

Tutorial de Análise de Eventos

Parte 1: Definição dos Problemas

David Costello, Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

Sumário—Os relatórios de evento têm sido um recurso inestimável dos relés microprocessados desde a introdução inicial da tecnologia. Os dias de causa raiz desconhecida para interrupções de operação prolongadas ou resultados de testes inexplicáveis estão amplamente superados devido à esta ferramenta e à capacidade de utilização da mesma por engenheiros e técnicos. É necessário praticar para se tornar proficiente na análise de relatórios de evento. Esta sessão fornece exemplos de eventos do mundo real, tempo para avaliação dos mesmos, e soluções.

I. INTRODUÇÃO

Os relatórios de evento fornecidos nesta sessão são provenientes de aplicações do mundo real, tendo sido editados até um certo ponto apenas para que o proprietário envolvido não fosse revelado. Eles fornecem a oportunidade de aprender e melhorar nosso sistema de potência. Queremos agradecer aos engenheiros e técnicos que compartilham informações e respectivos conhecimentos para o benefício de nossa indústria.

Diversos exemplos de estudos de caso provenientes de uma grande variedade de aplicações de proteção e sistemas de potência são aqui fornecidos, incluindo exemplos de eventos na distribuição, transmissão, transformador, barramento, gerador e motor.

Em cada caso, fornecemos o seguinte:

- Uma breve introdução da aplicação e do problema.
- Os relatórios de evento necessários para resolver o problema.
- Referências para leitura futura e instrução adicional.

Os alunos precisam usar seu próprio computador pessoal com os seguintes softwares instalados: SEL Compass®, ACCELERATOR QuickSet® SEL-5030 Software e ACCELERATOR Analytic Assistant® SEL-5601 Software. Estes programas estão disponíveis para download sem custos em www.selinc.com.

Os alunos deverão responder às perguntas efetuadas neste documento. Estas questões são destinadas a orientar a análise, manter os esforços da classe focados na mesma direção e destacar os principais pontos da lição. Por favor, documente a solução para cada estudo de caso no formato de um documento Microsoft® Word com notas e capturas de tela dos softwares apropriados.

Por último, os instrutores estão disponíveis para responder às questões, compartilhar dicas e destacar as lições aprendidas. Divirta-se!

II. FALTA NO ALIMENTADOR DA DISTRIBUIÇÃO

Este evento ocorreu em um coletor de distribuição de uma usina eólica. Para fins práticos, as faltas no coletor comportam-se como faltas em um alimentador radial alimentado por um transformador Dy1. As turbinas eólicas não contribuem com qualquer corrente de falta significativa. A localização e a conexão dos transformadores de potencial (TPs) não eram conhecidas no momento da publicação.

Para-raios, um por fase, estão posicionados no topo da estrutura de suporte de aço. Cada para-raios é conectado por um jumper ao condutor de fase. Um pássaro provocou uma falta perto de um para-raios, fazendo com que seu jumper fundisse e entrasse em contato com outras fases.

Abra o relatório de evento denominado **2 – Distribution Feeder Fault 351S-6.cev** para analisar este caso. Consulte a Fig. 1 para ver uma captura deste evento na tela.

O relé envolvido era um SEL-351S-6. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

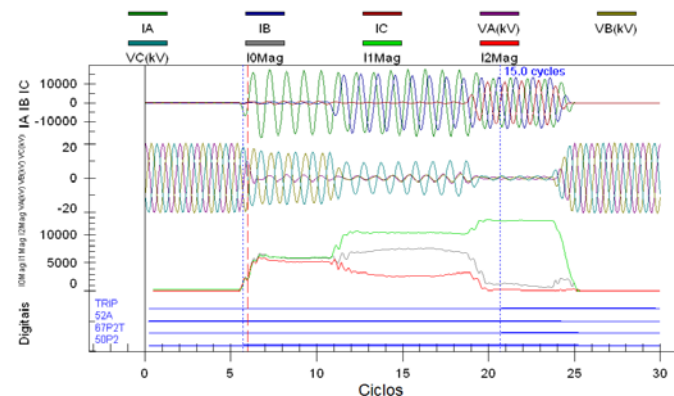


Fig. 1. Falta no Alimentador da Distribuição (2 – Distribution Feeder Fault 351S-6.cev)

Questões:

- II-a Antes da falta, em que direção a potência está fluindo?
- II-b Qual é a rotação de fases do sistema?
- II-c Que tipo de falta ocorreu?
- II-d Que elemento de proteção interno ao relé causou o trip?
- II-e Quanto tempo levou para o relé operar?
- II-f Quanto tempo o disjuntor levou para eliminar a falta?

II-g O relé e o sistema de proteção operaram corretamente e conforme esperado?

Outro relatório de evento de um sistema diferente é fornecido para comparação. Abra o relatório de evento denominado **2 – Distribution Feeder Fault 351A.cev** para analisar este caso. Consulte a Fig. 2 para ver uma captura na tela deste evento. O relé envolvido foi um SEL-351A. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

Observe na Fig. 1 que a corrente de defeito na fase é maior durante o período da falta fase-terra. Na Fig. 2, a corrente de defeito na fase é maior durante o período da falta trifásica.

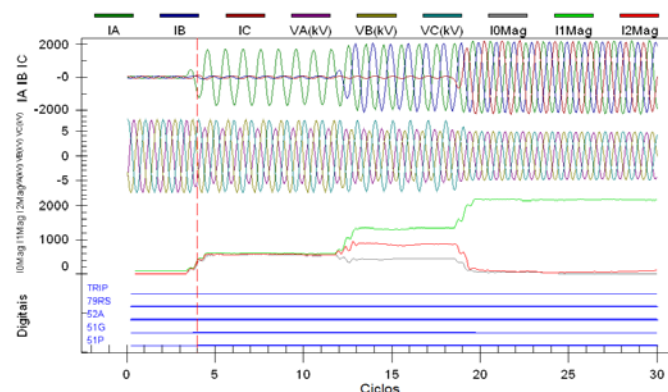


Fig. 2. Falta no Alimentador da Distribuição (2 – Distribution Feeder Fault 351A.cev)

Questão:

II-h Em um alimentador de distribuição radial, que tipo de falta você espera que produza a maior corrente de falta na fase? O tipo de transformador usado como fonte é importante? A localização da falta faz diferença? Você pode fornecer uma explicação para as magnitudes das correntes por tipo de falta nestes dois relatórios de evento?

Os cursos da Universidade SEL PROT 301: Protecting Power Systems for Technicians (Proteção de Sistemas de Potência para Técnicos) e PROT 401: Protecting Power Systems for Engineers (Proteção de Sistemas de Potência para Engenheiros) recapitulam os fundamentos necessários de componentes simétricas e análise de faltas. Registre-se para essas classes e outras em www.selinc.com.

III. TESTE DE REJEIÇÃO DE CARGAS POR SUBFREQUÊNCIA

Esses eventos foram registrados em testes de laboratórios. Um SEL-451-5 estava sendo aplicado para rejeição de cargas por subfrequência. Os testes de laboratório foram executados para comprovar que o esquema de proteção atuaria conforme esperado.

O esquema foi projetado para desligar grupos de alimentadores de 7 kV em vários pontos de ajuste de subfrequência. O primeiro grupo de alimentadores deve ser desligado em 58.7 Hz. Um grupo diferente de alimentadores deveria ser desligado em frequências diferentes. Portanto, os elementos de frequência foram programados diretamente em

contatos de saída individuais. Todos os elementos de frequência foram originalmente conectados por portas OR (OU) na lógica de trip apenas para fornecer uma indicação do diodo emissor de luz (LED) do trip local; a lógica de trip não foi usada por quaisquer contatos de saída.

Os alimentadores estavam do lado de baixa de um transformador 66 kV/7 kV. As entradas de tensão do relé eram alimentadas pelos TPs da barra de 66 kV.

Um equipamento de testes padrão aplicou tensões secundárias. A frequência de VA foi reduzida em etapas, ao invés de usar uma rampa. O reset do trip (TULO: “Trip unlatch”) foi definido para a Opção 3. Sem aplicação de nenhuma corrente e sem simulação do status do disjuntor durante o teste (ver página A.1.14 do Manual de Instrução do SEL-451-5), o trip vai resetar quando expirarem as condições de trip, ou após um tempo mínimo de 12 ciclos (TDUR3D).

Abra o relatório de evento denominado **3 – Frequency Load Shed Test One 451-5.cev** para analisar o primeiro teste. Consulte a Fig. 3 para ver uma tela com a captura deste evento. O relé envolvido foi um SEL-451-5. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

Três problemas foram observados pelos técnicos. Em primeiro lugar, o contato de saída usado pelo elemento de subfrequência 81D1T repicou continuamente após a frequência ter sido reduzida abaixo do ponto de ajuste, e não parou até que a frequência tivesse retornado ao normal. Segundo, o tempo de trip para o evento de subfrequência foi ligeiramente maior do que o esperado. Em terceiro lugar, a medição da frequência interrompeu o rastreamento em 58.0 Hz, apesar de o equipamento de teste ter sido reduzido abaixo deste nível.

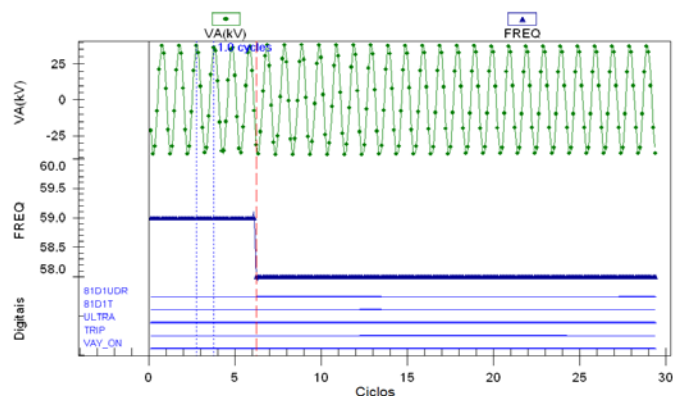


Fig. 3. Teste de Frequência 1 (3 – Frequency Load Shed Test One 451-5.cev)

Abra o relatório de evento denominado **3 – Frequency Load Shed Test Two 451-5.cev** para analisar o segundo teste. Consulte a Fig. 4 para ver uma tela com a captura deste evento. A lógica de trip foi alterada para o segundo teste, ajustando TR igual a NA. A única outra mudança efetuada para este teste foi a adição dos Relay Word bits FREQOK (rastreamento da frequência OK) e FREQFZ (rastreamento da frequência congelado) para os elementos digitais registrados com relatórios de evento.

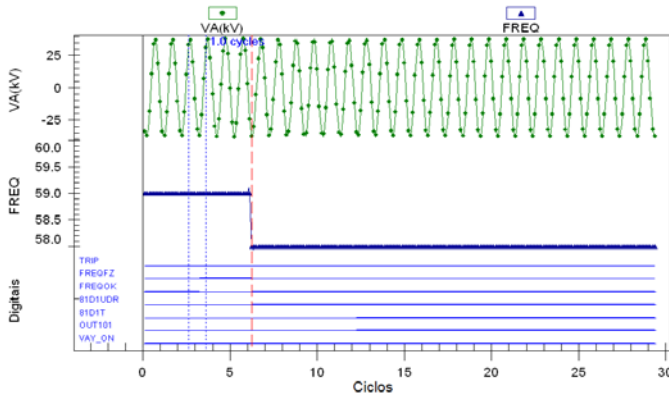


Fig. 4. Teste de Frequência 2 (3 – Frequency Load Shed Test Two 451-5.cev)

Questões:

- III-a Usando os dados do evento, você pode determinar se a magnitude da tensão aplicada está correta para esta aplicação?
- III-b Em que ponto nos dados do evento o equipamento de teste realmente mudou a frequência?
- III-c A variação em degrau na frequência é um método de teste apropriado para uma aplicação de rejeição de cargas por subfrequência?
- III-d O tempo de retardo do elemento de frequência é compatível com os ajustes esperados do esquema?
- III-e No primeiro teste, o elemento de frequência pode ser visto sendo ativado e então desativado. Qual elemento você suspeita que desligou o elemento de frequência?
- III-f Em um SEL-451-5, os elementos de frequência podem ser incluídos diretamente na equação de trip?

O artigo técnico “Frequency Tracking Fundamentals, Challenges, and Solutions” (“Fundamentos, Desafios e Soluções para o Rastreamento da Frequência”) está disponível em www.selinc.com, sendo recomendada sua leitura para obter mais informações sobre este assunto.

IV. OPERAÇÃO DO SOBRECORRENTE DIRECIONAL

Os Relés SEL-351A são usados como relés do disjuntor principal em um esquema “main-tie-main” (“principal-interligação-principal”) de uma planta industrial. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e está disponível em www.selinc.com.

Um diagrama unifilar é fornecido na Fig. 5. A planta industrial é uma carga radial. O SEL-351A fornece a função 67P. Neste relé, a direção à frente é entrando no barramento industrial; a direção reversa é entrando na concessionária. O fluxo de potência reversa, devido às combinações de status do disjuntor adicional (“odd breaker”), através de qualquer transformador não é desejado ou permitido.

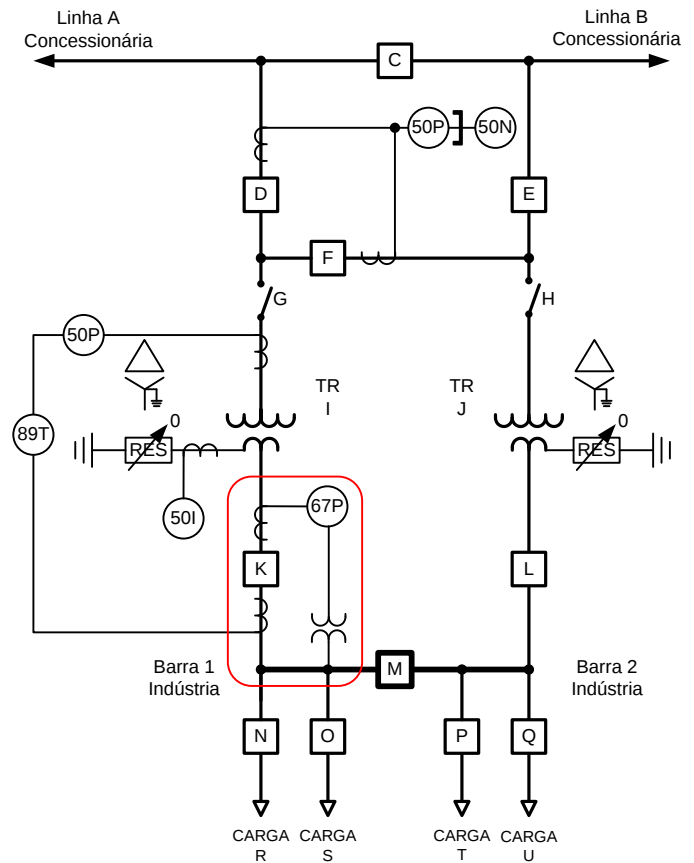


Fig. 5. Diagrama Unifilar para Operação do Elemento Direcional

A concessionária foi submetida a um defeito que ocorreu no para-raios de uma subestação de propriedade do consumidor, a vários terminais de distância desta planta. O relé 67P deu trip para este defeito.

Abra o relatório de evento denominado **4 – Main Breaker Directional Element 351A.cev** para analisar o evento. Consulte a Fig. 6 para ver uma tela com a captura deste evento.

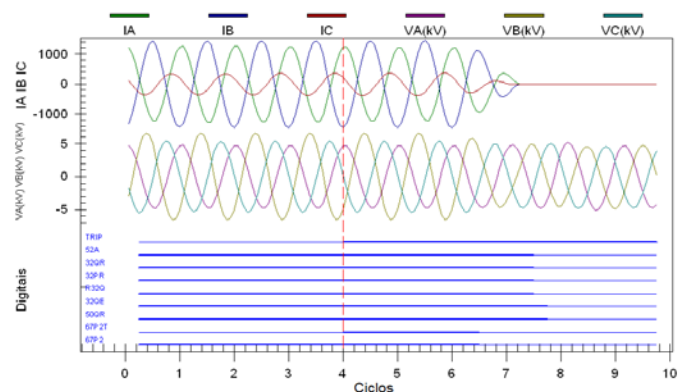


Fig. 6. Dados do Disjuntor Principal (4 – Main Breaker Directional Element 351A.cev)

Questões:

- IV-a Os fasores e a oscilografia do evento não indicam um tipo de falta óbvio. Você pode explicar o porquê?
- IV-b Qual elemento do relé deu trip?

IV-c A partir dos ajustes e de sua experiência, qual é a finalidade deste relé?

IV-d A resposta do trip deste relé é esperada ou é uma operação incorreta?

IV-e Qual é a causa raiz?

O artigo técnico “Use of Directional Elements at the Utility-Industrial Interface” (“Uso dos Elementos Direcionais na Interface Concessionária-Indústria”) está disponível em www.selinc.com, sendo recomendada sua leitura para obter mais informações sobre este assunto. O Guia de Aplicação SEL AG2009-17 “Enabling Sensitive Directional Tripping for Non-Line Protection Applications With SEL-351 Series Relays” (“Habilitando o Trip Direcional Sensível para Aplicações de Proteções Que Não Sejam de Linha com Relés da Série SEL-351”) fornece recomendações de ajustes e também está disponível em www.selinc.com.

V. OPERAÇÃO DO DIFERENCIAL DO TRANSFORMADOR

Um transformador de 115 kV/13.2 kV, 10.5 MVA, é protegido por um SEL-387A. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com. Houve uma falta no sistema, e o elemento diferencial do transformador deu trip. O transformador atende a cargas radiais.

A aplicação do transformador é configurada como mostrado na Fig. 7. O terminal de alta tensão está conectado em delta e identificado como Enrolamento 1 (Winding 1: W1). O terminal de baixa tensão está conectado em estrela e identificado como Enrolamento 2 (Winding 2: W2).

O transformador é padrão ANSI, onde a polaridade de H1 é conectada à não-polaridade de H2. A rotação de fases do sistema é ABC. A fase C é conectada em H1, a fase B é conectada em H2, e a fase A é conectada em H3.

Abra os relatórios de evento denominados 5 – **Transformer Differential Report 387A.cev** e 5 – **Transformer Filtered Report 387A.cev** para analisar este evento. Consulte a Fig. 8 e a Fig. 9.

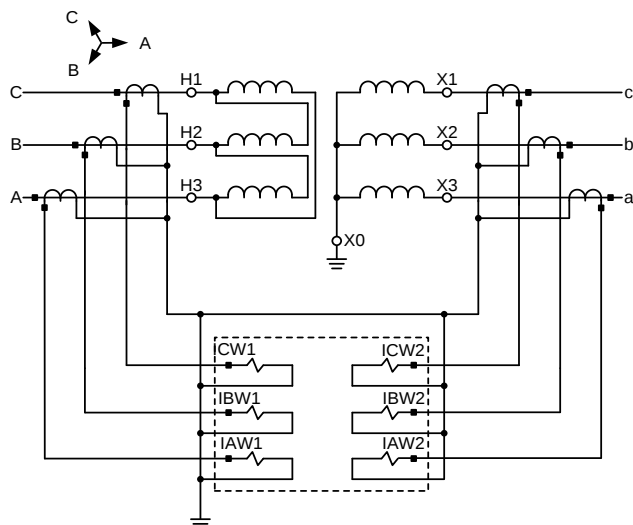


Fig. 7. Aplicação do Transformador

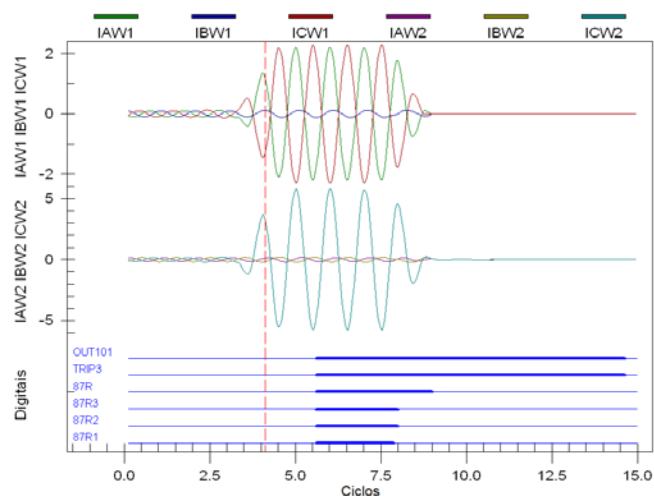


Fig. 8. Correntes de Fase (5 – Transformer Filtered Event 387A.cev)

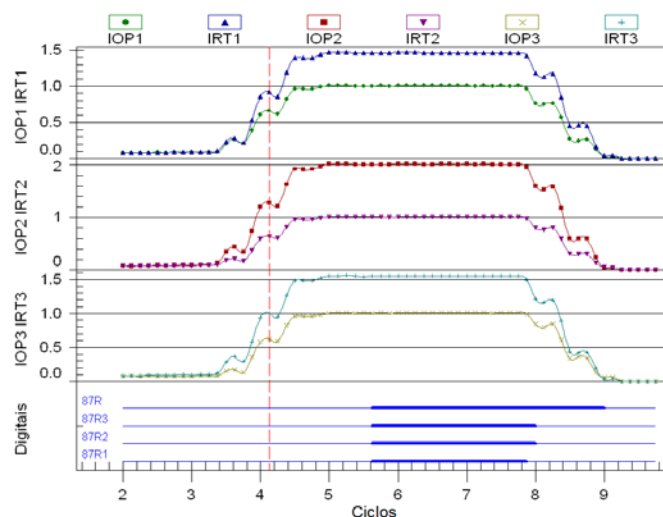


Fig. 9. Sinais do Diferencial (5 – Transformer Differential Report 387A.cev)

Questões:

- V-a Usando os fasores da pré-falta, você pode confirmar a rotação de fases do sistema?
- V-b Tendo as informações sobre o sistema e o diagrama mostrado na Fig. 7, você pode determinar a relação dos ângulos de fase esperada através do transformador?
- V-c Usando os fasores da pré-falta, o sistema real é compatível com sua relação esperada dos ângulos de fase da questão V-b?
- V-d Onde foi a falta (interna ao transformador ou externa à zona de proteção)?
- V-e A operação do diferencial do transformador foi correta ou incorreta de acordo com a localização da falta?
- V-f O relé está ajustado corretamente?
- V-g Usando os dados do relatório do diferencial, antes da falta havia alguma indicação de existir um problema?

O artigo técnico “Proper Testing of Protection Systems Ensures Against False Tripping and Unnecessary Outages” (“Testes Adequados dos Sistemas de Proteção Garantem Contra Falsos Trips e Interrupções Desnecessárias”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

VI. OPERAÇÃO DA PROTEÇÃO DE FALTA À TERRA RESTRITA

A proteção contra falta à terra restrita (REF: “Restricted Earth Fault”) de um SEL-387-6 foi habilitada em um transformador de 25 MVA para fornecer uma zona de proteção diferencial de corrente de terra sensível para o enrolamento em estrela aterrada e barramento do lado de baixa tensão. Ver Fig. 10.

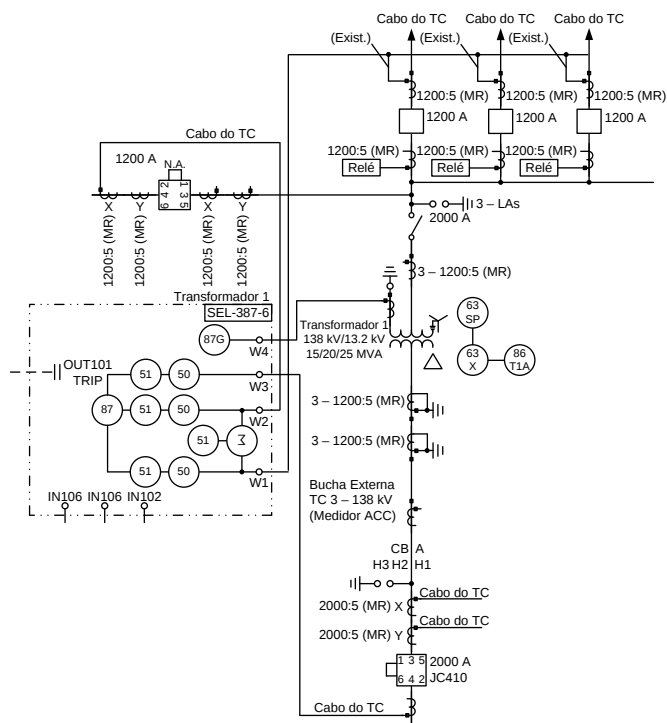


Fig. 10. Aplicação de REF

O Manual de Instrução do SEL-387-6 é fornecido como parte do material de classe e está disponível em www.selinc.com. Abra o relatório de evento denominado 6 – **Transformer REF 387-6.ccv** para analisar este evento. Consulte a Fig. 11. Os alimentadores do Enrolamento 1 são cargas radiais.

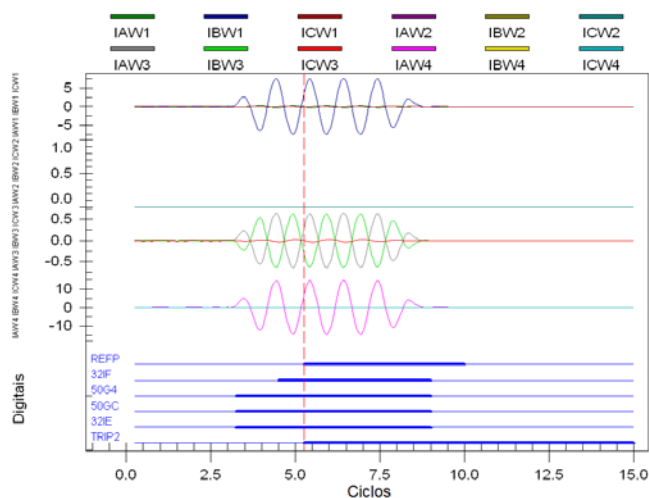


Fig. 11. Aplicação de REF (6 – Transformer REF 387-6.ccv)

Questões:

- VI-a Onde foi a falta (interna ao transformador ou externa à zona de proteção)?
- VI-b O disjuntor de interligação estava aberto ou fechado no instante do evento?
- VI-c Qual elemento operou para dar trip no transformador?
- VI-d A operação do relé do transformador foi correta ou incorreta de acordo com a localização da falta?
- VI-e Para uma falta à terra externa, que relação do ângulo de fase você espera entre as correntes do Enrolamento 1 e do Enrolamento 4?
- VI-f Por que a magnitude da corrente de terra no Enrolamento 1 é diferente daquela do Enrolamento 4?
- VI-g Há suspeita de um problema na fiação do transformador de corrente (TC). Você pode provar em qual enrolamento está o erro?

O artigo técnico “Analysis of an Autotransformer Restricted Earth Fault Application” (“Análise de uma Aplicação de Falta à Terra Restrita em Autotransformador”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

VII. TESTE DE COMISSONAMENTO DO DIFERENCIAL DO TRANSFORMADOR

Os engenheiros e técnicos estiveram no local para testemunhar a energização de uma nova subestação 138 kV/12.47 kV. Após introduzir alguma carga nos alimentadores de distribuição, eles observaram que a corrente diferencial medida pelo SEL-587 estava bastante elevada como uma porcentagem da restrição. A carga era muito pequena, e houve certo debate sobre se o transformador estava pronto para ser colocado em serviço.

Ver a Fig. 12. Dois MRCTs de 1200:5, ligados no tap 900:5, são instalados em paralelo e conectados às entradas do Enrolamento 1 do relé. Um único MRCT 1200:5, ligado no

tap 1200:5, é conectado às entradas do Enrolamento 2 do relé. O transformador é classificado como 12/16/20 MVA e 138 kV/12.47 kV. A partir da Fig. 12, a polaridade de H1 está conectada à não-polaridade de H2. A fase A está conectada em H1, a fase B está conectada em H2, e a fase C está conectada em H3. A rotação de fases do sistema é ABC.

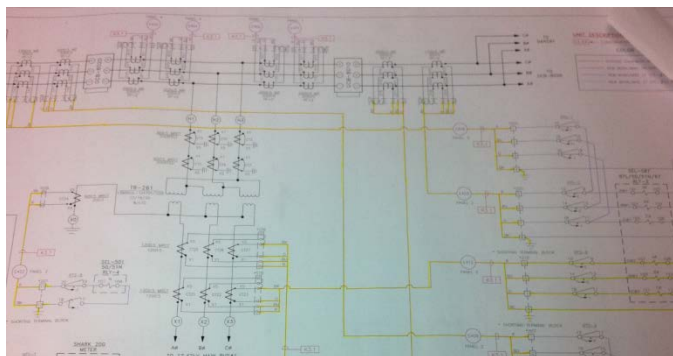


Fig. 12. Exemplo do Comissionamento

O Manual de Instrução do SEL-587 é fornecido como parte do material de classe e está também disponível em www.selinc.com. Abra o relatório de evento denominado 7 – Transformer Commissioning 587.cev e o arquivo de ajustes denominado 7 – Transformer Commissioning Settings 587.pdf para analisar este evento.

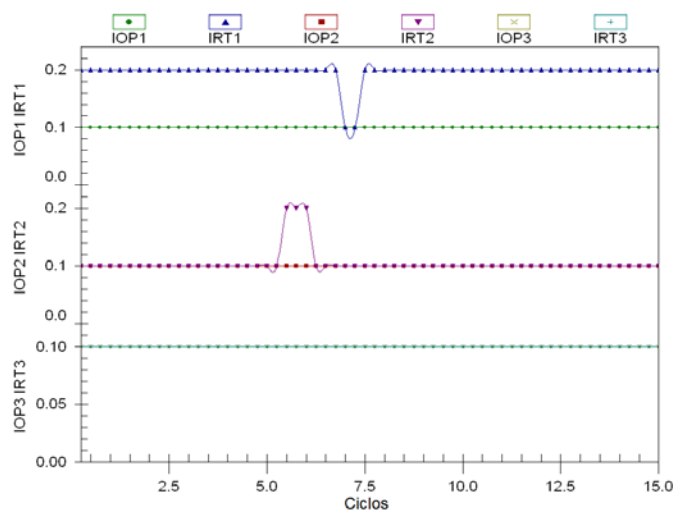


Fig. 13. IOP e IRT (7 – Transformer Commissioning Settings 587.pdf)

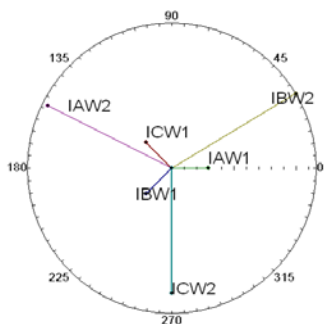


Fig. 14. Correntes do Enrolamento (7 – Transformer Commissioning Settings 587.pdf)

Questões:

- VII-a Baseando-se nos dados diferenciais e fasoriais, você colocaria o transformador em operação?
- VII-b As relações dos ângulos de fase são compatíveis com suas expectativas a partir dos ajustes?
- VII-c A potência de entrada do transformador é compatível com a potência de saída do transformador?
- VII-d Por que um engenheiro desativaria o ajuste MVA de um Relé SEL-587?
- VII-e Calcule os ajustes TAPx para esta aplicação. Os seus cálculos são compatíveis com os ajustes?
- VII-f Os ajustes TAPx calculados estão dentro da faixa do relé?
- VII-g Você pode propor uma solução?

O artigo técnico “Lessons Learned Through Commissioning and Analyzing Data From Transformer Differential Installations” (“Lições Aprendidas Através dos Dados de Análise e Comissionamento das Instalações do Diferencial do Transformador”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto

VIII. TESTE DE COMISSIONAMENTO DO DIFERENCIAL DE CORRENTE DA LINHA

Os técnicos estavam tentando executar um teste ponta-a-ponta, sincronizado por satélite, em um esquema de proteção da linha de transmissão enquanto a linha estava fora de serviço. Os relés e o esquema tinham sido instalados há algum tempo e haviam operado corretamente durante faltas anteriores no sistema.

Os relés diferenciais de corrente de linha SEL-311L foram usados para a proteção principal e de retaguarda de cada terminal. O Manual de Instrução do SEL-311L é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

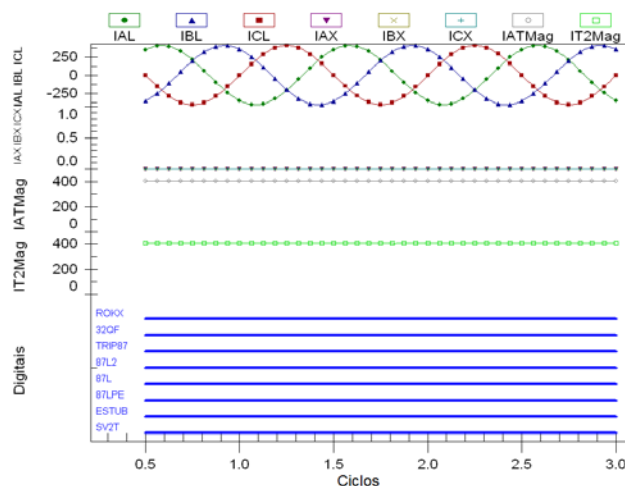


Fig. 15. Comissionamento do Diferencial de Corrente de Linha (8 – Transmission Line 87L Test 311L.cev)

Abra o relatório de evento denominado **8 – Transmission Line 87L Test 311L.cev** para analisar este evento. Este evento foi disparado manualmente enquanto correntes locais e remotas eram aplicadas simultaneamente aos relés usando equipamentos de teste sincronizados por satélite. Os dados do evento são do Terminal A de uma linha de dois terminais. Vamos nos referir à extremidade de linha remota como Terminal B.

Durante o teste, várias observações foram efetuadas:

- O Terminal A local mede as correntes locais (A) mas não mostra suas correntes remotas (Terminal B) nos dados do evento ou medição.
- O Terminal B remoto mede suas correntes locais (B), mas não mostra suas correntes remotas (Terminal A) nos dados do evento ou medição.
- Os testes no canal de fibra óptica foram com sucesso, e o monitoramento mostra o canal pronto para entrar em serviço (ROKX=1).
- Quando a fibra do relé primário do Terminal A local é conectada ao próprio (em *loopback*) ou ao relé de backup do Terminal A local, ele não mede as correntes remotas ou recebidas.
- Quando a fibra do relé primário do Terminal B remoto é conectada ao próprio (em *loopback*) ou ao relé de backup do Terminal B local, ele mede as correntes remotas ou recebidas.
- O relé local deu trip quando a corrente foi aplicada.

Questões:

- VIII-a As relações dos ângulos de fase são compatíveis com suas expectativas a partir dos ajustes?
- VIII-b Como você explica o trip quando somente correntes secundárias equilibradas de 1 A são aplicadas em cada terminal da linha?
- VIII-c Você acha que é provável que os relés tenham falhado? Justifique sua resposta.
- VIII-d Você pode explicar por que o monitor do canal está funcionando corretamente (ROKX = 1) mas nenhuma corrente remota está sendo medida?
- VIII-e Você pode explicar por que os relés remotos funcionam quando em modo *loopback* e os relés locais não funcionam no modo *loopback*?

IX. DEMORA NA ELIMINAÇÃO DA FALTA NA LINHA DE TRANSMISSÃO

Uma equipe estava instalando novas estruturas para um projeto de reconstrução e upgrade da linha de transmissão. Eles estavam trabalhando na faixa de servidão com direito de passagem existente de uma linha de transmissão energizada. O caminhão se aproximou da linha de transmissão o suficiente para causar um *flashover*.

Os relés da linha de transmissão SEL-311C são usados para proteção principal e de retaguarda em cada terminal. O Manual de Instrução do SEL-311C é fornecido como parte do

material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

As subestações são referidas como Terminal A e Terminal B. Existem seis relatórios de evento para este estudo de caso. Eles são denominados **9 – A Delayed Fault Clearing xyz Event 311C.cev** e **9 – B Delayed Fault Clearing xyz Event 311C.cev** (xyz representa o primeiro, segundo ou terceiro na ordem em que ocorreram).

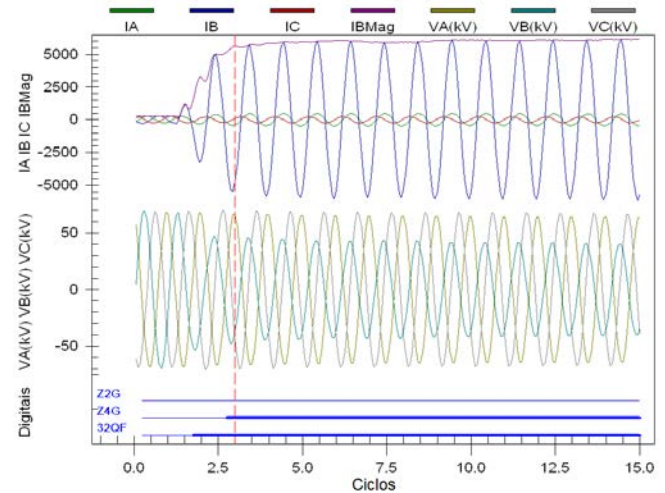


Fig. 16. Primeiro Evento, Terminal A (9 – A Delayed Fault Clearing 1st Event 311C.cev)

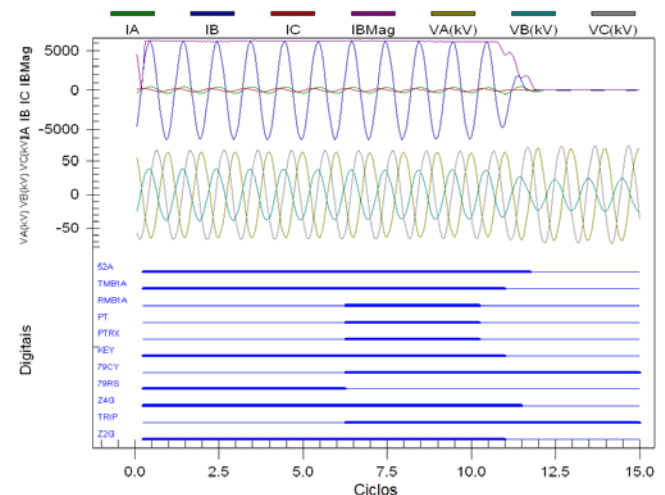


Fig. 17. Segundo Evento, Terminal A (9 – A Delayed Fault Clearing 2nd Event 311C.cev)

A Fig. 18 mostra um religamento automático. Foi determinado que ocorreu um erro humano, tendo sido colocada uma “hot-line tag” (Permissão de Trabalho em Linha Viva com Bloqueio do Religamento Automático) na linha errada e não na linha energizada em que a equipe estava trabalhando. Felizmente, ninguém ficou ferido neste evento.

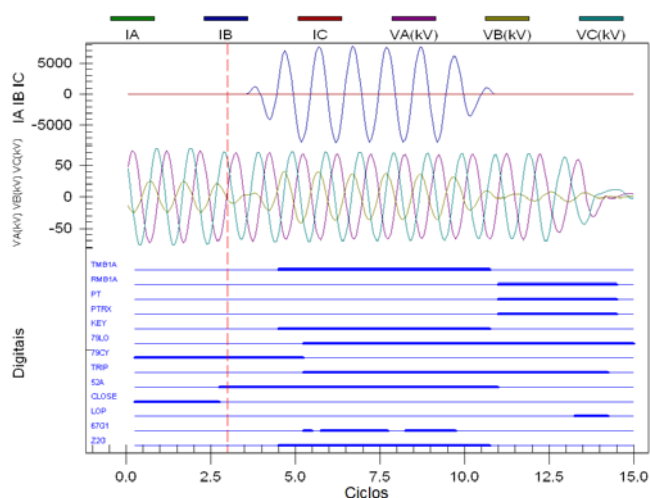


Fig. 18. Terceiro Evento, Terminal A (9 – A Delayed Fault Clearing 3rd Event 311C.cev)

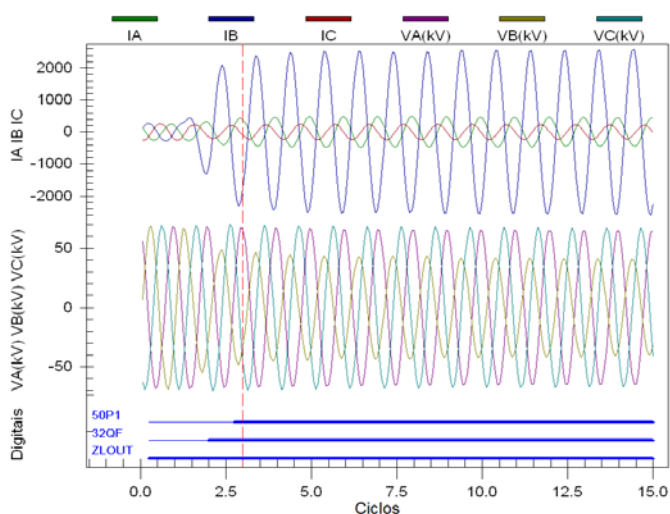


Fig. 19. Primeiro Evento, Terminal B (9 – B Delayed Fault Clearing 1st Event 311C.cev)

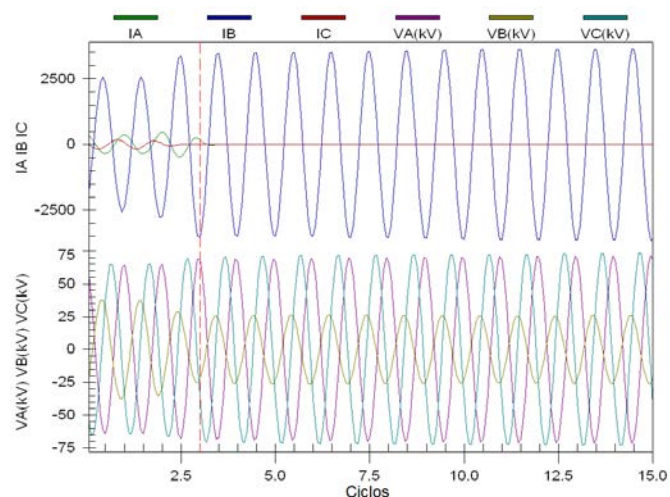


Fig. 20. Segundo Evento, Terminal B (9 – B Delayed Fault Clearing 2nd Event 311C.cev)

Z4G atua e inicia a temporização. Observe que a corrente de carga desaparece (a extremidade remota abriu).

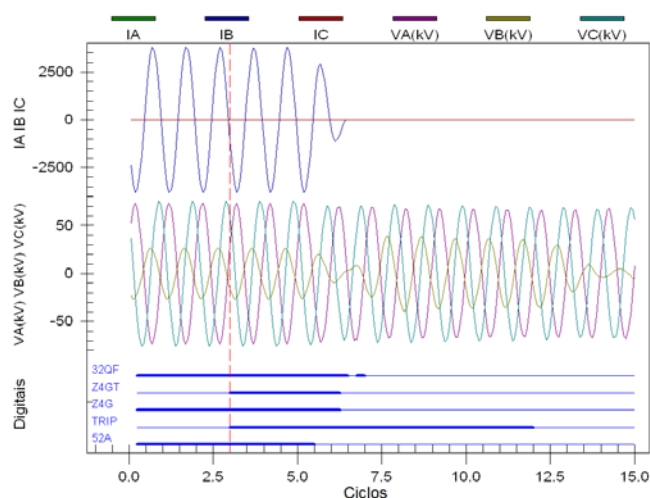


Fig. 21. Terceiro Evento, Terminal B (9 – B Delayed Fault Clearing 3rd Event 311C.cev)

Questões:

- IX-a No primeiro relatório de evento do Terminal A, como pode uma falta localizada a 0.62 milha em uma linha de 2.96 milhas de comprimento estar na Zona 4 e não na Zona 1?
- IX-b Usando o primeiro e o segundo relatórios de evento do Terminal A, quanto tempo levou para o Terminal A dar trip?
- IX-c O Terminal A dá trip através do seu esquema lógico de transferência de trip com sobrealcance permissivo (POTT). Você pode explicar por que o sinal de permissão para trip PT recebido tem precisamente 4.0 ciclos de duração?
- IX-d O que disparou o terceiro relatório de evento do Terminal A?
- IX-e O que disparou o primeiro relatório de evento do Terminal B?
- IX-f O que disparou o segundo relatório de evento do Terminal B?
- IX-g Por que as correntes IA e IC vão para zero no segundo relatório de evento do Terminal B?
- IX-h Quanto tempo leva para o Terminal B eliminar a falta?
- IX-i Quais alterações nos ajustes do relé você pode sugerir para melhorar drasticamente a sensibilidade do trip para faltas com alta resistência, agilizando, dessa forma, o trip?

O artigo técnico “Very High-Resistance Fault on a 525 kV Transmission Line – Case Study” (“Falta com Resistência Muito Elevada em uma Linha de Transmissão de 525 kV – Estudo de Caso”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

X. LOCALIZAÇÃO DE FALTAS COM TERMINAIS DUPLOS

Ocorreu uma falta em uma linha de 161 kV com 82 milhas de comprimento. O terminal esquerdo (R) forneceu uma estimativa da localização da falta de 13.95 milhas (a partir da esquerda). O terminal direito (S) forneceu uma estimativa da localização da falta de 56.5 milhas (a partir da direita).

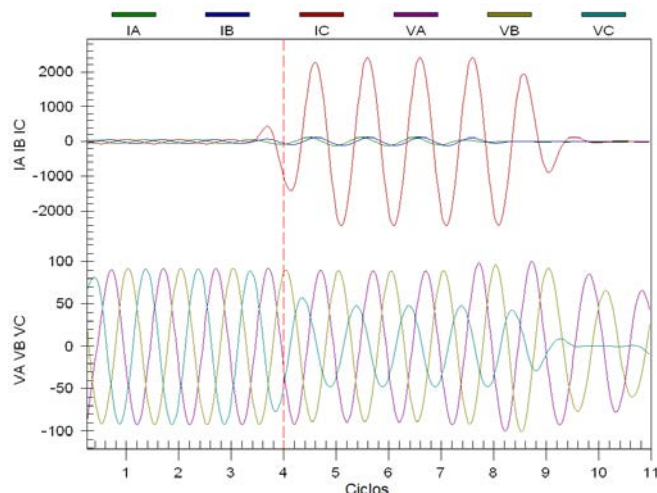


Fig. 22. Falta Fase-Terra (10 – Double End Fault Location R 121G.eve)

Os engenheiros sabem que estas estimativas estão incorretas porque elas não fornecem uma localização comum na linha, não somam 82 milhas e não correspondem à localização real da falta, conforme determinado pela inspeção visual e pelos danos.

A localização real da falta foi a cerca de 17.5 milhas a partir do Terminal R.

Os relés da linha de transmissão SEL-121G-3 e SEL-221G-3 são usados em cada terminal. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

As subestações são referidas como Terminal R e Terminal S. Há dois relatórios de evento para este estudo de caso. Eles são denominados **10 – Double End Fault Location R 121G.eve** e **10 – Double End Fault Location S 121G.eve**.

Uma planilha do Mathcad® 2000 também é fornecida (**10 – Two-ended_Neg-Seq_FLoc_- dac.mcd**) para aqueles que quiserem usá-la.

Questão:

X-a Usando os dados do evento de cada terminal, utilize o método de localização de falta com dois terminais baseado na sequência-negativa para determinar uma estimativa mais precisa da localização do defeito.

O artigo técnico “Impedance-Based Fault Location Experience” (“Experiência na Localização de Faltas Baseada na Impedância”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

XI. OPERAÇÃO DO DIFERENCIAL DE BARRAS

Um engenheiro utilizou dois relés diferenciais de barra de alta impedância na mesma barra e conectou os elementos diferenciais em série. Isto foi feito para fornecer proteção de backup contra a falha de um único relé. A proteção de barras de alta impedância é assumida como tendo dois modos de falha. Um modo de falha é um relé desativado (falha do processador, fonte de alimentação, e assim por diante), mas com sua alta impedância ainda no circuito do TC. O outro modo de falha é um varistor de óxido metálico (MOV: “Metal Oxide Varistor”) curto-circuitado, removendo a entrada de alta impedância do relé.

Para faltas internas, a conexão em série limita a sensibilidade mínima do esquema. No entanto, para sistemas solidamente aterrados, a sensibilidade da corrente para faltas na barra raramente representa um problema.

O ajuste de tensão do elemento diferencial foi calculado usando o TC padrão mais a fórmula de resistência da fiação e um fator de segurança igual a dois. Conectando-se os dois elementos de tensão em série, um segundo fator de segurança igual a dois é efetivamente aplicado porque cada relé verá apenas metade da tensão no ponto de junção para uma falta externa.

Para faltas internas, os TCs verão um burden de 4000 ohms ao invés de 2000 ohms. Os TCs são de 1200:5, C800. Os elementos 87 são ajustados para atuar com 146 V.

Os Relés SEL-587Z foram usados nesta aplicação. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

Relatórios de evento brutos e filtrados de um dos Relés SEL-587Z conectados em série são fornecidos para este estudo de caso. Os dados do outro relé são idênticos. Os eventos são denominados **11 – High Impedance Bus Trip 587Z Filtered.cev** e **11 – High Impedance Bus Trip 587Z Raw.cev**.

Os contatos do relé de bloqueio foram ligados em paralelo com as entradas de alta impedância dos relés de forma que as entradas sejam curto-circuitadas imediatamente após um trip. As entradas de sobrecorrente foram conectadas em série com as entradas de tensão para medir a corrente através do circuito de alta impedância.

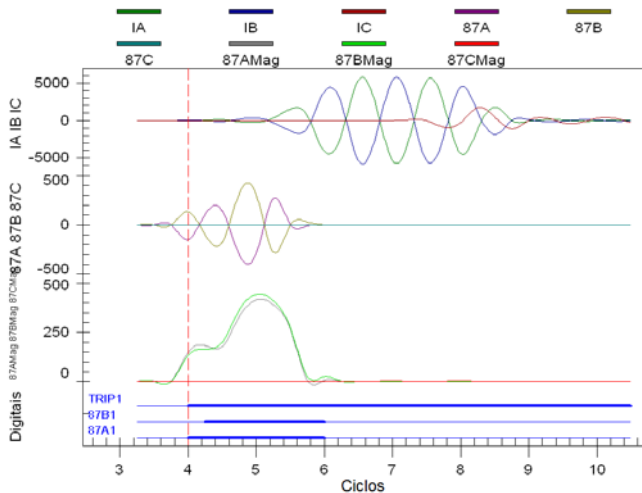


Fig. 23. Operação do Diferencial de Barras Filtrado (11 – High Impedance Bus Trip 587Z Filtered.cev)

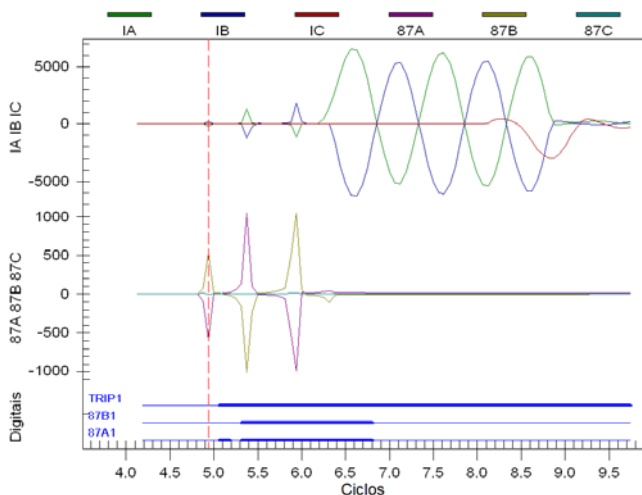


Fig. 24. Operação do Diferencial de Barras Bruto (11 – High Impedance Bus Trip 587Z Raw.cev)

Questões:

- XI-a Esta falta foi interna ou externa?
- XI-b Qual elemento causou o trip?
- XI-c Nos dados de oscilografia, por que o sinal de corrente aparentemente está atrasado ou segue a tensão?
- XI-d Você pode explicar a diferença nas formas de onda dos dados do evento brutos (picos afiados contra senoides suaves)?

O artigo técnico “Application Guidelines for Microprocessor-Based High-Impedance Bus Differential Relays” (“Diretrizes para Aplicação dos Relés Diferenciais de Barra de Alta Impedância Microprocessados”) está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

XII. TRIP DO MOTOR

Este evento refere-se a um motor de indução que protege uma bomba de circulação de água de uma caldeira em uma

usina. O motor estava operando no instante deste evento. Ver a Fig. 25.

O relé de proteção de motores SEL-710 protege o motor. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

Há um relatório de evento para este estudo de caso. O evento é denominado **12 – Motor Trip 710.cev**.

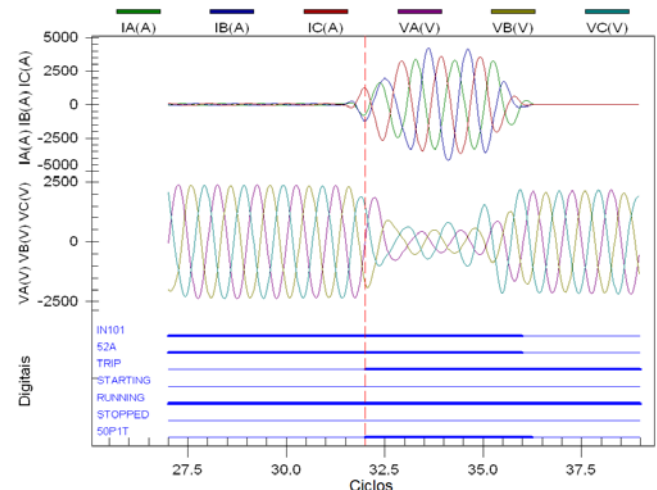


Fig. 25. Trip do Motor (12 – Motor Trip 710.cev)

Questões:

- XII-a O que aconteceu com o motor?
- XII-b Você pode provar que o evento não foi causado por uma carga travada (“load jam”) ou rotor travado (“jammed rotor”)?
- XII-c Você pode provar que o motor não entrou em “stall” devido à tensão baixa?
- XII-d Qual elemento causou o trip?
- XII-e Esta aplicação usa um contator fusível (“fused contactor”) ou um disjuntor?
- XII-f O elemento de trip operou corretamente?

O livro *AC Motor Protection (Proteção de Motores CA)* de Stanley E. Zocholl está disponível em www.selinc.com, sendo sua leitura recomendada para obter mais informações sobre este assunto.

XIII. FECHAMENTO DO GERADOR

Uma unidade de vapor de 112 MVA foi fechada e gerou o evento mostrado na Fig. 26. Os operadores se esforçaram para determinar se a unidade desligou devido a uma falta ou algum outro problema.

O relé de gerador SEL-300G era usado para proteger a unidade. O Manual de Instrução é fornecido como parte do material de classe e também está disponível em www.selinc.com.

Há um relatório de evento para este estudo de caso. Ele é denominado **13 – Generator Close 300G.cev**.

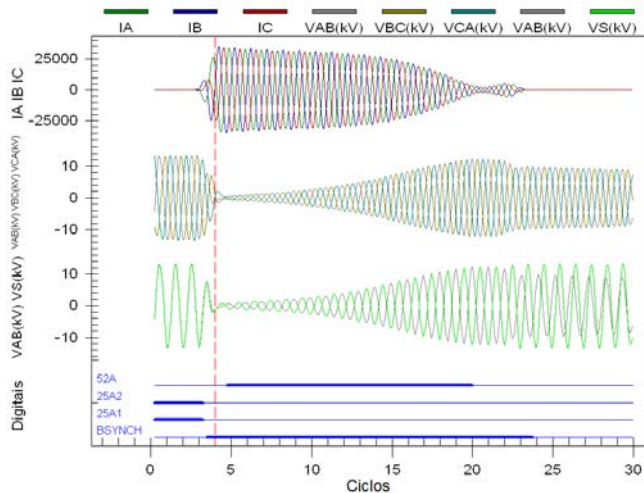


Fig. 26. Fechamento do Gerador (13 – Generator Close 300G.cev)

Questões:

- XIII-a Qual foi a máxima magnitude de corrente?
- XIII-b Que elemento disparou este relatório de evento?
- XIII-c Quais condições poderiam produzir esta corrente elevada nos terminais deste gerador?
- XIII-d Se isto foi uma falta, qual seria a magnitude da corrente vista a partir do gerador?
- XIII-e O gerador estava em sincronismo com o sistema antes do fechamento do disjuntor?
- XIII-f Qual é a causa raiz do problema?
- XIII-g Por que a função de perda de sincronismo (“out-of-step”) (78) do relé não operou para este evento?

XIV. BIOGRAFIA

David Costello graduou-se na Texas A&M University em 1991 com um BSEE. Ele trabalhou como engenheiro de proteção de sistemas na Central Power and Light e Central and Southwest Services no Texas e Oklahoma e colaborou na “System Protection Task Force” para ERCOT. Em 1996, David ingressou na Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., onde exerceu a função de engenheiro de aplicação de campo e gerente de serviços regionais. Atualmente, ele detém o título de engenheiro de aplicação sênior e trabalha na Fair Oaks Ranch, Texas. Ele é membro sênior do IEEE e do comitê de planejamento da “Conference for Protective Relay Engineers” na Texas A&M University. David recebeu o prêmio 2008 Walter A. Elmore Best Paper Award do Georgia Institute of Technology Protective Relaying Conference e foi autor contribuinte do livro de referência *Modern Solutions for the Protection, Control, and Monitoring of Electric Power Systems*.