



GRUPO - VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTO DE ALTA TENSÃO - GSE

ANÁLISE DA TENSÃO DE RESTABELECIMENTO TRANSITÓRIA DE DISJUNTORES OPERANDO EM SISTEMAS UAT (1.000 kV)

R.L. Vasquez-Arnez (*)
J.A. Jardini, S.D.O. Frontin

ITAEE / FDTE

G.L.C. Nicola, P.D.O.F. Borin
E.H. Rose, C. Machado Jr
J.F. de Jesus, R.L.M. Piccirilli

ELETROBRAS-ELETRONORTE

J.F. Graham
L. Guijun, T. Jinfei

STATE GRID BRAZIL HOLDING

RESUMO

Recentemente, no Brasil, foi proposta a alternativa da transmissão de grandes blocos de energia em UAT (Ultra Alta Tensão), especificamente em 1.000 kV c.a. A linha UAT estaria composta de três trechos entre as subestações de Milagres (CE) e Pirapora (MG), com aproximadamente 440 km/trecho. Para manobrar a linha em 1.000 kV é necessária a especificação dos disjuntores, dando ênfase aos requisitos de Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT). Basicamente, os estudos do disjuntor UAT devem abranger as condições críticas de faltas “trifásicas” isolada e aterrada, em ambos os terminais do disjuntor, em geral, indicativas de maior TRT após a interrupção da falta; e falta “quilométrica” que pode definir a maior solicitação para o disjuntor no início da TRT, aplicada a 2 km, 10 km, 50% e a 90% do comprimento do trecho. A amplitude da sobretensão, assim como a taxa de crescimento da onda de tensão – RRRV, nos terminais do disjuntor, não devem ultrapassar a curva envoltória especificada no estudo. As curvas envoltórias utilizadas no estudo correspondem às curvas de dois (T-10 e T-30) e quatro parâmetros (T-60 e T-100) recomendadas de forma preliminar pelo CIGRE/IEC. No artigo, serão apresentados os resultados do estudo relacionados a estes casos. Como a linha de 1.000 kV apresenta compensação série em ambos os terminais, nos casos em que a TRT ficou comprometida devido à interação com a reatância em derivação da linha, um sensor emitirá ordem de disparo para realizar o *by-pass* do capacitor série e minimizar a solicitação ao disjuntor na operação de abertura. A linha UAT proposta neste estudo pode-se tornar pioneira no Ocidente a operar no nível de tensão de 1.000 kV, em corrente alternada, o que atribui aos resultados, conclusões e recomendações do presente estudo um importante acervo técnico aos subseqüentes projetos de integração de sistemas elétricos principalmente na América Latina.

PALAVRAS-CHAVE

Curto-circuito, Disjuntor de UAT, Linha de 1.000 kV, Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT), Taxa de Crescimento da Onda de Tensão (RRRV - *Rate of Rise of Recovery Voltage*).

1.0 - INTRODUÇÃO

A Tensão de Restabelecimento Transitória (TRT) é definida como a diferença de potencial entre os terminais do disjuntor após a abertura deste produto de uma falta no sistema. A natureza e o valor da TRT dependem do tipo de circuito interrompido (resistivo, capacitivo ou indutivo), da impedância do sistema vista dos terminais do disjuntor, da tensão nominal do sistema, da carga, do tipo da falta, da magnitude e localização da falta, entre outros fatores. Como resultado da eliminação da corrente de falta, a tensão de restabelecimento que aparece entre os polos do disjuntor apresentará oscilações transitórias até que o regime permanente seja atingido. Estas sobretensões transitórias não deverão superar a amplitude e nem a frente da curva envoltória padronizada.

A transmissão em UAT (Ultra Alta Tensão) foi explorada nas décadas anteriores em países como a ex-União Soviética, Itália e Japão [1], [2]. Atualmente, a China possui mais de 6.000 km de linha em 1.000 kV [3], [4], [5]. Por

outro lado, a Índia encontra-se atualmente realizando estudos para a instalação de uma linha UAT em 1.200 kV c.a. [6].

A ideia do uso da tensão em UAT surgiu devido aos planos de expansão futura do setor elétrico que inclui o ingresso de geração eólica e solar na região Nordeste. As projeções mostram que o crescimento da carga no NE será inferior em relação à geração, sendo esta mais uma razão para escoar a energia gerada nessa região para o SE do país que possui a maior concentração de carga.

Assim, foi estudada a inserção de uma linha de 1.000 kV na rede tronco (500 kV) do SIN (Sistema Interligado Nacional). Dita linha, cuja torre característica seria do tipo autoportante, condutor *Tern* 8x795 MCM (0,0599 Ω /km/condutor), compõe-se de três trechos cada um com aproximadamente 440 km, saindo do Ceará (no NE) até Minas Gerais (no SE). Na Figura 1 estes terminais estão identificados como: A (Milagres), B (Ourolândia), C (Igaporã) e D (Pirapora).

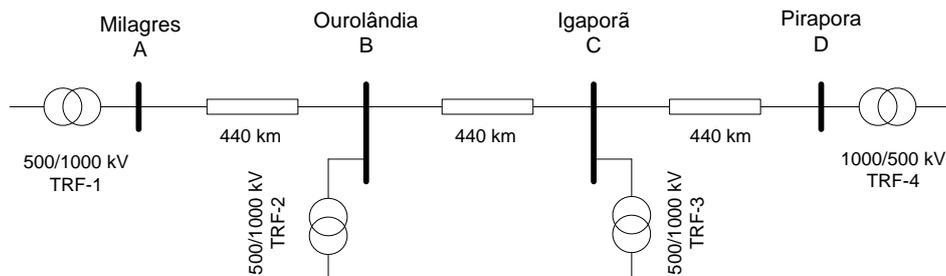


FIGURA 1 – Sistema de 1.000kV para estudo.

2.0 - MODELAGEM E PREMISSAS ADOTADAS

2.1 Linha de 1.000 kV

Conforme descrito em [7], [8] e [9] a rede utilizada foi configurada da seguinte forma:

- Cada trecho da linha UAT foi representado pelo cálculo dos parâmetros considerando a geometria da torre e condutores utilizados. A mesma (linha) está conectada à rede de 500 kV através de autotransformadores de 500/1.000 kV, com potências unitárias de 1.500 MVA e reatância de dispersão de $X= 18\%$.
- Em cada terminal de cada trecho foi alocada compensação shunt e série (Figura 2). A compensação shunt foi de 85% e a reatância série da linha foi compensada em 50%. Foi colocado reator de neutro de 250 Ω no ponto neutro de cada reator shunt, necessário no caso de supressão de correntes de arco secundário.
- Foram utilizados para-raios de ZnO, cuja curva específica VxI foi ajustada para uma tensão nominal de 828 kV (rms), em cada terminal de trecho. O passo de integração no programa utilizado foi de 0,08 μ s.
- Durante o estudo foi representado grande parte da rede tronco de 500 kV ajustando os fluxos e tensões nas barras segundo as condições de operação do PDE (Plano Decenal de Expansão de Energia) 2023 disponibilizado pela EPE (Empresa de pesquisa Energética) [10].

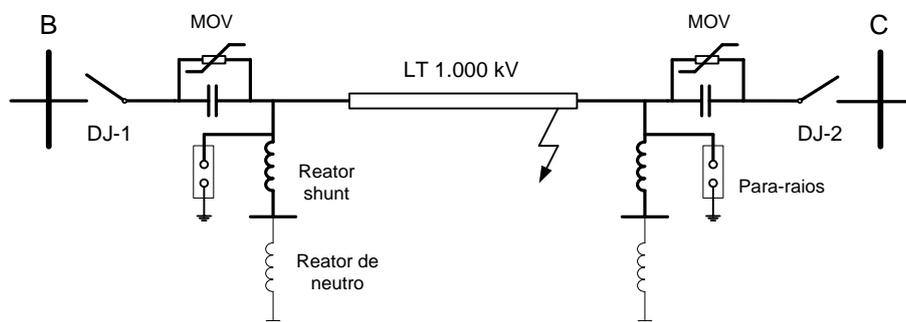


FIGURA 2 – Descrição do trecho B-C no sistema de 1.000 kV.

2.2 Disjuntores para o Sistema de 1.000 kV

Na atualidade ainda não existe especificação consolidada disponível de disjuntores para sistemas de UAT, isto é, destinados a operar acima de 800 kV. Além disso, o mercado é restrito aos países da Ásia: Japão, China e Índia. Entidades de pesquisa e padronização como o CIGRE e o IEEE têm publicado as tendências de aplicações em

sistemas UAT quanto ao meio de extinção do arco e encapsulamento, SF₆ e GIS – *Gas Insulated Switchgear*, respectivamente. A linha UAT da China anteriormente mencionada possui disjuntores encapsulados em GIS. A seguir, apresentam-se as principais características e hipóteses adotadas para o estudo da TRT do sistema UAT em análise:

- A capacidade (*breaking current*) dos disjuntores de linha, inicialmente considerada neste estudo, é igual a 63 kA (rms). Tanto no caso da falta quilométrica (monopolar), assim como no caso da falta terminal (tripolar), a simulação da TRT começa já com a falta aplicada no sistema.
- Os instantes de “abertura” do disjuntor foram estabelecidos a partir de: $t_A = t_B = 0,0108$ s; $t_C = 0,017$ s; sendo que a fase em falta, fase C no caso do curto monofásico, é sempre a última a abrir. O disjuntor abre seus contatos durante a passagem da corrente pelo zero, assim, mesmo que estes instantes de abertura não sejam no zero da corrente transcorrerá um determinado tempo até que a corrente passe pelo zero. O estabelecimento da tensão nos terminais do disjuntor será também função do tipo de circuito (indutivo, etc) a ser interrompido.
- Foram adotadas capacitâncias parasitas em ambos lados do disjuntor igual a 6,8nF.
- Na Tabela 1, mostram-se os valores das curvas envoltórias propostas pelo IEC-CIGRÉ [11] para curto nos terminais de disjuntores de 1.100 kV. As curvas T-100, T-60, T-30 e T-10 são escolhidas com base na relação entre a corrente de curto circuito simétrico pelo disjuntor e a capacidade (corrente) de abertura do disjuntor. De forma análoga às curvas de TRT para níveis de tensão inferiores a 1.000 kV, disponíveis em Norma, as curvas T-100 e T-60 são de quatro parâmetros e as curvas T-30 e T-10 são de 2 parâmetros.

Tabela 1 – Parâmetros de TRT (falta terminal) para disjuntores de 1.100 kV [11].

Test duty	kpp	kaf	uc kV	t2 or t3 µs	U1 kV	t1 µs	RRRV kV/µs
T10	1.2	1.76	1897	271	-	-	7
T30	1.2	1.54	1660	332	-	-	5
T60	1.2	1.5	1617	808	808	269	3
T100	1.2	1.5	1617	1212	808	404	2

3.0 - RESULTADOS

Foram realizadas simulações da TRT para os três trechos da linha de 1.000 kV. A partir dos estudos de fluxo de potência foi possível estabelecer que o trecho B-C seria o mais carregado seguido do trecho C-D. Assim, os resultados apresentados a seguir basicamente correspondem ao trecho B-C. Foram realizadas simulações para as seguintes condições:

- Falta quilométrica para ambos os disjuntores: aplicada a 2 km, 10 km, 50% do comprimento do trecho e a 90% do comprimento do trecho.
- Falta terminal trifásica “isolada” e “aterrada” em ambos lados do disjuntor.
- Nas tabelas apresentadas a seguir foi incluída a notação T_A , T_B e T_C , sendo estes a relação em % entre a corrente simétrica de curto “presente” e o valor máximo da corrente “de abertura” (rms) de falta do disjuntor. O tipo de superação do disjuntor é indicado pela letra $R_{A, B, C}$, se foi devido ao RRRV (*Rate of Rise of Recovery Voltage*); ou pela letra $M_{A, B, C}$ se foi pelo fator de amplitude.

3.1 Falta Quilométrica

3.1.1 Falta a 2 km do Terminal B

Simulações preliminares mostraram que no caso de faltas quilométricas muito próximas ao local da falta o valor da TRT supera os limites da curva envoltória T-100 utilizada. Uma das razões, conforme observado, seria o efeito do capacitor série próximo. Assim, com base em estudos realizados em [12], o capacitor foi by-passado após atingir um determinado valor de sobretensão, através de uma chave com controle de tensão (VCS) com a qual não houve tal superação. A chave VCS irá fechar toda vez que a tensão sobre o banco série seja superior a aproximadamente dois a três vezes o seu valor nominal ($V_{chave} = 2 - 3 \times V_N$). Considera-se que a partir do valor V_N (tensão nominal) poderá já acontecer falha no capacitor do banco série.

A utilização da chave controlada por tensão foi uma alternativa que substitui a modelagem completa do MOV (*Metal Oxide Varistor*). A modelagem do MOV (Figura 3) incluiria o MOV propriamente dito, em paralelo com o capacitor série, o *gap* de by-pass e a chave auxiliar de by-pass (*by-pass breaker*). O MOV ou varistor oferece proteção contra sobretensão ao capacitor série. O *gap* de by-pass conduz no caso de excesso de energia sobre o varistor e altas sobretensões no capacitor. Já a chave auxiliar de by-pass fecha automaticamente no caso de condução prolongada do *gap* ou para outras contingências do capacitor série.

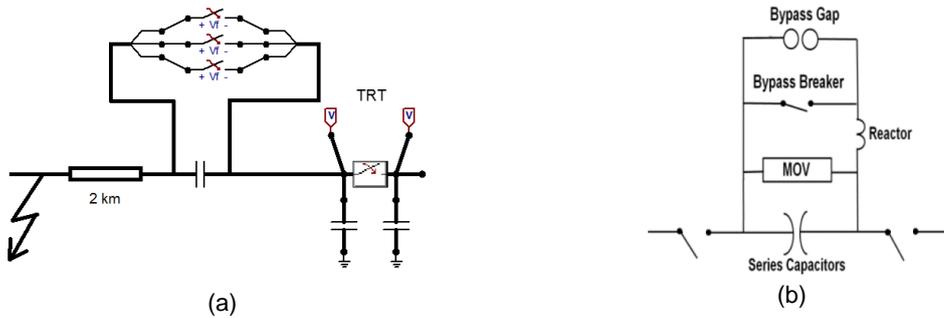


FIGURA 3 – By-pass do capacitor através de: (a) chave controlada por tensão, (b) MOV e componentes auxiliares.

Faltas ocorrendo bem no começo do trecho (inferiores a 2 km) tiveram valores de TRT próximos aos resultados de faltas a 2 km de distância. Assim, no artigo apresentam-se os resultados de falta quilométrica a 2 km, 10 km e 90 km.

Tabela 2 – Falta quilométrica a 2 km do terminal B (by-pass via VCS).

Fase	Icc pelo DJ (kA _p)	T (%)	Superou T-100	Tipo de superação
A	4,4	4,9	Não	--
B	1,18	1,3	Não	--
C	28,6	32,1	Não	--

Na Figura 4 estão sendo mostradas as curvas de TRT correspondentes à Tabela 2 (anterior).

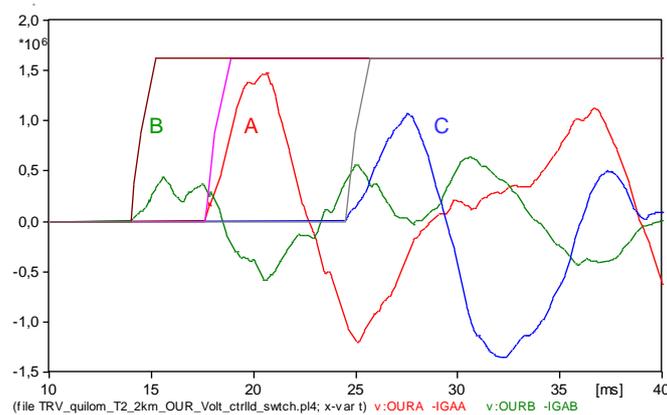


FIGURA 4 – Curvas de TRT nos terminais do DJ-1. Falta quilométrica a 2 km do terminal B.

Tabela 3 – Falta quilométrica a 10 km do terminal B (by-pass via VCS).

Fase	Icc pelo DJ (kA _p)	T (%)	Superou T-100	Tipo de superação
A	4,08	4,6	Não	--
B	1,23	1,4	Não	--
C	23,4	26,3	Não	--

Resumindo, para faltas a 10 km de distância e menores, foi necessário fazer o *by-pass* de qualquer um dos capacitores próximos. No caso de faltas que ocorrem a distâncias superiores a 10 km, nos quais a corrente de falta (I_{cc}) foi menor, não foi preciso fazer esse *by-pass* (Tabela 4).

Tabela 4 – Falta quilométrica a 90 km do terminal B (trecho B-C) sem o *by-pass* do capacitor.

Fase	Icc pelo DJ (kA _p)	T (%)	Superou T-100	Tipo de superação
A	2,24	2,5	Não	--
B	2,52	2,8	Não	--
C	4,25	4,8	Não	--

3.1.2 Falta a 2 km do Terminal C

No caso de falta quilométrica desta vez a 2 km do Terminal C (trecho B-C) houve superação da curva envoltória T-100 nas fases B e C (Tabela 5). A superação na fase B foi no *RRRV*. A superação na fase C foi também em *RRRV* da curva envoltória T-100 utilizada. A curva T-10 é apenas marginalmente superada no início do *RRRV*. As curvas deste caso em análise são mostradas na Figura 5. Falhas quilométricas que ocorrem a mais de 10 km de distância do disjuntor não superaram mesmo a curva envoltória T-100 utilizada.

Tabela 5 – Falta quilométrica a 2 km do terminal C (by-pass via VCS).

Fase	Icc pelo DJ (kA _p)	T (%)	Superou T-100	Tipo de superação
A	3,1	3,5	Não	--
B	3,8	4,3	Sim	Rb
C	33,0	37,0	Sim	Rc

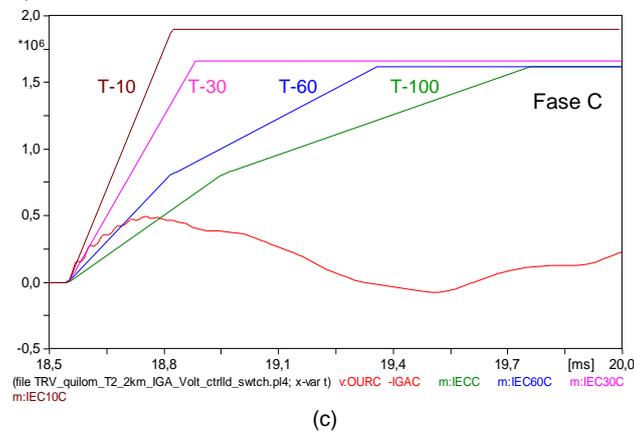
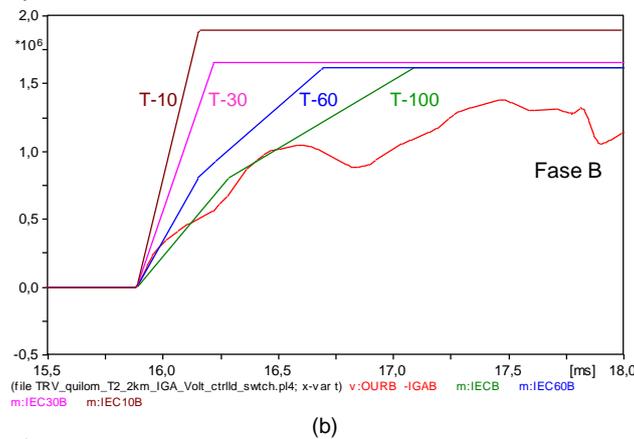
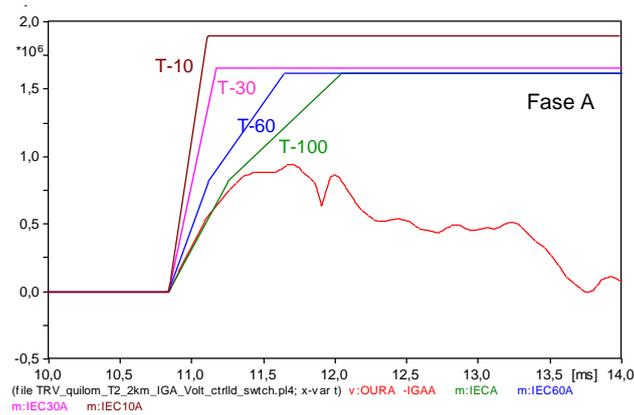


FIGURA 5 – Curvas de TRT nos terminais do DJ-2. Falta quilométrica a 2 km do terminal C.

3.2 Falta Terminal (Trifásica)

Foram analisados dois tipos de faltas: trifásica isolada e trifásica aterrada. Estas faltas foram aplicadas em ambos os lados do disjuntor (lado da linha e lado do barramento, conforme ilustrado na Figura 2). Em geral, para este tipo de falta (terminal) não foi preciso realizar o *by-pass* do capacitor pois os valores de TRT não superaram a curva envoltória adotada.

3.2.1 Falta Trifásica Isolada (lado da LT)

Para este valor de corrente de falta trifásica (9,84 kA) a curva envoltória a ser utilizada será:

$$T(\%) = \frac{9,84 \text{ kA}}{\sqrt{2}} * \frac{100}{63 \text{ kA}} = 11,04\%. \text{ Curva T-30 (Tabela 1).}$$

Os resultados obtidos para esta falta estão sendo mostrados na Tabela 6 e na Figura 6.

Tabela 6 – Falta terminal trifásica isolada, lado da linha do terminal B.

Fase	Icc pelo DJ (kA _p)	T (%)	Superou	Tipo de superação
A	9,84	11,04	Não	--
B	9,84	11,04	Não	--
C	9,84	11,04	Não	--

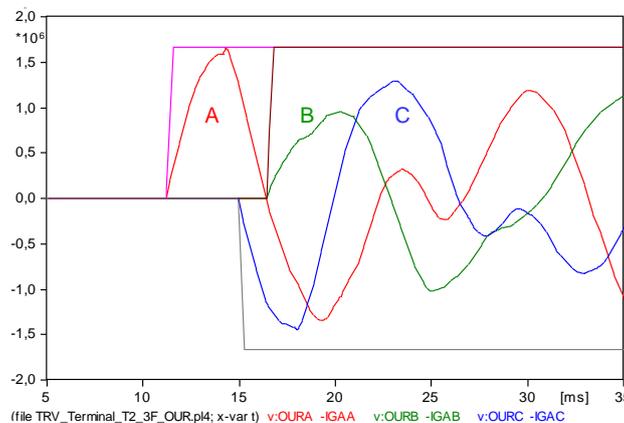


FIGURA 6 - Falta terminal trifásica isolada, lado da LT do terminal B (curva T-30).

3.2.2 Falta Trifásica Aterrada

Em geral, a amplitude da sobretensão, no caso de falta trifásica aterrada, foi menor em relação aos resultados de falta trifásica isolada.

3.3 Faltas Quilométricas no Trecho C-D

Faltas quilométricas aplicadas para análise dos disjuntores neste trecho tiveram comportamento similar aos obtidos no caso do trecho B-C, com os valores de TRT mais severos ocorrendo em distâncias iguais e inferiores a 10 km.

3.4 Falta Terminal (Trifásica Isolada e Aterrada) no Trecho C-D

De forma análoga, os resultados obtidos foram similares a aqueles mostrados no caso do trecho B-C, com exceção da falta trifásica aterrada muito próxima do barramento D (Pirapora) na qual houve superação da amplitude na fase A. O valor de superação foi de aproximadamente 193,2 kV acima da curva envoltória T-10. Não houve superação do RRRV em nenhuma das fases, inclusive para a curva T-100 (valor de pico da corrente de falta = 7,3 kA).

3.5 Falta no Terminal D (Trifásica Isolada) do Trecho C-D

O resultado obtido para esta condição está sendo apresentado na Tabela 7. Na Figura 7 está sendo mostrada a superação da fase A. O valor de superação foi de aproximadamente 184,2 kV acima da curva envoltória T-10. Para o valor da corrente de falta (7,3 kA) a curva envoltória utilizada foi:

$$T(\%) = \frac{7,3 \text{ kA}}{\sqrt{2}} * \frac{100}{63 \text{ kA}} = 8,2\% \text{ (Curva T-10).}$$

Tabela 7 – Falta terminal trifásica isolada no terminal D.

Fase	Icc pelo DJ (kAp)	T (%)	Superou (T-10)	Tipo de superação
A	7,3	8,2	Sim	M _A
B	7,3	8,2	Não	--
C	7,3	8,2	Não	--

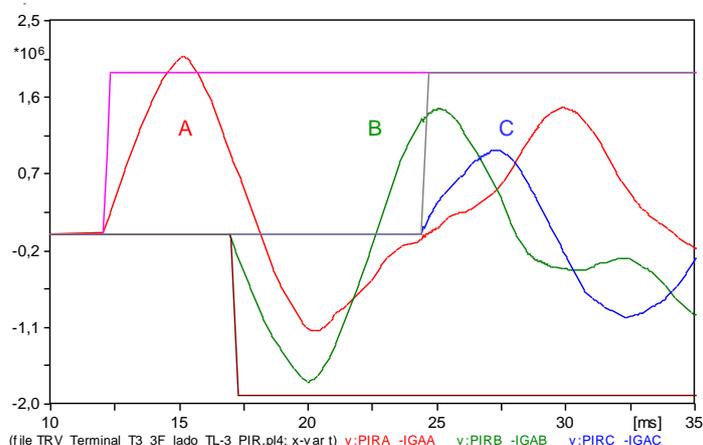


FIGURA 7 – Falta terminal trifásica isolada na barra D (curva T-10).

4.0 - CONCLUSÕES

Com base no estudo da TRT para o sistema UAT analisado, pode-se concluir que:

No caso de faltas quilométricas (monofásicas), na qual a fase em falta é a última a abrir, a TRT superou a amplitude da curva envoltória (T-100) proposta em [11]. Esta superação aconteceu no caso de faltas que fossem ocorrer a distâncias iguais ou menores a 10 km. Considerando esse fato, e segundo as sugestões de estudos prévios [12], além de levar em conta a particularidade da rede em estudo (presença de compensação série e shunt), foi considerada a opção de realizar o *by-pass* de pelo menos um dos capacitores série próximos ao local da falta, desta forma desapareceu a superação da TRT dos disjuntores em questão.

Ainda no caso do curto quilométrico, em algumas das simulações houve superação da RRRV inclusive com o *by-pass* do capacitor. Nesse caso, foi mostrado que com a utilização da curva T-10 que possui uma frente mais íngreme, no lugar da curva T-100, tal superação não ocorreria.

Quanto à análise da falta terminal (trifásica) isolada e aterrada, não houve tal superação da TRT; mesmo sem o *by-pass* do capacitor. Exceção foi a falta terminal (tanto isolada quanto aterrada) próxima ao terminal D (trecho C-D) cuja amplitude superou a curva envoltória em 184,2 kV, representando 9,7% acima da curva padrão (1.897 kV). Esta ultrapassagem deverá ser analisada pelo fabricante para ver se esta porcentagem pode ser tolerada pelo equipamento.

5.0 - AGRADECIMENTOS

À ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), Eletrobrás-Eletronorte e SGBH (*State Grid Brazilian Holding*) pela oportunidade no desenvolvimento do projeto UAT e pelas contribuições para o enriquecimento dos estudos realizados.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CIGRÉ Brochure 085 (A3 High Voltage Equipment), "Ultra High Voltage Technology". Working Group 38-204, Jun. 1994.
- [2] H. Okamoto, "Progress of, and prospects for, Commercial Applications of UHV 1100kV Transmission System in TEPCO; Issues in Upgrading Existing 1100 kV Designed Lines from 550 kV to 1100 kV." 2nd Int. Symposium on International Standards for Ultra High Voltage, New Delhi, Jan 29-30, 2009. pp. 1-7.
- [3] Zhenya Liu, "Ultra High Voltage AC/DC Grid", Elsevier Academic Press, 2014.
- [4] Jun Yuan, Zhanqing Yu, "Lightning Shielding Protection Design and Actualization of 1000-kV UHVAC Overhead Transmission Line in China". 2010 Asia-Pacific Symposium on Electromagnetic Compatibility (APEMC), 2010. pp. 1578 - 1581. DOI: 10.1109/APEMC.2010.5475687

- [5] ____, Apresentação PPT, UHVAC Projects in China, Japan and India, São Paulo, Nov. 2016.
- [6] R. N. Nayak, M.C. Bhatnagar, B. N. de. Bhowmick, R. K. Tyagi, "1200 kV Transmission System and Status of Development of Substation Equipment Transmission Line Material in Índia". IEC/CIGRÉ, 2nd Int. Symposium on Standards for Ultra High Voltage Transmission, New Delhi, Jan 29-30, 2009.
- [7] J. A. Jardini, P.O. Silveira, F.R.V.A. Pedroso, S.O. Frontin, G.L.C. Nicola, J. F. Graham, L. Guijun, "Electromagnetic Transients in a 1000kV system. Part I - Modeling and arc extension". In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>.
- [8] J.A. Jardini, G.Y. Saiki, M.T. Bassini, G. L. C. Nicola, J. F. Graham "Electromagnetic Transients in a 1,000 kV System: Part II – Line Energization, Reclosing and Insulation Coordination." In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>
- [9] J. A. Jardini, M. T. Bassini, R. L. Vasquez-Arnez, S. O. Frontin; G. L. C. Nicola, J. F. Graham, "Electromagnetic Transients in a 1,000 kV System: Part III - Fault Inception, Cleaning and Load Rejection." In: 2016 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition Latin America (T&D LA), Morelia, 21-23 sept. 2016. <http://ieeetdla16.org/>
- [10] Empresa de pesquisa Energética – EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pdee/forms/epeestudo.aspx>
- [11] D. Dufournet, "Standardization Aspects of UHV Networks." In: Second International Symposium on Standards for Ultra High Voltage Transmission, IEC-CIGRE, 2008.
- [12] Zutao Xian, Jiming Lin, Liangeng Ban, Bin Zheng, "Investigation of TRV across Circuit-Breaker of Series Compensated Double-Circuit UHV Transmission Lines". 2010 International Conference on Power System Technology, Hangzhou, 2010.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Ricardo León Vasquez Arnez; possui graduação em Engenharia Elétrica - Universidad Técnica de Oruro (1994), mestrado em *Power Electronics and Drives - University of Birmingham* (ING) (1999), doutorado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas pela Universidade de São Paulo (2004) e pós-doutorado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas pela Universidade de São Paulo (2006). Atualmente trabalha como pesquisador para a FDTE (Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia). Entre as suas áreas de interesse destacam-se: Sistemas FACTS, fenômenos EMT, controle do fluxo de potência e micro-redes elétricas.



José Antonio Jardini, Engenheiro eletricitista (1963), mestre (1969) e doutor (1973) pela Escola Politécnica da USP. Trabalhou na Themag no cargo de superintendente e como professor e pesquisador na Escola Politécnica da USP (Professor Titular). Atuou nos projetos: sistema de transmissão de Itaipu, Cesp, Chesf, Eletronorte, Furnas, Eletrosul. É atuante no Cigré, no grupo de trabalho B2 (Linhas) e B4 (Corrente Contínua). É atuante também no IEEE onde participou da organização de vários congressos. É *Fellow Member* do IEEE e atuou como *Distinguished Lecturer* nas Sociedades de Potência (PES) e Industrial (IAS). Coordenou inúmeros projetos de P&D no âmbito do programa da ANEEL. Atualmente é consultor independente e diretor da J2 Consultoria.



Sergio de Oliveira Frontin, engenheiro eletricitista formado pela Escola Nacional de Engenharia da UFRJ (1969) e Mestre em Sistemas de Potência pelo *Rensselaer Polytechnic Institute* em Troy (New York – Estados Unidos (1971). Trabalhou em Furnas Centrais Elétricas S.A (1967 – 1987 e 1992- 1997), Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (1988), Itaipu Binacional (1989-1991) e Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (1998 – 2008). Ex-professor da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1972 a 1977), Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro (1978) e Universidade Estadual do Rio de Janeiro (1980 a 1986). Atualmente é pesquisador colaborador da Universidade de Brasília e consultor nas áreas de energia, regulação, geração, transmissão, tecnologia da informação e gestão de conhecimento.



Geraldo L.C. Nicola, Engenheiro eletricitista pela Universidade de Brasília atua na Eletrobrás Eletronorte desde 1977 na área de expansão da transmissão, subestações. Participou do projeto e implantação de vários empreendimentos em corrente alternada entre 69 e 800 kV, corrente alternada e contínua, FACTS e na gerência de projetos de pesquisa e desenvolvimento em transmissão.



Patricia de Oliveira Freitas Borin: Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (2005). Atuou na empresa Engevix Engenharia de 2005 a 2007, onde esteve envolvida com projetos de usinas hidrelétricas e na empresa Themag Engenharia de 2007 a 2008, onde esteve envolvida com projetos de subestações de transmissão. Desde 2008 trabalha na Eletrobrás Eletronorte como engenheira de projetos e construção na área de expansão da transmissão, onde está envolvida com equipamentos de alta tensão para transmissão de energia, FACTS e transmissão em corrente contínua. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência.



Eber Hávila Rose, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1985). É mestre na área de Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá (1997). Atualmente atua na ELETRONORTE, na superintendência de planejamento da expansão.



Camilo Machado Júnior, possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (1980) e aperfeiçoamento em Curso de Engenharia de Sistemas Elétricos - CESE pela Universidade Federal de Itajubá (1984). Atualmente é Engenheiro de Planejamento da Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.

Jader Fernandes de Jesus, engenheiro eletricitista formado pela Universidade do Estado de Minas Gerais/UEMG (2001). Trabalhou na *Alstom Transport* como *Process Engineer*, onde era responsável pela constatação e eliminação de defeitos na frota do Metrô-DF, com ênfase na análise de desempenho e estudos para evolução do Sistema (2002- 2008), na Eletrobrás Eletronorte atuou na área de planejamento da expansão da transmissão, onde são desenvolvidos os estudos elétricos de potência, visando a integração de novas instalações (Equipamentos e Subestações) ao SIN (2008-2015) e na Eletrobrás Distribuição Amazonas como Gerente do Departamento de Planejamento e Controle da Expansão, onde são desenvolvidos os estudos de planejamento e plano de expansão dos sistemas de distribuição em alta, média e baixa tensão (2015- 2016). Atualmente ocupa a função de Gerente Executivo na área de Planejamento da Expansão da Transmissão da Eletrobrás Eletronorte.



Rafael Lewergerger Meireles Piccirili, engenheiro eletricitista formado pela Universidade de Brasília/UNB em 2006. Atualmente trabalha na Gerência de Planejamento da Expansão da Transmissão na Empresa Eletrobrás Eletronorte na função de Engenheiro de Planejamento nas seguintes atividades profissionais: elaboração e desenvolvimento de estudos de viabilidade técnico-econômica e sociambiental, estudos de fluxo de potência e estabilidade de tensão em regime permanente, estudos de energização, estabilidade eletromecânica e curto-circuito, definição de compensação reativa série e em derivação, especificação de equipamentos, estudos de conexão de Usinas e de traçado para implantação de novas linhas de transmissão no SIN (Sistema Interligado Nacional), participação nos estudos de transmissão e escoamento da Usina Hidrelétrica de Belo Monte.



John Francis Graham, possui graduação em Engenharia Elétrica - *Coventry University* (1965). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, especialmente corrente contínua (HVDC).



Liu Guijun, possui graduação em *Industrial Electrical Automation* pela *China Three Gorges University* (1987). Tem mais de 14 anos de experiência na área de projetos de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente participa dos projetos de P&D relacionados a UAT (Ultra Alta Tensão) e HVDC *Multi-infeed* com configuração CCC (*Capacitor Commutated Converters*).



Tang Jinfei, graduado da *North China Electric Power University* na China com mestrado em Energia Elétrica e Automação em 2008; desde então, ele trabalha na *State Grid Corporation* da China, e adquiriu experiências abrangentes na operação e gestão de sistemas elétricos.

