



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - GLT

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO-GLT

PROJETO E INSTALAÇÃO DE TRECHO DA ROTA DA LINHA DE TRANSMISSÃO SUBTERRÂNEA LTS ETT ANHANGUERA-ETR ANHANGUERA (138 KV) UTILIZANDO EMENDA ESPECIAL TIPO "T".

Karabolad, E.F^o(*)
EDS ENG. E CONSUL. LTDA

Louredo, N.H.G. R
EDS ENG. E CONSUL. LTDA

Thomaz, R.D.Jr
EDS ENG. E CONSUL. LTDA

Souza, I.P
PFISTERER

Silvestre, G.C
AES - ELETROPAULO

RESUMO

A Concessionária de Energia Elétrica, AES Eletropaulo – São Paulo (SP)- viu-se frente a um verdadeiro desafio para tornar viável uma linha de transmissão subterrânea – LTS ETT Anhanguera – ETR Anhanguera -, a qual atualmente encontra-se em fase final de construção.

A rota dos cabos apesar de percorrer faixa compartilhada entre a AES Eletropaulo e outra Concessionária (faixa com largura de 60 metros) apresenta além de inúmeras interferências do terreno, 2 linhas de transmissão de 88KV e 2 linhas de transmissão de 230 KV, invasões e um terreno com topografia totalmente irregular e grandes desníveis longitudinais e transversais à faixa, bem como travessia com 2(duas) rodovias, córregos e a presença de afloramentos rochosos.

As primeiras simulações em termos de ampacidade da linha indicaram a utilização de um cabo condutor com seção transversal de 2000 mm² o que representaria a instalação de valas de grandes dimensões e de acentuadas forças mecânicas para o puxamento dos cabos.

Os cálculos de ampacidade apresentaram a solução de instalarem-se dois cabos por fase, por circuito, em condutores de alumínio com 1.200 mm² de seção transversal, ao longo da rota da linha subterrânea, e um cabo por fase por circuito em condutores de cobre com 1600 mm² no trecho do porão da ETT Anhanguera, uma vez que a GIS (Gás Insulated Substation) é trifásica permitindo a conexão de apenas 1(um) cabo por fase.

Desta forma tornou-se necessária à instalação de um tipo de transição cabo simples para cabo duplo, ou seja, efetuar a transição física de um cabo condutor com 1600 mm² de seção transversal para dois cabos condutores com 1200 mm² de seção transversal em cada fase por circuito.

A primeira alternativa utilizando-se terminais externos resultou completamente inviável uma vez que não existe área disponível para a instalação de 18 unidades de terminais dentro dos terrenos da Estação Terminal Anhanguera.

Na Brochura Técnica 177 – CIGRE, (publicada em fevereiro de 2001 – WG 21-06): "Accessories for HV cables with extruded insulation" consta que: "... é essencial selecionar o acessório compatível com o cabo e com a aplicação. A compatibilidade do mesmo deve ser validada por ensaios elétricos e de pré-qualificação, ou experiência nos serviços...".

Assim, os projetistas da linha de transmissão subterrânea em questão, bem como a Concessionária responsável pela implantação da mesma, pesquisaram quanto à existência de acessórios que viabilizassem técnica e economicamente uma solução para a transição dos cabos condutores de diferentes seções transversais.

A alternativa foi encontrada no uso de uma emenda especial denominada: Emenda tipo "T" ou "Plug-in joint boxes".

As dimensões desta emenda apresentam alternativa indicada em função do espaço físico existente dentro dos terrenos da ETT Anhanguera.

O tema principal deste trabalho diz respeito a caracterizar este acessório no âmbito dos detalhes do projeto desta transição.

O uso deste acessório é pioneiro em instalações subterrâneas de alta tensão no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE

Linha Subterrânea de alta tensão, Acessório Especial, Emenda T.

1.0 - INTRODUÇÃO

O sistema do tipo “plug-in/out” teve uma grande evolução nos últimos 30 anos, sua principal vantagem consiste em permitir realizar diversas configurações geométricas em sistemas de cabos de alta tensão com poucos componentes.

A caixa de emenda “T” do tipo plug-in/out usada no projeto consiste em um único corpo integralmente montado e testado em fábrica.

As principais vantagens deste acessório destacam-se pela sua montagem simples a seco, pela segurança adicional, pela grande flexibilidade na instalação e conversação ou multiplicação de um sistema elétrico.

A Caixa de emenda “T” é confeccionada em chapas de aço inoxidável, totalmente isolada a prova de toque, livre de manutenção, alta resistência de curto-circuito, isolamento através de gás SF₆, permite o uso em condições ambientais adversas.

A emenda “T” será monitorada através de manômetro modificado com capacidade de monitoramento remoto. Esse manômetro tem dupla função: a de medida e de alarme elétrico de ação rápida.

A Figura 1 mostra uma linha de emendas T, antes da conexão do conector macho desconectável tipo plug-in/out.

A Figura 2 mostra a conexão do conector macho desconectável tipo plug-in/out.

Estas emendas viabilizam diversas situações, tais como:

- Um segundo alimentador a ser conectado na GIS.
- Permite a conexão e desconexão de um cabo afetado por uma falha para troca ou reparo do mesmo, sem manuseios do gás SF₆.
- Permite realizar derivação da linha principal como no projeto da linha de transmissão subterrânea de 110 kV entre a Usina de Belchatów e a Subestação de Kleszczów, na Polônia.
- Como o propósito de aumentar a segurança do suprimento de energia a uma grande área de usuários foi instalado pela Balfour Beatty Power Networks uma nova linha na tensão de 72,5 kV que permitiu ativar a necessária divisão da linha principal no Norte da Grã-Bretanha, na cidade de Middlesbrough
- Permite realizar transição de cabo nu para cabo isolado, como o realizado na subestação La Reja, em Buenos Aires, Argentina, o sistema necessitava realizar a transição de um cabo nu para dois cabos isolados de 138 kV na mesma conexão e no mesmo espaço.

“A Brochura Técnica 415 elaborada pelo WG B1-24 – CIGRE, publicada em Junho de 2010 –” Test Procedures for HV Transition Joints”, informa que em pesquisa realizada pelo Grupo de Trabalho em 2007 detectou-se o largo uso deste tipo de acessório ao redor do mundo nas classes de tensão de 30 a 109 kV e 110 – 219 kV, igualmente, a pesquisa reportou também a satisfatória experiência em serviço.

2.0 - IMPLICAÇÕES DA INSERÇÃO DAS EMENDAS “T” NA LTS ANHANGUERA –CASA VERDE

Nos cálculos de ampacidade realizados , verificou-se que para atender a capacidade de transmissão da Linha Subterrânea Anhanguera – Casa Verde seriam necessários dois cabos por fase, por circuito, em condutores de alumínio com 1.200 mm² de seção transversal em sistema especial de aterramento crossbonding, e um cabo por circuito em condutores de cobre com 1600 mm² no trecho do porão da ETT Anhanguera em sistema especial de aterramento single point bonding.

O trecho instalado em cabos condutores com 1600 mm², na condição original ,estendia-se ao longo do porão de cabos na Estação Terminal Anhanguera , com um lance de aproximadamente 150 m desde os terminais da GIS até os terminais externos no pátio .

Uma vez que a área em questão não comportaria os 18 terminais ,surgiu a alternativa de possibilitar a continuidade da linha utilizando-se emendas tipo “T”.

2.1- SISTEMA ESPECIAL DE ATERRAMENTO – APÓS INSERÇÃO DAS EMENDAS TIPO “T”

Tendo em vista a necessidade da inserção das emendas tipo “T” com o princípio de viabilizar a instalação como um todo, os projetistas foram então em busca do local mais indicado para a locação das mesmas, em área interna a Estação Terminal Anhanguera.

A área mais indicada encontra-se a uma extensão de 40 metros dos terminais da GIS.

A definição desta extensão deve-se ao fato de que neste ponto existe espaço físico para a instalação das caixas de inox que contem as terminações plug-in/out.

Assim os sistemas especiais de aterramento ficaram assim configurados:

1. Sistema single point bonding: Entre os terminais da GIS e as Emendas “T” com 40 m de extensão.

No sistema single point bonding não existe um caminho fechado para a circulação das correntes nas blindagens metálicas e, portanto não existem perdas na mesma.

O sistema caracteriza-se do ponto de vista dos acessórios que permitem as condições elétricas desejadas, por: caixas de aterramento, limitadores de tensão de surto (SVL), cabo terra isolado (1 cabo terra por circuito).

O sistema de aterramento single point bonding é normalmente indicado para linhas curtas.

2. Sistema crossbonding: Entre as Emendas "T" e os terminais externos da ETR Anhanguera, extensão total de 4662 m, em 4(quatro) seções completas.

Os arranjos em sistemas crossbonding são executados de forma a que exista continuidade elétrica das blindagens entre terminações aterradas.

As blindagens são seccionadas e transpostas de forma a eliminar as correntes circulantes nas mesmas. Neste caso ocorrerá tensão induzida entre a blindagem e a terra, mas não haverá corrente circulando.

Este sistema de aterramento é utilizado para otimizar a capacidade de corrente em linhas longas.

2.1.1 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LOCAL ONDE ESTÃO ABRIGADAS AS CAIXAS DE EMENDAS

As 6(seis) unidades de caixas de emenda de aço inoxidável estão instaladas diretamente no piso de uma câmara de concreto armado com 16 m de comprimento, 6 m de largura e uma altura livre final da ordem de 1,30 m. (Fig. 8) A câmara possui um fechamento executado com 63 unidades de grades metálicas de aço ASTM A-36 (peso de cada unidade igual a 100 kg).

As grades metálicas possuem aletas inclinadas em 45^o face norte", concepção que permite reduzir razoavelmente a insolação sobre os cabos condutores.

No piso da câmara existe um sistema de drenagem, uma vez que a mesma está exposta a penetração de água de chuva.

Todas as ferragens de fixação existentes na câmara estão devidamente aterradas.

Foram executadas malhas de dispersão no piso da câmara em cabos de cobre nu 120 mm² e de equalização no topo da mesma em cabos de cobre nu 95 mm². Os cabos da malha de equalização estão fixados nas cantoneiras de fixação das grades metálicas.

A posição relativa das caixas de emenda de aço inoxidável dentro da câmara encontra-se estabelecida em 6 (seis) linhas paralelas, estando cada unidade defasada uma das outras.

A entrada dos cabos na câmara de abrigo das emendas "T" encontra-se a uma distancia aproximada de 24 m dos terminais da GIS.

3.0 - CONCLUSÃO

O uso pioneiro no Brasil deste tipo de acessório acontece, portanto em uma linha de transmissão subterrânea vital para o sistema da Concessionária AES Eletropaulo- São Paulo - SP, com capacidade de transmissão de 300 MVA em 88 kV.

Pelas razões acima expostas, entende-se que a utilização da emenda "T" viabilizou tecnicamente o sistema de cabos em questão.

Atualmente há 130 caixas de emendas tipo "T", em classes de tensão de 72,5 kV a 245 kV, instaladas em diversos países com entrada em serviço entre os anos de 1994 até 2010, livres de manutenção e sem avarias registradas. Importante citar que a utilização da emenda "T" é aplicável, também, à transição entre cabo impregnado – cabo seco.



FIGURA 1 – Instalação do Conector macho desconectável no cabo antes da operação de “plug-in” na Emenda T na Linha entre a Usina de Belchatów e a Subestação Kleszczów (Polônia)



FIGURA 2 – Conexão da terminação do cabo na Emenda T

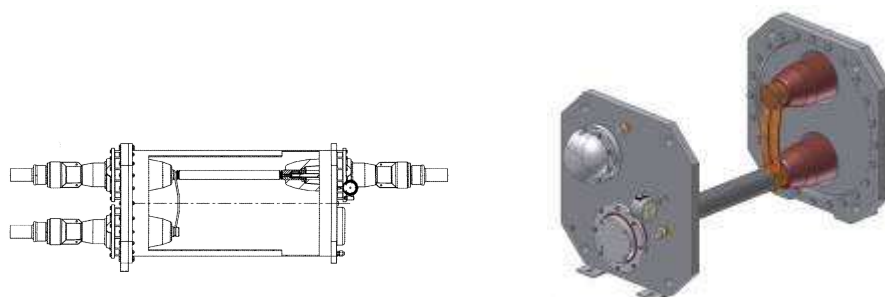


FIGURA 3 – Seção Transversal -Terminações na caixa de Emendas tipo” T”



FIGURA 4– Caixa de Inox contendo as terminações, montada sobre estrutura de alvenaria



FIGURA 5– Vista da cobertura com pontos de ventilação de uma caixa de abrigo das caixas de Inox contendo as terminações.(Instalação na Polónia)



FIGURA 6 – Vista sistema trifásico

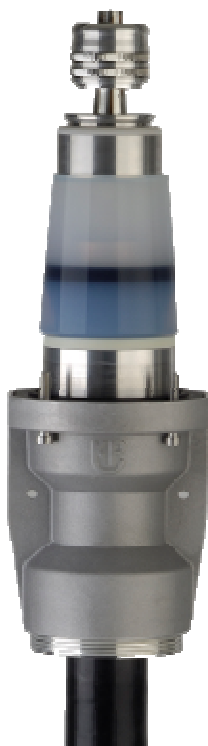


Figura 7 – Foto um conector desconectável tamanho 5S - tensão 145 kV

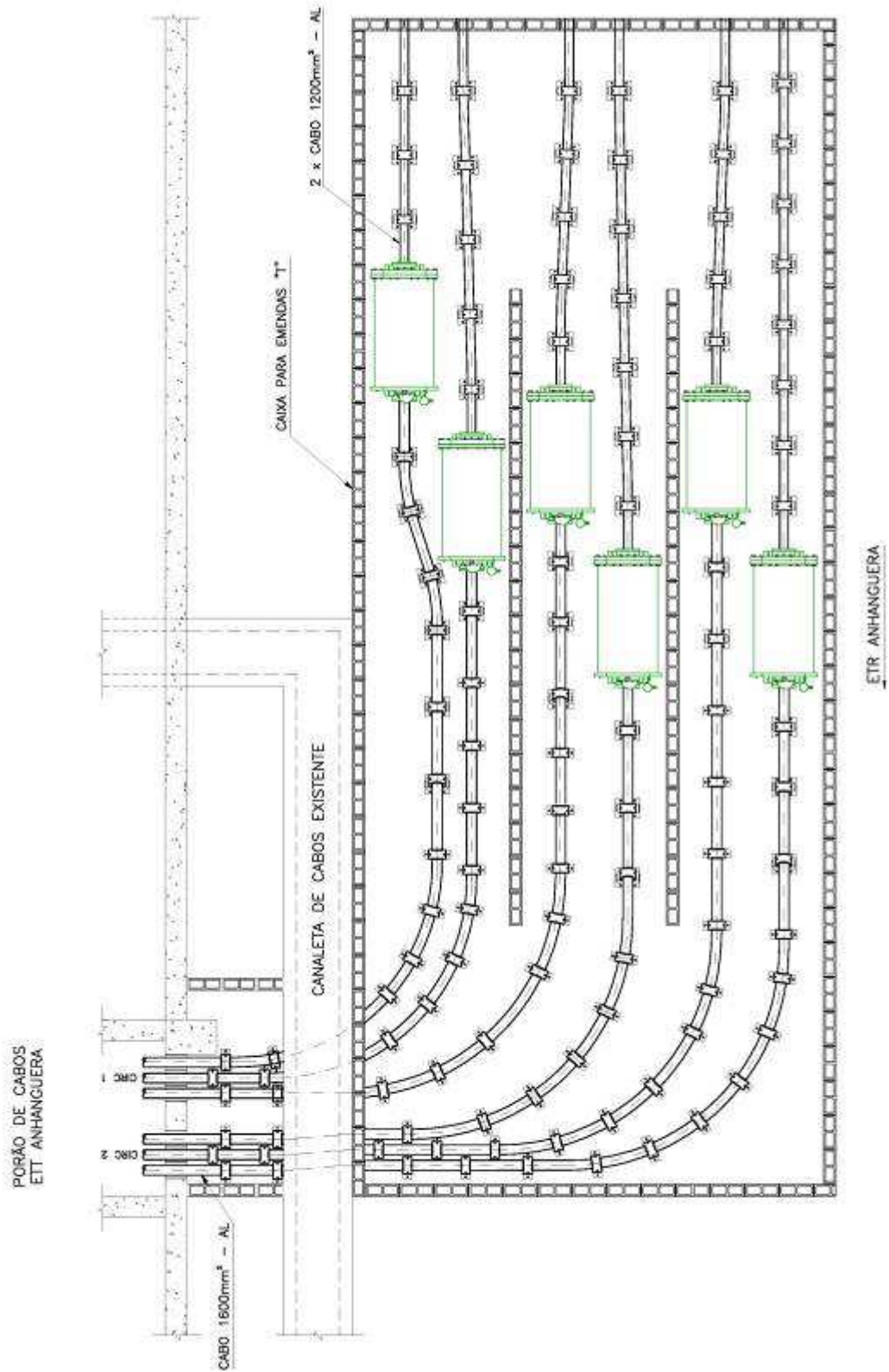


Figura 8 – Vista geral da localização das Emendas "T"

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) http://www.pfisterer.com/pdf_anwendung/druck_100.pdf -
- (2) <http://www.energoprojekt.krakow.pl/?ac=ProductsView&cld=2> -
- (3) Technical Brochure 283 – “Special Bonding of High Voltage Power Cables” – CIGRE – WG B1-18, 2005
- (4) Technical Brochure 177 – “Accessories for HV Cables with Extruded Insulation” – CIGRE – WG 21.06, 2001
- (5) Technical Brochure 415 – “Test Procedures for HV Transition Joints” – CIGRE – WG B1.24, Revista Electra 250, Junho 2010

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Nadia Helena Gama Ribeiro de Louredo

Nascida em Itajubá, MG em 19 de novembro de 1952.

Graduação (1976) em Engenharia Elétrica: Escola de Engenharia da Universidade Mackenzie – São Paulo

Empresa: LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. / Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo, de 1977 a 1998.

Engenheira do Departamento de Projetos de Linhas de Transmissão.

Engenheira Consultora da EDS Engenharia e Consultoria Ltda desde 1998

Eduardo Karabolad Filho

Nascido em São Paulo, SP em 03 de março de 1951.

Graduação (1982) em Engenharia Elétrica: Faculdade de Engenharia São Paulo - FESP - São Paulo

Empresa: LIGHT – Serviços de Eletricidade S.A. / Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo, de 1974 a 1997.

Engenheiro do Departamento de Projetos de Linhas de Transmissão.

Diretor da EDS Engenharia e Consultoria Ltda. desde 1997

Isael Pereira Souza

Nascido na cidade Alvorada do Sul/PR, em 20 de Agosto de 1969.

Graduação 1995 em Tecnologia Mecânica pela Faculdade de Tecnologia de São Paulo – FATEC - SP

Empresa: PFISTERER Internacional.

Gestor de Área - Brasil desde 2008

Gustavo Correa Silvestre

Nascido na cidade São Bernardo do Campo, SP, em 28 de Maio de 1979.

Graduação 2006 em Engenharia Elétrica: Faculdade de Engenharia Mauá – São Caetano

Pós graduação 2010 em Sistemas Elétricos de Potência: FEI – São Bernardo

Empresa: Eletropaulo – Eletricidade de São Paulo, desde de 2000.

Engenheiro de Linhas de Transmissão e Subestações

Roberto Diniz Thomaz Jr.

Nascido em Mogi das Cruzes - SP, em 17 de Dezembro de 1981.

Empresa: EDS Engenharia e Consultoria Ltda. desde 2007.

Projetista de Sistemas de Linhas de Transmissão Aéreas e Subterrâneas.