

## GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GDS

### ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DO FENÔMENO DE ZERO ATRASADOS EM FUNÇÃO DO GRAU DE COMPENSAÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO AÉREA

**ANTONIO SAMUEL NETO (1); DILTON SERRA SECA VASCONCELOS FILHO (2); ANTONIO RICARDO DE MATTOS TENÓRIO (3); FLÁVIA MARIA CAVALCANTI FERREIRA(4);HELIO PESSOA DE OLIVEIRA JUNIOR(5)**

#### RESUMO

O artigo se propõe avaliar o fenômeno de zero atrasado em linhas de transmissão aérea. Tendo em vista que normalmente esses estudos não são realizados na etapa de projeto básico, já que a sobrecompensação não representa uma boa prática de engenharia, entretanto com o elevado número de seccionamentos por agentes de geração ou determinados pelo Planejamento da Expansão, que tem entrado em operação, verifica-se uma alteração significativa no grau de compensação das linhas. Esse trabalho busca avaliar a sensibilidade de compensação reativa a qual se verifica a necessidade de realização desses estudos. O estudo irá focar na influência dos parâmetros dos reatores e da rede externa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transitório Eletromagnéticos, Zero atrasado, Curto-circuitos.

#### 1.0 INTRODUÇÃO

O fenômeno de zero atrasado de corrente é bastante conhecido quando se trata de curtos-circuitos na proximidade de grandes geradores. Para linhas de transmissão compensadas por reatores em derivação, o fenômeno é mais conhecido nos sistemas de transmissão através de cabos subterrâneos. Entretanto, para linhas de transmissão aéreas, o fenômeno normalmente não é coberto nas análises típicas na fase de projeto básico. Uma alternativa seria durante o planejamento da expansão, nos estudos de R2, detectar os efeitos nocivos do elevado grau de compensação shunt e zelar para que os reatores que sobrecompensam linhas com seccionamentos fossem realocados.

Pode-se observar nos últimos anos um crescente seccionamento de linhas de transmissão, tanto para sistemas 230 kV quanto para 500 kV, visando a integração de novas subestações para atendimento a carga quanto para conexão de geração eólica ou solar. O grande objetivo desses seccionamentos são reduzir o custo decorrente de atender demandas locais de carga, quanto para possibilitar escoamento de geração.

Os circuitos originais foram projetos normalmente em topologias de rede bem diferentes das atualmente em operação. Destaca-se que, no passado, em muitas dessas regiões os atendimentos eram realizados por grandes corredores de linhas de transmissão e para possibilitar a energização de linha bem como manter as tensões dentro de limites operativos em situação de carga leve, muitas vezes eram necessários reatores em circuitos 230 kV. No que diz respeito a sistemas de 500 kV, o Sistema Interligado Nacional (SIN) tem presenciado circuitos de 500 kV com grandes comprimentos. Especificamente no Sistema Nordeste, grandes linhas de transmissão têm sido integradas ao SIN como forma de escoamento da grande inserção de eólica e fotovoltaica presente na região.

Para os agentes de geração, os quais por vezes verificam como opção de menor custo global o seccionamento de linhas de transmissão existentes, esclarece a necessidade de atenção especial para o seccionamento de linhas compensadas, já que essa ação causará a alteração do grau de compensação podendo ser necessárias análises adicionais para confirmar se essa opção é, de fato, a melhor possível.

O grande problema é que ao seccionar um circuito com compensação, na maioria das vezes, o grau de compensação das linhas, geradas pelo seccionamento em relação a linha existente, é significativamente alterado podendo em alguns casos um dos trechos passar a operar de forma com grau de compensação muito próximo de 100%. À medida que o grau de compensação vai aumentando, a componente CA da corrente de carregamento da linha em vazio (*line charging*), que circula no disjuntor é reduzida. Dessa forma, quando ocorrem manobras (energização e religamento) ou curtos-circuitos na linha de transmissão, a componente DC gerada pela presença do reator pode ser superior à componente CA por vários ciclos, provocando com isso um atraso da corrente pelo zero. Caso nessa situação o disjuntor seja solicitado a abrir, devido à ocorrência de um curto-circuito, por exemplo, haverá a tentativa de abrir uma corrente que não passa pelo zero, impondo sobre os disjuntores solicitações para os quais ele não foi projetado [1].

Verifica-se um crescente aumento do número de publicações sobre o fenômeno de zero atrasado no sistema, mostrando a relevância do assunto e a grande importância que o assunto tem para a suportabilidade de disjuntores [2] [3].

## 2.0 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para entender os fundamentos, conceitos básicos de análise de transitórios eletromagnéticos podem ser empregados. Para tanto, considere o circuito simplificado na Figura 1, a capacitância presente pode ser considerada como a capacitância total de sequência positiva da linha de transmissão, a indutância L representa a indutância equivalente de sequência positiva dos reatores e da linha de transmissão e R representa a resistência responsável pelas perdas da linha e do reator [2] [1]

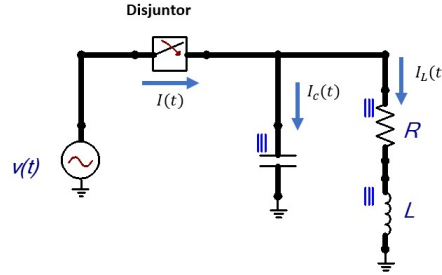


Figura 1 - Circuito equivalente simplificado para análise do fenômeno de zero atrasado

Considerando o sistema como uma fonte de tensão perfeitamente equilibrada, ao fechar o disjuntor, a corrente que irá fluir para a linha de transmissão é o somatório da componente capacitiva  $I_c(t)$  com a componente indutiva  $I_L(t)$  [2] [1]:

$$v(t) = V_m \sin(\omega t) \quad (1)$$

$$I_c(t) = \omega C V_m \cos(\omega t) \quad (2)$$

$$I_L(t) = \frac{V_m}{R^2 + (\omega L)^2} \left[ \omega L e^{\frac{-R}{L}t} + R \sin(\omega t) - \omega L \cos(\omega t) \right] \quad (3)$$

$$k_{sh} = \frac{1}{\omega^2 L C} \quad (4)$$

$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad (5)$$

As equações (4) e (5) acima representam o grau de compensação e fator de qualidade do circuito, respectivamente. Assim, considerando  $X/R \gg 1$ , pode obter a expressão da corrente  $I(t)$  conforme equação a seguir:

$$I(t) = \omega C V_m \left[ k_{sh} e^{\frac{-\omega t}{Q}} + (1 - k_{sh}) \cos(\omega t) \right] \quad (6)$$

O fenômeno de zero atrasado tenderá a aparecer quando a componente contínua da corrente  $I(t)$  for maior ou igual do valor de pico da componente alternada. Considerando as equações acima, pode-se determinar a relação entre as duas componentes e determinar o tempo de retardo do primeiro zero pelas seguintes equações, os quais tem seu comportamento apresentados na Figura 2:

$$\frac{I_{DC}}{I_{AC}} = \frac{k_{sh}}{|1 - k_{sh}|} \quad (7)$$

$$t_d = \frac{-Q}{2\pi} \ln \left[ \frac{|1 - k_{sh}|}{k_{sh}} \right] \quad (8)$$



Figura 2 - Possibilidade de Ocorrência de Zero atrasado em função do grau de compensação da Linha de Transmissão

### 3.0 – SISTEMA ANALISADO

Visando avaliar o desempenho de linhas de transmissão seccionadas com reatores, foi realizada a análise de uma linha de transmissão 230 kV de 103 km e uma linha de transmissão 500 kV de 247,8km presentes na rede básica. A LT 230 kV possui apenas um reator manobrável de 20 Mvar em uma das extremidades, enquanto a LT de 500 kV possui em uma extremidade um reator fixo de 150 Mvar e na outra extremidade dois reatores de 150 Mvar, A modelagem do sistema foi realizada considerando o critério estabelecido nos procedimentos de rede, duas barras de distância da barra sob manobra. Todos os equivalentes foram alocados de forma a apresentar influência insignificante sobre o fenômeno analisado [4].

Analisa-se a energização sem e com falta (local e remota), para os dois terminais da linha de transmissão. Irá ser alterado o nível de compensação do conjunto linha de transmissão e reator, percorrendo valores desde 50 % até 170 %, variando a potência do reator. Considerou-se em todas as análises uma relação de X/R igual a 350 para o reator. Outro ponto importante é que foi considerado o mesmo tempo de energização para todas as simulações. Os instantes para as fases são distintos, sendo a fase B a última a ser aberta e consequentemente apresentar as piores condições do ponto de vista de zero atrasado.

Ressalta-se que as análises aqui realizadas não consideram a presença de dispositivos sincronizadores nem resistores de pré-inserção (RPI). Especificamente o RPI, apesar de não ter sua escolha associada ao fenômeno de zero atrasado, apresenta-se como um importante recurso na redução do impacto do zero atrasado, uma vez que introduz uma resistência de valor significativo no momento da energização da linha de transmissão, reduzindo o valor da componente DC.

### 4.0 – RESULTADOS DE SIMULAÇÃO

#### 4.1 Linha de Transmissão 230 kV

Visando tornar a apresentação e análise dos resultados de uma forma mais didática, o circuito 230 kV em estudo é representado conforme Figura 4. Para a análise do fenômeno de zero atrasado, inicialmente realiza-se a manobra de energização da linha pela SE A, considerando a manobra de energização com sucesso e energização sob falta, tanto local (terminal da SE A), quanto remota (terminal da SE B).

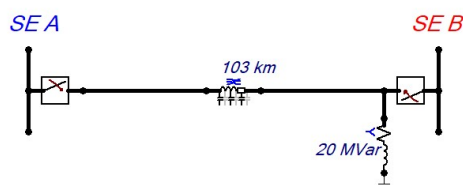


Figura 3 – Representação da Linha de Transmissão 230 kV utilizada nas Análises

A *Tabela 1* apresenta a síntese das simulações realizadas. Pode-se observar que para todas as simulações realizadas, considerando um grau de compensação superior a 70 %, verifica-se um atrasado na passagem da corrente pelo zero. Destaca-se para essa manobra da linha de transmissão, que o reator está presente no terminal remoto (SE B) e desta forma, a componente indutiva da corrente irá encher a soma da impedância da linha de transmissão juntamente com o reator

Tabela 1- Síntese dos resultados de energização da linha de transmissão 230kV pela SE A

Grau de Compensação	I <sub>oc</sub> /I <sub>ac</sub>	td(ciclos)	Energização sem Falta	Energização com Falta	
			Tempo de Atraso (ms)	Local	Remoto
50%	1,00	0	Sem Atraso	Sem Atraso	Sem Atraso
70%	2,33	47	362	563	577
90%	9,00	122	1546	1376	1659
110%	11,00	134	> 2000	1020	1339
130%	4,33	82	836	621	770
150%	3,00	61	536	437	520
170%	2,43	49	387	437	370

Para os casos de energização sob falta, considerando os valores indicativos de eliminação do defeito para um sistema de 230 kV igual a 150 ms, conforme [4], verifica-se que os casos de compensação para 70% e 90% apresentam algum risco para a atuação da proteção. Ressalta-se que para valores próximos a esses patamares de compensação existe risco para a abertura do disjuntor, uma vez que irá se verificar um retardo na passagem da corrente pelo zero.

As *Figura 4*, *Figura 5* e *Figura 6* apresentam os resultados de simulação para os graus de compensação de 70%, 90% e 110 %, para as manobras com sucesso e sob falta (local e remota). As figuras correspondem a fase B, a qual se configura como a mais severa decorrente do tempo de abertura ser o último.

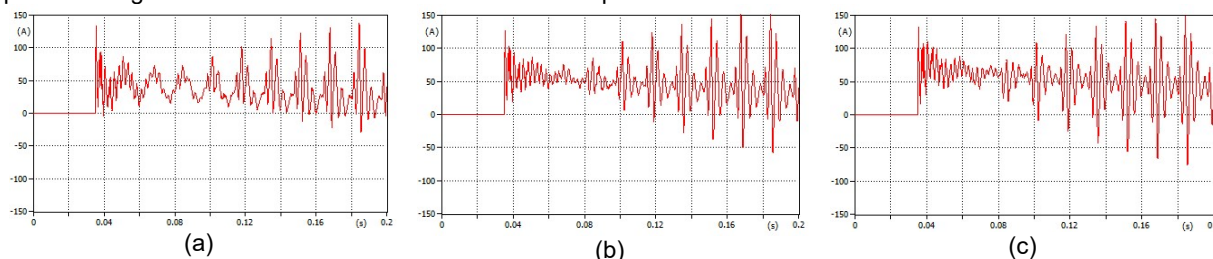


Figura 4 - Energização da Linha de Transmissão 230kV pela SE A sem falta. (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

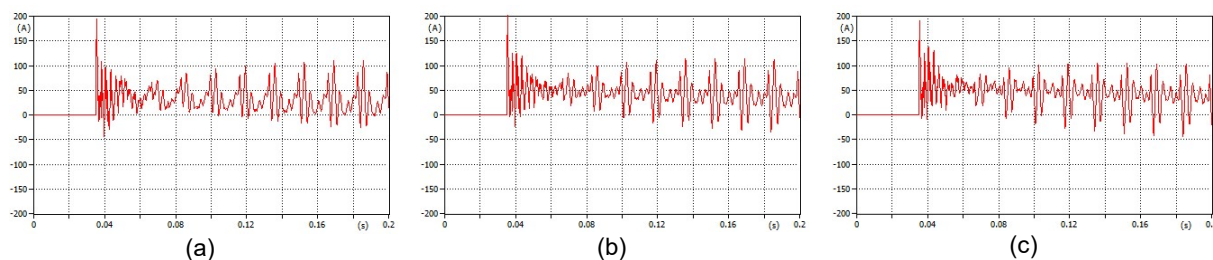


Figura 5 - Energização da Linha de transmissão 230kV pela SE A com falta no terminal local (SE A). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

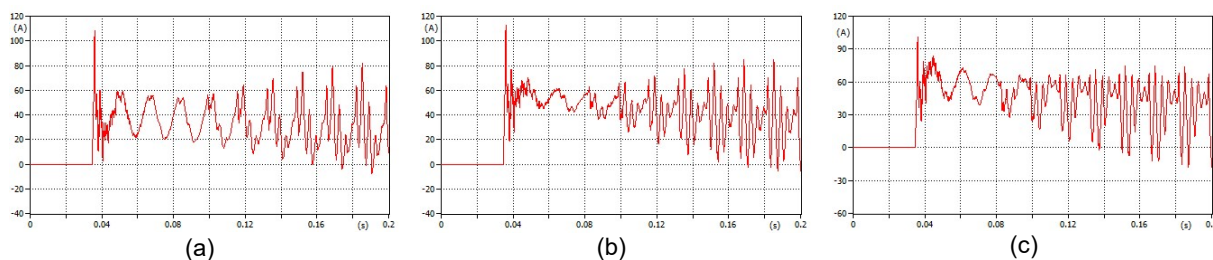


Figura 6 - Energização da Linha de transmissão 230kV pela SE A com falta no terminal remoto (SE B). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

Analogamente ao realizado anteriormente, para a análise do fenômeno de zero atrasado para a energização da linha de transmissão pela SE B, considera-se a manobra de energização com sucesso e energização sob falta, tanto local (terminal da SE A), quanto remota (terminal da SE B). Destaca-se para essa manobra, que o reator está presente no terminal local (SE B) e desta forma, a componente indutiva da corrente irá encherar preponderantemente apenas o reator.

A *Tabela 2* apresenta a síntese das simulações realizadas. Pode-se observar que os resultados apresentados são bem mais severos do que a condição da energização a partir da SE A e que para todas as simulações realizadas,

considerando um grau de compensação superior a 70 %, verifica-se valores de atraso da passagem da corrente pelo zero bastante significativos, podendo implicar em risco para o disjuntor sob manobra.

Tabela 2- Síntese dos resultados de energização da linha de transmissão 230kV pela SE B

Grau de Compensação	Idc/Iac	td(ciclos)	Energização sem Falta	Energização com Falta	
				Local	Remoto
			Tempo de Atraso (ms)	Tempo de Atraso (ms)	Tempo de Atraso (ms)
50%	1,00	0	Sem atraso	Sem Atrasao	Sem Atrasao
70%	2,33	47	578	794	563
90%	9,00	122	1580	1642	1562
110%	11,00	134	1436	1104	1468
130%	4,33	82	952	905	954
150%	3,00	61	601	554	851
170%	2,43	49	489	437	485

As Figura 7, Figura 8 e Figura 9 apresentam os resultados de simulação para os graus de compensação de 70%, 90% e 110 %, para as manobras com sucesso e sob falta (local e remota)

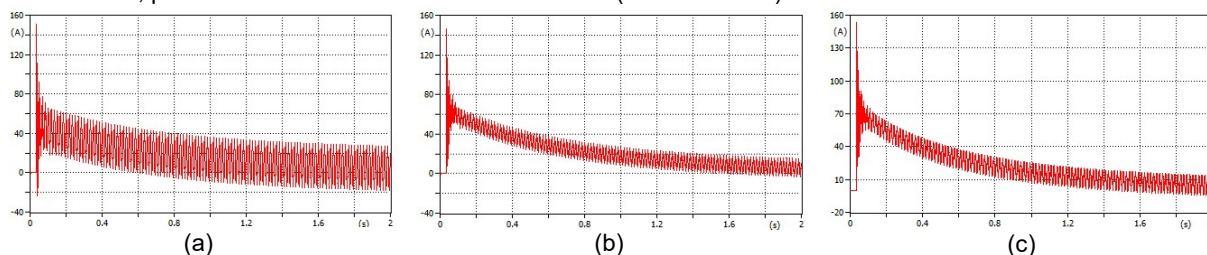


Figura 7 - Energização da Linha de Transmissão 230kV pela SE B sem falta. (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

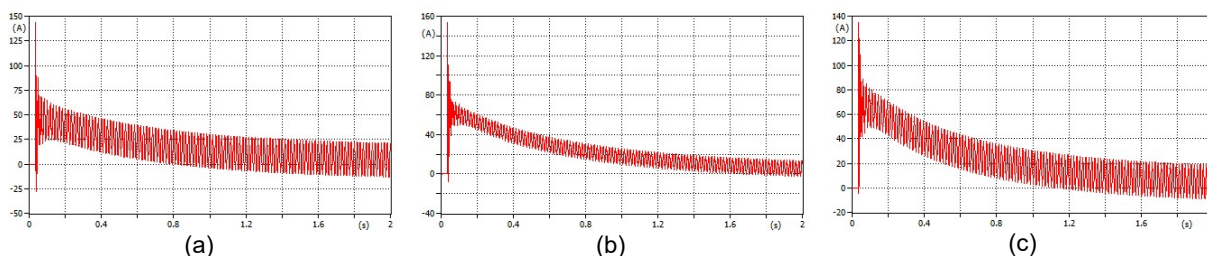


Figura 8 - Energização da Linha de transmissão 230kV pela SE B com falta no terminal local (SE A). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

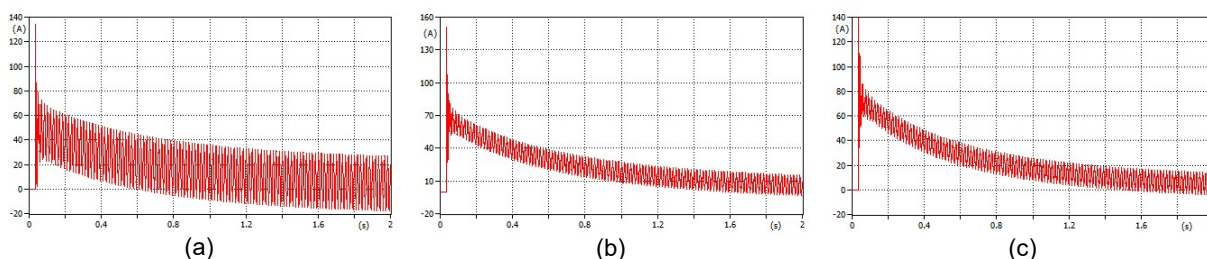


Figura 9 - Energização da Linha de transmissão 230kV pela SE B com falta no terminal remoto (SE B). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

## 4.2 Linha de Transmissão 500 kV

Analogamente ao sistema 230kV, visando tornar a apresentação e análise dos resultados de uma forma mais didática, o circuito 500 kV em estudo é representado conforme



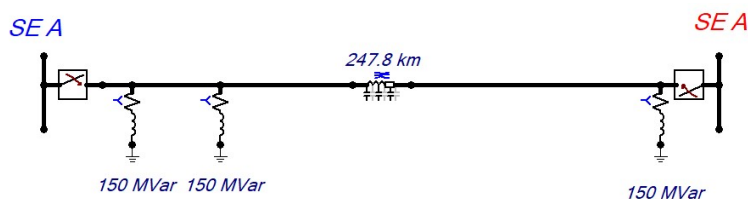


Figura 10 – Representação da Linha de Transmissão 500 kV utilizada nas Análises

O mesmo procedimento de análise é aplicado para o sistema de 500kV. A Tabela 3 apresenta a síntese das simulações realizadas. Pode-se observar que para todas as simulações realizadas, considerando um grau de compensação superior a 70 %, verifica-se um atrasado na passagem da corrente pelo zero.

Para os casos de energização sob falta, considerando os valores indicativos de eliminação do defeito para um sistema de 500 kV igual a 100 ms, conforme [4], verifica-se que os casos de compensação acima de 70% apresentam algum risco para a atuação da proteção. As Figura 4, Figura 5 e Figura 6 apresentam os resultados de simulação para os graus de compensação de 70%, 90% e 110 %, para as manobras com sucesso e sob falta (local e remota). As figuras correspondem a fase B, a qual se configura como a mais severa decorrente do tempo de abertura ser o último

Tabela 3- Síntese dos resultados de energização da linha de transmissão 500 kV pela SE A

Grau de Compensação	I <sub>OC</sub> /I <sub>AC</sub>	td(ciclos)	Tempo de Atrasa (ms)	Energização com Falta	
				Local	Remoto
50%	1,00	0	Sem atraso	Sem Atraso	Sem Atraso
70%	2,33	47	362	563	577
90%	9,00	122	1546	1376	1659
110%	11,00	134	> 2000	1020	1339
130%	4,33	82	836	621	770
150%	3,00	61	536	437	520
170%	2,43	49	387	437	370

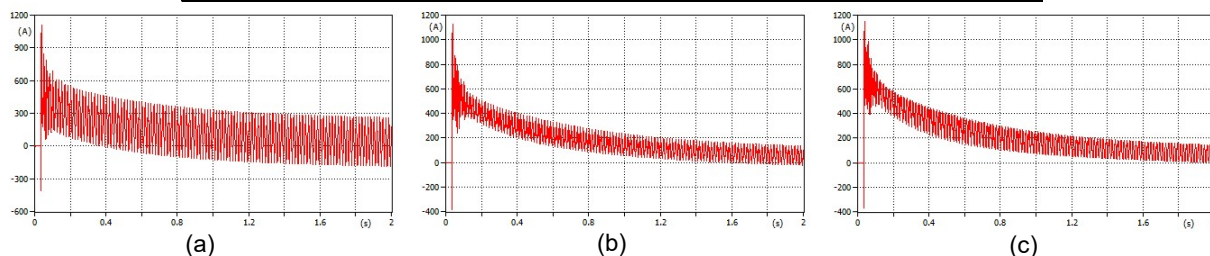


Figura 11 - Energização da Linha de Transmissão 500kV pela SE A sem falta. (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

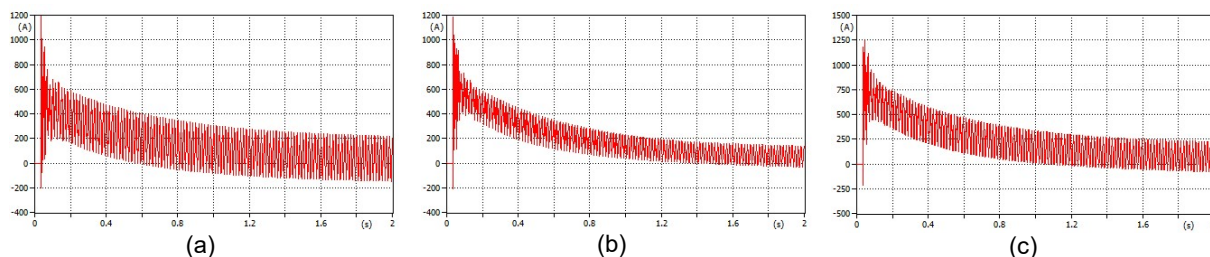


Figura 12 - Energização da Linha de transmissão 500kV pela SE A com falta no terminal local (SE A). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

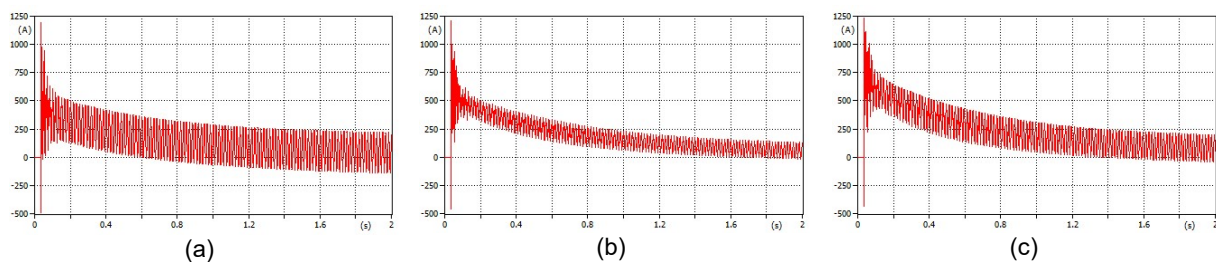


Figura 13 - Energização da Linha de transmissão 500kV pela SE A com falta no terminal remoto (SE B). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

Analogamente ao realizado anteriormente, para a análise do fenômeno de zero atrasado para a energização da linha de transmissão pela SE B, considera-se a manobra de energização com sucesso e energização sob falta, tanto local (terminal da SE A), quanto remota (terminal da SE B). Destaca-se para essa manobra, que o reator está presente no terminal local (SE B) e desta forma, a componente indutiva da corrente irá encherar preponderantemente apenas o reator.

A Tabela 4 apresenta a síntese das simulações realizadas. Pode-se observar que os resultados apresentados são bem mais severos do que a condição da energização a partir da SE A e que para todas as simulações realizadas, considerando um grau de compensação superior a 70 %, verifica-se valores de atraso da passagem da corrente pelo zero bastante significativos, podendo implicar em risco para o disjuntor sob manobra. Comparando os resultados com o circuito 230kV, pode-se observar tempos de atrasos para o circuito 500 kV bem superiores, destacando-se pela redução das resistências dos circuitos e aumento do efeito capacitivo dos circuitos.

Tabela 4- Síntese dos resultados de energização da linha de transmissão pela SE B

Grau de Compensação	I <sub>bc</sub> /I <sub>ac</sub>	Energização sem Falta		Energização com Falta	
		td(ciclos)	Tempo de Atraso (ms)	Local Tempo de Atraso (ms)	Remoto Tempo de Atraso (ms)
50%	1,00	0	Sem Atraso	Sem Atraso	Sem Atraso
70%	2,33	47	47166,33996	228,67	611,47
90%	9,00	122	122362,9684	822,67	939,27
110%	11,00	134	133541,175	455,37	455,67
130%	4,33	82	81649,44246	288,47	455,67
150%	3,00	61	61165,6167	205,17	172,17
170%	2,43	49	49394,80633	155,17	88,37

As Figura 15, Figura 16 e Figura 17 apresentam os resultados de simulação para os graus de compensação de 70%, 90% e 110 %, respectivamente, para as manobras com sucesso e sob falta (local e remota)

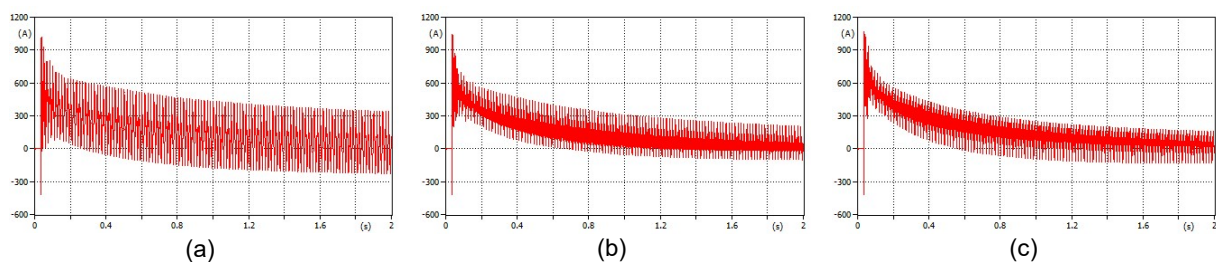


Figura 14 - Energização da Linha de Transmissão 500kV pela SE B sem falta. (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

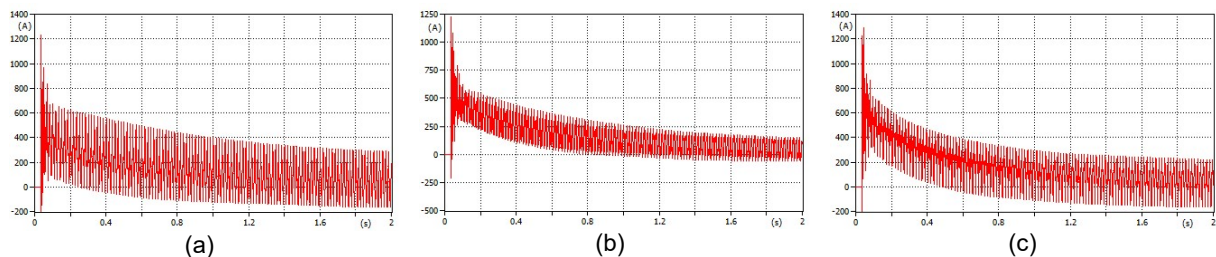


Figura 15 - Energização da Linha de transmissão 500kV pela SE B com falta no terminal local (SE B). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

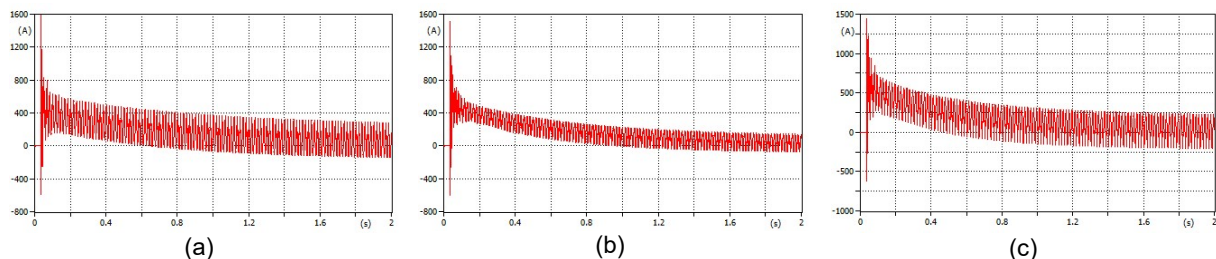


Figura 16 - Energização da Linha de transmissão 500kV pela SE B com falta no terminal remoto (SE A). (a) Grau de compensação igual a 70 %. (b) Grau de compensação igual a 90 %. (c) Grau de compensação igual a 110 %

## 5.0 – ANÁLISE CONSIDERANDO A ATUAÇÃO DA PROTEÇÃO

As situações mais preocupantes para a ocorrência de zero atrasado é quando da presença de falta nas linhas de transmissão já que os disjuntores serão solicitados a interromper. Nestas situações, pelo menos uma das fases irá , na maioria dos casos, cruzar pelo zero. A abertura desta fase pela a atuação da proteção implica em uma alteração da topologia e das distribuições de corrente, podendo levar a uma passagem forçada das correntes pelo zero e consequentemente mitigar o fenômeno.

Neste sentido, é avaliado a aplicação de falta monofásica, bifásica e bifásica para terra nas piores situações para os circuitos 230 kV e 500 kV acima apresentados. Para a linha de transmissão 230 kV foi selecionado o caso de energização pela SE B, considerando um grau de compensação de 90 % e curto no terminal da SE B. Para a linha de transmissão 500 kV foi selecionado o caso de energização pela SE A, considerando um grau de compensação de 90 % e curto aplicado na SE B.

As Figura 18 e Figura 19 apresentam os resultados de simulação para a aplicação das faltas falta monofásica, bifásica e bifásica para terra para os dois circuitos, na condição descrita anteriormente. Para uma melhor visualização, a escala dos gráficos foram ajustadas de forma a priorizar a visualização dos circuitos que não estavam sob falta. As faltas são aplicadas em torno de 30 ms e consequentemente a proteção deverá atuar próximo a 180 ms para o sistema 230 kV e em torno de 130 ms para o sistema de 500 kV.

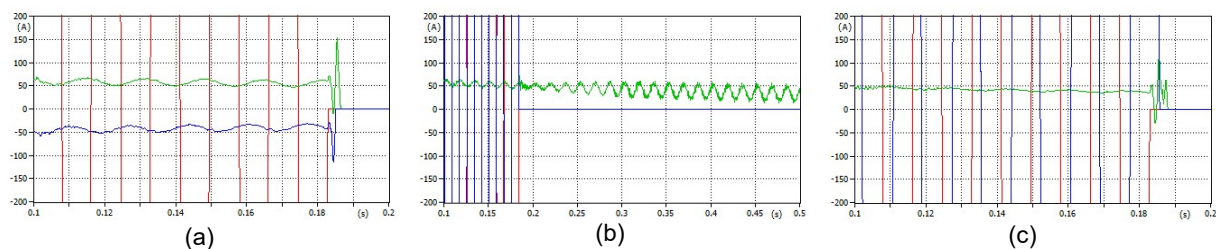


Figura 17 - Energização da Linha de Transmissão 230kV pela SE B. (a) Falta monofásica. (b) Falta Bifásica. (c) Falta Bifásica para terra

Como pode ser observado pelos resultados da Figura 18, a atuação da proteção das fases defeituosas implica em uma alteração do comportamento do zero atrasado para as outras fases. No caso de falta monofásica e da falta bifásica para a terra, a abertura dos disjuntores implica em uma passagem forçada pelo zero das fases sãs. Entretanto, para o caso de falta bifásica, pode-se verificar uma alteração na taxa de decaimento da corrente, porém insuficiente para que a mesma passe pelo zero.



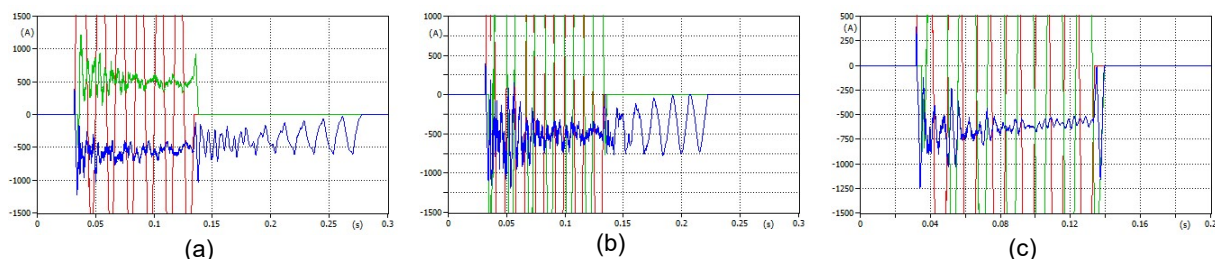


Figura 18 - Energização da Linha de Transmissão 500kV pela SE B. (a) Falta monofásica. (b) Falta Bifásica. (c) Falta Bifásica para terra

Assim como no sistema 230 kV, para o circuito 500 kV a atuação da proteção das fases defeituosas implica em uma alteração do comportamento do zero atrasado para as outras fases. No caso apresentado na Figura 19, para a falta bifásica para a terra a abertura dos disjuntores implica em uma passagem forçada pelo zero das fases sãs. Entretanto, para o caso de falta bifásica e monofásica, pode-se verificar uma alteração na taxa de decaimento da corrente, mais lenta que para as outras duas situações, fazendo com que a corrente passe pelo zero cerca de 130 ms após a passagem pelo zero da última fase.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Sob a ótica de planejamento, este trabalho ressalta a necessidade de se observar esse fenômeno nos estudos de planejamento da expansão da transmissão (R2) quando da especificação de elevados graus de compensação para uma linha de transmissão ou quando da indicação de seccionamento de linha de transmissão que possuem, previamente, reatores em derivação.

Dessa forma, é importante identificar a sensibilidade entre o tempo de atraso do zero de corrente e o grau de compensação da linha. Além disso, é relevante identificar valores de referência para o grau de compensação que pode provocar a ocorrência desse fenômeno, facilitando a interpretação da necessidade de realização desses estudos.

Para isso, foram realizados estudos de transitórios eletromagnéticos de energização e curto-circuito. As análises mostram que o atraso do zero de corrente pode acontecer tanto para linhas de transmissão com alto grau de compensação, como para linhas de transmissão sobrecompensadas.

À medida que o grau de compensação cresce, o tempo de atraso na passagem pelo zero aumenta vertiginosamente, passando a ser um risco eminente para os disjuntores. O aumento nesse tempo ocorre até uma compensação próxima a 100%, e a partir desse ponto ocorre uma redução no tempo de atraso.

A abertura de uma fase sob defeito pela atuação da proteção implica em uma alteração da topologia e das distribuições de corrente. Isso provoca uma alteração da taxa de decaimento da corrente, podendo levar em algumas situações a passagem forçada das correntes pelo zero e consequentemente mitigar o fenômeno. Entretanto, não existem garantia para que isso aconteça em todos os tipos de falta e consequentemente não pode ser considerado um critério consolidado para tomada de decisão.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FURNAS, Disjuntores e Chaves - Aplicação em Sistemas de Potência, Niterói, RJ: Editora da Universidade Federal Fluminense, 1995.
- [2] A. R. F. F. R. A. e A. L. P. C., "ZEROS ATRASADOS EM DISJUNTORES DE 550kV DURANTE MANOBRAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO COMPENSADAS COM REATORES EM DERIVAÇÃO: ESTUDO DO CASO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO FORTALEZA II – PECÉM II – SOBRAL III," *XXIII SNPTTE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA*, 18 a 21 Outubro 2019.
- [3] C. L. B. U. S. G. W. W. a. M. R. K. F. Faria da Silva, "Methods to Minimize Zero-Missing Phenomenon," *IEEE PES Transactions on Power Delivery*, 2009.
- [4] Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, "Submódulo 2.3 dos Procedimentos de Rede - Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos," Rio de Janeiro, 2020.12.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Antonio Samuel Neto, engenheiro eletricitista pela UFPE, em 2003, com Mestrado pela UFPE, em 2005. Trabalha no ONS desde outubro de 2005. Atualmente realiza estudos pré-operacionais de regime permanente e transitórios e eletromagnéticos na equipe Engenharia do Norte Nordeste do ONS. Adicionalmente, realiza análises de Projetos Básicos de empreendimentos de Transmissão e análises de estudos de Qualidade de Energia na integração de geração eólica e solar conectados ao Sistema Interligado Nacional.

(2) DILTON SERRA SECA VASCONCELOS FILHO - Dilton Serra Seca Vasconcelos Filho graduou-se em engenharia elétrica pela UFPE em 2018. Trabalha no ONS desde abril de 2019. Atualmente realiza estudos pré-operacionais de regime permanente, transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos, adicionalmente, realiza análises de Projetos Básicos de empreendimentos de Transmissão e análise de estudos de Qualidade de energia na integração de geração eólica e solar conectados ao Sistema Interligado Nacional na equipe Engenharia do Norte Nordeste do ONS.

(3) ANTONIO RICARDO DE MATTOS TENÓRIO - Antonio Ricardo de Mattos Tenório, engenheiro eletricitista graduado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) na turma de julho de 1982. Fez pós-graduação no CESE na Escola de Engenharia de Itajubá (EFEI, 1985). Concluiu seu mestrado pela UMIST (UK, 1995), na Inglaterra, na área de sistemas elétricos e eletrônica de potência. Desde 2004 trabalha no ONS, na área de estudos especiais, como engenheiro especialista. Suas áreas de interesse envolvem sistemas CA e CC, estudos elétricos e eletromagnéticos, qualidade de energia, equipamentos FACTS e HVDC. É o atual Coordenador do CE B4-Elos de Corrente Contínua e Eletrônica de Potência/CIGRE-Brasil

(4) FLÁVIA MARIA CAVALCANTI FERREIRA - Flávia Maria Cavalcanti Ferreira, engenheira eletricitista pela UFPE, em 1996, com Mestrado pela UFPE, em 1998, e MBA Master em Desenvolvimento Gerencial – CAISE, na PUC - Rio, em 2012. Trabalha no ONS desde abril de 2000. Atualmente realiza estudos pré-operacionais de regime permanente, transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos na equipe Engenharia do Norte Nordeste do ONS. Adicionalmente, realiza análises de Projetos Básicos de empreendimentos de Transmissão e análise de estudos de Qualidade de energia na integração de geração eólica e solar conectados ao Sistema Interligado Nacional.

(5) HELIO PESSOA DE OLIVEIRA JUNIOR - Hélio Pessoa de Oliveira Júnior, engenheiro eletricitista pela PUC-RJ (1982), com experiência em estudos de sistemas elétricos com ênfase em modelagens de rede para uso nos programas EMTP/ATP, fluxo de carga e estabilidade transitória. Trabalhou em empresas tradicionais do setor (Itaipu, Eletronorte e ONS desde 2000) e em empresas de consultoria. Atua hoje na área de engenharia de instalações e equipamentos, como engenheiro especialista, com ênfase em estudos de engenharia, dimensionamento e aquisição de equipamentos (CA/FACTS/CC) e estudos operativos. Participou da elaboração dos Anexos Técnicos -600/ -800kVcc (Madeira, Belo Monte) e análise dos projetos básicos.