mundo, incluindo os de mais altas tensões disponíveis de transmissão em corrente contínua.

A fim de proteger os equipamentos instalados, para-raios sem gap ZnO são utilizados tanto no lado CA (corrente alternada) quanto no lado de CC (corrente contínua) das estações conversoras. Sobretensões nas estações conversoras são causadas por fontes externas ou internas. Fontes externas de sobretensões são operações de chaveamento, faltas à terra, aberturas das faltas à terra, descargas atmosféricas e rejeição de carga. Estes eventos, normalmente, não causam qualquer abertura do conversor. Fontes internas para sobretensões são falhas à terra, curtos-circuitos e falhas no sistema de controle do sistema de CC. Estes eventos podem causar uma abertura do conversor.

Uma barra ou um equipamento pode ser diretamente protegido por um para-raios conectado entre o ponto a ser protegido e terra ou através do equipamento. Eles também podem ser protegidos por dois ou mais para-raios ZnO ligados em série. Deve-se notar que quando os níveis de proteção para o equipamento protegido por para-raios ligados em série ZnO são determinados, o procedimento de projeto normal da ABB é o de adicionar os níveis de proteção dos para-raios conectados em série.

Cada para-raios individual é definido para as correntes de pico e solicitações de energia que ocorrem nos piores distúrbios ou eventos de faltas. As máximas correntes de surto para cada um dos para-raios ligados em série, em geral, não ocorrem nos mesmos instantes ou nos mesmos eventos de falha. Portanto, o procedimento utilizado para a definição dos níveis de proteção é conservador e apresenta margens extras para o projeto de isolamento. A seleção dos para-raios é baseada na tensão de operação através dos mesmos, considerando-se as sobretensões temporárias, harmônicos e overshoots de comutação, quando aplicáveis.

As solicitações de descarga e correntes de coordenação serão confirmadas no projeto detalhado ou bem conhecidas pela experiência. Para os cálculos de energia, as características mínimas dos para-raios são utilizadas, enquanto que as máximas características são utilizadas para determinar os níveis de proteção. Os casos decisivos para o projeto dos para-raios e para a definição dos níveis de isolamento são listados abaixo. Os casos são numerados e referências a eles são feitas ao longo do texto.

3.0 - ESQUEMA DE PROTEÇÃO COM PARA-RAIOS

A Figura 1 a seguir apresenta o esquema básico de proteção dos para-raios, com a seguinte designação.

VI e V2 – Válvulas
 DB1 e DB2 – Reator lado linha
 CBH – Reator lado válvula
 M – Entre pontes de seis pulsos
 CBN – Barra de neutro entre reator de alisamento e válvula
 E, EL – Barra de neutro lado linha
 EL2 – Linha do Eletrodo
 EM – Barra de Paralelismo
 DR – Entre terminais reator linha
 A – Lado CA

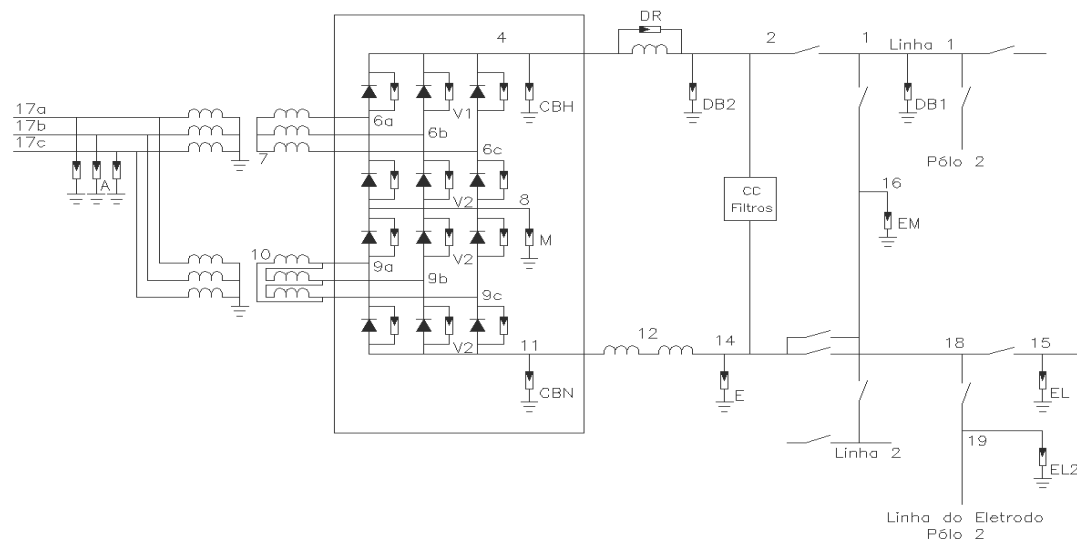


FIGURA 1 - Esquema de Proteção dos Para-raios

Tabela 1 – Relação Eventos – Para-raios

4.0 – CASOS ANALISADOS NO LADO DE CC

4.1 Isolação Através da Válvula do Tiristor (Para-raios V1, V2)

Cada válvula de tiristor é protegida por um para-raios ligado em paralelo com a mesma (V1, V2, na Figura 1). Os casos de falha determinantes são indicados abaixo.

4.1.1 Surtos de Manobra

Falha à terra na ligação entre a válvula e o transformador conversor, no grupo de três pulsos (caso S1) irá descarregar a linha CC e os filtros CC. As solicitações nos para-raios V1 dependerão, sobretudo, da tensão cc no instante da falha, da robustez do sistema de corrente alternada, dos parâmetros da linha CC e dos conversores em paralelo. A duração das solicitações impostas aos equipamentos é determinada pelo tempo necessário para detectar a falha e desligar a estação conversora. O para-raios V1 requer uma maior capacidade de energia do que V2.

Os para-raios da válvula podem ser expostos a surtos de manobra que entram a partir do sistema CA através do transformador. Estas solicitações dependem das condições de funcionamento, das características do sistema CA, e da configuração do filtro CA.

Abertura de uma falta em corrente alternada próxima a estação conversora com o nível de potência de curto-circuito mínima do sistema CA, (casos S3 e S4), irá causar sobretensões transitórias sobre as barras CA que, transferidas para o lado da válvula, irão estressar as válvulas por alguns ciclos. A duração das solicitações impostas aos equipamentos é determinada pelo atraso dos conversores em pegar a carga após abertura de defeito. Se os conversores forem permanentemente bloqueados, as sobretensões fase-fase transformadas para lado CC serão divididas por dois para-raios de válvulas. Assim, as solicitações sobre cada um dos dois serão significativamente reduzidas.

4.1.2 Surtos a Descarga Atmosférica

Falhas de blindagem ou surtos atmosféricos provenientes dos lados CA ou CC (casos L1 a L5) podem penetrar na casa de válvulas através das capacitâncias parasitas dos transformadores, reatores do polo ou reatores de alisamento, causando transitórios tipo descarga atmosférica nos para-raios das válvulas. Estes são, contudo, de baixa intensidade e 1 kA é suficiente para determinar o Nível de Proteção a Impulso Atmosférico (NPIA).

[5 IEC 60071-5, cl. 9.4.3.]

As chances de descargas atmosféricas diretas nas proximidades são reduzidas nos pátios CC e CA pela efetividade da blindagem. As sobretensões que possam surgir devido a descargas diretas de baixa corrente serão reduzidas pelos para-raios nas barras. A probabilidade de descargas atmosféricas atingirem a barra CC entre a válvula e o reator do polo/ reator de alisamento CC será reduzida praticamente a zero, devido ao curto comprimento da conexão e a blindagem da barra.

4.1.3 Surtos com Frente de Onda Íngreme

Sobretensões com frentes íngremes (caso SF1) podem ser o resultado de descarga disruptiva para a terra entre a bucha do transformador lado da válvula e a da válvula (caso SF1). Os equipamentos que podem ser expostos a tais sobretensões são as válvulas e os para-raios da válvula, em especial na alta tensão da ponte de 3 pulsos. A razão para isso é que, após uma falta à terra de um ponto entre as válvulas de alta tensão da ponte de 6 pulsos, a capacitância parasita entre o terminal de alta tensão e a terra da ponte de 12 pulsos irá descarregar através dos para-raios de alta tensão da ponte de 3 pulsos. A energia armazenada na capacitância parasita é pequena e resultará em pequena corrente de descarga. O valor de projeto para a frente íngreme será de 1 kA.

4.1.4 Disparo Protetor

As válvulas de tiristores são providas de disparo protetor, que protege cada tiristor de sobretensões na direção direta, pelo disparo do tiristor. Possíveis efeitos adversos do disparo protetor sobre a transmissão só precisam ser considerados durante falhas externas quando o polo continua em funcionamento particularmente como inversor no caso S4 acima mencionado.

Em operação retificadora, as válvulas têm bloqueio de tensão na direção direta durante uma pequena parte do período da frequência fundamental. Assim, a probabilidade de uma sobretensão no sentido direto é consideravelmente menor do que no funcionamento como inversor. Ainda mais importante é o fato de que se um disparo protetor ocorre durante os transitórios na rede CA, somente uma redução temporária de potência CC ocorrerá.

Visto que as válvulas em operação como inversor têm tensão de bloqueio na direção direta durante um período de tempo relativamente longo do ciclo fundamental, a probabilidade de uma sobretensão na direção direta é relativamente elevada. Se uma válvula for disparada mais cedo devido a um disparo protetor, o resultado poderia ser uma falha de comutação e o tempo de recuperação para a transmissão após uma abertura de defeito pode ser aumentado.

Como uma consequência do acima referido, a atuação do disparo protetor somente pode ter consequências não desprezíveis se ocorrer juntamente com uma falta CA sem bloqueio do conversor, durante a operação como inversor. A filosofia de seleção do nível mínimo de disparo protetor, DP, é a de que uma eliminação de falta no sistema CA durante o funcionamento como inversor não deve conduzir a um disparo de protetor da válvula.

Os valores obtidos no estudo de Sobretensões Transitórias CA, bipolo1, mostram que os valores mínimos de DP (considerando tolerâncias) assumidos presente estudo são mais elevados do que a sobretensão máxima esperada na válvula para faltas CA durante funcionando como inversor e, portanto, nenhuma atuação do DP surgirá durante tais condições.

Estação	Máxima tensão na válvula para faltas CA, operação como inversor [kV]	Disparo Protetor, DP. [kV]
Porto Velho	571.4	595.2 (NPSM = 591 kV)
Araraquara 2	535.3	550.4 (NPSM = 536 kV)

4.2 Barra CC no Lado da Linha do Reator CC (para-raios DB1 e DB2)

Os equipamentos da subestação no lado linha do reator CC são protegidos pelos para-raios do polo CC (DB1 e DB2 na Figura 1).

As solicitações de manobra originárias de faltas à terra no outro polo (caso S7) podem causar surtos de até 1,41 pu do valor tensão nominal CC. NPSM baseia-se numa corrente de coordenação conservadora de 1 kA correspondente a cerca de 1,7 pu. Outros casos de falha de baixa probabilidade (casos S10 a S12) podem causar sobretensões mais elevadas, porém inferiores a 1,7 pu.

Casos decisivos para as sobretensões na barra CC são também descargas atmosféricas que entram a partir da linha CC (caso L3) e falhas de blindagem (caso L4).

A amplitude máxima do impulso atmosférico que entra pela linha CC é determinada pela máxima tensão suportável da linha CC. O surto é então limitado pelo para-raios do polo CC, DB1, e do filtro CC. As correntes de impulso atmosféricas selecionadas que definem os níveis de proteção são 20 kA para DB1 e 10 kA para o DB2 na coletora de Porto Velho e na subestação de Araraquara 2. O projeto de para-raios considera descargas atmosféricas múltiplas.

4.3 Barra CC do Lado Válvula do Reator CC (para-raios CBH)

Os mesmos eventos de chaveamento que solicitam os para-raios DB aplicam-se também para os para-raios CBH. A corrente de coordenação de 1 kA será usada também para NPSM.

As solicitações de impulsos são causadas por surtos de descargas atmosféricas que penetram a sala de válvulas (casos L1/L2 através das capacitâncias dos transformadores conversores e L3/L4 através das capacitância do reator do polo CC). Uma corrente de coordenação de 1 kA será usada para NPSA. [5 IEC 60071-5, cl. 9.4.3].

4.4 Barra CC entre as Pontes de Seis Pulsos (para-raios M)

A barra CC entre as duas pontes de 6 pulsos é protegida pelo para-raios da ponte de 6 pulsos (M na Figura 1).

As mesmas informações dadas em casos de falha S3 e S4 no item 4.1.1 também é válido para os para-raios da ponte de 6 pulsos. No entanto, nenhuma solicitação significativa é esperada. Uma corrente de coordenação de 0,5 kA é utilizada para NPSM.

4.5 Barra de Neutro entre a Válvula e os Reatores de Alisamento (para-raios CBN).

As solicitações de impulsos são causadas por surtos de descargas atmosféricas que penetram a sala de válvulas (casos L1 a L5). Uma corrente de coordenação de 1 kA será usada para CBN.

Os casos de dimensionamento de tensão e energia para os para-raios CBN são uma falha a terra entre o transformador conversor e a válvula na alta tensão do grupo de três pulsos (caso S1), e falhas na linha CC. Uma corrente de coordenação de 4 kA na coletora de Porto Velho e de 3 kA em Araraquara 2 serão utilizadas para NPSM.

4.6 - Barra de Neutro fora dos Reatores de Alisamento (para-raios E, EL, EL2, EM)

Na coletora Porto Velho, surtos de manobra serão absorvidos pelos para-raios EM e CBN na operação de retorno metálico ou por EL e CBN durante a operação bipolar ou operação monopolar com o retorno pela terra.

Na estação Araraquara 2 (que é sempre aterrada), surtos de manobra serão absorvidos pelos para-raios EL e CBN em todos os modos de operação.

Para-raios E na coletora Porto Velho, assim como E e EM em Araraquara 2, são destinados à proteção contra surtos atmosféricos.

4.7 - Entre os Terminais do Polo do Reator de Surto (para-raios DR)

O surto atmosférico é o evento de dimensionamento. O pior caso é um raio de polaridade oposta na barra do pólo, no caso de uma descarga na linha CC ou falha de blindagem na linha DC (casos L3 e L4). O reator é protegido por um para-raios em paralelo, com uma corrente de coordenação de 1 kA.

4.8 Entre os Terminais de Neutro dos Reatores de Alisamento

Os para-raios CBN + E definem, conservativamente, o isolamento a impulso através de cada reator de alisamento.

4.9 Isolação do Transformador Yy, Lado Válvula Fase-terra.

Esta isolação é protegida por $V_2 + M$. Os casos de falhas S3 e S4 apresentam as maiores solicitações de chaveamento. À medida que os para-raios da válvula vão absorver a maior parte das solicitações de chaveamento, uma coordenação de corrente de 0,5 kA será suficiente para NPSM.

4.10 Isolação do Transformador Yy, lado Válvula Neutro-terra.

Esta isolação é protegida por $A' + M$, em que A' é o nível de proteção dos para-raios fase-terra da barra CA transferido para o lado da válvula pela relação de espiras dos transformadores conversores em tape mínimo (tape no enrolamento primário). Os casos de falha S3 e S4 apresentam as maiores solicitações de chaveamento. À medida que os para-raios da válvula vão absorver a maior parte das solicitações de chaveamento, uma coordenação de corrente de 0,5 kA será suficiente para NPSM.

4.11- Isolação do Transformador Yd, Lado Válvula Fase-terra.

Esta isolação é protegida pelos para-raios $V_2 + CBN$

4.12 - Isolação Fase-fase Lado Válvula

Quando as válvulas de uma ponte de válvula estão conduzindo, a isolação fase-fase é protegida por um para-raios de válvula (V). Quando as válvulas não estão conduzindo, a isolação fase-fase é protegida pelos para-raios da barra CA, A, transferidos para o lado da válvula.

A única fonte de sobretensões de surto de chaveamento que solicitam a isolação fase-fase consiste de sobretensões de chaveamento transformadas a partir da barra CA. Para surtos de manobra e fenômenos a frequência industrial as tensões fase-fase do lado da válvula serão uma reflexão das tensões fase-fase da barra CA para o transformador Yy e das tensões fase-terra menos as tensões de sequência zero da barra CA para o transformador Yd. Um critério conservador de dimensionamento da isolação fase-fase a surtos de chaveamento é o de basear o projeto em $2 \cdot A'$ para os transformadores Yy e em $\sqrt{3} \cdot A'$ para os transformadores Yd, onde A' é o nível de proteção dos para-raios fase-terra da barra CA transferido para o lado da válvula, pela relação de espiras dos transformadores conversores no tape mínimo (tape no enrolamento primário).

4.13 Retorno Metálico da Barra de Transferência (para-raios EM)

O para-raios EM na Figura 1 protege o retorno metálico da barra de transferência e o sua coordenação de isolamento é parte do barramento de neutro. Ver o item 4.6.

5.0 – CASOS ANALISADOS NO LADO DE CA

5.1 - Barra CA

Os para-raios da barra CA (A na Figura 1) protegem o lado CA dos transformadores conversores e as barra dos filtros CA. Tais colunas de para-raios estão localizadas perto de cada transformador conversor e próximas a cada banco de filtro CA (6 colunas de para-raios por estação e por fase).

Quanto a manobras, A é um para-raios com colunas paralelas casadas. Visto que todas as colunas estão energizadas o tempo todo e solicitadas igualmente, o fator de divisão de corrente para colunas em paralelo pode ser aplicado. Os requisitos de energia e o NPSM são determinados pelos surtos de manobra causados pela abertura de falhas no sistema CA (casos S3 e S4). Uma corrente de coordenação de 2,6 kA por coluna foi determinada para a coletora de Porto Velho e 2,13 kA por coluna para Araraquara 2.

Quanto a descargas atmosféricas A é equivalente a vários para-raios de única coluna localizado perto de vários objetos protegidos, em cada fase de cada um dos transformadores conversores nos bancos de filtros. NPSA é determinado por surtos atmosféricos provenientes da rede CA ou de falhas de blindagem (casos L1 e L2). Uma corrente de coordenação de 20 kA é escolhida e presume-se que uma das colunas conduza toda corrente.

5.2 Para-raios do Ponto Neutro, Lado Linha dos Transformadores Conversores.

Este para-raios irá proteger o ponto neutro no transformador no caso raro de uma descarga atmosférica atingir diretamente a parte superior da torre da subestação CA. Uma descarga de amplitude muito elevada em conjunção com longas barras de conexão das buchas de neutro para a terra (devido ao uso de transformadores monofásicos com algumas distâncias entre as fases) pode aumentar a tensão neutro. A partir da experiência de projetos anteriores, foram utilizados pequenos para-raios do tipo distribuição de com NPSA de 25 kV e uma corrente de coordenação de 10 kA. A característica não é de interesse prático, uma vez que existe um curto-circuito em paralelo, com uma indutância da ordem de 10 μ H.

5.3 Para-raios dos Filtros

O evento crítico que determina os valores nominais dos para-raios dos filtros CA e CC é um defeito para terra perto do capacitor de alta tensão (AT) quando é carregado com máxima tensão. Como prática de projeto da ABB, o capacitor de alta tensão geralmente é carregado ao nível de impulso de manobra de proteção da barra ao qual ele está ligado. Este evento, embora com baixa probabilidade de ocorrência, garante os valores nominais adequados de energia de dissipação de para-raios. As solicitações de sobretensão devidas a eventos normais como energização, re-energização e defeitos para terra no interior do filtro com carga normal nos capacitores será mais baixo.

Os valores nominais dos para-raios conforme o método explicado acima, vão garantir que os eventos como operações de chaveamento frequentes não irão causar qualquer dano ou aceleração significativa do envelhecimento porque as solicitações nos para-raios serão muito menores. Além disso, o nível de proteção dos para-raios é escolhido suficientemente elevado para que as operações de chaveamento normais não causem nenhuma condução significativa de corrente nos para-raios.

Além disso, a fim de minimizar as solicitações de energização, as manobras de fechamento dos disjuntores do filtro CA e dos capacitores do sub-bancos serão sincronizadas com o zero da tensão CA.

6.0 – RESULTADOS ALCANÇADOS

Os estudos de coordenação de isolamento conduziram a locação e especificação dos para-raios principalmente em termos de energia e corrente. Conduziram ainda a determinação dos níveis de isolamento a surtos de manobra e surtos atmosféricos. A tabela a seguir apresenta alguns destes valores.

Tabela 2 – Níveis de Isolamento

EQUIPAMENTO	PROTEGIDO POR	NPSA	TSNIA	NPSM	TSNIM
Através da válvula	V1,V2	569	661	591	684
Barra CA	A	961	1550	793	1175
Barra CC lado linha	DB1	1366	1640	1069	1230
Barra CC lado linha	DB2	1247	1497	1069	1230
Barra CC lado válvula	CBH	1022	1176	1020	1173
Reator do Polo	DR	1042	1251		
Através da ponte de 12 pulsos	V1,V2+V2	1138	1321	1182	1367
Transf. Conv. Yy, lado válvula	V2+M	1250	1506	1229	1414
Ponto médio da ponte 12 pulsos	M	681	784	667	768
Barra de neutro lado casa válvula	CBN	358	412	368	424
Barra de neutro lado válvula	CBN	358	430	368	424
Barra de neutro lado linha	E,EL,EL2,EM	410	492	328	382
Barra de linha do Eletrodo	EL	99	119	94	109
Eletrodo barra linha para bipolo 2	EL2	99	119	94	109
Barra de retorno metálico	EM	357	429	328	382
Reator alisamento no neutro, através de cada unidade	CBN+E	768	922		

NPSA	Nível de proteção a surto atmosférico (kV)
TSNIA	Tensão suportável nominal para impulso atmosférico (kV)
NPSM	Nível de proteção a surto de manobra (kV)
TSNIM	Tensão suportável nominal para impulso de manobra(kV)

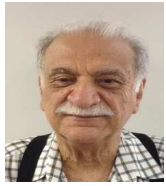
7.0 - CONCLUSÃO

Extensivos estudos de sobretensão e sobrecorrente tanto para o lado de CA como para o lado de CC, foram realizados para o sistema de transmissão das Usinas do Rio Madeira. A partir da análise dos resultados obtidos foi estabelecida a coordenação de isolamento das estações conversoras de Porto Velho e Araraquara 2, compreendendo a locação e especificação dos para-raios e níveis de isolamento dos equipamentos.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRE - Guidelines for the application of metal oxide arresters without gaps for HVDC converter stations. Prepared by WG 33/14.05
- (2) IEC 60071-1 Insulation Coordination Part 1
- (3) IEC 60071-2 Insulation Coordination Part 2
- (4) IEC 60071-4 Insulation Coordination Part 4
- (5) IEC 60071-5 Insulation Coordination Part 5

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



José Galib Tannuri: Pós-graduado em Sistemas de Potência (1967) pela General Electric - Schenectady – Nova York – Estados Unidos, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1962). Ex-professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Instituto Militar de Engenharia e Universidade de Brasília. Trabalhou em Furnas Centrais Elétricas S.A e Themag Engenharia Ltda. Atualmente é consultor na área de energia elétrica.



Sergio de Oliveira Frontin: Mestrado em Sistemas de Potência (1971) pelo Rensselaer Polytechnic Institute – Troy – Nova York - Estados Unidos, graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1969). Ex-professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1972 a 1977), Instituto Militar de Engenharia (1978) e Universidade Estadual do Rio de Janeiro (1980 a 1986). Trabalhou em Furnas Centrais Elétricas S.A, Itaipu Binacional, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – Cepel e Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel. Atualmente é professor colaborador da Universidade de Brasília e consultor nas áreas de Energia,

Regulação, Tecnologia da Informação e Gestão do Conhecimento.



João Neves Teixeira Filho nasceu em 1959 em Floriano, Piauí (Brasil). Graduou-se em 1984 em Engenharia Elétrica, modalidade Eletrônica, pelo Instituto de Tecnologia de Governador Valadares, Minas Gerais, e concluiu Mestrado em Economia da Regulação e Defesa da Concorrência pela Universidade de Brasília em 2002. Tem especialização em Matemática (UniCEUB, Brasília 1987), Redes (computação) (PUC, Brasília 1998) e Análise Econômica do Setor Elétrico – Integração Energética da América Latina (UFRJ, Rio de Janeiro 2010). Atuou na

área de inspeção em fábrica para equipamentos de subestações; planejamento energético e por sete anos esteve à frente da superintendência de planejamento da expansão, todos na Eletronorte, onde trabalha desde 1986. Atualmente é Diretor Técnico da Estação Transmissora de Energia, empresa estatal do Grupo Eletrobras Eletronorte.



Camilo Machado Júnior: Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1980), com especialização em Sistemas Elétricos de Potência pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá (1984). Trabalha desde 1980 na área de Planejamento de Sistemas da Eletrobras Eletronorte, desenvolvendo atividades de estudos de sistemas, transitórios eletromagnéticos e especificação de equipamentos elétricos. Participou nos estudos para a elaboração do Projeto Básico do primeiro bipolo de ± 600 kV do sistema de transmissão das usinas do Rio Madeira.

Paulo Fischer de Toledo formado como Engenheiro Elétrico pela Faculdade de Engenharia Mauá em 1978, Licenciatura e Ph.D. pelo Royal Institute of Technology (KTH), Estocolmo, Suécia em 2003 e 2007, respectivamente. Tem trabalhado na área de transmissão de energia elétrica associado a sistemas de Corrente Contínua desde 1980. Ele é Engenheiro da ABB – Asea Brown Boveri, e trabalhou em vários departamentos técnicos dentro da empresa. Responsável pelo projeto e solução sistêmica do projeto Rio Madeira, lotes A e C.

José Luís Vasconcelos Nunes, Engenheiro Electrotécnico pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Trabalha em CC desde 1975, com a Hidroelétrica de Cabora Bassa (Moçambique), Asea-Promon (Brasil) e ABB (Suécia), nas áreas de controle, simulação, filtros e coordenação de isolamento. Participou na coordenação de isolamento do projeto de Rio Madeira, lotes A e C.