



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GPC/15

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO – V**

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA -  
GPC**

**TESTE DE UM ALGORITMO DE RELIGAMENTO ADAPTATIVO RÁPIDO PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO  
UTILIZANDO RELÉ DE PROTEÇÃO**

**Ozenir Farah da Rocha Dias(\*)  
UNICAMP**

**Maria Cristina Dias Tavares  
UNICAMP**

**Fabiano Gustavo Silveira Magrin  
UNICAMP/UTFPR**

**RESUMO**

Este trabalho apresenta a aplicação de um novo método de religamento monopolar e tripolar automático adaptativo rápido em linhas de transmissão utilizando um relé de proteção comercial. O método garante a aplicação do religamento automático logo após a extinção de uma falta transitória, bloqueia a manobra automática e, posteriormente, executa a abertura trifásica para faltas permanentes.

O artigo descreve a implementação do método proposto em um relé comercial, desde o condicionamento dos sinais necessários para o funcionamento do algoritmo como os testes da aplicação do religamento. Para representar as faltas transitórias e permanentes, foram utilizados oscilogramas de casos reais.

**PALAVRAS-CHAVE**

Falta, Hardware comercial, Linha de transmissão, Religamento adaptativo, Tempo real

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A maioria das faltas no sistema elétrico ocorrem nas linhas de transmissão, sendo a falta de natureza transitória a mais frequente. Neste universo as faltas monofásicas são predominantes, atingindo mais de 90 % do total de faltas em linhas de tensões muito elevadas, especificamente acima de 500 kV. Quando ocorre uma falta, o sistema de proteção deve intervir e eliminar rapidamente o defeito com intuito de manter a estabilidade do sistema e restabelecer o fornecimento de energia. Este processo é feito através da abertura e religamento automático do disjuntor que protege a linha de transmissão. O método de manobra utilizado pode ser monopolar ou tripolar.

A utilização de um ou outro método depende de vários aspectos, como o desempenho dinâmico do sistema, características dos equipamentos de proteção, dos disjuntores e o tipo de falta ocorrida. Em métodos tradicionais que utilizam a técnica de abertura/religamento automático, monopolar ou tripolar, é fixado um tempo, conhecido como tempo morto, para a aplicação da manobra de religamento. Após a ocorrência da falta, o relé de proteção atua gerando a ordem para a abertura do disjuntor da linha de transmissão e, com o término do tempo morto estabelecido, é executado o religamento. A manobra atual pode apresentar dois problemas. Primeiro, em alguns casos este tempo pode ser bastante superior ao instante de extinção do defeito, resultando em um tempo excessivo para religar a fase ou as fases, o que prejudica a estabilidade do sistema elétrico. Segundo, este tempo morto pode ser pequeno para a extinção do defeito transitório, provocando o fechamento sob falta e, conseqüentemente, provocando distúrbios adicionais ao sistema elétrico. No caso de faltas permanentes, a linha é religada sob falta e ocorre nova abertura da linha. Portanto, o sucesso da manobra de religamento automático depende, essencialmente, da identificação do tipo de falta e da extinção do defeito.

Em contrapartida, existem os chamados religamentos automáticos adaptativos (1-9). O objetivo destes métodos é detectar, logo após a abertura da fase ou fases, se a falta é permanente ou transitória. Caso seja determinado que a

(\*) Cidade Universitária Zeferino Vaz - Av. Albert Einstein, 400 - Distrito de Barão Geraldo, Laboratório PE-21 – CEP 13083-852 Campinas, SP – Brasil. Tel: +55 19 3521-0258 – e-mail: ozenirfd@dsce.fee.unicamp.br

falta é permanente o religamento é bloqueado e, no caso da abertura monopolar, a abertura das outras fases também deve ser executada. Caso seja determinado que a falta é transitória, o algoritmo deve determinar o momento da extinção do defeito e, só depois, executar o religamento. O religamento adaptativo oferece vantagens em relação à técnica tradicional, pois aumenta as chances de um religamento com sucesso, contribuindo para a estabilidade e a confiabilidade do sistema elétrico.

Neste trabalho serão apresentados os resultados da aplicação de um novo método de religamento automático implementado em um relé comercial convencional, ou seja, foi possível reduzir ou aumentar o tempo compreendido entre a abertura e o religamento do disjuntor, bem como bloquear o religamento automático em caso de faltas permanentes. Desta forma, o religamento automático pode ser executado de forma rápida e confiável para casos de faltas transitórias e pode ser bloqueado para faltas permanentes.

Como o algoritmo desenvolvido se utiliza da medição de grandezas harmônicas que não estão disponíveis no relé de proteção da linha, o artigo visa, primeiramente, apresentar a solução encontrada para possibilitar o teste do novo algoritmo de religamento adaptativo em um relé comercial, contornando a falta de dados disponibilizados pelo relé. Com isto, será apresentado o processo de condicionamento dos sinais de proteção e de controle utilizado na solução. A segunda parte do artigo visa mostrar a comprovação do correto funcionamento do algoritmo desenvolvido e implementado no relé comercial. São utilizadas oscilografias de casos reais para os dois tipos de falta, transitória e permanente. Os arquivos COMTRADE dos casos reais foram inseridos no RTDS e foram realizados testes com um relé comercial alterado com a metodologia proposta.

## 2.0 - EXPOSIÇÃO DO PROBLEMA

Após o desenvolvimento e testes com sucesso de um algoritmo de religamento adaptativo para linhas de transmissão no simulador em tempo real RTDS (10), a etapa seguinte seria a tradução e implementação do algoritmo em um relé de proteção comercial com capacidade para o desenvolvimento de lógicas avançadas.

Nesta etapa surgiu um problema. O hardware do relé de proteção comercial utilizado não disponibilizava a gama de variáveis necessárias para a implementação desejada, sendo esta uma restrição comum a todos os relés. Os relés de proteção fazem toda a filtragem, amostragem e processamento dos sinais dos equipamentos de medidas e disponibilizam muitas das informações para o usuário, mas em geral, somente os fasores e seus derivados como potência e energia. Como as funções de proteção trabalham majoritariamente com a frequência fundamental, somente esta é disponibilizada, como apresentado na Figura 1. Uma forma de ter acesso a mais informações do relé é através dos algoritmos dos fabricantes desenvolvidos em software (11). Os canais de 1 a 3 na Figura 1 se referem as entradas analógicas, podendo ser, por exemplo, o canal trifásico de tensão.

No caso do algoritmo desenvolvido, é necessário o uso da componente fundamental e também da terceira e quinta harmônicas da tensão. Como estas não estão disponíveis, foi proposto utilizar diretamente as amostras e fazer todo o trabalho de processamento de sinais dentro do hardware, mas estes sinais também não estão disponíveis. Os fabricantes coletam as amostras e as disponibilizam para o usuário apenas através de oscilogramas. Isto significa que os sinais foram coletados, mas não se julgou ser necessário ou adequado disponibilizar esta informação ao usuário. No entanto, estas variáveis eram necessárias para o algoritmo em desenvolvimento.

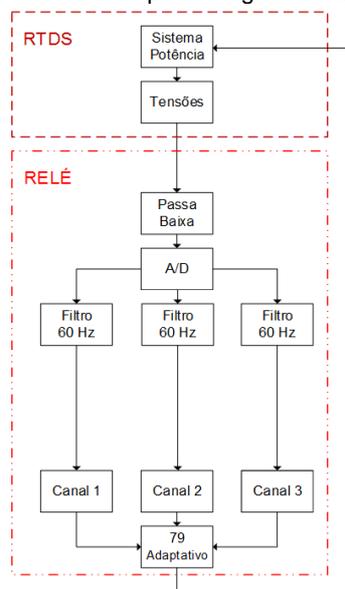


FIGURA 1 - Diagrama de bloco do esquema convencional

## 3.0 - SOLUÇÃO PROPOSTA

O relé SEL-421 (12) possui uma grande capacidade de lógica e cálculo, mas, como dito, não disponibiliza as informações necessárias. No entanto, o equipamento pode ser ligado ao RTDS e o relé ainda permite trabalhar com

os canais de tensão de forma independente. O usuário pode interpretar as informações disponibilizadas nos canais independentemente de serem ou não tensões trifásicas, ou seja, os três canais podem receber tensões da mesma fase. Portanto, decidiu-se trabalhar o sinal original dentro do simulador e retirar as harmônicas da mesma forma que é realizado no relé de proteção. Com todas as harmônicas disponíveis e separadas, utilizaram-se geradores de sinal senoidal de tensão na frequência fundamental, mas moduladas com os sinais de terceira e quinta harmônicas. Como os sinais foram transcritos para a frequência fundamental, grandeza que o relé consegue medir e disponibilizar para o usuário, os sinais puderam ser aplicados ao relé.

#### 4.0 - DESENVOLVIMENTO

Os filtros e o processamento de sinais foram implementados no RTDS conforme apresentado em (13), para emular um relé. A Figura 2 mostra todas as etapas do filtro para separação do sinal proveniente dos TPs nas harmônicas desejadas. O primeiro filtro é um filtro Butterworth de segunda ordem que visa modelar o filtro analógico do relé. Este filtro elimina as altas frequências, evitando a superposição de frequências no filtro digital. Após esta etapa, Figura 2, o sinal é amostrado a 1920 Hz e escalonado por um conversor A/D de 16 bits.

A terceira etapa é um filtro digital cosseno, que separa cada uma das frequências. Como o filtro cosseno só fornece a parte real do fasor, as amostras são colocadas em um buffer e a amostra atual pode ser combinada com a amostra em quadratura para a retirada do fasor. A quarta etapa condiciona o sinal para compensar perdas nos filtros e converter o sinal de saída para valores eficazes. Ao final são obtidos os valores de magnitude para cada frequência desejada, VA1, VA3 e VA5.

Em posse dos valores separados por frequência, utilizaram-se três geradores de sinal, todos sintonizados na frequência fundamental, mas cada um recebendo um dos sinais, da fundamental a quinta harmônica, conforme (13). Estes sinais foram externalizados do simulador e conectados ao relé de proteção conforme apresentado na Figura 3.

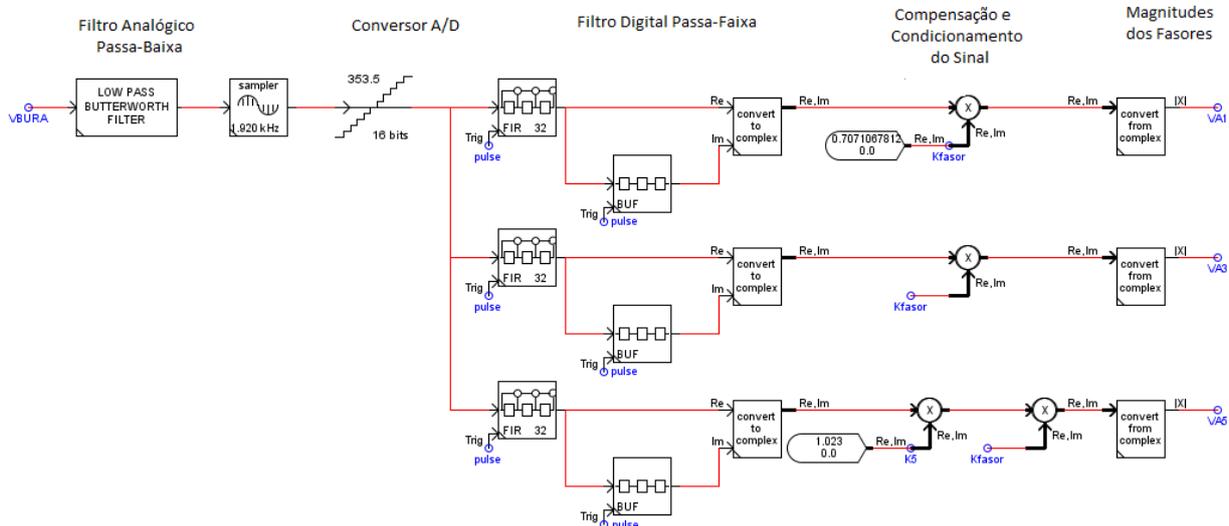


FIGURA 2 - Filtros para extração das grandezas harmônicas

Observa-se ainda na Figura 3 que os canais IW e VY são, respectivamente, as correntes e tensões provenientes dos TCs e TPs da linha e são utilizados para as funções de proteção de linha. Esta ligação é necessária, pois o mesmo relé executa todas as funções de proteção da linha e também recebe a lógica de religamento adaptativo, que nos testes, substitui a função de religamento automático tradicional, 79.

Já o canal VZ recebe nos seus canais, A, B e C, respectivamente, os sinais de tensão fundamental, terceira e quinta harmônicas da fase monitorada, ou seja, em falta. Portanto, estes canais recebem os sinais modulados descritos anteriormente.

Pode ser questionado por que a componente fundamental não pode ser retirada diretamente dos sinais utilizados para proteção. Na verdade, o sinal pode ser e foi retirado, mas devido a modulação feita no simulador, as componentes de terceira e quinta são atrasadas de cerca de 1 ciclo, e, para que não surgisse um defasamento entre o sinal da componente fundamental e os sinais das harmônicas, utilizou-se a componente fundamental modulada e, conseqüentemente, também atrasada.

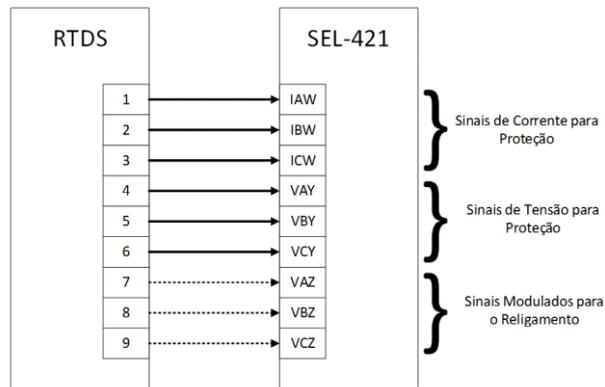


FIGURA 3 - Diagrama de bloco da conexão do RTDS com o relé SEL-421

Na Figura 4 é apresentado o diagrama de bloco da proposta de modulação utilizando o RTDS e o Relé comercial.

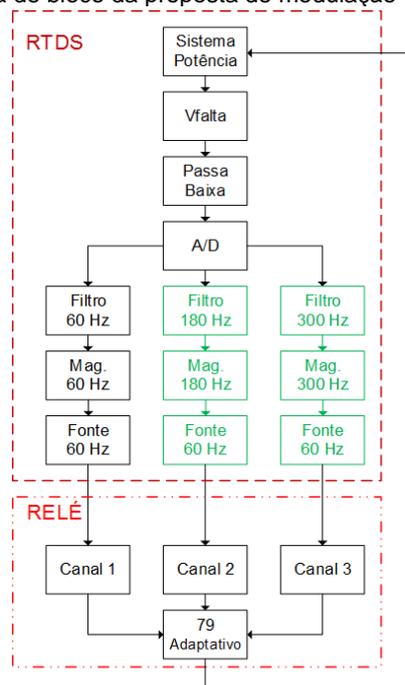


FIGURA 4. Diagrama de bloco do esquema proposto com a modulação descrita.

## 5.0 - TESTES DO RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

Para testar o esquema de religamento automático utilizando um relé comercial foram coletadas oscilografias de casos reais em linhas de transmissão de energia pertencente ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e inseridas no RTDS através do componente PLAYBACK. Os fasores harmônicos foram enviados para o relé conectado na saída analógica com o componente GTA0. O processo é apresentado na Figura 5.

Serão apresentados três testes:

- Uma linha longa com reator, com abertura e religamento monopolar – falta transitória;
- Uma linha longa com reator, com abertura e religamento tripolar – falta transitória;
- Uma linha longa com reator, com abertura e religamento monopolar – falta permanente.

Nestes testes o algoritmo proposto gera os sinais de religamento, mas estes não atuam no sistema, pois os casos são oscilografias reais e apenas as formas de onda de tensão e corrente são aplicadas no relé. Os casos sempre mostram a forma de onda da fase sob falta do terminal líder, ou seja, para o terminal de linha que iria religar primeiro. O funcionamento correto do sistema proposto é observado, mas sem impacto real nas tensões medidas.

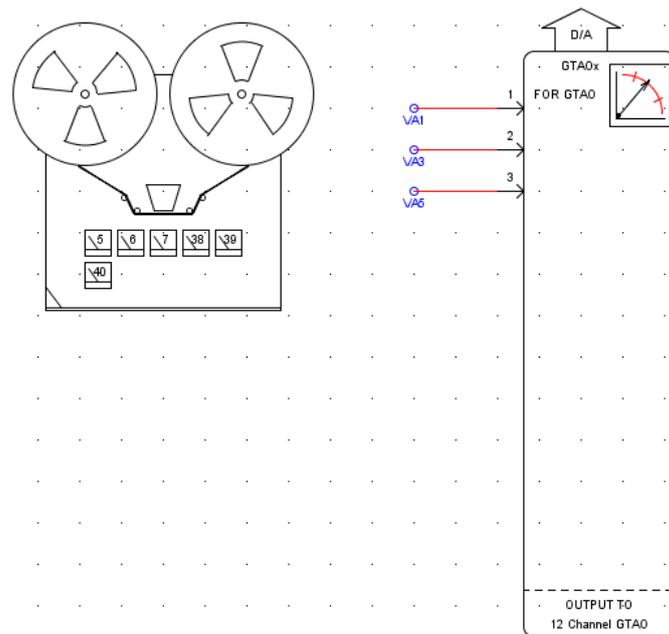


FIGURA 5 - Magnitude da 1ª, 3ª e 5ª harmônicas modulados e lidas pelo relé

### 5.1 Caso A – Linha de 230 kV, comprimento de 365 km e com reatores nas extremidades.

Uma falta monofásica na fase C com abertura monopolar é apresentada na Figura 6. A tensão apresentada na figura é referente à fase em falta. Pode-se verificar que a tensão da fase é reduzida devido a presença da falta, que se inicia um pouco antes da linha tracejada. Após, aproximadamente, 4 ciclos do início da falta, o polo do disjuntor abre. Lembrando que o caso é real, este foi o tempo que o sistema de proteção levou para detectar a falta, liberar o sinal de abertura e o disjuntor abrir. Na figura ainda é possível verificar que somente o polo C do disjuntor abriu após o sinal de abertura TRIP. É importante o leitor notar que o sinal de tensão é um dado proveniente da oscilografia, mas o restante dos sinais digitais é proveniente do relé de proteção. Verifica-se também na figura que após a abertura do polo do disjuntor há o surgimento de uma forma de onda distorcida que cresce em magnitude com o decorrer do tempo. Esta forma de onda é dada pela presença do arco elétrico secundário, o que caracteriza a falta de natureza transitória. Nota-se que o arco elétrico permanece no sistema por aproximadamente 300 ms. Após a extinção do arco elétrico, e, conseqüentemente, do defeito, o algoritmo desenvolvido detecta que houve a extinção do arco e envia o comando de religar, bit Religamento, após 60 ms da extinção.

Considerando todos os tempos envolvidos na manobra de religamento automático adaptativo, a linha permaneceu desligada por um pouco mais de 400 ms. No caso real, a oscilografia termina após um segundo após o disjuntor abrir e ainda não havia sido realizado o religamento. Portanto, é possível verificar que o religamento adaptativo reduziu o tempo de religamento em pelo menos a metade e 500 ms é uma diferença importante para a estabilidade do sistema elétrico, onde hoje se fala em ganhar poucas dezenas de milissegundos.

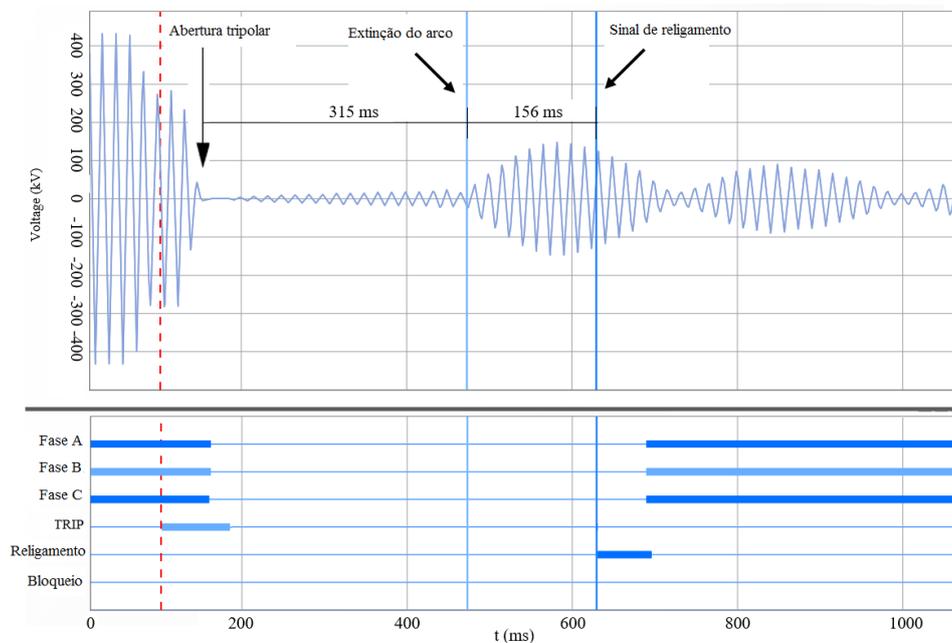
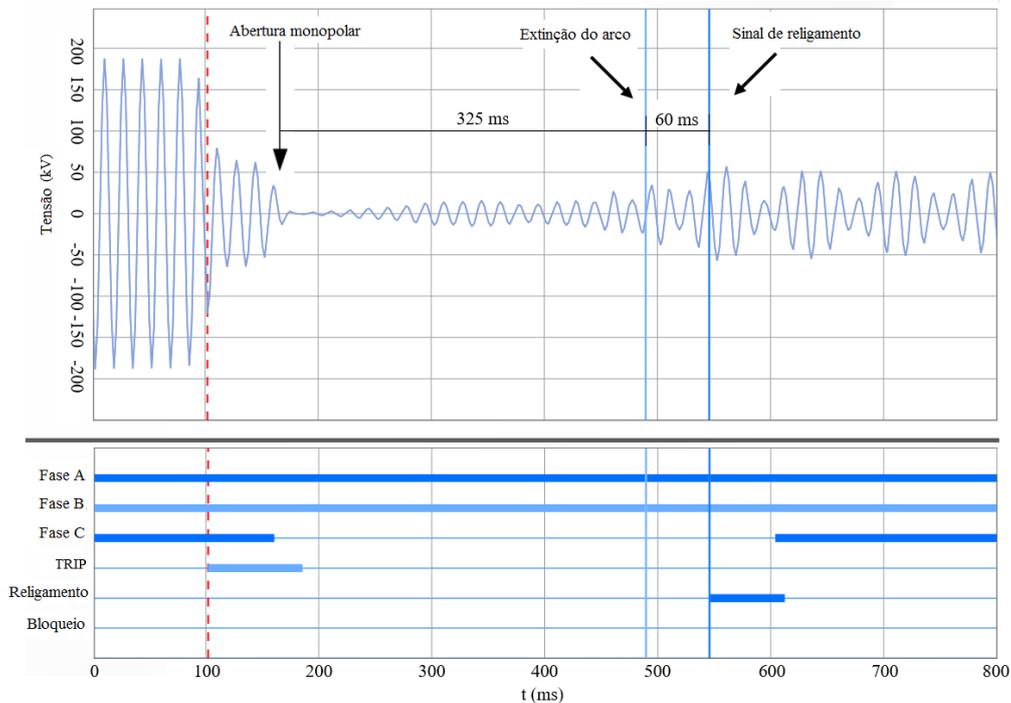
### 5.2 Caso B – Linha de 500 kV, comprimento de 330 km e com reatores nas extremidades

A Figura 7 apresenta o caso de uma falta monofásica na fase A com abertura tripolar. A tensão apresentada na figura é novamente referente à fase sob falta. Pode-se notar que após a atuação da proteção, bit TRIP, e da abertura tripolar, representado pelos bits Fase A, Fase B e Fase C, há surgimento novamente da forma de onda distorcida e com magnitude crescente, o que caracteriza a presença do arco elétrico e novamente de uma falta de natureza transitória. No caso de uma abertura monopolar como do caso anterior, o que sustenta o arco elétrico são as correntes induzidas pelas outras fases e também a ligação dos reatores em derivação. No caso de uma abertura tripolar, a indução proveniente das fases sãs é decorrente da carga residual, além da energia armazenada nos reatores. Em geral, nas aberturas tripolares, o arco tende a permanecer por menos tempo, mas outros fatores o influenciam como vento, chuva, umidade, ou mesmo o valor do reator de neutro.

O arco elétrico secundário permanece no sistema por aproximadamente 300 ms. Após sua extinção é possível observar que há o início de um batimento. Este batimento decorre da troca de energia entre os reatores e as capacitâncias da linha. É possível notar que o algoritmo desenvolvido atua através do bit Religamento em torno de 156 ms após a extinção da falta. Neste caso o algoritmo não somente detecta que a falta foi extinta, mas espera para enviar o comando de religamento para o disjuntor fechar próximo do mínimo do batimento, que é o momento de menor impacto para o disjuntor. Com ajustes mais finos e para cada disjuntor é possível fechar sempre muito próximo do mínimo.

Nesta manobra de religamento utilizando o algoritmo adaptativo, o tempo total de desligamento da linha foi em torno de 550 ms. No caso real, o religamento é executado depois de 5 segundos, ou seja, um tempo dez vezes maior, deixando o sistema sem a linha por todo este período.

Estes dois casos mostram que o algoritmo desenvolvido deve abranger todas as alternativas que envolvem um religamento em uma linha de transmissão. Fica claro, nestes exemplos, que o religamento é adaptativo não só por detectar a presença ou não do arco elétrico secundário, mas por detectar a extinção da falta e de forma dinâmica, independentemente do tempo de duração do fenômeno. Diferentemente do religamento tradicional que impõe um tempo fixo, o religamento adaptativo analisa o sistema e a presença da falta, portanto, o tempo total do religamento sempre será diferente, podendo ser menor ou até mesmo maior do que o tempo do religamento tradicional. Deve-se ressaltar que não é necessário fornecer nenhuma informação sobre o montante de reativo existente na linha ou qualquer informação sobre os parâmetros da linha no momento da manobra para que a proteção opere corretamente.



### 5.3 Caso C – Linha de 500 kV, comprimento de 330 km e com reatores nas extremidades

Novamente uma falta monofásica na fase C e com abertura monopolar é apresentado neste exemplo. A tensão em falta é apresentada na Figura 8. Pode-se observar que após a atuação da proteção, bit TRIP, através da abertura monopolar, representado pelo bit Fase C, não há o surgimento de arco elétrico secundário e a tensão medida permanece próxima de zero, caracterizando a falta de natureza permanente.

Neste exemplo, o defeito não é eliminado após a abertura do polo C do disjuntor, portanto, neste caso, o algoritmo detecta que a falta é permanente e sinaliza o bloqueio do religamento automático através do bit Bloqueio. Com a detecção que não é possível religar, pois geraria uma perturbação adicional ao sistema de potência, os outros polos do disjuntor devem ser abertos, conforme mostrado na figura. Neste caso em menos de 250 ms, a linha já foi isolada, sem a necessidade de esperar por um religamento que será sem sucesso e depois promover a abertura dos três polos de ambos os disjuntores da linha e bloquear o religamento. O método ainda traz a vantagem de já poder sinalizar para o operador que a linha precisa ser percorrida pelo pessoal de manutenção.

No caso real, houve uma tentativa de religamento após aproximadamente um segundo que foi sem sucesso, conforme esperado, necessitando de um segundo a mais que o algoritmo adaptativo para promover a abertura total da linha.

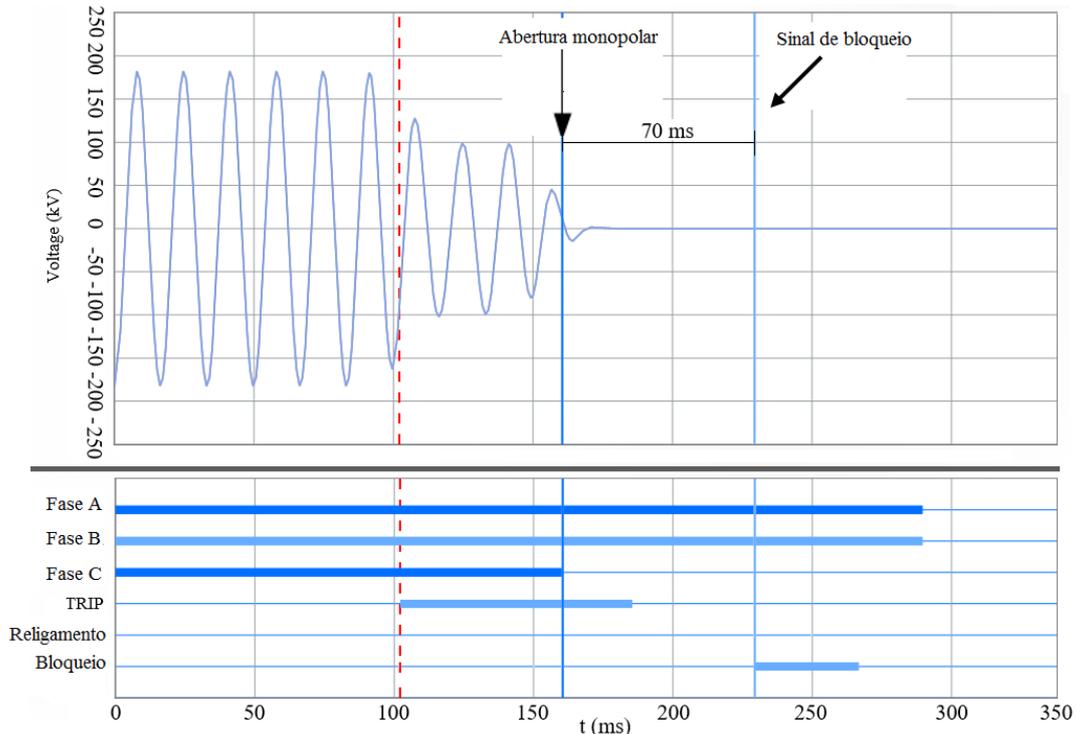


FIGURA 8 - Oscilografia do relé para o Caso C.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma metodologia para testar algoritmos que utilizam tensões harmônicas ou correntes harmônicas em um hardware comercial programável que não fornece tais sinais. Fontes de tensão de frequência fundamental foram controladas pelas harmônicas desejadas e inseridas como entradas nos algoritmos desenvolvidos no simulador digital em tempo real, RTDS. Com tal solução, foi possível implementar o algoritmo de religamento adaptativo proposto em um hardware de um relé comercial.

O algoritmo foi testado com dados de campo reais através de oscilografias. São apresentados no artigo dois casos de faltas transitórias, sendo um caso com abertura monopolar e o outro com abertura tripolar. É apresentado também um caso de falta permanente onde foi aplicada a abertura monopolar. No caso monopolar de falta transitória, a extinção da falta foi identificada em 60 ms após a sua ocorrência e para o caso tripolar o algoritmo levou 156 ms para gerar o sinal. Os tempos totais com a linha desenergizada foram de aproximadamente 400 ms e 550 ms, respectivamente. Em ambos os casos o religamento adaptativo ocorreu com um tempo muito menor do que o tempo programado para o religamento tradicional, o que aumentaria a margem de estabilidade do sistema e colocaria a linha de transmissão de volta ao sistema em um tempo muito menor. Os tempos do algoritmo adaptativo variam conforme a falta, sendo que no segundo caso o tempo de religamento foi aumentado propositalmente pelo algoritmo, fechando o disjuntor em um ponto de menor impacto para ele. No caso de falta permanente, o algoritmo levou 70 ms para bloquear o religamento e gerar o comando de abertura trifásica evitando o religamento sob falta, como o que ocorreu no caso real.

O novo algoritmo de religamento adaptativo foi implementado em um relé comercial, emulando um protótipo de um novo relé. No entanto, os sinais modulados harmônicos foram gerados dentro do RTDS, devido ao relé não fornecer

tais sinais. Espera-se que em um futuro próximo as novas gerações de relés forneçam mais dados para o usuário além da área programável, o que facilitará o desenvolvimento e o teste de algoritmos.

#### 7.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro concedidos pelas seguintes instituições: FAPEAM, CNPq e FAPESP.

#### 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) FITTON, D.S., DUNN, R.W., AGGARWAL, R.K., JOHNS, A.T., BENNETT, A. Design and implementation of an adaptive single pole autoreclosure technique for transmission lines using artificial neural networks, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.11, no. 2, pp.748-756, 1996.
- (2) KHOROSHEV, M.I., FAYBISOVICH, V. Analysis of adaptive single phase autoreclosing for high voltage transmission lines with various compensation levels, IEEE Power Systems Conference and Exposition, New York, USA, pp. 598-602, 2004.
- (3) JANNATI, M., VAHIDI, B., HASSEINIAN, S.H., BAGHAEE, H.R. A new adaptive single phase auto-reclosure scheme for EHV transmission lines, IEEE Power Systems Conference and Exposition, Aswan, Egypt, pp. 203-207, 2008.
- (4) ZADEH, M.R.D., RUBEENA, R. Communication-Aided high-speed adaptive single-phase reclosing, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.28, no. 1, pp. 499-506, 2013.
- (5) ZAHLAY, F.D., RAMA RAO, K.S. Neuro-Prony and taguchi's methodology-nased adaptive autoreclosure scheme for electric transmission systems, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.27, no. 2, pp. 575-582, 2012.
- (6) DUDURYCH, I.M., GALLAGHER, T.J., ROSOLOWSKI, E. Arc effect on single-phase reclosing time of a UHV power transmission line, IEEE Transactions on Power Delivery, vol.19, no. 2, pp. 854-860, 2004.
- (7) KHORASHADI-ZADEH, H., LI, Z. Design of a novel phasor measurement unit-based transmission line auto reclosing scheme, IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 5, no.8, pp. 806-813, 2011.
- (8) JAMALI, S., PARHAM, A. New approach to adaptive single pole auto-reclosing of power transmission lines, IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 4, no.1, pp. 115-122, 2010.
- (9) MONTANARI, A., TAVARES, M.C., PORTELA, C. Adaptive single-phase autoreclosing based on secondary arc voltage harmonic signature, Proc In. 2009 International Conference on Power Systems Transients (IPST), Kyoto, Japan, pp. 1-6, 2009.
- (10) DIAS, O. F., TAVARES, M. C. Comparison between traditional single-phase auto reclosing and adaptive technique based on harmonic content measurement, IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 1, pp. 1-10, 2016.
- (11) MAGRIN, F., TAVARES, M. C. A commercial relay model for the RTDS validated against the actual relay, Electrical Engineering Journal, vol. 1, pp. 1-10, 2016.
- (12) SEL. Manual de Instruções SEL-421. Disponível em: <<http://www.selinc.com/SEL-421/>>. Acesso em: 10 de Abril de 2016, 10:23:30.
- (13) MAGRIN, F. Modelagem de um relé de proteção diferencial de transformador no RTDS. 2014. 298 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas-SP, 2014.

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Ozenir Dias: Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA) no Brasil (2012) e Mestrado em Engenharia Elétrica (2015) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Atualmente, é doutorando em Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da UNICAMP. Seus principais interesses são proteção, transitório em sistema de energia, linhas de transmissão e simulações digitais.



Maria Cristina Tavares: Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1984), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (1991) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1998). Atualmente é Professora MS5 (Livre Docente - Associada) na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas. Membro Senior no IEEE. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão da Energia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: linha de transmissão, análise de arco secundário, desenvolvimento de proteção adaptativa monopolar e tripolar, estudos de transitórios eletromagnéticos, simuladores ATP, PSCAD e RTDS, e transmissão a muito longa distância, especificamente transmissão em meio comprimento de onda



Fabiano Magrin: Atualmente é professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Graduou-se em engenharia elétrica em 2003, mestre em 2014 e doutor em 2017, todos pela mesma Universidade, UNICAMP. De 2003 a 2012, trabalhou como engenheiro de campo e aplicação para empresas privadas, incluindo dois fabricantes de relés. Ele também trabalhou em laboratórios em tempo real e no desenvolvimento de algoritmos de proteção. Seus principais interesses de pesquisa incluem proteção de transformadores, linhas de transmissão, linhas de transmissão muito longas e simulação digital.