

MELHORIAS NA SELETIVIDADE DO SISTEMA ELÉTRICO DA UPV¹

*Hamilton Geraldo Martins*²

*Max Gleik Sampaio*³

*João Manoel Soares*⁴

*Carlos Luiz Machado de Souza*⁴

*Cosme Luiz dos Santos*⁴

Resumo

O sistema de energia elétrica da Usina Presidente Vargas (UPV) da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) é composto de vários relés de proteção ao longo de todo o sistema de distribuição (138 kV, 13.8 kV, 2.4 kV e 480 V). Estes equipamentos têm que ser coordenados entre si de forma a garantir que o mais próximo da falha atuará primeiro, garantindo assim que outros equipamentos não sejam desligados indevidamente e desta forma outros processos não sofram interferências indevidas. O que motivou o desenvolvimento deste trabalho foi justamente a ocorrência de atuações indevidas de relés de proteção, que estavam atuando de forma descoordenada. Chegou-se então a conclusão da necessidade de uma revisão em todo o sistema de ajustes e calibração dos relés de proteção e todos os periféricos envolvidos para garantir o princípio da seletividade, ou seja, garantir a atuação apenas do relé mais próximo. Por se tratar de um trabalho altamente complexo, pois envolvida toda a UPV nos níveis de tensão já mencionados, o trabalho durou 3(três) anos e vários estudos e testes em campo se fizeram necessários, bem como correções em anormalidades encontradas em campo, visando alcançar o objetivo do trabalho desenvolvido. Outro ganho deste trabalho é possuir recursos, como software e laudos de testes em equipamentos, que auxiliam a agir preventivamente na extensão indesejável dos efeitos decorrentes de falhas elétricas em todo o sistema da UPV, contribuindo para minimizar os danos causados.

Palavras-chave: Corrente de curto circuito; Relés de proteção; Seletividade.

IMPROVEMENT IN THE SELECTIVITY OF THE UPV ELECTRICAL SYSTEM

Abstract

The electric power system of the Usina President Vargas (UPV) of the Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) is composed of some relays of protection throughout all the distribution system (138kV, 13.8kV, 2.4kV and 480V). These equipment has that to be coordinate between itself of form to guarantee that next to the imperfection it will act first, guaranteeing as soon as other equipment they are not off improperly and in such a way other processes do not suffer improper interferences. What it motivated the development of this work was exactly the occurrence of improper performances of protection relays, which were acting of disarranged what had been coordinated form. One arrived then the conclusion of the necessity of a revision in all the system of adjustments and calibration of the protection relays and all the involved peripherals to guarantee the beginning of the selectivity, that is, to guarantee the performance only of the relay next. For if dealing with a highly complex work, therefore involved all the UPV in the mentioned levels of tension already, the work lasted 3 (three) years and some studies and tests in field they had made necessary, as well as corrections in abnormalities found in field, aiming at to reach the objective of the developed work. Another profit of this work is to possess resources, as software and findings of tests in equipment, which assists to act preventively in the undesirable extension of the resulting from effects of electric imperfections in all the system of the UPV, contributing to minimize the actual damages.

Key words: Short circuits current; Relays of protection; Selectivity.

¹ *Contribuição técnica ao 30º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 24º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 19 a 21 de agosto de 2009, São Paulo, SP.*

² *Engenheiro Especialista da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).*

³ *Supervisor de Alta Tensão da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).*

⁴ *Técnico de produção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN).*

1 INTRODUÇÃO

Após mais de 10 anos do último trabalho do gênero executado na Usina Presidente Vargas (UPV, várias ocorrências de falha na coordenação seletiva entre os relés de proteção reforçaram a necessidade de revisão geral nos estudos vigentes até 2005 no sistema elétrico da UPV.

Uma das ocorrências mais graves foi uma falha em um cabo do circuito alimentador do Switchgear n.º 7 (SWGR#7) de 13.8kV que alimentam as linhas de decapagem 3 e 4 (LDC#3 e 4), na qual as conseqüências deveriam ficar restritas a esta área, causaram grande transtorno em toda a área da laminação sul devido a problemas na coordenação das proteções do sistema elétrico deste sistema.

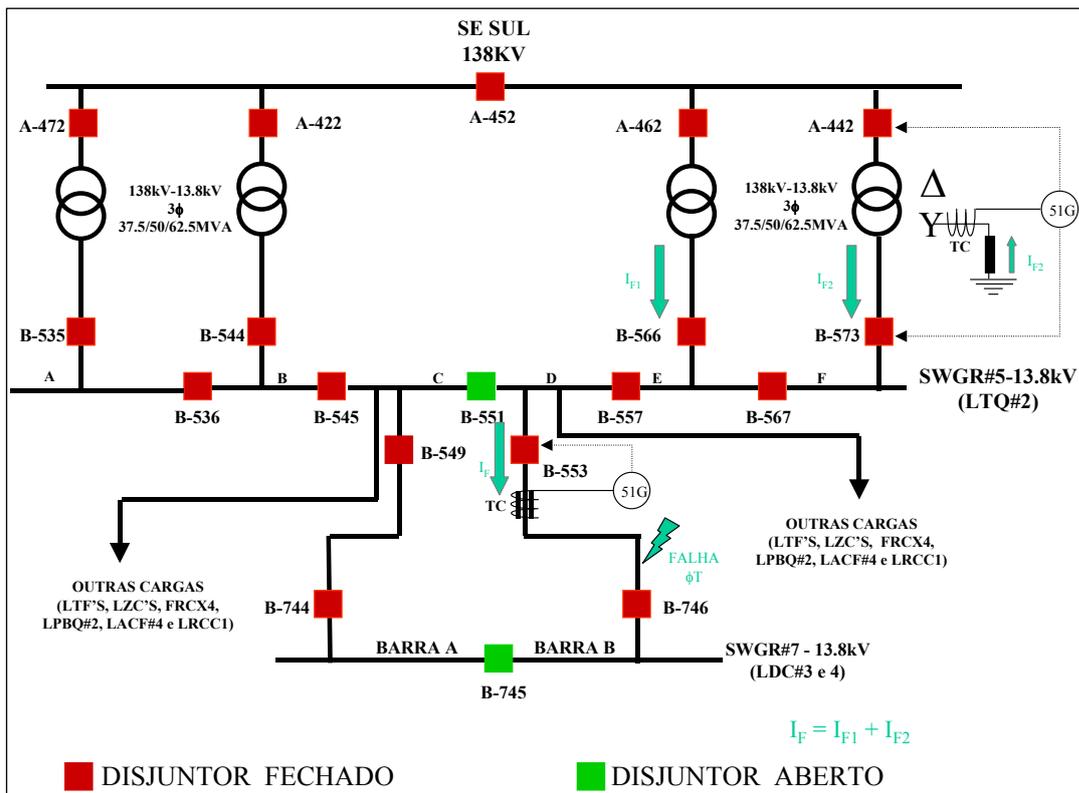


Figura 1 – Diagrama unifilar elétrico da área da ocorrência da falha

O correto seria o relé 51G na saída do disjuntor B-533 na figura acima ter atuado eliminando a falha. A corrente I_F neste circuito foi bem maior que a corrente I_{F1} e I_{F2} registrada junto ao relé 51G no secundário dos transformadores AB-462 e AB-442 na Subestação Sul. Pelas curvas de coordenação entre os relés de proteção, havia a seletividade entre os dispositivos, conforme apresentado na Figura 2.

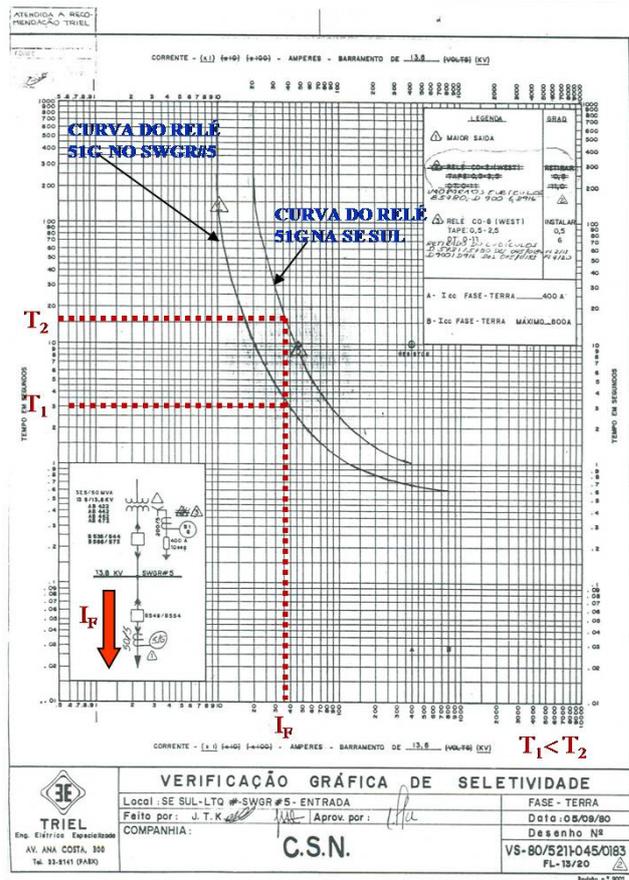


Figura 2. Curvas de coordenação seletiva entre os relés 51G do B-533 e os trafos AB-442 e AB-442.

Como se pode verificar pela curva de coordenação apresentada na Figura 2, o tempo para atuação T_1 no relé de terra junto ao disjuntor B-533 em função da corrente passante I_F é bem menor do que o tempo de atuação T_2 dos relés de terra junto aos transformadores AB-442 e AB-462 na SE SUL, onde a corrente passante foi $I_{F1} = I_{F2}$. Entretanto o que ocorreu foi o inverso, causando a desenergização do SWGR#5 no LTQ#2 e causando falta de alimentação de energia elétrica em todas as linhas cuja alimentação derivam deste barramento, conforme mostrado na Figura 1.

A conclusão da análise de falha apontou que, apesar de as curvas de coordenação e os ajustes em campo estarem de acordo com os estudos de seletividade existentes, o transformador de corrente (TC) de proteção de terra instalado no circuito B-553 não era o original da instalação. Este havia sido substituído por outro, cujas características não suportavam a carga imposta pelo relé 51G eletromecânico existente, não tendo potência suficiente para acioná-lo de forma adequada e desta forma contribuindo para a perda na coordenação seletiva com o relé de retaguarda.

O prejuízo estimado foi na ordem de seis milhões de reais em função da parada das linhas de produção.

A seguir são listadas algumas outras falhas que corroboraram para a necessidade de implementação de um novo estudo de seletividade:

- i) Desarme do disjuntor B-544 do SWGR#5 do LTQ#2 em 10/07/01
 - Motivo: Atuação indevida da proteção direcional de corrente (67).

- Interferências: Atraso de 1h no retorno de manutenção preventiva (MP) do Laminador de Tiras a Quente n.º 2 (LTQ#2).
- ii) Desarme do circuito alimentador nº 210 e GB-12 (LE#2) em 24/03/04
- Motivo: Falta de coordenação entre o disjuntor de 440V e o relé no sistema de 6.9kV (50Hz).
- Interferências: 3 horas de parada no LE#2.
- iii) Desarme do disjuntor B-7036 e B-7078 no SWGR#70 (Aciaria) em 10/06/05
- Motivo: Falha de atuação de disjuntores de 440V mais próximos à falta.
- Interferências: Parada de aproximadamente 3 horas nos Conversores da Aciaria.
- iv) Desarme dos disjuntores B-544 e B-573 em 24/07/06
- Motivo: Após explosão de TP no SWGR#31 (LTF#2), detectou-se falta de coordenação entre os relés de proteção do SWGR#5 e SWGR#31.
- Interferências: Parada de aproximadamente 4 horas em todos os processos da laminação sul (LTQ#2, LTF'S, LDC'S, LPBQ#2, FRCX4 e LZC'S).

Desta forma, o objetivo do desenvolvimento do trabalho foi ajustar a coordenação das proteções do sistema de energia elétrica da Usina Presidente Vargas (UPV) em 60Hz (138kV, 13.8kV, 2.4kV e 0.44kV) e 50Hz (6.9kV, 2.3kV e 0.44kV) de forma a garantir o princípio da seletividade e minimizar perdas nas áreas de produção da UPV, dando mais SEGURANÇA e CONFIABILIDADE ao sistema elétrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho foi adotada a metodologia descrita a seguir:

2.1 Levantamentos de Dados em Campo

Nesta etapa foram levantados todos os dados dos equipamentos elétricos da UPV (motores, geradores, transformadores, disjuntores, cabos, relés, etc..). O produto desta etapa é um banco de dados detalhado com todas as informações das características elétricas dos equipamentos pertencentes ao sistema elétrico da UPV. Esta etapa é fundamental para dar consistência as atividades posteriores. O período de execução desta etapa foi de Abril/05 a Junho/06.

2.2 Aquisição e Modelamento do Software de Simulação

Com os dados obtidos do levantamento de campo, procedeu-se a modelagem do software que é o responsável pela execução das simulações de fluxo de potência, curto-circuito e coordenação seletiva entre os dispositivos de proteção. A modelagem do software foi feita seguindo-se as recomendações contidas na IEC 60909,⁽¹⁾ ANSI/IEEE C.37,⁽²⁾ VDE 102⁽³⁾ e VDE103,⁽⁴⁾ que são normas correlacionadas ao assunto em questão. O software adquirido representa um salto tecnológico, uma vez que facilita a análise técnica do sistema por especialistas da sem a necessidade de contratação de consultoria externa.. Esta etapa foi realizada entre Junho/05 a Dezembro/06.

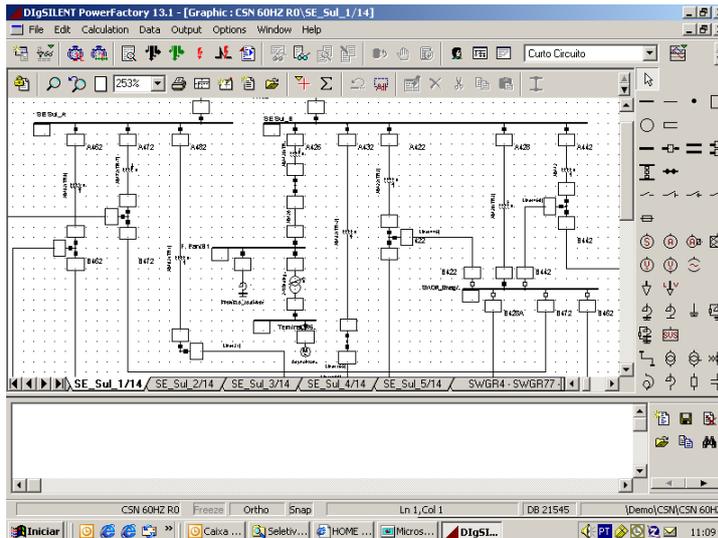


Figura 3 : Uma das telas do software após a modelagem do sistema elétrico da UPV

2.3 Estudos de Curto Circuito e Seletividade

Nesta etapa, foi feito a checagem do dimensionamento de todas as barras, transformadores, disjuntores, motores, seccionadoras e cabos frente ao curto-circuito presente no sistema (50 Hz e 60 Hz), bem como os ajustes mais adequados para coordenação seletiva correta entre os dispositivos de proteção. Foram feitos também ajuste no modelamento decorrente de várias análises feitas após as diversas simulações executadas e comparadas, uma a uma, com estudos anteriores e contribuições máximas admissíveis de cada equipamento presente no sistema elétrico. Esta etapa foi realizada de Junho/06 a Janeiro/07.

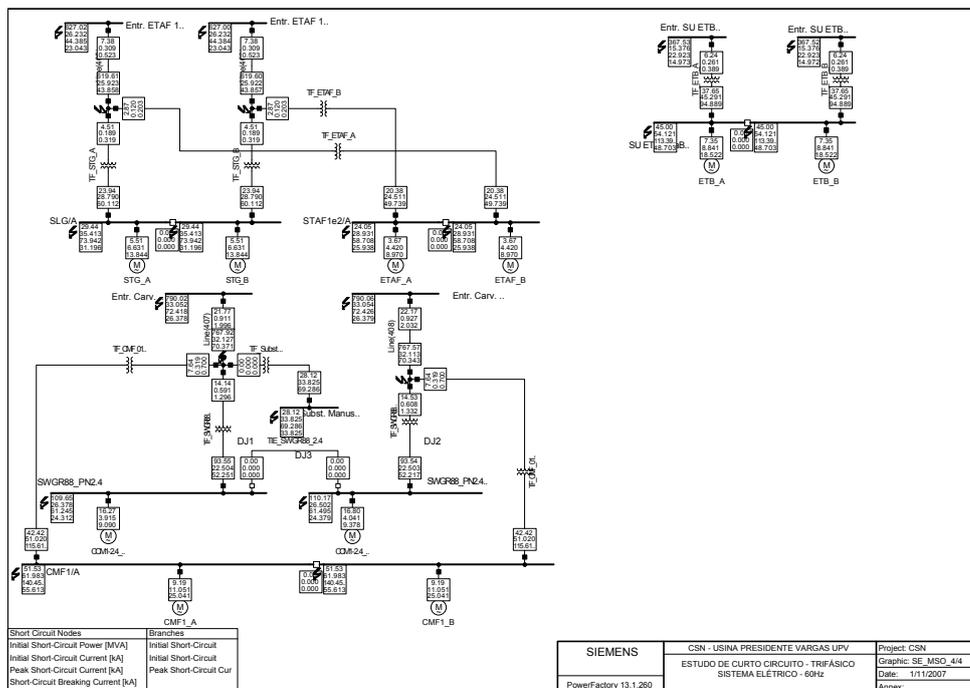


Figura 4: Simulação de corrente de curto-circuito em um determinado ponto do sistema elétrico da UPV

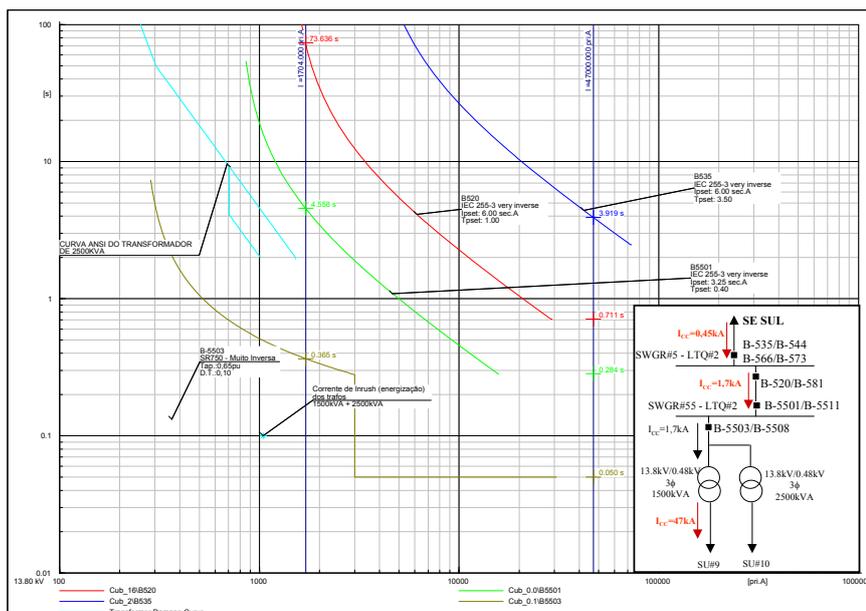


Figura 5: Curvas de coordenação plotadas pelo software.

Um dos maiores ganhos obtidos com o software foi acabar com as antigas curvas de coordenação plotadas à mão, como apresentado na figura 2, sendo estas substituídas pela plotagem via software, que não excede os desvios máximos permitidos pelas normas (ANSI, IEC e IEEE) e da maior confiabilidade nas análises de coordenação seletiva entre os relés de proteção.

2.4 Testes na Malha de Proteção no Campo

Esta etapa é outra inovação em termos de estudos de seletividade em ambientes industriais com plantas já em operação. Normalmente, após o estudo de seletividade, parte-se para a implantação sem se preocupar se as características dos equipamentos que compõe a malha de proteção (relés, disjuntores, TC'S e cabos de controle) estão desempenhando corretamente as suas funções de forma que o estudo a ser implementado no campo corresponda com àquele feito através das simulações. Como vimos este foi um dos problemas que ocasionou um grande problema durante a falha no cabo do circuito alimentador das LDC'S 3 e 4. Desta forma procurou-se adquirir tecnologia para que esta análise fosse a mais precisa possível e os desvios entre o estudo realizado e a realidade da implementação no campo fosse o menor possível. Esta foi uma etapa longa, visto que em muitas áreas era necessário acessar o interior dos painéis, o que era possível somente durante as MP'S das áreas. As figuras 6 e 7 mostram um pouco do trabalho realizado. Esta etapa durou de Junho/06 a Setembro/08.



Figura 6: Equipamento para testes em TC'S.



Figura 7: TC'S no interior de painel elétrico.

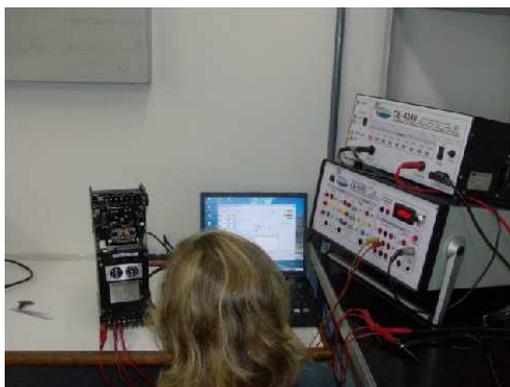


Figura 8: Equipamento de teste em relés.

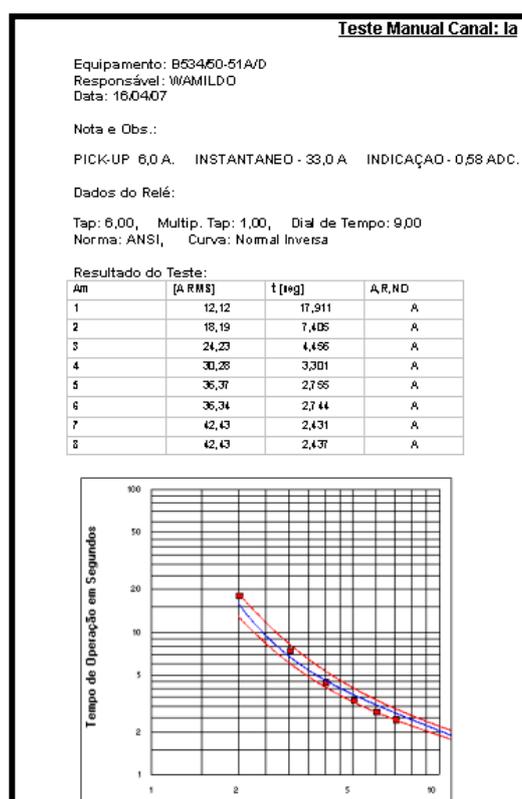


Figura 9: curva plotada pelo equipamento.

2.5 Implantações dos Novos Ajustes

Após executada de forma adequada e satisfatória todas as etapas anteriores, partiu-se para a implantação final. Esta etapa desenvolveu-se praticamente paralela a etapa anterior, visto que já havia os dados do estudo e da necessidade de aproveitamento das preventivas das áreas para não necessitar aguardar outras paradas para concretizar esta etapa. Foi desenvolvida entre os meses de Fevereiro/07 e Setembro/08.

3 RESULTADOS

A seguir são listados alguns dos resultados obtidos com o trabalho:

- i. Foram testados mais de 2500 relés de proteção, dos quais:
 - Cerca de 80% precisaram ser calibrados;
 - Foram substituídos cerca de 3% dos relés em função de inoperância;
 - Modificado o ajuste de cerca de 40% dos relés de proteção da UPV;
 - Substituição das curvas de coordenação antiga por método informatizado mais moderno e eficiente.
- ii. Testados mais de 3000 TC'S e malha de proteção, resultado:
 - Identificação de circuitos de proteção aberto na área do SWGR#50 (LE#3), que foi resolvido imediatamente durante a MP da área;
 - Detectado TC de proteção diferencial aberto no SWGR#85 (SINTER#4), que também foi substituído imediatamente durante a MP da área;
 - Corrigido no estudo a informação da relação de transformação (RTC) do TC do IDF3, que no campo foi verificada relação diferente que no desenho do circuito.

Algumas aplicações descritas a seguir, relativas a ações tomadas à partir dos dados obtidos, dão uma noção da importância do trabalho realizado:

- i) Fornecimento de informações de corrente de curto-circuito do Switchgear n.º 5 (SWGR#5) no Laminador de Tiras a Quente n.º 2 (LTQ#2) para dimensionamento dos IS LIMITER (limitador de corrente de curto-circuito) que foi instalado neste local;
- ii) Alteração do *modus operandi* do SWGR#3 (Linhas de Encruamento e Estanhamento), SWGR#80 (Altos Fornos e Sinterização #4) e SWGR#70 (Aciaria) em função do nível de corrente de curto-circuito destas áreas. Neste caso, abriu-se o disjuntor de interligação e tirou-se o paralelismo entre os transformadores de 138 kV/13.8 kV das Subestações, diminuindo o nível de curto-circuito e aumentando-se o nível de SEGURANÇA operacional e pessoal. A Figura 8 mostra um exemplo de um disjuntor de interligação (B-352) que trabalha normalmente fechado (NF) e passou-se a trabalhar com ele normalmente aberto (NA) após esta análise.

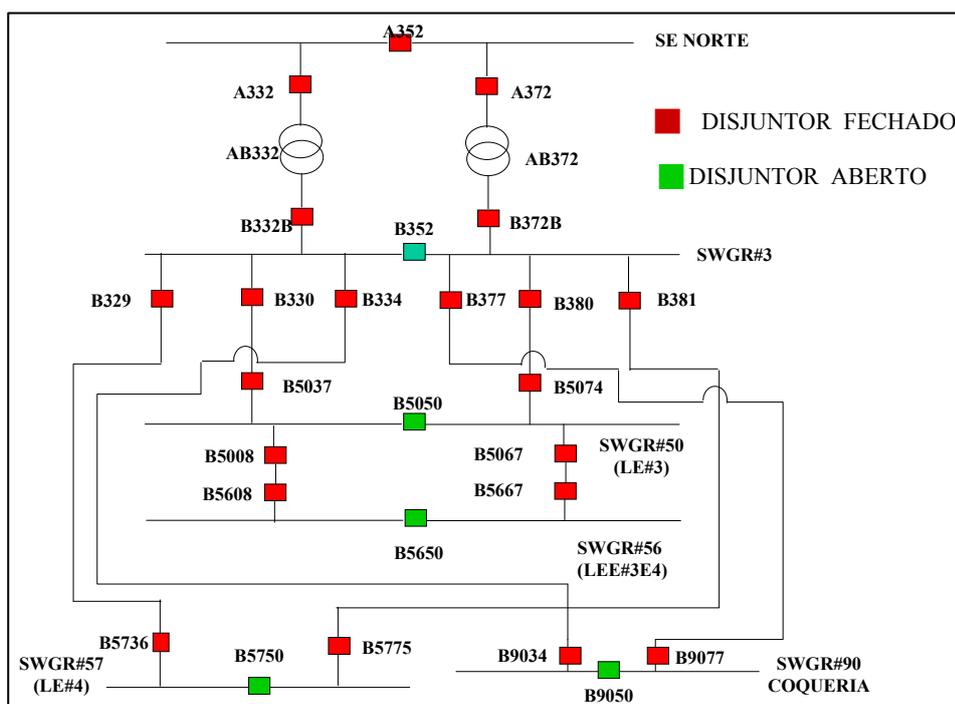


Figura 10: Exemplo de emprego do estudo de curto-circuito junto ao SWGR#3 (SE NORTE).

- iii) Base de dados para cálculo da ATPV (Arc Thermal Performance Value), a fim de determinar a vestimenta dos operadores expostos a energia elétrica, em cumprimento a NR-10;
- iv) Subsídio para a engenharia e as áreas de forma geral na especificação de maneira correta os novos equipamentos elétricos a serem adquiridos, enquadrando-os no nível de curto-circuito presente no local da instalação.
- v) Análise prévia do fluxo de potência no sistema elétrico para determinadas situações operacionais (desligamentos de disjuntores no sistema de 138kV para MP'S, por exemplo), contribuindo de forma positiva para um melhor planejamento da atividade;
- vi) Análise de partida de grandes motores e sua influência no sistema elétrico, definindo possíveis ações de melhoria para evitar desligamentos e/ou falhas indevidas;
- vii) Análise de estabilidade transitório das grandes máquinas (geradores e motores) da UPV frente à perturbações no sistema elétrico de 138kV.

4 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido ao longo de mais de três anos significou uma mudança de patamar em termos de recursos para análise e implementação de correções e/ou melhorias no sistema elétrico, não restrito apenas ao sistema de proteção, mas alcançando uma gama de variáveis que auxiliarão na visão prévia de futuras alterações no sistema elétrica e como estas mudanças irão afetar o comportamento dinâmico deste, auxiliando técnicos e engenheiros a se orientarem de forma correta a agirem sobretudo com segurança nos trabalhos envolvendo energia elétrica na UPV.

REFERÊNCIAS

- 1 INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) N°60909 – Short-circuit currents in three-phase A.C. Systems – Julho, 2001.
- 2 AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS (ANSI/IEEE) N° C.37 – Standard rating structure for A.C. High-Voltage circuit breakers rated on a symmetrical current – Maio, 1988.
- 3 VERBAND DER ELEKTROTCHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK (VDE) N° 102 – Short-circuit currents in three-phase A.C. Systems – Julho, 2002.
- 4 VERBAND DER ELEKTROTCHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK (VDE) N° 103 – Short-circuit currents, calculations of effects – Novembro, 1994.