



Análise de Curto-Circuitos Transitórios em Linhas de Transmissão Utilizando o Software UDW

Analysis of Transient Short Circuits in Transmission Lines Using The UDW Software

Felipe Parizzi GALLI [1](#); Stéfano Frizzo STEFENON [2](#); Jonatas Policarpo AMÉRICO [3](#)

Recibido: 15/02/2017 • Aprobado: 23/03/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Aquisição dos dados](#)
- [3. Inspeção da Linha](#)
- [4. Análise](#)
- [5. Conclusão](#)
- [Agradecimentos](#)
- [Referências](#)

RESUMO:

O artigo consiste em apresentar uma forma de analisar o desempenho das linhas de transmissão de energia elétrica por meio do número de desligamentos destas em razão dos curto-circuitos transitórios. Para este entendimento é apresentado uma breve revisão da literatura sobre as partes principais que compõem o sistema elétrico. Neste trabalho são apresentados os procedimentos para adquirir os dados das linhas de transmissão e com estes realizar o planejamento e controle das manutenções do sistema elétrico. Por fim, o artigo mostra como é realizado o cálculo do desempenho das linhas de transmissão na empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC).

Palavras-chave: Curto-circuito. Linha de transmissão. Análise do sistema elétrico.

ABSTRACT:

The article contains the form of analysis on the performance of electric power transmission lines by means of the number of short-term shutdowns of the transient circuits. For this understanding is a brief review of literature on how the main components make up the electrical system. This work is oriented to obtain data of the transmission lines and to the accomplishment of the planning and control of the maintenance of the electrical system. Finally, the article shows how the calculation of the performance of the transmission lines in the company Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC) is carried out.

Key-words: Short circuit. Transmission line. Analysis of the electrical system.

1. Introdução

O Sistema Interligado Nacional (SIN) é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte

predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. É formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte (Ciocari, Stefenon & Nascimento Leite, 2016). "Apenas 1,7 % da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica" (Carvalho, 2016).

A energia elétrica é considerada atualmente um bem de primeira necessidade, pois quase todas as operações feitas nos dias de hoje necessitam da mesma. É por isso que se torna necessário as concessionárias manter o sistema funcionando, foi pensando nisso que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou os indicadores Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) (Mehl, 2013).

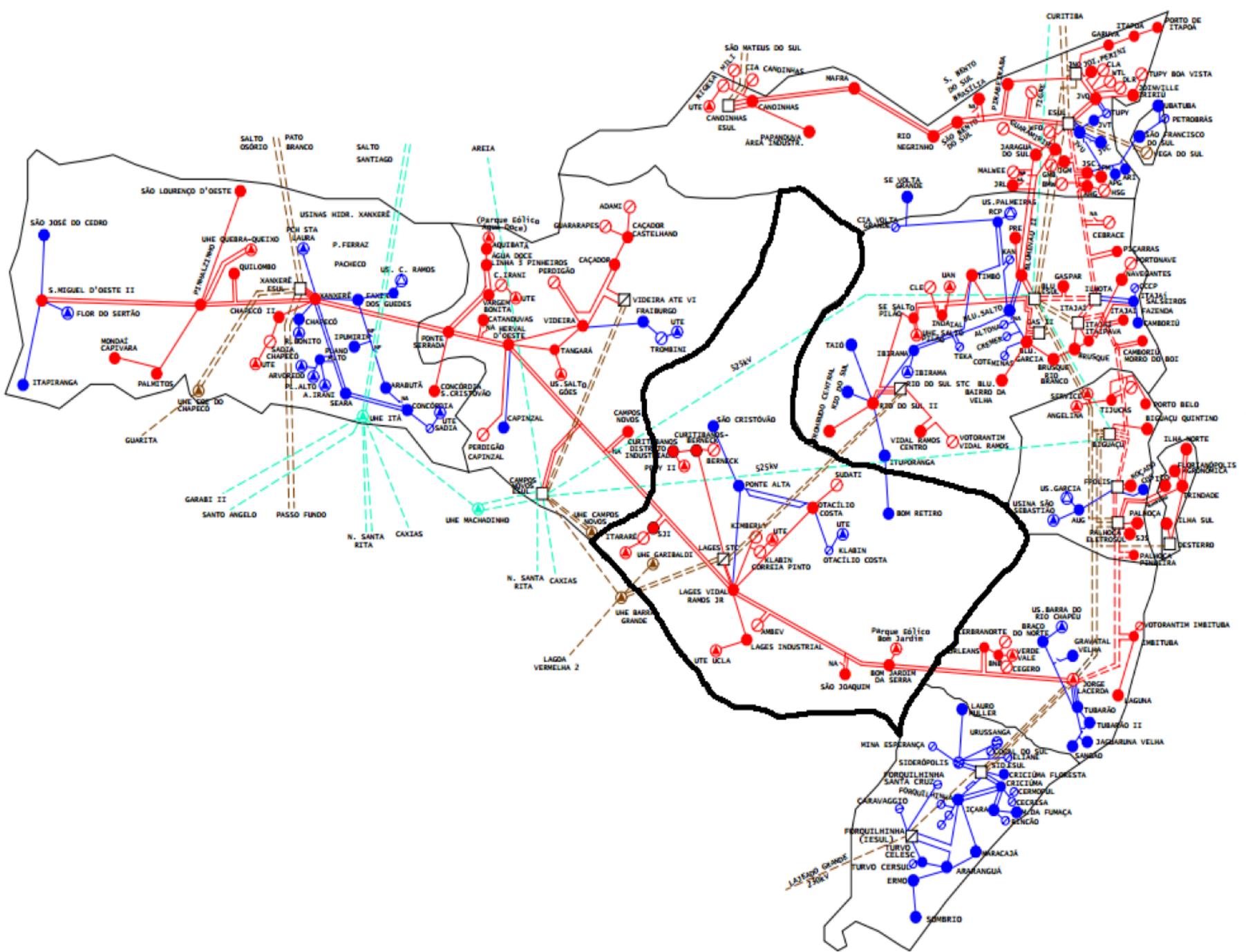
O DEC e o FEC ditam limites para os indicadores coletivos de continuidade, estes são apurados pelas distribuidoras e enviados periodicamente para a ANEEL para verificação da continuidade do serviço prestado, representando, respectivamente, o tempo e o número de vezes que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica para o período considerado (mês, trimestre ou ano), o que permite que a Agência avalie a continuidade da energia oferecida à população. A partir dos indicadores as concessionárias podem avaliar quais redes estão mais vulneráveis e necessitam de investimentos em melhorias, o que direciona o trabalho de manutenção e aumenta a confiabilidade no sistema elétrico (Mehl, 2013).

2. Aquisição dos dados

Para um operador adquirir os dados dos Curto-Circuitos (CC's) no sistema elétrico na CELESC utiliza-se o *software* UDW, este tem interface com internet, com isto, é possível o operador ver todas as atuações que aconteceram em uma linha de transmissão ou subestação, desde quedas de tensão até aberturas de disjuntores e atuações dos relés.

Este estudo será desenvolvido na região de Lages, Santa Catarina (SC), que possui a característica de área rural, por este motivo ocorrem diversos CC's transitórios por causa da vegetação próxima a rede elétrica. A Figura 1 apresenta as linhas de transmissão da CELESC, destacando a região de Lages.

Figura 1 - Mapa de Transmissão CELESC

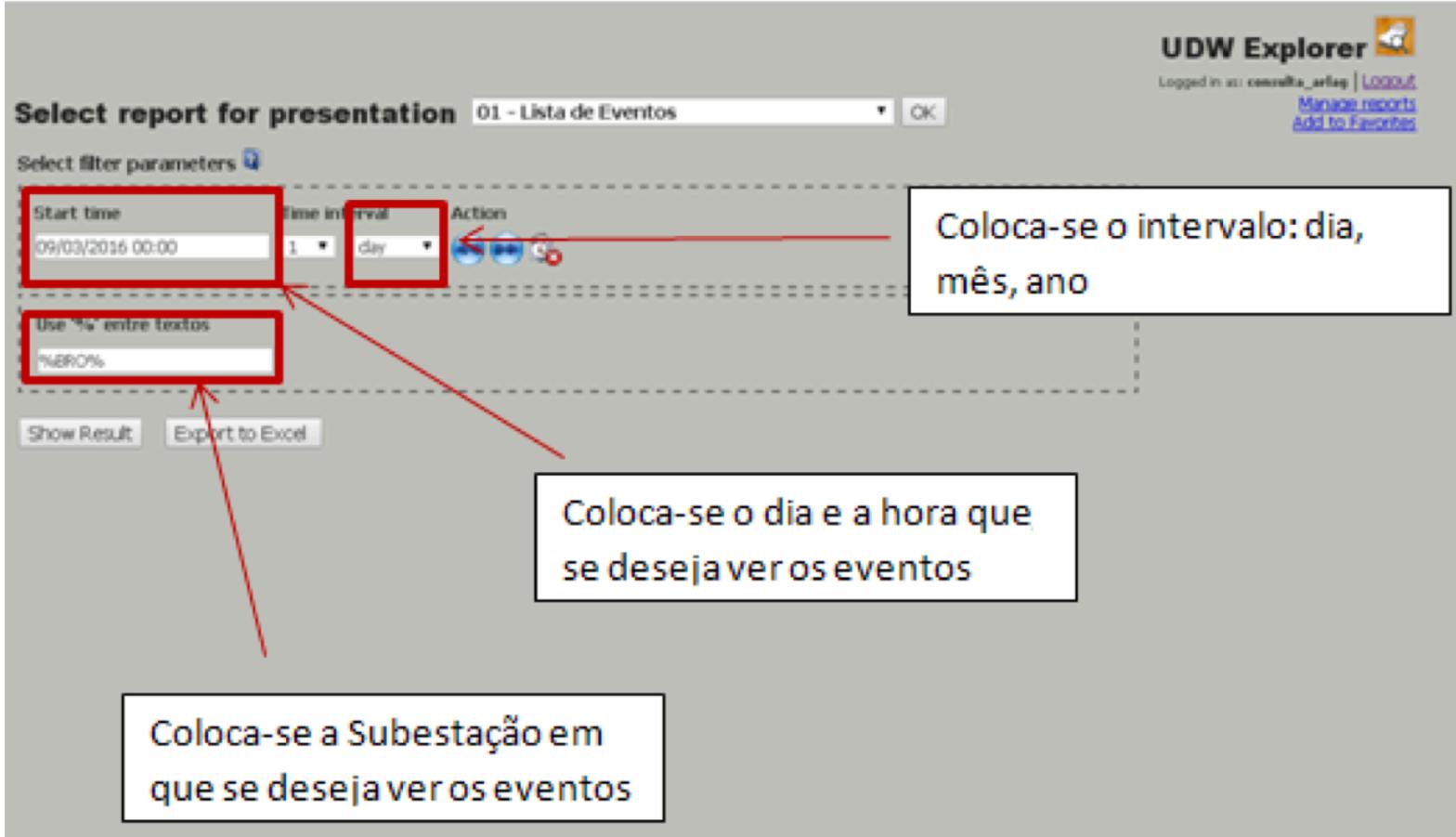


Fonte: Celesc, 2016

A região em destaque na Figura 1 é a regional de Lages, onde a Agência Regional de Lages (ARLAG) atua. Nesta região existem 12 Subestações (SE) e 17 Linhas de Transmissão (LT), tanto as SE's quanto as LT's são identificadas conforme as siglas: LVR – Lages Vidal Ramos, OCA – Otacílio Costa, PAA – Ponte Alta, SCO – São Cristóvão, CBK – Curitibaanos Berneck, CDI – Curitibaanos - Distrito Industrial, LAI – Lages Área Industrial, SJI – São José do Cerrito – Itararé, SJM – São Joaquim, BJS – Bom Jardim da Serra, BRO – Bom Retiro, SCA – Santa Cecília.

A partir da nomenclatura das SE's e LT's é possível utilizar o *software* UDW e analisar a área de atuação e condição do sistema elétrico. A regional de Lages é responsável pela ARLAG, a Figura 2 mostra a tela inicial do *software* UDW com alguns passos para selecionar uma SE.

Figura 2 - Tela inicial do *software* UDW



Fonte: Elaborado pelo Autor

Após esta seleção, é possível avaliar o histórico de eventos do sistema elétrico, a Figura 3 ilustra as atuações sobre a SE de Lages no dia 09/04/2016 (sábado).

Figura 3 - Atuação LVR-BJS

09/04/2016 16:35:31.823	LVR 24	BC-1	POT. REATIVA	4.90	-->	4.78	MVAR
09/04/2016 16:35:31.835	LVR 24	BC-5	POT. REATIVA	4.90	-->	4.78	MVAR
09/04/2016 16:53:48.414	LVR 24	BARRA 2	TENSAO FASE B	Dentro zona LIM3HI		24.20	KV
09/04/2016 16:54:03.823	BJS 138	LT-LVR	OPEROU 21 ZONA_1	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.498	BJS 138	LT-LVR	PARTIU 21N	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.498	BJS 138	LT-LVR	RELE 21 FASE C PARTIU	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.499	LVR 138	LT-BJS	DISJUNTOR	ABERTO			
09/04/2016 16:54:04.499	LVR 138	LT-BJS	OPERACAO PROTECAO	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.499	LVR 138	LT-BJS	OPEROU 21 ZONA_1	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.499	LVR 138	LT-BJS	PARTIU 21N	ATUADO			
09/04/2016 16:54:04.499	LVR 138	LT-BJS	RELE 21 FASE C PARTIU	ATUADO			
09/04/2016 16:54:05.504	SJM 138	LT-BJS/LVRTENSAO DCP FASE B	TENSAO DCP FASE B	Dentro zona LIM3LO		121.44	KV
09/04/2016 16:54:05.504	SJM 138	LT-LVR	TENSAO DCP FASE B	Dentro zona LIM4LO		117.30	KV
09/04/2016 16:54:05.516	LVR 138	LT-BJS	CORRENTE	Entrou na zona zero		0.00	A B
09/04/2016 16:54:08.516	LVR 138	LT-BJS	DISJUNTOR	FECHADO			
09/04/2016 16:54:08.516	LVR 138	LT-BJS	RELE RELIGAMENTO	ATUADO			
09/04/2016 16:54:08.526	LVR 138	LT-BJS	CORRENTE	Normal		0.00	A B

Fonte: Elaborado pelo Autor

Pode-se observar que houve uma abertura de disjuntor as 10:54:04 na SE-LVR, no equipamento que protege a linha de Bom Jardim da Serra, o mesmo fechou-se as 10:54:08, ou seja, 4 segundos após abrir, este curto espaço de tempo entre a abertura e o fechamento do equipamento pode ter ocorrido devido a uma falta caracterizada de curto-circuito transitório.

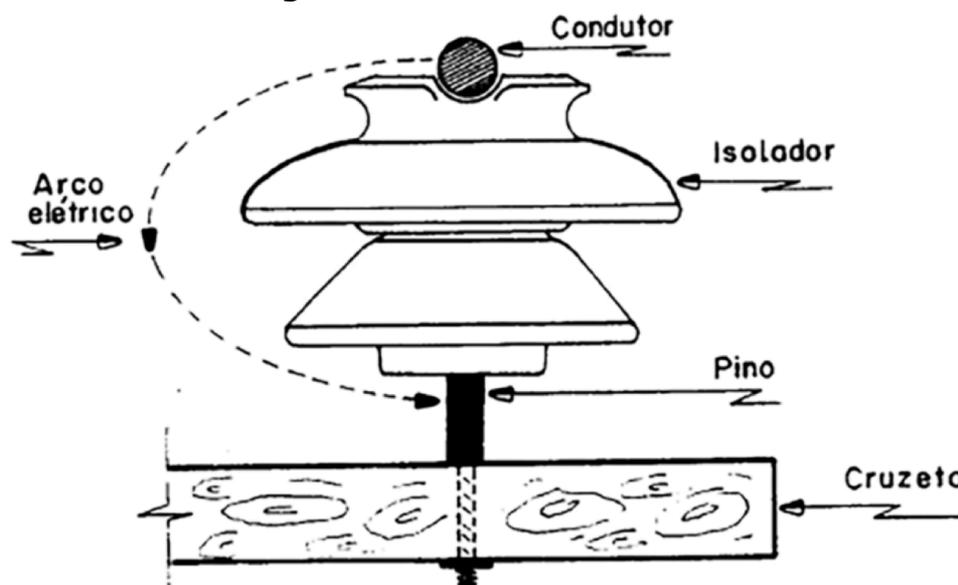
Um curto-circuito ocorre quando há uma impedância desprezível e a corrente elétrica atinge níveis elevados, podendo ocasionar danos ao sistema elétrico e aos consumidores. Os principais CC's são divididos em duas categorias: os CC's permanentes, e os CC's temporários (Decanini, 2008).

Os permanentes são do tipo irreversível, ou seja, quando ocorre uma falta é necessário que a equipe de manutenção vá até o local e realize a ação corretiva e somente após esta ação, o sistema será reestabelecido. Os temporários, ou transitórios, são aqueles em que o defeito é

passageiro, onde o disjuntor abre e após pouco tempo (geralmente milissegundos) o próprio relé de religamento manda uma informação para que o disjuntor reestabeleça o sistema (Decanini, 2008).

De acordo com Kinderman (1997), as causas dos CC's transitórios são: Sobretensão na rede, podendo ser consequência da quebra de isolamento, propiciando o arco elétrico (*flashover*); Contaminação do isolador pela poeira e poluição; Umidade; Chuva; Salinidade; Vegetação; Pássaros; Vento; Neve. O principal defeito temporário ocorre pelo isolador que está contaminado com poeira, poluição ou salinidade, que possui uma permissividade elétrica menor que a do isolador e com isto é ocorre uma corrente de fuga pela superfície do mesmo. Uma sobretensão induzida na rede pode provocar danos aos componentes da rede, ionizando o ar e formando o arco elétrico (Kinderman, 1997). A Figura 4 ilustra a ocorrência deste defeito.

Figura 4 - Flashover no isolador



Fonte: Kinderman, 1997

No surgimento de uma falha faz-se o planejamento para inspeção da rede elétrica, no caso da falha apresentada na Figura 4, a linha de transmissão tem 101,41 km. A inspeção total de linhas de grande porte é demorada, com isto são recolhidos dados do Relé 21, o relé de distância, para determinar aproximadamente a distância do curto circuito.

O Relé 21 utiliza a impedância da linha para apresentar onde ocorreu a falha no sistema (Silveira & Pereira, 2001). Na sala de comando regional da CELESC estão instalados relés multifunção com esta característica, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Relé Multifunção



Fonte: Sala de Comando CELESC ARLAG

Operando o Relé tem-se a informação sobre o ocorrido, a figura 6 apresenta o tipo falta.

Figura 6 - Relé mostrando o tipo de CC



Fonte: Sala de Comando CELESC ARLAG

No sistema elétrico as fases são denominadas A, B, C, com isto, uma falta do tipo CG, é uma falta que ocorreu na fase C, para a terra (do inglês *ground*), com isto, a falta analisada foi um curto-circuito monofásico contra a terra. A figura 7 apresenta a distância provável da ocorrência da falta avaliando a proteção dos dois lados da linha.

Figura 7 - Relé mostrando a distância do CC



Fonte: Sala de Comando CELESC ARLAG

Como a distância da falta registrada pela SE-LVR foi de aproximadamente 68,78 km, e a distância da falta registrada pela SE-BJS foi de 49,06 km, considerando-se o tamanho da linha, a distância a ser inspecionada se reduz para aproximadamente 19,72 km como ilustra a Figura 8.

Figura 8 - Seção onde ocorreu o CC



Fonte: Elaborado pelo Autor

3. Inspeção da Linha

O trabalho de inspeção da rede elétrica demanda muita atenção, pois geralmente os componentes da rede elétrica não apresentam falhas visíveis, com isto, a utilização de equipamentos para detecção de falhas é de extrema importância (Stefenon, Meyer & Molina, 2015).

Tipicamente a equipe de inspeção é especializada, pois, a operação dos equipamentos de detecção de possíveis falhas são sensíveis. O *software* SAP é utilizado para verificar quais são as estruturas da rede e a distância entre cada estrutura, para a análise em questão os dados

são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Distância das Estruturas

Denominação	Dist. Acumulada
282 - 283	39,01 km
283 - 284	39,15 km
284 - 285	39,61 km
285 - 286	40,16 km
286 - 287	40,56 km
287 - 288	41,03 km
288 - 289	41,33 km
289 - 290	41,68 km
290 - 291	41,86 km
291 - 292	42,02 km
292 - 293	42,50 km
293 - 294	42,72 km
294 - 295	43,54 km
295 - 296	43,70 km
296 - 297	43,86 km
297 - 298	44,62 km
298 - 299	44,85 km
299 - 300	45,38 km
300 - 301	45,53 km
301 - 302	45,65 km
302 - 303	46,26 km
303 - 304	46,55 km

304 - 305	47,38 km
305 - 306	47,62 km
306 - 307	48,05 km
307 - 308	48,55 km
308 - 309	48,77 km
309 - 310	48,98 km
310 - 311	49,50 km
311 - 312	50,10 km
312 - 313	50,28 km
313 - 314	50,74 km
314 - 315	51,18 km
315 - 316	51,35 km

Fonte: Celesc, 2016

O SAP é um *software* muito utilizado em empresas para agilizar processos e auxiliar no planejamento de manutenções e inspeções. Este se enquadra no conceito ERP (do Inglês *Enterprise Resource Planning*), e serve para armazenar todas as informações da empresa em um só lugar e também automatiza atividades repetitivas (Barnabé, 2007).

4. Análise

No caso da análise da falta apresentada na Figura 7 (acredito que seria a figura 8), a distância começa a ser calculada pela SE-BJS, então a primeira estrutura a ser levada em consideração para o cálculo e a última a ser inspecionada é a que está à 49,06 km da subestação, sendo esta a 311. A distância final é dada pela última estrutura antes da SE-LVR, sendo esta a de 108,54 km, então para calcular qual será a primeira estrutura a ser inspecionada é necessário fazer a conta: $108,54 - 68,78 = 39,76$ km, ou seja, a primeira estrutura a ser inspecionada será a 285 e o final da inspeção se dará na estrutura 311, então como mostrado no Quadro 1 tem-se um intervalo a ser inspecionado entre a estrutura 285 e 311.

Durante uma inspeção prévia do sistema não foram encontradas anomalias, o que leva a crer que a ocorrência do CC ocorreu por causa de uma descarga atmosférica.

4.1. Desempenho das Linhas

O desempenho das linhas é avaliado em relação ao número de falhas por transitórios ocorridos nesta. Para esta avaliação utilizam-se alguns dados da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) como referência, estes dados estão demonstrados no Quadro 2.

Quadro 2 - Critério de Desempenho das LT's

Tensão	Desempenho em no de Desligamentos				
	Ruim	Regular	Bom	Muito bom	Excelente
69 kV	> 18	12-18	8-12	4-8	< 4
138 kV	>14	9-14	5-9	2-5	< 2

Fonte: CEMIG, 2016

Os dados apresentados no Quadro 2 são para uma linha de 100 km, com isto, é necessário refletir este valor para uma linha de outra distância, a Equação 1 é utilizada para avaliar linhas com diferentes distâncias:

$$N^{\circ} \text{ de Transitórios} = \frac{\text{Soma dos CC's 12 ultimos meses} \times 100}{\text{Distância da Linha}} \quad (1)$$

Como exemplo, a linha de Ituporanga a Bom Retiro, que tem 34,6 km, é de 69 kV e nos últimos 12 meses houveram 9 aberturas de disjuntores por ocorrência de transitórios, o valor equivalente para esta, conforme (2):

$$N^{\circ} \text{ de Transitórios} = \frac{9 \times 100}{34,6} = 26,01 \quad (2)$$

Observando-se o quadro 2, esta linha está com o desempenho ruim pois o número de desligamentos por transitórios está acima de 18.

Para efeitos de comparação pode-se avaliar a linha de Lages a Bom Jardim da Serra, esta linha tem 101,41 km, é de 138 kV, nos últimos 12 meses houveram 7 aberturas de disjuntores por ocorrência de transitórios, conforme (3):

$$N^{\circ} \text{ de Transitórios} = \frac{7 \times 100}{104,41} = 6,90 \quad (3)$$

Diferentemente da linha anteriormente estudada, a linha de transmissão está com o desempenho bom de acordo com os critérios da CEMIG apresentados no Quadro 2.

5. Conclusão

A análise de desligamentos nas linhas é algo necessário para fins de planejamento e controle de manutenção, os *softwares* utilizados auxiliam na aquisição dos dados e com seu entendimento, há maior eficiência na localização de falhas.

Este planejamento auxilia na tomada de decisões para evitar que um grande número de consumidores fique sem energia, pois fazendo a análise e a correção preventiva dos problemas ocorridos oriundo dos CC's transitórios pode-se evitar que estes se tornem falhas que necessitem de manutenção corretiva, onde, a desenergização da linha deve ser evitada e o custo de manutenção em linha viva é elevado.

A criação de metodologias internas dentro das concessionárias auxilia a tomada de decisões e o direcionamento dos trabalhos, com estes obtêm-se um sistema mais robusto e confiável.

Atualmente estão sendo utilizadas redes com redundância que possuem seu comando telecontrolado, isto diminui consideravelmente o tempo do sistema desligado e facilita a manutenção, por a rede estar desenergizada.

Agradecimentos

Agradecemos a regional da CELESC de Lages, que através de seus funcionários tornaram este estudo possível.

Referências

- Barnabé, F. J. E. F. (2007). *A implementação de um enterprise resource planning no sector público português e a mudança organizacional: oportunidades e condicionamentos* (Doctoral dissertation, Instituto Superior de Economia e Gestão).
- Carvalho, E. Q. (2016). Repartição de Receitas do ICMS Sobre Energia Elétrica e a Análise Jurisprudencial em Alagoas. *I Encontro de Pesquisas Judiciárias da Escola Superior da Magistratura do Estado de Alagoas*.
- Ciocari, E., Stefenon, S. F. & Nascimento Leite, J. A. (2016). *Desafios na Operação das Usinas Hidrelétricas da Bacia do Rio Uruguai*. Niterói: Editora Alternativa.
- Decanini, J. G. M. S. (2008). Detecção e classificação de faltas de curto-circuito em sistemas de distribuição de energia elétrica usando lógica nebulosa.
- Mehl, E. L. (2013). Qualidade da energia elétrica. *Curso de pós-graduação em engenharia elétrica, UFPR*.
- Kinderman, G. (1997). *Curto-Circuito*. 2. ed. Porto-alegre: Sagra Luzzato.
- Silveira, E. G., & Pereira, C. (2001). Localização de Faltas em Linhas de Transmissão utilizando dados de Tensão e Corrente de um Terminal. *XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica-SNPTEE*.
- Stefenon, S. F., Meyer, L.H., Molina, F. H. (2015). Real Time Automated Diagnosis of Insulating System Employng Ultrasound Inspection. *XXIII International Conference on Electricity Distribution*. 23, 1-4.
-

1. Graduado em Engenharia Elétrica (UNIPLAC)
 2. Mestre em Engenharia Elétrica (FURB), professor e coordenador do curso de Engenharia Elétrica da UNIPLAC. stefanostefanon@gmail.com
 3. Mestre em Engenharia Elétrica (FURB), professor do curso de Engenharia Elétrica da UTFPR. jonatasamerico@utfpr.edu.br
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 34) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados