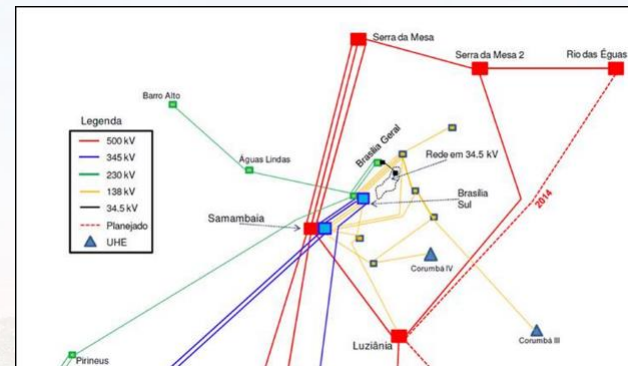


Modelagem da LTS 230 kV Brasília Sul – Brasília Geral para estudos de transitórios eletromagnéticos com o ATP

GDS 08
Venilton Oliveira

A entrada em operação comercial da Linha de Transmissão Subterrânea (LTS) 230 kV Brasília Sul – Brasília Geral está prevista meados de 2016. Há uma preocupação, justificada por experiências anteriores de problemas de ressonância entre LTS e a rede elétrica, como por exemplo o que ocorreu com a LTS 230 kV Porto Alegre 4 – Porto Alegre 9 que traz a necessidade de desenvolver estudos de manobra com o objetivo de identificar possíveis casos de ressonâncias que possam levar a falhas no isolamento da LTS 230 kV Brasília Sul – Brasília Geral.

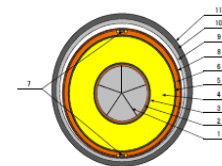
Este trabalho tem por objetivo apresentar o processo de modelagem da LTS e os estudos de manobras de elementos capacitivos da rede elétrica que possam apresentar respostas transitórias que entrem em ressonância com LTS 230 kV Brasília Sul – Brasília Geral de 13,5 km.



A especificação do cabo da LTS, estão apresentados a seguir:

- Cabo Isolado XLPE, 230 kV, 1x1200 mm²
- Condutor de Alumínio ASTM 11350 H19
- Capa Metálica de Alumínio Corrugado

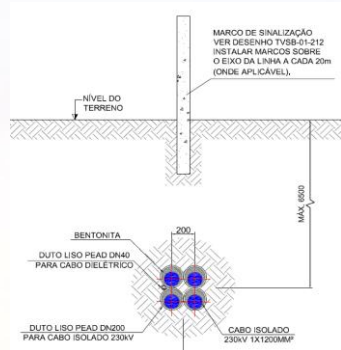
Parâmetro	Condutor	Capa Metálica
Rin (m)	0	0,05765
Rout (m)	0,02115	0,06035
Rho (Ω.m)	3,4711e-8	2,84e-8
mu	1	1
mu (isol.)	1	1
eps (isol.)	2,96	1,57
Rtotal (m)	0,06885	



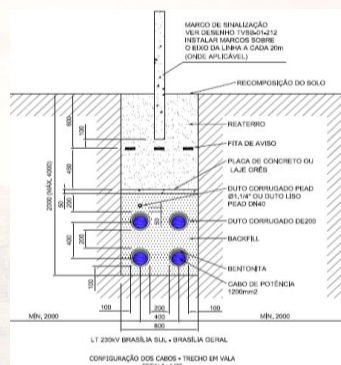
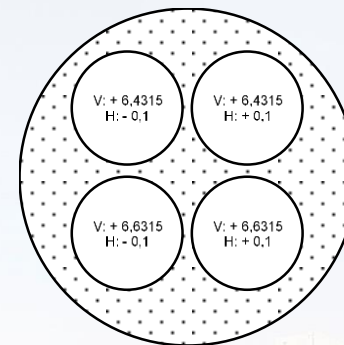
Item	Descrição	Espessura nominal (mm)	Diâmetro nominal (mm)	Especificação requerida	
				Espessura média mínima (mm)	Espessura mínima (mm)
1	Condutor de alumínio (5x37/2,97)		42,3		
2	Fita semi-condutora de amarração (0,27x2)	0,8	43,1	—	—
3	Camada semi-condutora interna	2,0	47,1	1,5	1,35
4	Isolação XLPE	24,0	95,1	23,0	20,7
5	Camada semi-condutora externa	1,4	97,9	1,3	1,17
6	Fita semi-condutora repelente a água (1,5x2)	4,2	106,3	—	—
7	Fibra óptica multimodo (Φ1,5x2)				
8	Fita semi-condutora resistente a água (0,55x1)	0,75	107,8	—	—
	Fita de malha de cobre (0,5x1)	0,5	108,8	—	—
9	Capa de alumínio corrugado	2,7	127,2	2,7	2,20
10	Betume	0,25	127,7	—	—
	Capa externa PEAD anti-termita	5,0	137,7	5,0	4,15
11	Camada de grafite		137,7	—	—

Peso aproximado do cabo : 16 kg/m

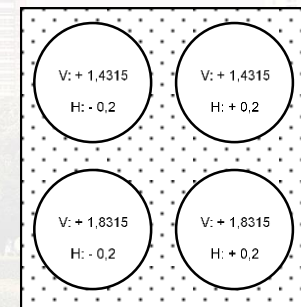
Geometria da Instalação dos Cabos



Trecho em MND
(Método Não Destrutivo)



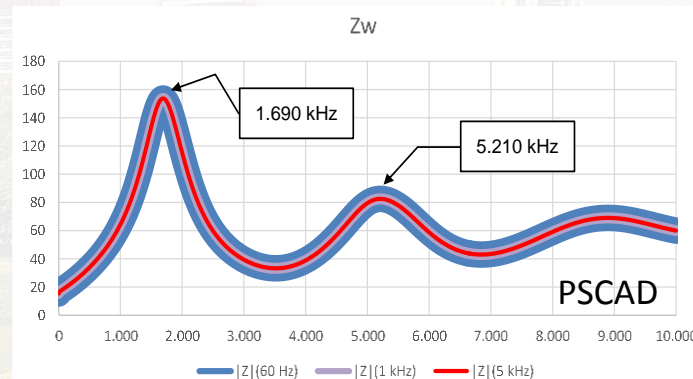
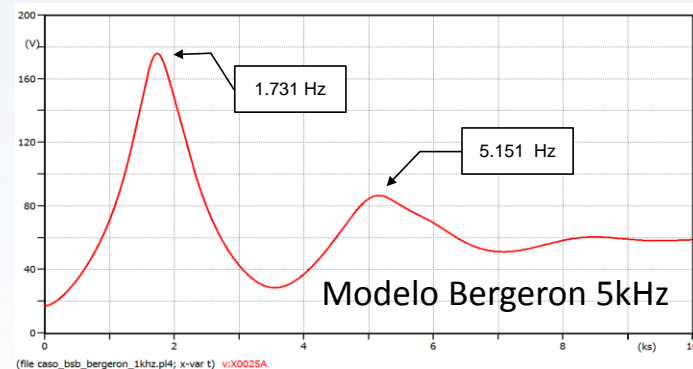
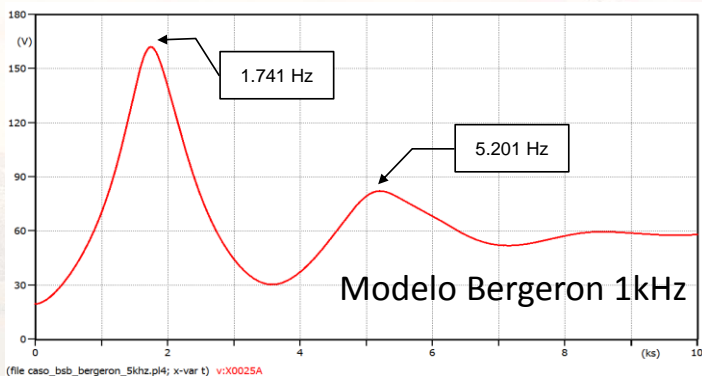
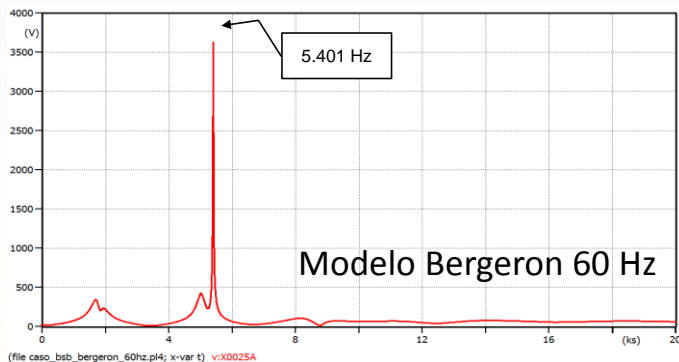
Trecho em Vala



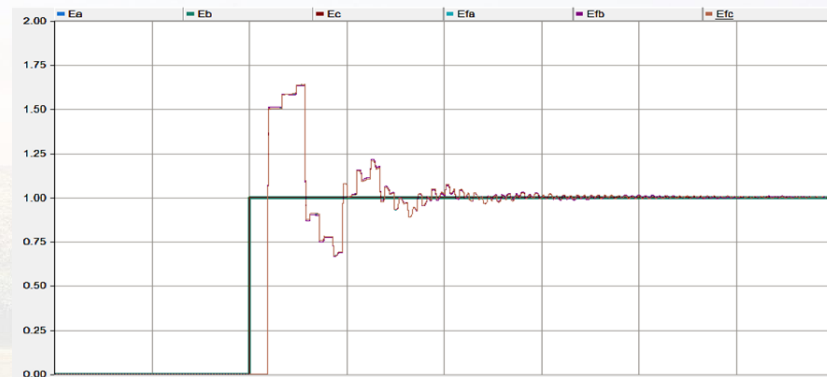
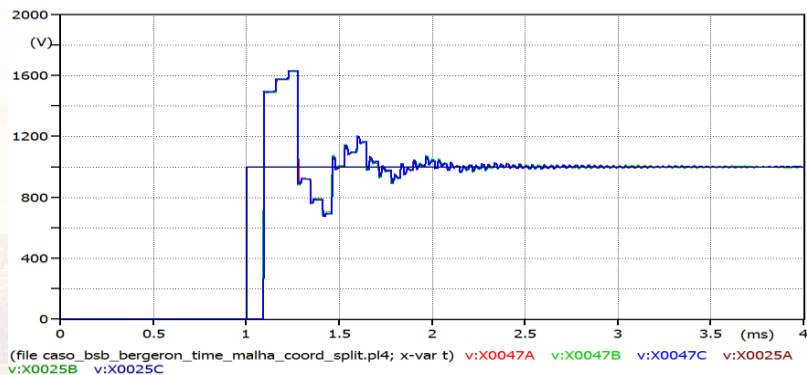
Configuração

Coordenada no ATP

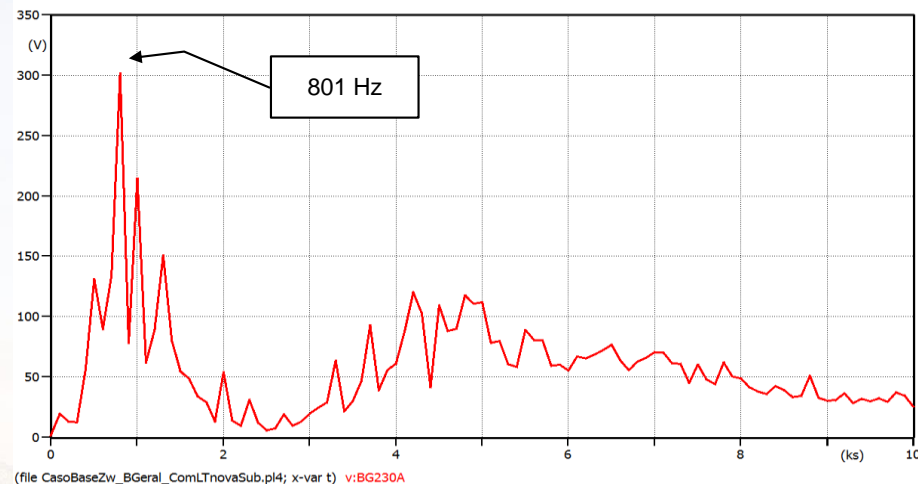
- Dado a característica construtiva, onde há a presença de isolamento com características distintas do ar, um cabo isolado (com ou sem capa metálica) é bastante diferente de uma linha de transmissão aérea, pois seus modos apresentam velocidades de propagação bem distintas. Além disso, o arranjo dos cabos subterrâneos resulta em uma Matriz de Propagação variante na frequência em larga faixa de frequência. Tais características dificultam o uso de modelos como o Bergeron, com Matriz de Transformação real e constante;
- A impedância de retorno pelo solo, no caso de cabos subterrâneos, é dada pela expressão desenvolvida no Pollaczek em 1929 e bastante distinta da impedância de retorno pelo solo de linhas aéreas. Os modelos matemáticos presentes no ATP empregam as expressões da impedância de retorno pelo solo de linhas de transmissão em conjunto com as expressões de Bessel, o que limita a faixa de validade do modelo até poucos kHz;
- O modelo mais detalhado de linhas de transmissão existente no ATP é o modelo conhecido como JMarti, que pressupõe uma Matriz de Transformação real e constante. Tal hipótese não é válida para cabos subterrâneos, sendo, portanto, um outro fator que limita a faixa de validade do modelo empregado.



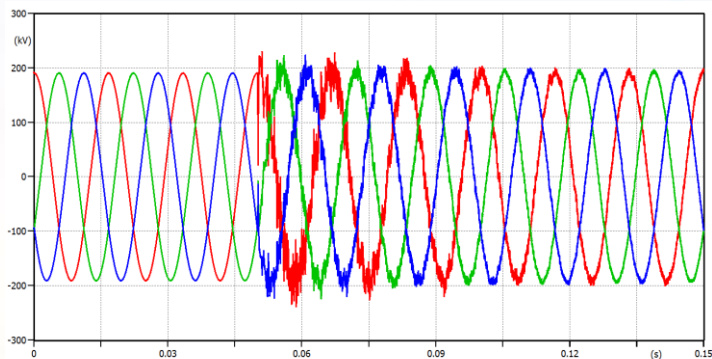
Descritivo	ATP	PSCAD
Tempo de Propagação	92,4 μ s	96,9 μ s
Tensão Máxima	1,450 pu	1,498 pu



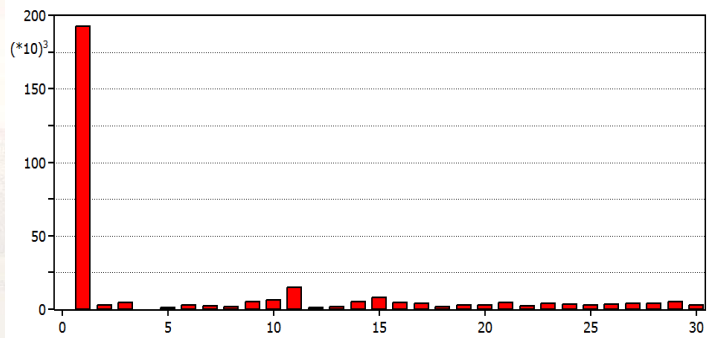
Caso	Descritivo	Medição	Condição da LTS	
1.a	Resposta em Frequência	Brasília Geral	Sem a LTS	
1.b			Com a LTS	
1.c			Com a LTS – B. Sul Aberto	
2.a		Brasília Sul	Sem a LTS	
2.b			Com a LTS	
2.c			Com a LTS – B. Geral Aberto	
3.a	Chaveamento de Capacitor em Samambaia 345 kV	Brasília Geral	Sem a LTS	
3.b			Com a LTS	
4.a		Brasília Sul	Sem a LTS	
4.b			Com a LTS	
5.a	Chaveamento de Capacitor em Brasília Sul 138 kV	Brasília Geral	Sem a LTS	
5.b			Com a LTS	
6.a		Brasília Sul	Sem a LTS	
6.b			Com a LTS	
7.a		Chaveamento de Capacitor em Brasília Sul 230 kV	Brasília Geral	Sem a LTS
7.b				Com a LTS
8.a	Brasília Sul		Sem a LTS	
8.b			Com a LTS	
9.a	Chaveamento de Capacitor em Bandeirantes 345 kV	Brasília Geral	Sem a LTS	
9.b			Com a LTS	
10.a		Brasília Sul	Sem a LTS	
10.b			Com a LTS	
11.a		Chaveamento de Capacitor em Barro Alto 230 kV	Brasília Geral	Sem a LTS
11.b				Com a LTS
12.a	Brasília Sul		Sem a LTS	
12.b			Com a LTS	



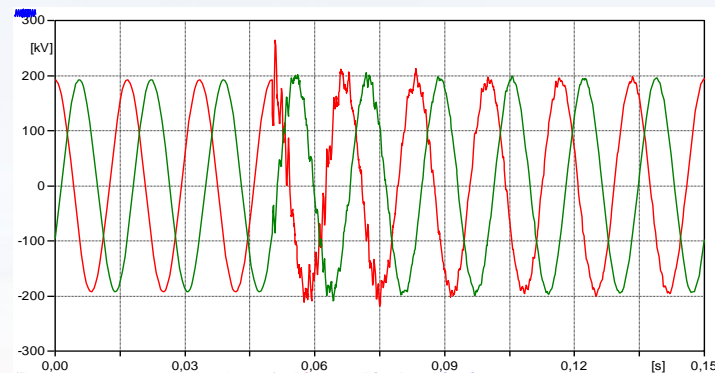
Com a LTS



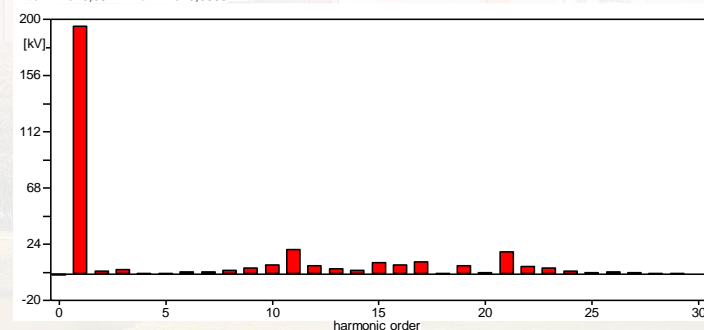
MC's PlotXY - Fourier chart(s). Copied on abr 1 2016
File: caso1_capsamam.p4; Variable: v:BG230A
t1: 0.05; t2: 0.0666



Sem a LTS



MC's PlotXY - Fourier chart(s). Copying date: 14/04/2016
File: caso1_capsamam_comcabo_close.p4; Variable: v:BG230A [peak]
Initial Time: 0.05 Final Time: 0.0666



Com a LTS

- Foi representado um equivalente de rede com um raio de aproximadamente 300 km de distância do ponto de conexão da LTS, cobrindo assim o critério de afastamento mínimo de duas barras além da região de estudo conforme recomendado pelo ONS;
- A LTS foi modelada com as suas características físicas em todos detalhes e definida a melhor representação no ATP, e o mesmo foi feito no PSCAD visando a validação do modelo da LTS;
- Foi calculado a resposta em frequência da rede equivalente sem e com a LTS;
- Foi calculado a resposta em frequência da LTS para identificar a frequência característica da linha no ATP e no PSCAD;
- Foram chaveados os principais elementos capacitivos próximos a LTS;

- Foram energizadas as Linhas no entorno da LTS, além das manobras de religamento tripolar com sucesso e rejeição de carga;
- Foi realizado o cálculo do espectro harmônico da onda de tensão nos terminais da LTS após os chaveamentos e as energizações.

Baseado nas simulações realizadas com o programa ATP, pode-se obter as seguintes conclusões:


- Em todas as simulações não foram verificados problemas de ressonância na LTS;
- As tensões na capa metálica ficaram muito abaixo do limite de suportabilidade dos cabos. Tanto em valor absoluto como para a taxa de crescimento.

Venilton Oliveira

 (21) 2413-5743

 (21) 98862-0032

 venilton.oliveira@jordaoengenharia.com.br

 www.jordaoengenharia.com.br