CATEGORIA 3

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA INTERTRIPPING E TROCA DE RELÉS 3 KVCC

NAS SUBESTAÇÕES E CABINES DA TRENSURB

INTRODUÇÃO

A Empresa Trens Urbanos de Porto Alegre, S.A. - Trensurb, opera uma linha ferroviária de superfície entre os municípios de Porto Alegre e Novo Hamburgo, RS. A frota é composta por 25 Trens Unidade Elétrica - TUEs - da série 100 e 15 TUEs da série 200, todos com 4 carros, bitola larga - 1.600 mm. A operação comercial iniciou em 1985 entre Porto Alegre e Sapucaia do Sul. Foram realizadas expansões em 1999 e 2013, quando se estabeleceu a configuração atual com 43 km de via dupla e 22 estações. O sistema de energia de tração alimenta os TUEs através de rede aérea a 3 kVcc e é composto por 5 subestações retificadoras - SE e 6 cabines de seccionamento e paralelismo - CB.

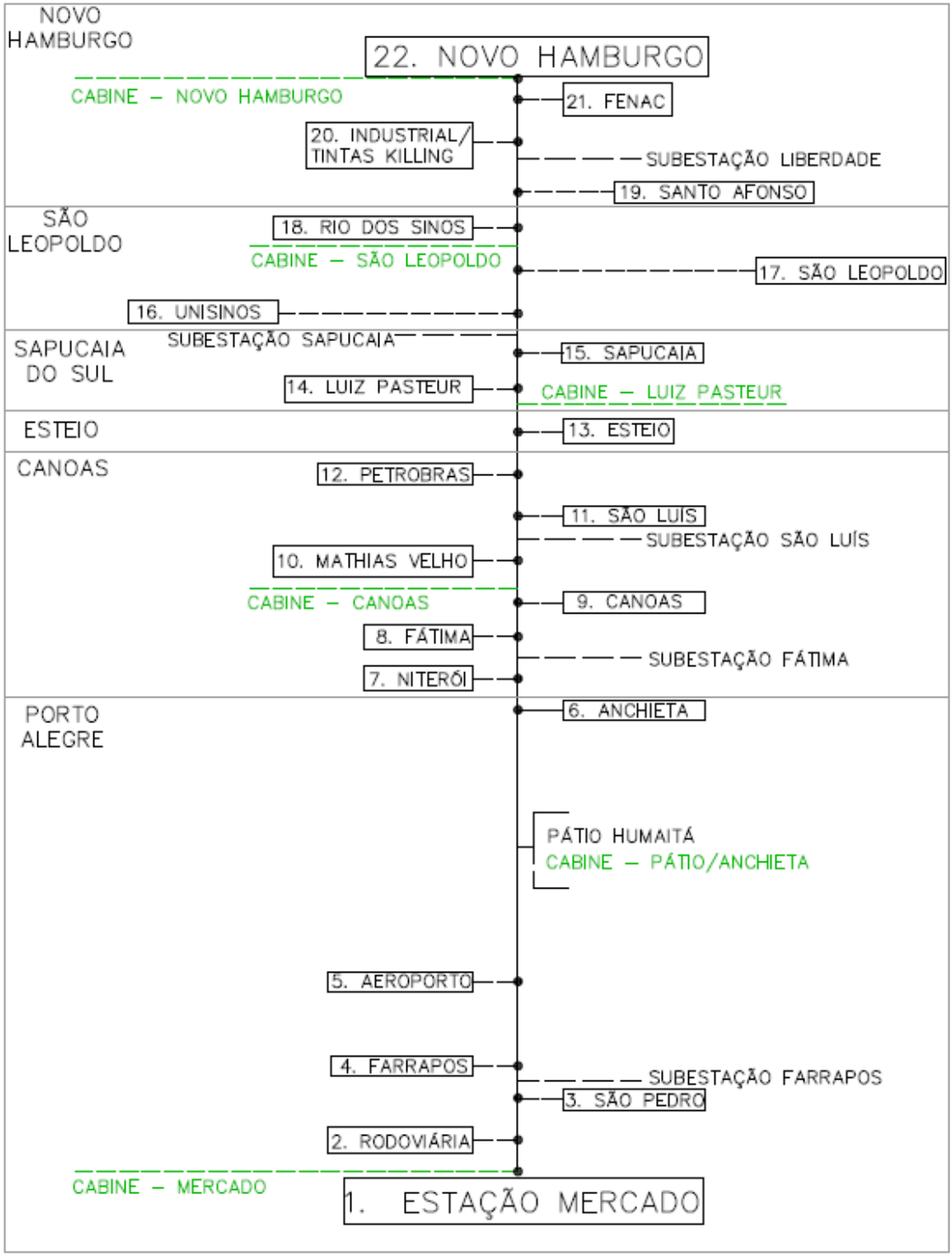

Figura 1 - Esquema da linha da Trensurb

Em 2008 houve um incidente que inutilizou a CB Luiz Pasteur.

Em 09 de abril de 2016 houve um incêndio que inutilizou a SE Sapucaia, adjacente à CB Luiz Pasteur, que permanecia fora de operação. Em consequência, o trecho entre a SE São Luís e a CB São Leopoldo, aproximadamente 16 km de linha, ficou com a proteção severamente degradada. Havia o risco de que um curto-circuito no trecho não sensibilizasse o relé localizado mais distante e este mantivesse o alimentador ligado, majorando as consequências. Como solução emergencial, foi implantado o sistema intertripping parcial, apenas neste trecho mais crítico.

Em 2017, além de contratar a reconstrução da SE Sapucaia e CB Luiz Pasteur, a Trensurb elaborou um novo projeto para estender o sistema intertripping para todas as CB e SE, de forma a aumentar a segurança de seu sistema elétrico de tração. O objetivo deste trabalho é apresentar o processo de elaboração e execução do Projeto Intertripping.

DIAGNÓSTICO

O projeto de implantação do sistema Intertripping em todas as CB e SE tem o objetivo de a aumentar a segurança do sistema de energia de tração da Trensurb. Nesta seção serão apresentadas características do sistema elétrico de tração, a situação deste sistema no momento da elaboração do projeto e as premissas adotadas nas especificações do projeto, ou seja, o processo de elaboração.

FUNCIONAMENTO DE UMA SUBESTAÇÃO DE TRAÇÃO

As subestações de tração recebem energia elétrica da concessionária local em 69 ou 138 kVca e a condicionam para fornecer 3 kVcc aos TUEs. Cada uma destas subestações possui três grupos transformador-retificador, com transformadores de 3.3 MVA e retificadores tipo dupla ponte Graëtz de 3 MVA que alimentam o barramento de 3 kVcc. Os transformadores e retificadores possuem Classe de Sobrecarga VI da IEC 146-1-2, ou seja, podem operar a 150 % de suas capacidades durante 120 minutos ou 300 % durante 1 minuto. As subestações operam com dois grupos ativos e um em reserva, ou seja, com capacidade nominal de 6 MVA.

Os TUEs da Trensurb podem tracionar com tensões entre 2.400 e 3.600 Vcc. A tensão a vazio típica nas subestações é em torno de 3.450 Vcc. A linha férrea da Trensurb possui duas vias permanentes, sendo a V1 de sentido de tráfego típico de Novo Hamburgo a Porto Alegre e V2 no sentido oposto. A rede aérea de cada via é seccionada próximo de cada subestação, dividida em trechos Norte e Sul. Esta configuração resulta em 4 alimentadores partindo do barramento de 3 kVcc para a rede aérea: V1N, V1S, V2N e V2S. Cada alimentador possui um disjuntor ultra-rápido – HSCB, uma chave seccionadora externa para isolamento, um para-raios e um transdutor de tensão da rede aérea. Existem duas seccionadoras externas adicionais que permitem conectar os trechos Norte e Sul da V1 ou Norte e Sul da V2 diretamente, que são chamadas seccionadoras de equalização.

Os disjuntores HSCB possuem um mecanismo eletromagnético de disparo que faz abrir seus contatos caso a corrente supere o valor ajustado mecanicamente. Além desta proteção intrínseca, cada alimentador possui também um relé de proteção que monitora a corrente e pode comandar a abertura do disjuntor a partir de outras funções de proteção, como por exemplo a taxa de crescimento da corrente.

A **Figura 2** apresenta o diagrama unifilar simplificado de uma subestação de tração da Trensurb.

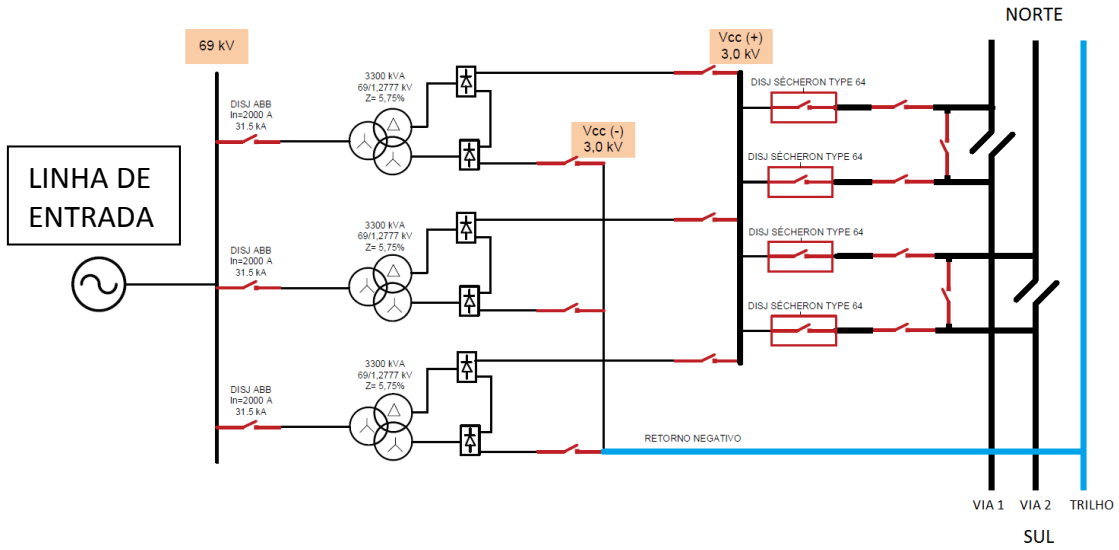

Figura 2 - Unifilar simplificado das subestações de tração da Trensurb

FUNCIONAMENTO DE UMA CABINE

As cabines de seccionamento e paralelismo são intercaladas com as subestações de tração ou posicionadas nas extremidades da linha. A estrutura das cabines corresponde ao setor de 3 kVcc das subestações, desde o barramento 3 kVcc até os

alimentadores da rede aérea. As cabines não são fontes de energia, elas possuem função de proteção e manobra para facilitar e tornar mais segura a operação do sistema.

Em operação normal, as cabines permanecem com as seccionadoras de isolamento e disjuntores fechados, o que faz com que os 4 alimentadores sejam conectados ao barramento de 3 kVcc. Desta maneira, a cabine comporta-se como um "nó" elétrico e todos os trechos da rede aérea contribuem com a condução de corrente para as cargas próximas.

Caso seja necessário desenergizar um trecho da rede aérea para manutenção, a cabine permite isolar trechos menores do que se houvesse apenas as subestações, o que traz flexibilidade para o sistema. O mesmo ocorre no caso de uma falha como um curto-circuito da rede aérea ao trilho, que deve resultar na desenergização de apenas uma das vias, entre a cabine e a subestação mais próximas, com o mínimo impacto operacional possível.

A **Figura 3** apresenta o diagrama unifilar simplificado de uma cabine de seccionamento e paralelismo da Trensurb.

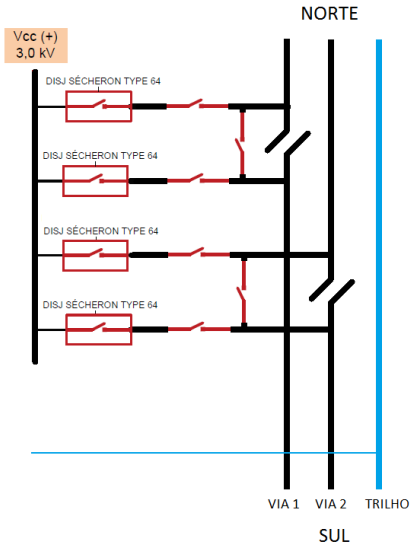

Figura 3 - Unifilar típico das cabines de seccionamento e paralelismo da Trensurb

FUNCIONAMENTO ESPERADO DO INTERTRIPPING

Sem o sistema intertripping, não existe nenhum tipo de comunicação lógica entre os relés das cabines e subestações. No caso de uma falha, tanto a cabine quanto a subestação que limitam o trecho deverão ser sensibilizadas e abrir os disjuntores correspondentes para desenergizar a rede aérea. Em caso de falha de detecção, por exemplo em um curto-circuito de alta impedância, o alimentador mais distante poderá não desligar e manter o curto ativo por mais tempo, aumentando danos e riscos.

O sistema intertripping cria uma comunicação lógica entre os setores de 3 kVcc dos locais técnicos adjacentes, de maneira que um relé possa encaminhar o sinal de abertura de disjuntor - “trip” também para o disjuntor do outro extremo daquele trecho de rede aérea, de maneira a garantir a desenergização. Caso a seccionadora de

equalização esteja fechada, a cabine ou subestação que recebe sinal de intertripping deverá abrir os seus disjuntores e também encaminhar o sinal para a próxima.

Cada cabine ou subestação deve possuir um equipamento de comunicação do intertripping para o trecho Norte e outro para o Sul, independentes dos relés. Para que o tempo de atuação seja o menor possível, o equipamento “Norte” do local A se comunica diretamente com o equipamento “Sul” do local “B” através de um par de fibras ópticas - FO dedicadas exclusivamente para este sistema, sem a presença de switches ou conversores.

As figuras a seguir ilustram funcionamento do intertripping.

Inicialmente os disjuntores e seccionadoras de isolamento estão fechados, as seccionadoras de equalização estão abertas, conforme a **Figura 4**.

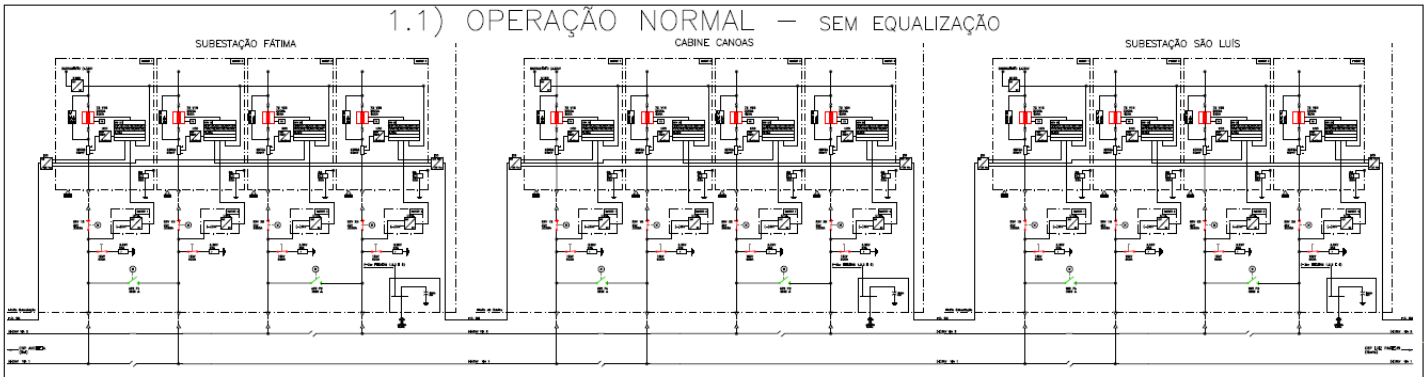

Figura 4 - Operação normal, sem equalização

A seguir, ocorre um curto-circuito à terra na rede aérea da Via 2, ao norte do local “A”. O relé de proteção V2N envia sinal de “trip” ao disjuntor V2N e sinal de intertripping ao equipamento de comunicação Norte do local “A”.

No local “B”, o relé V2S recebe o sinal Intertripping através do equipamento Sul e envia o sinal de trip para o disjuntor V2S, conforme a **Figura 5**.

É possível que o relé V2S do local “B” também detecte o curto e envie sinal de Intertripping para o local “A”.

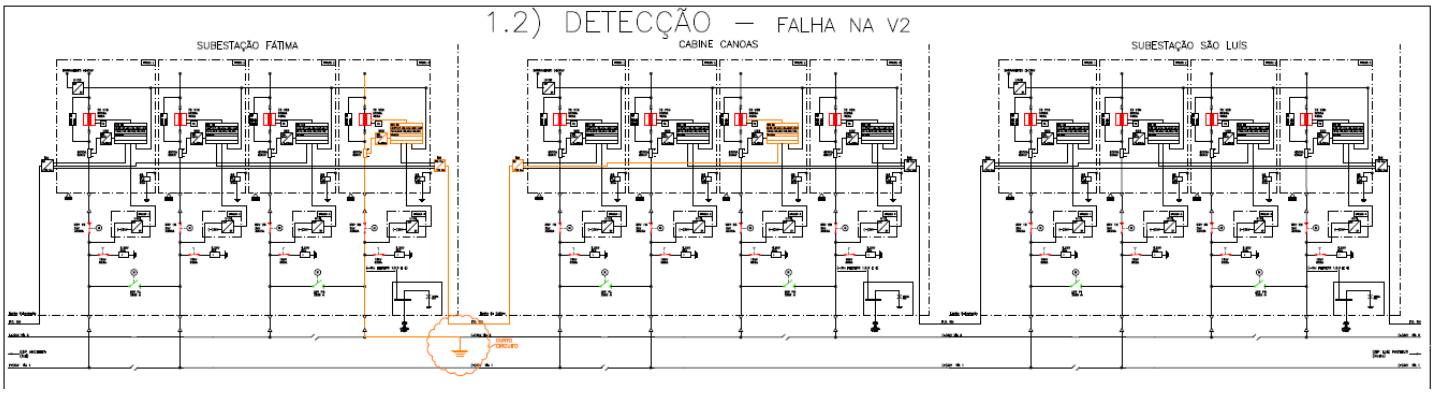

Figura 5 - Detecção de falha na V2

Após a detecção do curto, a situação final é de que devem estar abertos os seguintes disjuntores: V2N do local “A”, V2S do local “B”. Desta maneira o trecho de rede aérea estará desenergizado, conforme a **Figura 6**.

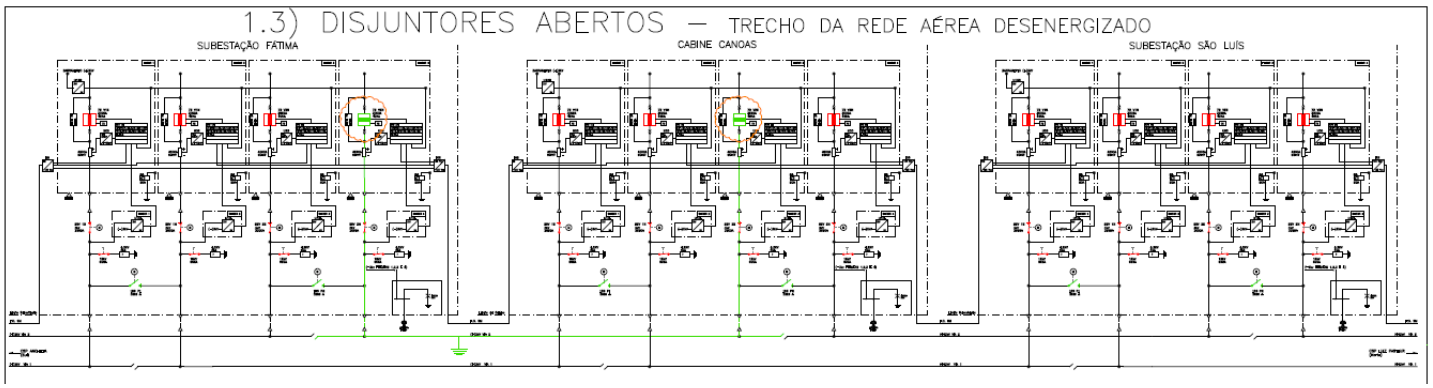

Figura 6 - Disjuntores abertos, trecho da V2 desenergizado

Caso a seccionadora de equalização EQ2 do local “B” estivesse inicialmente fechada, tanto os relés V2N e V2S quanto os equipamentos de comunicação Norte e Sul deste local receberiam o sinal de intertripping. Por consequência, o sinal seria repassado ao local “C” e faria abrir o disjuntor V2S.

Após a detecção do curto, a situação final é de que devem estar abertos os seguintes disjuntores: V2N do local “A”, V2S e V2N do local “B”, V2S do local “C”. Desta maneira os dois trechos de rede aérea estarão desenergizados, conforme a **Figura 7**.

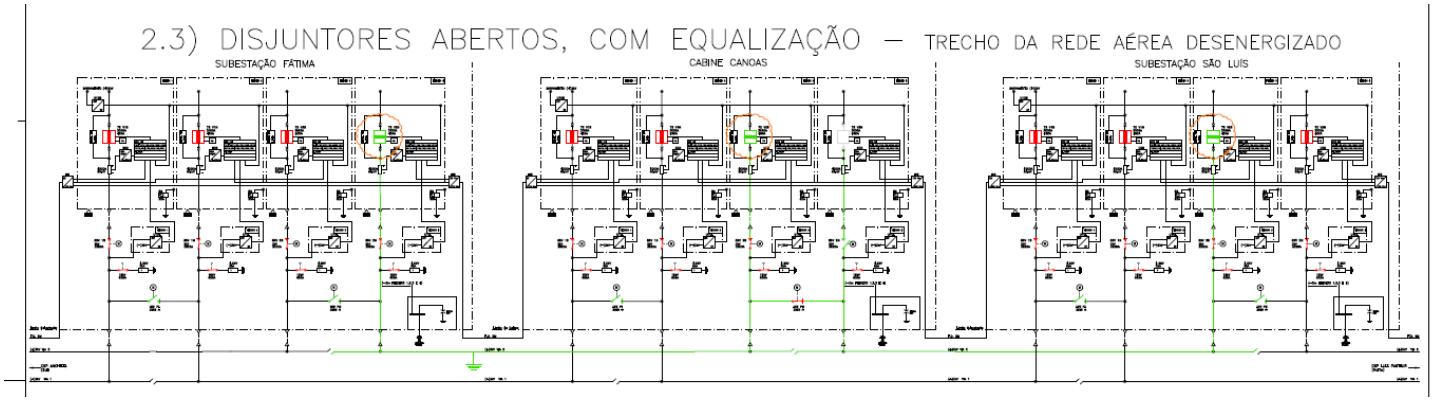

Figura 7 - Com equalização. Disjuntores abertos, dois trechos da V2 desenergizados

Após a desenergização, as subestações irão realizar teste de via e religamento automático. Caso o curto permaneça após 3 tentativas, os alimentadores são bloqueados e necessitarão inspeção local pela equipe de manutenção.

A função de proteção 64 – “Fuga de corrente à carcaça” possui um comportamento particular. Qualquer que seja o alimentador em que atuar esta proteção, o local irá abrir os disjuntores dos 4 alimentadores e também enviar sinal de intertripping para os locais adjacentes ao Norte e ao Sul, vias 1 e 2. Este sinal deve ser

tal que desabilite o religamento automático dos locais adjacentes e impeça o fechamento dos disjuntores destes até que o local que originou o sinal esteja com as seccionadoras de isolamento abertas, por tanto desconectado da rede aérea. Esta diferenciação é feita pela duração do pulso do sinal do intertripping. Qualquer sinal mais longo do que 300 ms terá o comportamento correspondente à função de proteção 64. Pulsos mais curtos do que 300 ms correspondem a todas as demais funções de proteção e não impedem o religamento automático de quem os recebe.

Eventos como um curto circuito na rede aérea ou “flash” de um motor CC resultam em crescimento rápido da intensidade de corrente, da ordem de centenas de Ampères por milissegundo. Toda vez que um disjuntor abre em carga, ocorre um arco elétrico que provoca o desgaste de seus contatos. Quanto maior a intensidade de corrente interrompida, maior o desgaste. Outros componentes diversos do sistema elétrico também sofrem esforços mecânicos que aumentam com a intensidade de corrente da falha. Por estes motivos, é crítico que a falha seja detectada e o sinal de “trip” ocorra no menor tempo possível. Um benefício adicional do sistema intertripping é que o relé que detectar a falha mais rapidamente irá sinalizar ao seu correspondente no outro local, que por sua vez poderá interromper uma corrente de menor intensidade, com menor desgaste do sistema.

SITUAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES E CABINES QUANDO DA ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO INTERTRIPPING

A especificação do projeto intertripping foi iniciada em julho de 2017, pouco antes da emissão da ordem de início da reconstrução da Subestação Sapucaia e Cabine Luiz Pasteur, que seria executada pela Siemens. Cabe apresentar o contexto em que as áreas de Engenharia e de manutenção da Trensurb definiram os objetivos secundários deste projeto e demais especificações técnicas.

- Objetivo secundário 1 - Instalação de novos relés de proteção dos alimentadores 3 kVcc em todas as Cabines e Subestações de tração, padronização:

O sistema de energia de tração da Trensurb utiliza desde equipamentos de sua inauguração no ano de 1985, como das expansões do final da década de 1990 e início de 2010, até alguns modernizados recentemente. Existe, por tanto, uma diversidade muito grande, mesmo entre os equipamentos de função semelhante, o que torna a operação e manutenção mais complicadas e custosas.

A principal diferença entre as subestações e cabines da inauguração e as da década de 2010 está nos disjuntores e retificadores do setor 3 kVcc. Os equipamentos mais antigos são instalados em celas de alvenaria construídas nas edificações (**Figura 8** e **Figura 9**), protegidos por grades e comandados através de chaves “Turn Push Light” - TPL em painéis de comando instalados fora das celas.

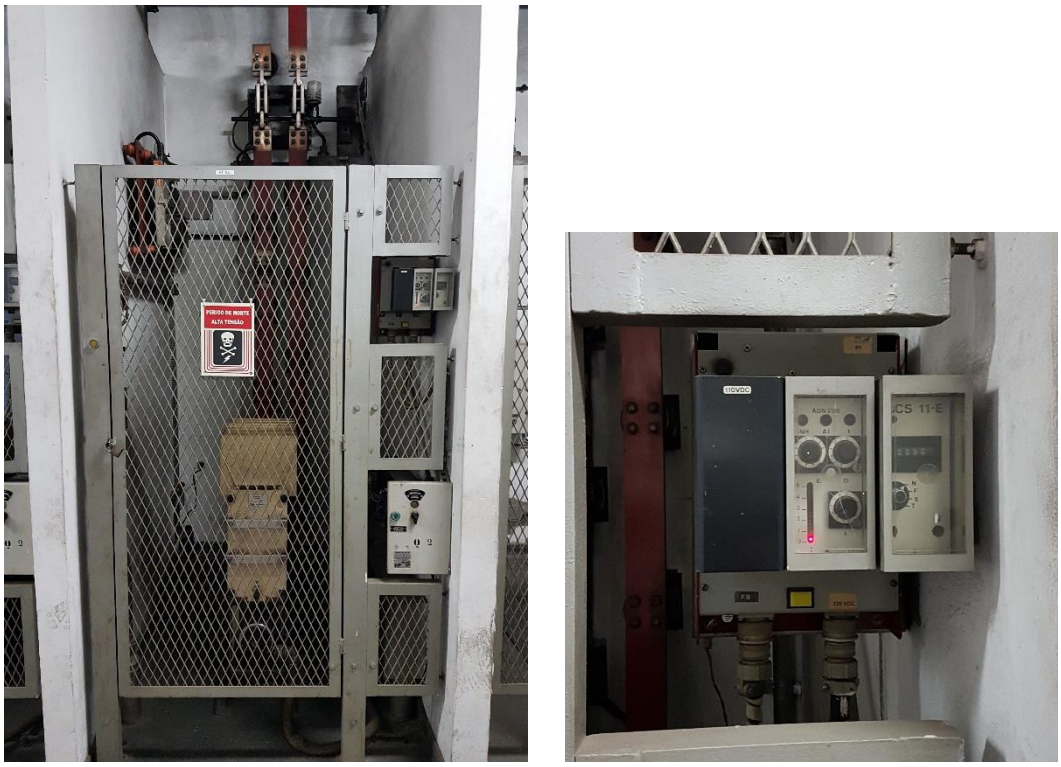

Figura 8 - Cela com disjuntor, teste de via e relé (esq.). Relé analógico (dir.)

Figura 9 - Cela de cabine, somente com disjuntor (esq.). Painel de controle (dir.)

Nas instalações mais novas, os disjuntores e retificadores são instalados em cubículos metálicos fechados, onde existem compartimentos de baixa tensão – BT com os dispositivos de controle, inclusive relé de proteção digital. Os comandos são executados através da tela do relé, que é sensível ao toque (**Figura 10**). Outro ponto relevante é que nas cabines dos anos 80 não havia relés ou teste de via, elas contavam apenas com a proteção intrínseca dos disjuntores.

Figura 10 - Cubículo com disjuntor (esq.). Detalhe da compart. BT com relé (dir.)

No momento em que o projeto intertripping foi concebido, havia quatro tipos de relés em uso no setor 3 kVcc: DDL analógico, SEDEL, SEPCOS SD e SEPCOS NG. Além destes, a Siemens já havia sinalizado que utilizaria o seu SITRAS PRO na reconstrução da SE Sapucaia e CB Luiz Pasteur, ou seja, um quinto modelo.

Neste contexto foi determinado que todos os relés existentes deveriam ser substituídos e que todas as cabines antigas deveriam receber relés e teste de via, de maneira a padronizar equipamentos e modo de operação em todos os locais.

- Objetivo secundário 2 - Conexão por fibra óptica em todas as cabines e subestações de tração:

O sistema intertripping exige uma conexão por fibra óptica entre os locais técnicos. A Trensurb possui uma rede de FO ao longo de toda a sua linha, tanto aéreas quanto terrestres, porém a maioria das cabines e subestações não possuía acesso a esta rede. Sendo assim, foi necessário lançar fibras adicionais até as salas de equipamentos das estações mais próximas de cada local técnico. As fibras novas são do tipo monomodo, com janela de transmissão de 1.330 nm, mesmo da rede principal existente. Prevendo futura modernização, foi determinado que além das fibras utilizadas no próprio sistema intertripping, deveria haver um mínimo de 8 reserva em cada local, devidamente conectorizadas e certificadas.

- Objetivo secundário 3 - Preparação para futura modernização no telecomando de energia:

O Centro de Controle Operacional da Trensurb - CCO concentra toda a operação do sistema, tanto relacionada ao tráfego dos TUEs quanto à energia de tração. Como parte do escopo da obra de expansão da década de 2010, o CCO foi modernizado e

recebeu o supervisório Invensys/Siemens, porém os equipamentos de campo das instalações de energia foram mantidos. Cada cabine ou subestação possui um CLP GE Fanuc (“remotas de energia”) e um modem Tropical 1.200 bps. Este arranjo disponibiliza no CCO apenas os status e comandos de disjuntores e seccionadoras, não dá acesso a nenhum valor numérico de corrente e tensão, não permite que a área de manutenção visualize oscilografias e relatórios de eventos detalhados. A comunicação entre o CCO e cada remota ocorre a intervalos de 2 a 10 segundos. O banco de dados do CCO registra eventos com os horários em que eles são recebidos e não em que realmente ocorreram, o que pode resultar em erros de alguns segundos em função do tempo de comunicação com as remotas. Isto impede que os eventos sejam sequenciados em ordem cronológica confiável ou comparados com os eventos de outros sistemas, como por exemplo o CFTV. Isto dificulta ou inviabiliza a adequada análise dos dados em caso de um incidente.

A subestação Liberdade era o único local técnico com um supervisório local, o MicroSCADA, que porém não se integrava no sistema centralizado da Invensys e tinha de ser controlado à parte no CCO. A reconstrução da Subestação Sapucaia e Cabine Luiz estava no início e cada uma delas teria seu supervisório local, porém não seriam integradas ao supervisório centralizado por este ser proprietário e somente poder ser ajustado pela própria Invensys.

As áreas de Engenharia e manutenção definiram que todos os equipamentos novos que vierem a ser adquiridos para o sistema de energia de tração deverão seguir as premissas da IEC 61850, que é um padrão adotado por diversos fornecedores e

permitirá que novos supervisórios locais e centrais sejam desenvolvidos com maior flexibilidade. Também com a intenção de facilitar a implantação de supervisórios futuros, foi definido que os novos relés do projeto intertripping deveriam incorporar o controle e sinalização das seccionadoras do setor 3 kVcc, além dos disjuntores. Desta maneira, os comandos e sinais estarão disponíveis de pronto em uma rede lógica que vier a ser implantada nos locais, sem a necessidade de dispositivos ou adaptações adicionais.

Considerando que a implantação de novo telecomando é um projeto futuro sem data para implantação, os relés novos precisavam operar inicialmente em conjunto com as remotas de energia existentes.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão apresentados os resultados do processo licitatório, as soluções desenvolvidas na fase de elaboração do Projeto Executivo, a situação da execução de cada parcela do projeto, um caso exemplo de atuação do sistema intertripping, destaques e limitações do projeto.

RESULTADO DA LICITAÇÃO

A vencedora da licitação foi a Siemens Ltda., que posteriormente tornou-se Siemens Mobility Soluções de mobilidade Ltda. O contrato n° 120.17/18 é do tipo empreitada por preço global, com valor de R$ 3.474.745,44 e foi assinado em 29 de junho de 2018. O prazo de execução original era de 12 meses a partir da Ordem de Início de Serviços - OIS, emitida em 20 de agosto de 2018.

SOLUÇÕES PROPOSTAS PELA CONTRATADA NA FASE DE PROJETO EXECUTIVO

No momento da emissão da OIS a contratada informou que pretendia fornecer a sua nova geração de relés de proteção, Siemens SITRAS MDC (**Figura 11**), porém que este somente seria lançado no final em setembro de 2018. A fiscalização da Trensurb julgou que seria vantajoso aguardar o lançamento do novo para não implantar o equipamento da geração anterior, que se tornaria obsoleto em menos tempo, ainda que isto impactasse o cronograma original.

Dentre as diversas soluções propostas pela Contratada, foi definido que nos locais antigos, com disjuntores em celas, os relés novos seriam instalados no painel de comando (**Figura 12**). Dentro da cela seriam instalados o Teste de Via (**Figura 13**) e o módulo de entradas analógicas remoto Siemens SITRAS BA, para adquirir os sinais de corrente e tensão no disjuntor. No caso dos cubículos com disjuntores, os relés novos

seriam instalados na mesma posição dos anteriores, no compartimento de BT (**Figura 14**).

Como equipamento de comunicação do intertripping, foi definido o relé Siemens 7SC80 (**Figura 15**). Este equipamento conecta-se aos relés internos da subestação ou cabine através portas digitais tipo “contato seco” a 125 Vcc. Para comunicação externa, com o local adjacente, possui dupla porta de FO monomodo e utiliza comunicação 61850. Isto permitirá que futuramente a Trensurb implante redundância no sistema intertripping, utilizando as FO aéreas e terrestres existentes. Atualmente só foi implantado um canal de comunicação, conforme previsto no edital. Este equipamento não executa nenhuma função de proteção (ex. sobrecorrente) e, por tanto, não havia a necessidade de ser um relé de proteção. O modelo proposto pela contratada atende (supera) as especificações do edital e por isto foi aprovado pela fiscalização da Trensurb.

O edital também previa a substituição dos transdutores de tensão da rede aérea, aproveitando os gabinetes existentes no lado externo de cada cabine ou subestação. O modelo adotado foi o SECON 4000V420ADCHI-UNIV.

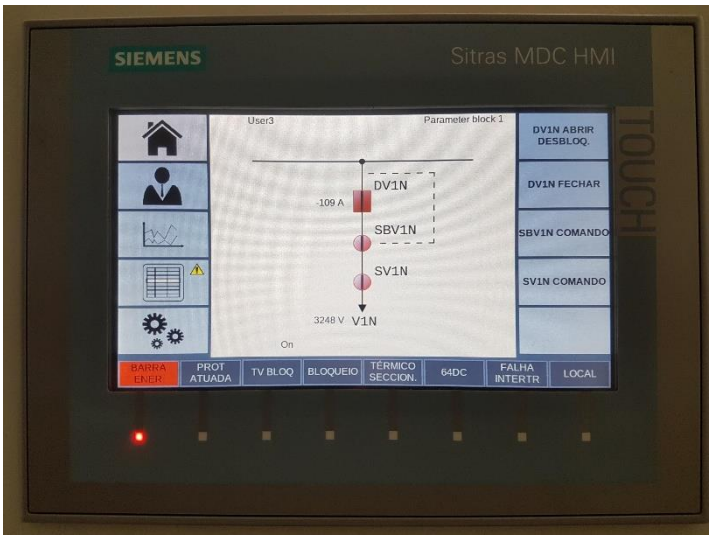

Figura 11 - SITRAS MDC - Interface Homem Maquina

Figura 12 - Painel antigo com relés novos instalados

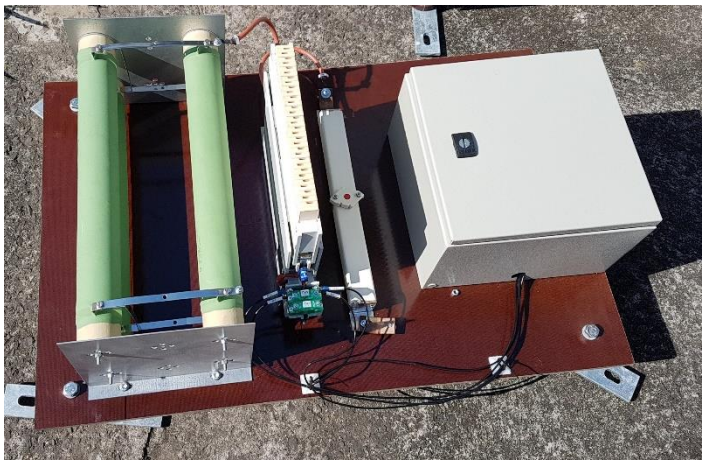

Figura 13 - Placa de montagem do Teste de Via

Figura 14 - Cubículo com relés novos instalados

Figura 15 - Placa de montagem com dois relés 7SC80, Norte e Sul

SITUAÇÃO DO PROJETO EM JUNHO DE 2020.

Até o presente momento, a situação de cada uma das etapas do projeto é a seguinte:

- Instalação de todas FO necessárias - concluída;
- Instalação de todos os equipamentos de comunicação, relés 7SC80 - concluída;
- Instalação de todos os transdutores de tensão da rede aérea SECON - concluída;
- Instalação dos Testes de Via nas cabines Mercado, Anchieta e Canoas - concluída;
- Instalação dos relés de proteção dos alimentadores 3 kVcc, Sitras MDC:
    - Cabine Mercado – concluída;
    - Subestação Farrapos – concluída;

- Cabine Anchieta – concluída;
- Subestação Fátima – concluída;
- Cabine Canoas – concluída;
- Subestação São Luís – concluída;
- Cabine Luiz Pasteur – fora do escopo deste contrato;
- Subestação Sapucaia – fora do escopo deste contrato;
- Cabine São Leopoldo – concluída;
- Subestação Liberdade – não iniciada;
- Cabine Novo Hamburgo – concluída.

- Comissionamento do sistema intertripping, por trecho:
  - Cabine Mercado – Subestação Farrapos - concluído;
  - Subestação Farrapos – Cabine Anchieta - concluído;
  - Cabine Anchieta – Subestação Fátima - concluído;
  - Subestação Fátima – Cabine Canoas - concluído;
  - Cabine Canoas – Subestação São Luís - concluído;
  - Subestação São Luís – Cabine Luiz Pasteur - realizado, com pendências;
  - Cabine Luiz Pasteur – Subestação Sapucaia - realizado, com pendências;
  - Subestação Sapucaia – Cabine São Leopoldo - realizado, com pendências;
  - Cabine São Leopoldo – Subestação Liberdade - não iniciado;
  - Subestação Liberdade – Cabine Novo Hamburgo - não iniciado;

Em função da pandemia de COVID-19, as atividades de campo do projeto foram interrompidas em março de 2020. Até o presente momento estas atividades não puderam ser retomadas.

OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS DURANTE A FASE DE EXECUÇÃO

Atualmente o CCO tem acesso a uma quantidade muito limitada de status e comandos das subestações e cabines, basicamente posição de disjuntores e seccionadoras, além da indicação de subtensão na rede aérea. Até o início deste projeto, a manutenção não possuía nenhum tipo de visualização remota. No caso de uma falha, o supervisor de turno do CCO faz contato com a equipe de manutenção e relata pelo telefone o que visualiza no supervisório. A equipe se desloca até o local para identificar e solucionar a falha. Considerando que normalmente as falhas com impacto operacional ocorrem em mais de um local simultaneamente, eventualmente a equipe pode se deslocar ao local onde não está a origem do problema e tardar mais em reestabelecer a circulação dos trens.

Durante a fase de comissionamento a fiscalização da Trensurb teve maior contato com os novos relés Sitras MDC as funções que estes oferecem. A equipe de implantação da Siemens utilizou uma ferramenta particularmente interessante para facilitar o comissionamento: um servidor web embarcado, através do qual o relé disponibiliza uma interface (**Figura 16**) muito semelhante à da Interface Homem-Máquina - IHM física, para manutenção e monitoramento. Por questões de segurança, este acesso não possui

os botões de comando do disjuntor e seccionadoras. As conexões físicas disponíveis são uma porta de serviço USB que emula um dispositivo de rede, duas portas de rede elétricas Ethernet RJ-45 ou dois slots para conversores de interface do tipo GBIC. Conectando-se um computador tipo PC comum ao relé, pode-se acessar esta interface através do navegador de internet, sem a necessidade de softwares específicos.

A equipe de fiscalização da Trensurb identificou como uma oportunidade relevante implantar uma rede ethernet para conectar todos os relés entre si e com um computador na sede da empresa, de maneira que a equipe de manutenção pudesse acessá-los remotamente. Desta maneira, ao ser acionada pelo CCO, a equipe poderia visualizar a situação detalhada dos alimentadores em tempo real e ir a campo de posse de mais informações, para agilizar a solução da falha. O acesso remoto também possibilita descarregar oscilografias (**Figura 17**) e eventos (**Figura 18**) sem a necessidade de se deslocar até a cabine ou subestação, o que torna mais eficiente o uso do tempo e recursos financeiros pela equipe de manutenção.

O termo de referência do projeto intertripping não previa uma rede lógica entre relés de proteção (MDC) dos alimentadores, mas apenas entre os equipamentos de comunicação dedicados ao intertripping (7SC80). Sendo assim, a equipe de Engenharia da Trensurb desenvolveu um novo projeto derivado do intertripping, confirmou que praticamente todos os materiais necessários estavam disponíveis em estoque e o executou com mão de obra própria, ainda durante as etapas de montagem e comissionamento dos novos relés em cada local técnico.

A situação da implantação do acesso remoto de manutenção em julho de 2020 é a seguinte:

- Sede da Trensurb – concluída.
- Cabine Mercado – concluída;
- Subestação Farrapos – concluída;
- Cabine Anchieta – concluída;
- Subestação Fátima – concluída;
- Cabine Canoas – concluída;
- Subestação São Luís – concluída;
- Cabine Luiz Pasteur – Os relés Sitras PRO não possuem servidor web;
- Subestação Sapucaia – Os relés Sitras PRO não possuem servidor web;
- Cabine São Leopoldo – concluída;
- Subestação Liberdade – não iniciada;
- Cabine Novo Hamburgo – não iniciada.

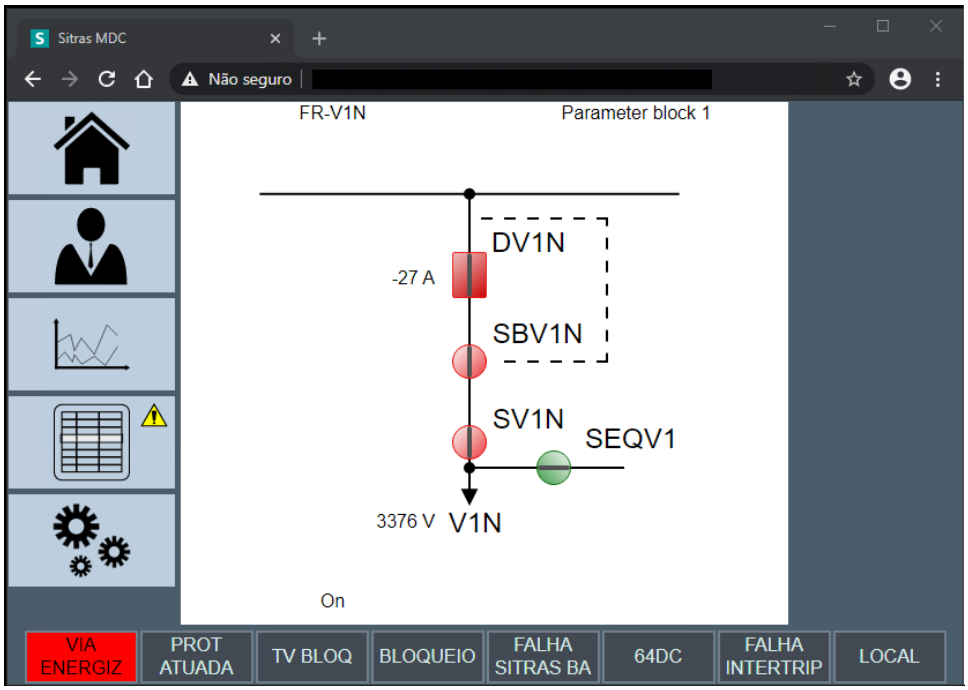

Figura 16 - Interface de acesso remoto do Sitras MDC

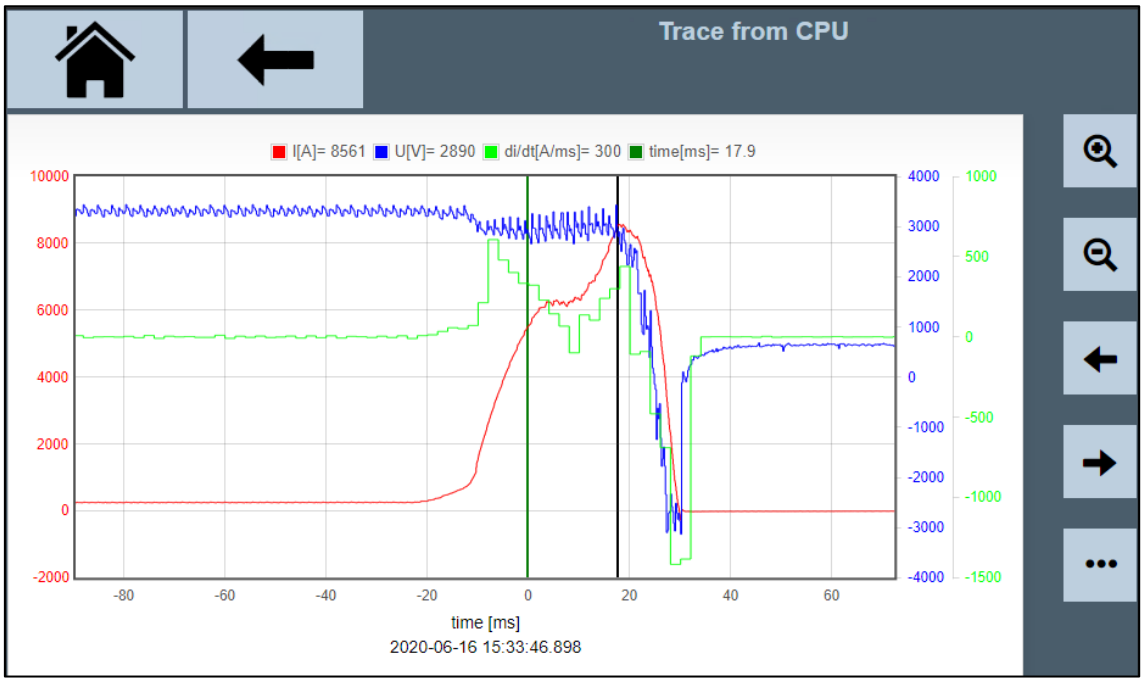

Figura 17 - Acesso remoto - Oscilografia

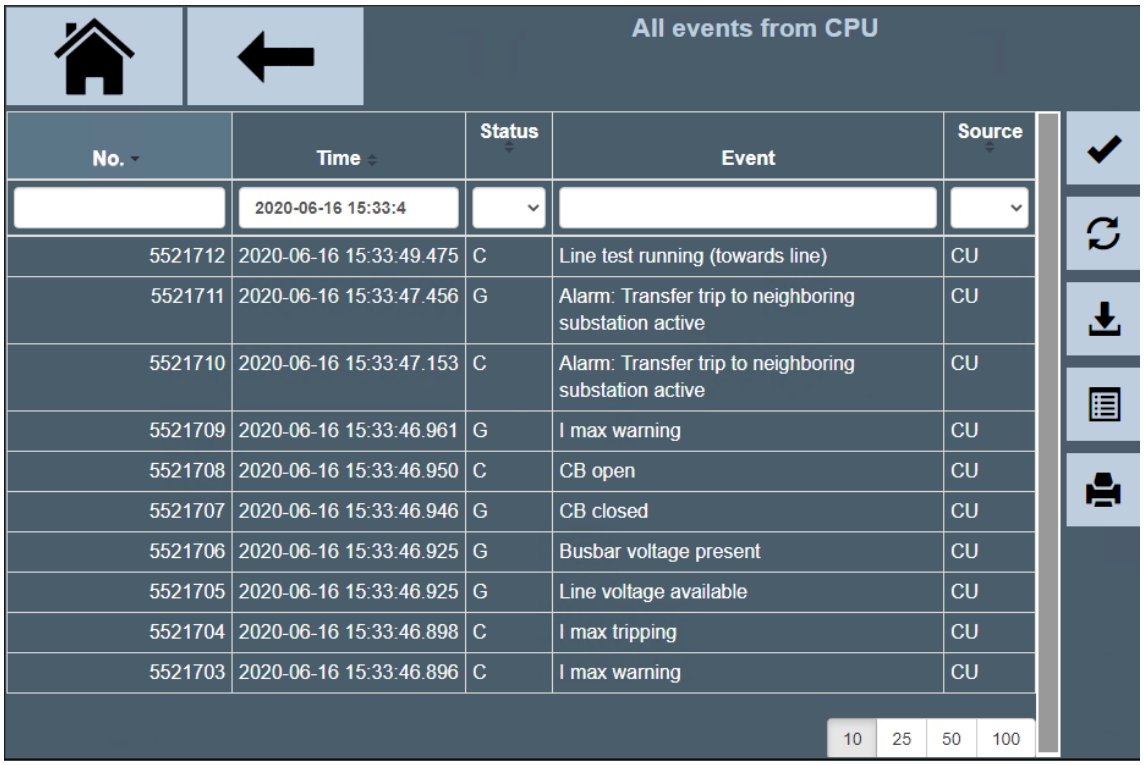

Figura 18 - Acesso remoto - Eventos

Conforme citado na descrição do telecomando de energia, via de regra não existe sincronismo horário geral que permita sequenciar os eventos registrados por mais de um relé, ainda que eles sejam instalados no mesmo local técnico. As instalações mais novas - Subestação Liberdade, Subestação Sapucaia e Cabine Luiz Pasteur - possuem servidor de horário via GPS para seus equipamentos locais, porém os demais locais técnicos não possuem tal equipamento. Após confirmar a viabilidade de conectar os relés dos alimentadores 3 kVcc em rede lógica para acesso remoto de manutenção, a equipe da Trensurb identificou que seria possível incluir também um servidor horário nesta rede. Todos os relés Sitras MDC que estão interligados para acesso remoto

também já estão configurados para sincronizar com um servidor SNTP em um determinado IP.

Para confirmar a funcionalidade da solução proposta para o sincronismo horário, foram executados testes com um notebook rodando um servidor SNTP com horário obtido a partir da internet. Os testes comprovaram que os relés efetivamente sincronizam relógios com o servidor, ao menos até uma precisão de poucas unidades de milissegundos. Esta solução não foi considera segura para ser definitiva, por expor os relés dos alimentadores à internet, então ela foi desativada logo após os testes. Nunca houve atuação dos relés enquanto os relógios estivessem sincronizados, para que se pudesse comparar horários de detecção de relés instalados em locais diferentes. O sincronismo horário também não integra o escopo do contrato do projeto intertripping e está sendo executado com recursos próprios da Trensurb.

SISTEMAS EM OPERAÇÃO - ACESSO REMOTO DE MANUTENÇÃO

O acesso remoto de manutenção está operacional na maioria dos locais técnicos, porém até este momento não foram desenvolvidos treinamentos e procedimentos para que a equipe de manutenção o utilize de maneira rotineira.

No início do período da pandemia da COVID-19, a Trensurb alterou diversas vezes a grade horária, para aumentar do número de viagens com TUEs acoplados e diminuir a aglomeração de usuários. TUEs acoplados são composições de 8 carros, o

dobro da configuração normal, que resulta em aproximadamente o dobro da corrente elétrica. Como consequência, a corrente nos alimentadores eventualmente superou a ajustada nos relés de algumas cabines e subestações, que atuaram fazendo parar a operação desnecessariamente. As equipes de manutenção e Engenharia trabalharam juntas e utilizaram o acesso remoto para avaliar as oscilografias e ajustar gradualmente a sensibilidade dos relés para as novas grades horárias. Sem o acesso remoto, uma resposta tão rápida não teria sido possível.

SISTEMAS EM OPERAÇÃO - INTERTRIPPING

O exemplo mais relevante de funcionamento do sistema Intertripping é o incidente do dia 30 de junho de 2019 na Subestação Sapucaia. Em torno de 18 h e 22 min ocorreu um arco elétrico no cubículo do alimentador V2N. Este arco resultou em atuação da proteção 64 - “Fuga de corrente à carcaça” e consequente abertura de todos os disjuntores do setor 3 kVcc desta subestação. Na data do incidente, a Subestação Sapucaia operava como cabine de seccionamento e paralelismo, com todo o setor de 69 kV e os grupos retificadores desligados. O arco interno ao cubículo V2N foi alimentado através das cabines adjacentes, Luiz Pasteur ao sul e São Leopoldo ao norte, onde também atuaram proteções e o sistema intertripping, fazendo abrir seus disjuntores e desligar a rede aérea de um trecho com aproximadamente 9,5 km de extensão.

O sistema intertripping impediu o religamento dos alimentadores nas cabines Luiz Pasteur e São Leopoldo, que teria energizado novamente o equipamento

danificado, causando novo arco elétrico e danos adicionais. Depois de ter aberto as seccionadoras de isolamento, desconectando a Subestação Sapucaia da rede aérea, foi possível reenergizar o trecho e seguir com a operação comercial. Na data deste incidente, foi necessário que a equipe de manutenção fosse até a Subestação e desativasse o intertripping manualmente para poder reenergizar o trecho.

Após este incidente, o projeto intertripping foi revisado e o envio de sinal de intertripping passou a ser interrompido automaticamente quando as seccionadoras de isolamento estiverem abertas, cenário em que o local técnico estará desconectado da rede aérea.

DESTAQUES E LIMITAÇÕES

O sistema intertripping foi especificado em um momento em que havia grande diversidade e baixa confiabilidade nos relés que a Trensurb utilizava. Neste cenário foi definido manter as chaves TPL nos painéis antigos para que se pudesse controlar o disjuntor e as seccionadoras mesmo em caso de falha do relé. Os relés novos têm se mostrado confiáveis desde que os primeiros entraram em operação assistida. As chaves TPL, por outro lado, são equipamentos eletromecânicos relativamente complexos e apresentam alto índice de falhas, que inclusive causaram transtornos na etapa de comissionamento. Se o projeto fosse especificado hoje, as equipes de Engenharia e de manutenção determinariam a eliminação das chaves TPL. Os comandos e status

exclusivamente através da IHM do relé são considerado suficientes e o painel resulta mais simples.

O sistema intertripping resulta em uma conexão lógica entre cabines e subestações com a qual as equipes de manutenção ainda não estão totalmente familiarizadas. Para qualquer serviço, por mais simples que seja, é necessário ter presente que pode haver interferência nas instalações adjacentes. Durante os testes do sistema, houve um evento em que as equipes de implantação e fiscalização geraram acidentalmente um falso sinal de proteção 64, que causou o desligamento dos alimentadores da própria subestação e das duas cabines adjacentes. Um trecho da rede aérea foi desenergizado, interrompendo a circulação dos trens. A equipe identificou o equívoco e reestabeleceu a tensão na rede aérea quase que imediatamente. Este evento exemplifica a necessidade de se adaptar os procedimentos de manutenção à existência do novo sistema intertripping.

O evento de 30 de junho de 2019, arco elétrico na subestação Sapucaia, guarda alguma semelhança com o evento de 09 de abril de 2016, que resultou na destruição total da mesma subestação. O correto funcionamento do sistema intertripping contribuiu para que o desfecho em 2019 fosse completamente diferente do de 2016, com danos limitados a uns poucos componentes.

CONCLUSÕES

Conforme proposto incialmente, este trabalho apresentou toda a evolução do projeto do sistema intertripping até o momento presente. Partindo do contexto que levou a Trensurb a considerar relevante implantar este sistema, em seguida o que motivou as definições principais do termo de referência, as características do contrato assinado, as soluções propostas pela contratada, oportunidades identificadas durante a sua execução e a situação da execução de cada parcela do projeto.

Os exemplos do sistema em operação evidenciam que, ainda que não tenha atingido 100% da sua execução, o projeto já avançou significativamente no sentido do seu objetivo principal: aumentar a segurança do sistema de energia de tração da Trensurb. O evento do dia 30 de junho de 2019 exemplifica isto.

Os próximos passos na modernização do sistema de energia de tração devem ser a renovação total do sistema de alimentação de auxiliares, que alimenta as cargas vitais da empresa a partir das subestações de tração e está degradado e sem padronização. Em seguida, a modernização das proteções do setor 69 / 138 kV e implantação de supervisórios locais e centralizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA DE TRENS URBANOS DE PORTO ALEGRE S.A. Edital de concorrência n° 196/2017. Processo administrativo 2015/2017. [Modernização dos dispositivos de proteção e de controle e implantação de um sistema de proteção integrado “intertripping”, para o sistema de energia de tração da Trensurb]. **Diário Oficial da União:** seção 3, Brasília, DF, ano 155, n. 68, p. 81, 10 abril 2018.