XXI SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

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

# ANALISE DAS METODOLOGIAS DE DETECÇÃO DE OSCILAÇÕES DE POTÊNCIA E VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DOS IED´S

| Gustavo Silva Salge (*) | Paulo Sergio Pereira Junior | Cristiano Moreira Martins | Paulo Sergio Pereira | Gustavo Espinha Lourenço |
|---|---|---|---|---|
| Conprove Indústria e Comércio | Conprove Indústria e Comércio | Conprove Indústria e Comércio | Conprove Engenharia | Conprove Engenharia |

RESUMO

Este artigo apresenta o estado da arte sobre as técnicas utilizadas para a proteção de Out-Of-Step (OOS), explorando conceitos usados como: Power Swing Blocking (PSB), Pole-Slip Protection (PSP) e Out-Of-Step Tripping (OST). O artigo mostra a importância desses elementos, sugerindo como e onde devem ser aplicados.

O trabalho apresenta um sistema capaz de simular oscilações de potência, além de gerar qualquer trajetória de impedância. Através de um software, três IED's foram avaliados para averiguar as diferentes metodologias de detecção e caracterização de uma oscilação de potência. O estudo irá ilustrar os resultados dos testes na forma de tabelas e gráficos.

PALAVRAS-CHAVE

Teste, Oscilação de Potência, Out-Of-Step, Power Swing, Pole-Slip Protection

## 1.0 - INTRODUÇÃO

As oscilações de potência são eventos transitórios que podem ser provocadas devido a vários fatores tais como mudanças de carga, entradas e saídas de linha, entradas e saídas de geradores e curtos-circuitos. Nessas situações a geração se reajusta de uma maneira oscilatória até encontrar o novo balanço de carga do sistema. Esses reajustes são caracterizados por mudanças na amplitude, frequência e/ou ângulo de fase das tensões e correntes. Durante esses fenômenos a proteção de distância registra grandes correntes transitórias e especialmente no centro elétrico do sistema, pequenas tensões. Pequenas tensões com grandes correntes implicam em pequenas impedâncias transitórias para as proteções, podendo então, levar a desligamentos indevidos. Para evitar erros em cascata e possíveis blackouts, as proteções incorporam funções adicionais denominadas de proteção de Out-Of-Step (OOS). Os principais elementos para essa proteção são:

- Power Swing Detection (PSD)
- Power Swing Blocking (PSB)
- Pole-Slip Protection (PSP)
- Out-Of-Step Tripping (OST)

A tarefa dessas proteções é detectar corretamente uma oscilação de potência de tal forma a bloquear a atuação de outras proteções e prevenir a perda de sincronismo, uma vez que, se uma operação assíncrona ou profunda oscilação de potência síncrona ocorrer, então a impedância aparente medida pela proteção de distância pode

(*) Rua Visconde de Ouro Preto, n° 75 – CEP 38.405-202 Uberlândia, MG, – Brasil
Tel: (+55 34) 3218-6800 – Fax: (+55 34) 3218-6810 – Email: conprove@conprove.com.br

afastar-se da área de carga normal para dentro da zona da proteção de distância causando uma operação indevida caso nenhum bloqueio estiver ativado. Ao identificar uma oscilação de potência, a proteção deverá caracterizá-la como síncrona (estável) ou assíncrona (instável). Após uma oscilação ter sido corretamente identificada e caracterizada, basicamente duas possibilidades de ação serão possíveis de acordo com a sua caracterização:

**- Oscilação estável**: Bloqueio pelo elemento PSB. Será realizado o bloqueio do trip de acordo com um tempo ajustado. As zonas de trip a serem bloqueadas também são ajustadas.

**- Oscilação instável**: Trip pela função PSP ou OST. O trip será concedido devido à perda de sincronismo.

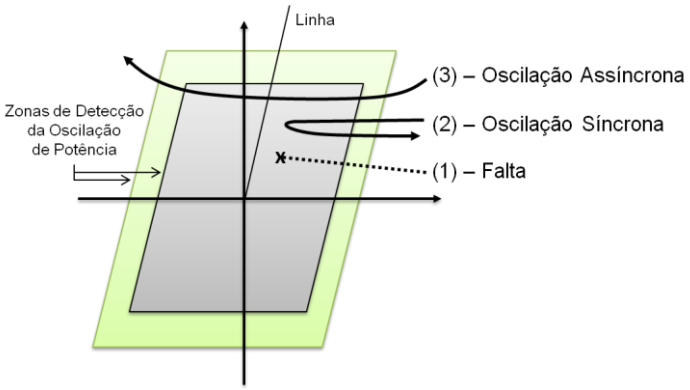



Figura 1 – Característica de detecção da oscilação de potência

## 2.0 - IDENTIFICAÇÃO DA OSCILAÇÃO DE POTÊNCIA

Existem inúmeros critérios para a identificação de uma oscilação de potência e é evidente que nem todos são aplicados aos algoritmos de todos os relés. Podemos destacar como as mais utilizadas, as seguintes metodologias:

- Característica concêntrica: uma característica expandida em torno de outra, onde o relé cria duas regiões, como se fossem zonas. A zona externa é comumente chamada de faixa de detecção da oscilação de potência e a mais interna chamada de faixa de detecção de falta. A vantagem é que a oscilação de potência pode ser determinada antes que a impedância atinja uma zona da proteção de distância.

- Método dos Blinders: são barreiras de detecção independentes das zonas. A taxa de variação é medida de acordo com o tempo gasto para o vetor de impedância atravessar as barreiras. Essa configuração é passível a erros, pois pode ocorrer uma falta que não seja identificada no caso da atuação ser bloqueada e a falta aconteça enquanto o vetor da impedância estiver no interior dos blinders.

- Método da contínua medição de impedância: a cada pequeno intervalo é medido o valor da impedância que deve criar uma linha constante, ou seja, não deverão existir saltos de um valor medido para o outro. Analisando a trajetória, é possível determinar se a oscilação é estável ou instável.

Após identificar uma oscilação, alguns relés, principalmente os digitais, ainda utilizam outros critérios para a confirmação do fenômeno. Os critérios de decisão adicionais de PSD são utilizados porque identificar uma oscilação somente medindo o tempo gasto para a impedância atravessar duas zonas não é um método tão confiável, uma vez que existem situações onde o relé não opera quando deveria e vice e versa. Um exemplo de bloqueio desnecessário baseado na medição do tempo passando entre as zonas é no caso de uma falta de alta impedância onde as mudanças no valor da impedância durante a falta podem ser tão lentas que o relé entenda como uma oscilação e ative desnecessariamente o bloqueio. Alguns critérios adicionais são apresentados abaixo:

- Limites de Sequência Positiva e Negativa: a corrente de sequência positiva deve exceder um valor ajustável e a corrente de sequência negativa dever estar abaixo de um valor ajustável.

- Monotonia da Trajetória: a trajetória da impedância deve inicialmente não mudar a direção em R.

- Simetria da trajetória: a trajetória para cada fase é avaliada. Se não existir nenhuma falta nas três trajetórias, elas deverão ser simétricas. Durante uma condição de uma fase aberta, as duas trajetórias restantes deverão ser simétricas.

## 3.0 - ELEMENTOS QUE COMPÔEM A PROTEÇÃO DE OUT-OF-STEP

A proteção de OOS poderá possuir, além do elemento de identificação da oscilação (PSD), um elemento de bloqueio (PSB) e dois elementos de atuação (PSP e OST).

### 3.1 Power Swing Block (PSB)

A principal função do PSB é dar condições para que o sistema consiga recuperar o equilíbrio. Para oscilações onde isto é possível, o vetor de impedância poderá invadir as zonas de detecção de faltas da proteção de distância e ocasionar um desligamento indevido das mesmas. O bloqueio dessas zonas deverá ser feito pelo PSB durante oscilações síncronas.

### 3.2 Pole-Slip Protection (PSP)

O propósito do PSP é detectar perda de sincronismo em máquinas elétricas, como por exemplo, os geradores síncronos. Para a realização da proteção, o sistema de transmissão pode ser dividido em duas zonas, onde a primeira visa englobar as impedâncias do gerador até a posição do relé enquanto que a outra zona tende a representar o resto do sistema. Durante uma rotação assíncrona, ao final da primeira metade, quando o ângulo de potência vale 180°, as tensões entre as fontes se opõem de tal forma que existe um ponto na rede de transmissão em que a tensão vale zero. Esse ponto é definido como o centro da oscilação de potência ou simplesmente centro elétrico.

A característica de operação da proteção pode ser ajustada conforme as zonas descritas anteriormente, de modo que se a trajetória da impedância passar pela característica definida conforme a primeira zona, o gerador deve ser desconectado logo após a impedância deixar a característica, durante a primeira rotação assíncrona. Por outro lado, se impedância passar pela característica na segunda zona, isso significa que o centro da oscilação situa-se na linha de transmissão. Nesse caso o gerador deverá ser desconectado após 2, 3 ou várias rotações assíncronas. O atraso é introduzido para possibilitar que o elemento OST instalado na linha de transmissão separe a rede em ilhas. O atraso é aceitável somente se o gerador conseguir reter uma sobrecarga térmica e dinâmica causada por um número de rotações assíncronas. Se não existir nenhum relé parametrizado com OST na rede, não existe razão para o atraso e o gerador deverá ser retirado após uma rotação assíncrona, independente do centro da oscilação de potência.

### 3.3 Out-Of-Step Tripping (OST)

Como mencionado anteriormente, durante uma oscilação assíncrona, as linhas podem ser retiradas levando a uma separação aleatória da rede em zonas desbalanceadas. Geradores em ilhas com grande superávit de geração poderão ser desconectados pela proteção de sobrefrequência em casos extremos. Enquanto que os geradores localizados em ilhas com grande déficit de geração deverão sofrer cortes de carga.

O OST deve ser habilitado em locais selecionados para controlar a separação das redes, para que apenas as linhas de transmissão onde condições assíncronas forem detectadas sejam separadas. As linhas a serem separadas deverão estar perto do centro da oscilação de potência de tal forma que a trajetória da impedância caia dentro da zona de atuação para o relé de distância. Após a separação de uma rede, as ilhas deverão ser aproximadamente equilibradas com relação à geração e demanda, caso contrário, geradores podem ser desligados ou o corte de carga ativado. Por fim, as ilhas devem ter estabilidade interna para que uma divisão adicional não ocorra. Obviamente não é fácil achar locais na rede que satisfaçam todas essas condições ao mesmo tempo garantindo que o controle da divisão seja satisfatório, por isso separações controladas em sistemas reais são geralmente restritas as linhas que naturalmente irão dividir a rede em fortes ilhas conectadas.

O importante para um projetista é ter uma estratégia lógica no uso do PSB, PSP e OST. Genericamente falando, as proteções para um sistema contra as conseqüências das oscilações de potência consistem em um bloqueio eficiente dos relés de impedância durante oscilações síncronas através do PSB e atuações contra longas durações de operações assíncronas que deverão ser alcançadas usando PSP para geradores e OST para linhas.

## 4.0 - TESTES EM LABORATÓRIO DO SISTEMA DESENVOLVIDO

Para comprovar o funcionamento das proteções de OOS foram realizados vários testes em relés de três grandes fabricantes, visando abordar diferentes metodologias de identificação de caracterização de oscilações de potência de modo a realizar um comparativo entre os métodos. Foram testados os relés Siemens-7SA, Schweitzer-421 e GE-D60.

### 4.1 Metodologias de Teste

Como as oscilações de potência são eventos transitórios, para o teste das funções relacionadas às mesmas, são necessários gerações de formas de onda que representem alterações simultâneas na frequência, ângulo e amplitude dos sinais. Para a realização dos testes completos da proteção de OOS, foi desenvolvido pela Conprove, um sistema capaz de simular condições reais, o qual pode ser parametrizado para gerar oscilações síncronas ou assíncronas como também definir a trajetória do vetor de impedância.

A primeira filosofia de teste desenvolvida consiste na simulação de um sistema com dois geradores entre uma ou mais linhas de transmissão, com o IED podendo situar-se em qualquer uma das extremidades do sistema. Nessa simulação, o intuito é gerar formas de onda iguais aos sistemas reais e para isso faz-se necessário conhecer os seus parâmetros. Nesse tipo de teste é possível realizar simulações de oscilações síncronas ou assíncronas, com a possibilidade da adição de faltas para condições instáveis. Várias condições de teste podem ser experimentadas tais como ângulo de deslizamento entre as fontes, localização da falta, número de giros assíncronos, tempo da oscilação entre outros, garantindo que todas as possibilidades das funções relacionadas às oscilações de potência sejam analisadas.

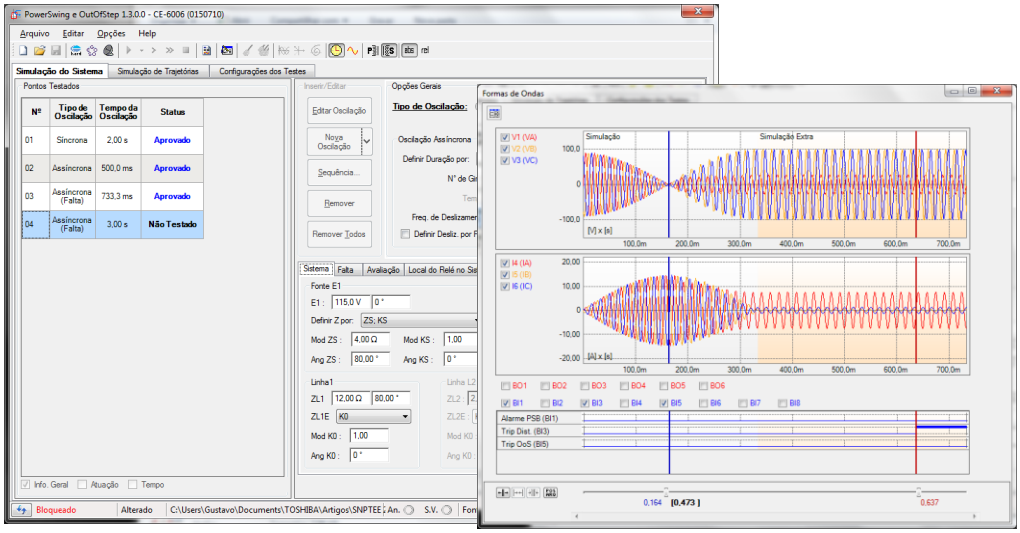



Figura 2 – Software PSB_OoS – tela de definição da simulação do sistema

Tendo em vista as dificuldades em se conhecer e obter os parâmetros reais do sistema, foi desenvolvida uma segunda filosofia de teste, a qual direciona o foco apenas para o comportamento do relé, de tal forma que o usuário possa definir a trajetória do vetor de impedância que lhe for conveniente para o teste.

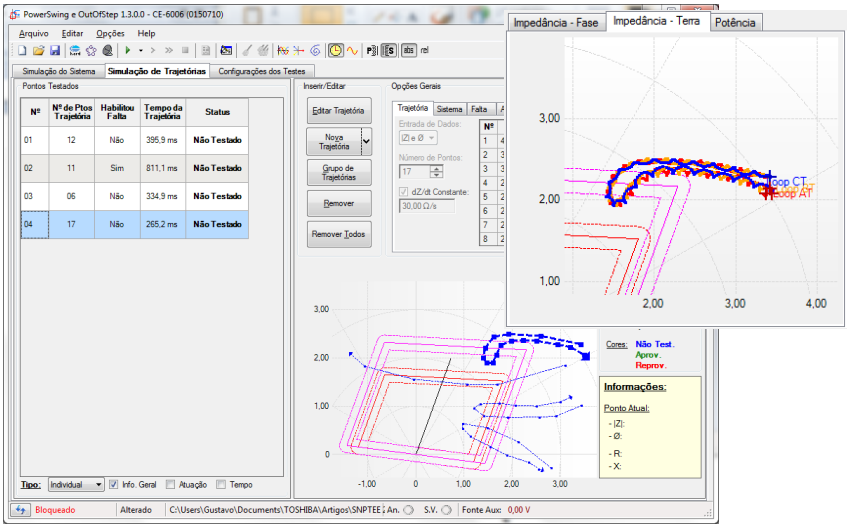



Figura 3 – Software PSB_OoS – Tela de definição da simulação de trajetórias

O teste simulação de trajetória possibilita criar os mesmos testes da primeira metodologia, entretanto possui a grande vantagem de não ser amarrado aos parâmetros do sistema, de modo que o usuário possui total liberdade para controlar a trajetória de impedância. Nas trajetórias, o usuário deve definir a taxa de variação da impedância no tempo além de poder adicionar uma falta ao final da mesma para averiguar se o relé realmente irá bloquear para a oscilação e atuar na seqüência devido a uma falta. Outra vantagem deste teste é a possibilidade de adicionar trajetórias que cruzem ou não as zonas de atuação com diferentes taxas de variação de modo a simular condições de atuação e não atuação dos elementos de proteção de OOS.

Para a realização dos testes foram utilizados os softwares Distanc e PsB_OoS presentes na mala de teste modelo CE6006 de fabricação da Conprove. A CE6006 é uma mala hexafásica com saídas de tensões e correntes, permitindo o controle da amplitude e do ângulo de fase nas gerações até a 50ª ordem harmônica com frequências

fundamentais de 50 ou 60 Hz. A mala foi utilizada na geração de três tensões e três correntes, de forma a simular um sistema trifásico.

Figura 4 – Relés Testados

4.2 Sistema Testado

O sistema utilizado para o teste foi caracterizado de forma a possibilitar oscilações de potência com dois geradores, um enviando e outro recebendo potência, localizados nas extremidades de uma linha de transmissão sendo que o relé está posicionado na extremidade do gerador emissor de potência, conforme a figura abaixo.

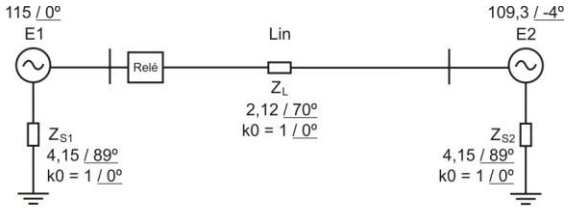



Figura 5 – Sistema em Teste

Os testes visam fazer o deslizamento da fonte E2 em relação à fonte E1, que pode ser obtido por meio da variação do ângulo entre as fontes. Para oscilações síncronas a simulação é realizada definindo-se o ângulo de deslizamento entre as fontes e o tempo para que a fonte E2 deslize para este ângulo e retorne a condição nominal. O ângulo máximo permitido pelo software é de 180º de tal forma que o fluxo de potência não seja invertido e torne-se uma oscilação assíncrona. Para essa última, é necessário definir a frequência de deslizamento entre as fontes ou o tempo que caracterize essa frequência, além de definir o número de giros dessa oscilação.

4.3 Proteção de distância

Antes dos testes para as funções de oscilação de potência, foram realizados testes com a função de distância (software Distanc) de forma a garantir o seu correto funcionamento. Os ajustes dos relés foram realizados de tal forma que a zona 1 proteja 85% da linha com um tempo de atuação de 50ms e a zona 2 120% da linha com sua atuação em 400ms. A Figura 6 apresenta os resultados.

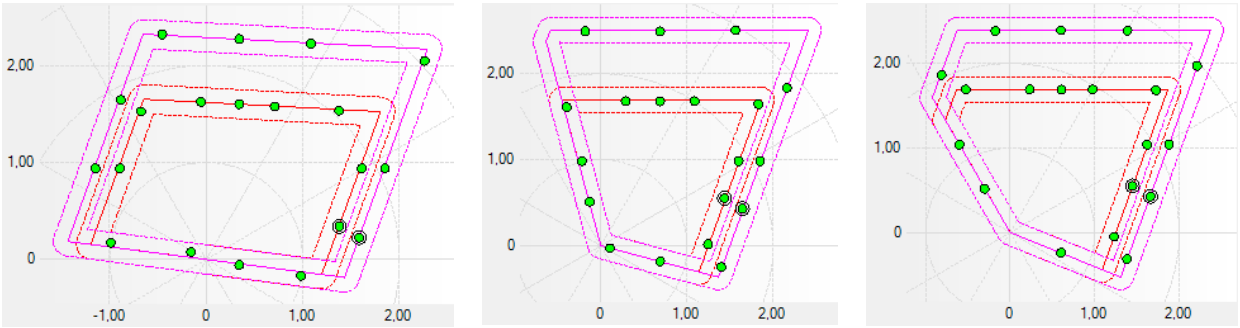



Figura 6 – (a) SEL 421; (b) GE D60; (c) Siemens 7SA

## 4.4 Proteção de Out-Of-Step

Os testes da proteção de OOS buscaram avaliar a atuação do relé para oscilações instáveis, bloqueio para oscilações estáveis e a atuação para faltas que por ventura venham a ocorrer durante uma oscilação. As simulações foram feitas de modo a atender o sistema apresentado na Figura 5, utilizando para este propósito, o softwate PSB_OoS. A seguir são apresentadas várias figuras para os diferentes tipos de oscilações com as formas de onda das tensões e correntes e a trajetória do vetor da impedância. Foi simulada também uma condição de falta após uma oscilação de potência ocorrendo na zona 2 visando avaliar o tempo de atuação do relé.

Além das simulações realizadas de acordo com o sistema apresentado no item 4.2, foram utilizadas também para avaliação dos relés, testes de trajetórias, as quais foram definidas convenientemente visando complementar as análises.

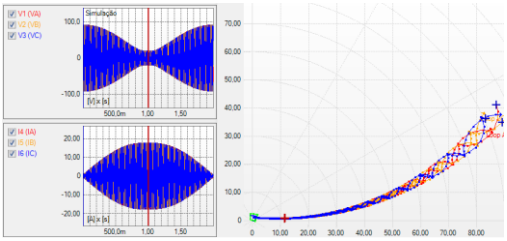


Figura 7 – Oscilação Síncrona

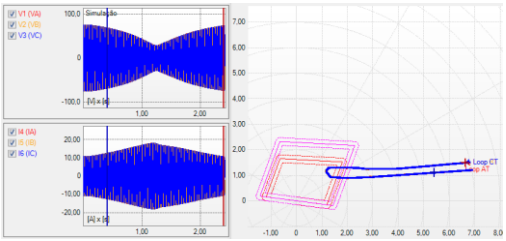


Figura 10 – Trajetória Síncrona

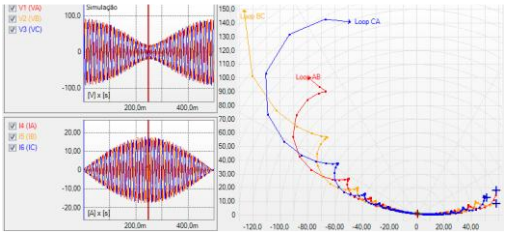


Figura 8 – Oscilação Assíncrona

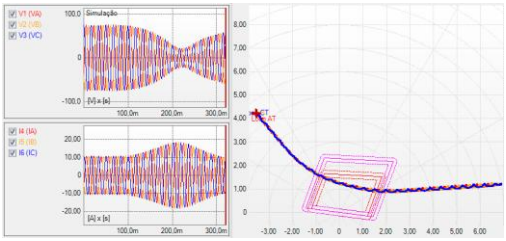


Figura 11 – Trajetória Assíncrona

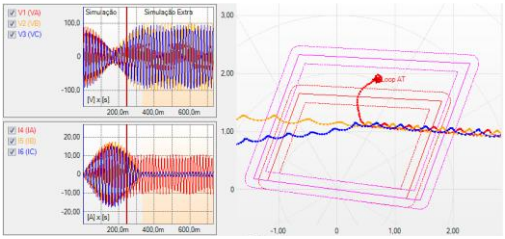


Figura 9 – Oscilação Assíncrona com Falta

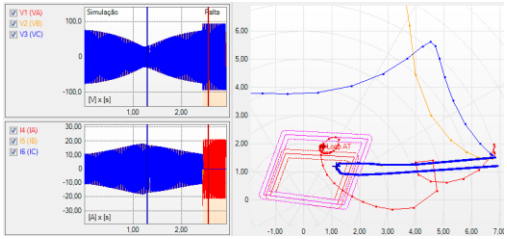
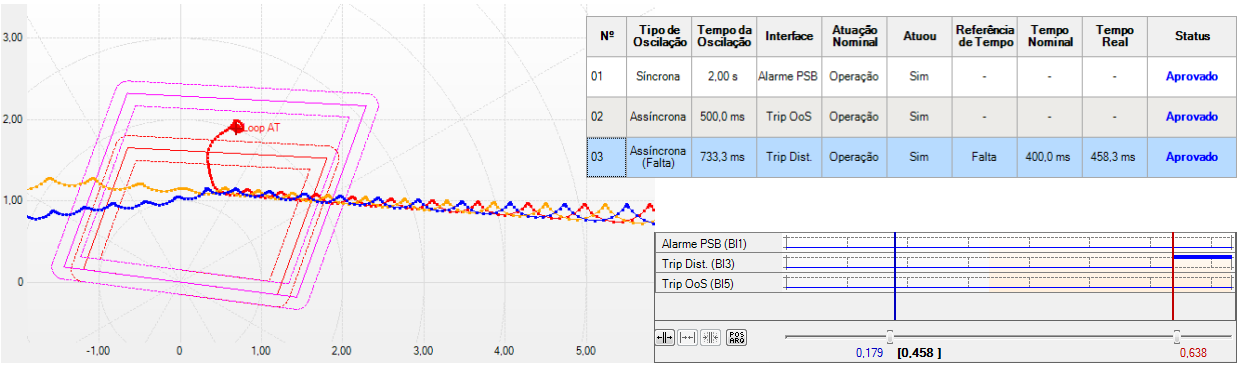


Figura 12 – Trajetória Síncrona com Falta

## 4.5 Relé 421 - Schweitzer

No relé 421 (4), as zonas de detecção da oscilação de potência são as zonas mais externas, zona 6 e zona 7. O IED possui os elementos de bloqueio (PSB) e trip (OST), que deverão ser ajustados em função do tempo gasto para o vetor de impedância cruzar as zonas de detecção. A zona 6 deverá ser ajustada no ponto da trajetória em que o sistema de potência não consiga mais recuperar a estabilidade enquanto que a zona 7 deve ser ajustada em um ponto de forma a garantir que a máxima carga esteja fora da mesma. Ao entrar na zona 7, dois cronômetros são disparados, um relativo ao bloqueio e outro relativo a atuação, de tal forma que, se o cronômetro relativo ao bloqueio expirar sem que o vetor da impedância tenha atingido a zona mais interna (zona 6), o 421 bloqueia a atuação das zonas selecionadas, enquanto que no estouro do cronômetro de atuação sem que o vetor da impedância tenha atingido a zona mais interna, um sinal de trip será enviado. Os tempos dos cronômetros são ajustados de tal forma a bloquear para oscilações em que a frequência de escorregamento seja menor que um determinado valor e atuar para casos em que seja maior que este último, ou seja, existe um valor de frequência de escorregamento que é o limiar entre o bloqueio e a atuação.

Para o relé 421 da Schweitzer, uma oscilação é considerada assíncrona quando o tempo gasto pelo vetor de impedância para atravessar as zonas de detecção for menor que um tempo calculado (4) conforme a frequência de deslizamento máxima permitida. Neste caso, ajustamos o relé para que oscilações de até 2,5Hz de deslizamento entre as fontes sejam consideradas síncronas e que para valores acima destes, o OST atue, mesmo que exista uma oscilação síncrona do sistema que apresente a frequência de deslizamento maior que 2,5Hz.



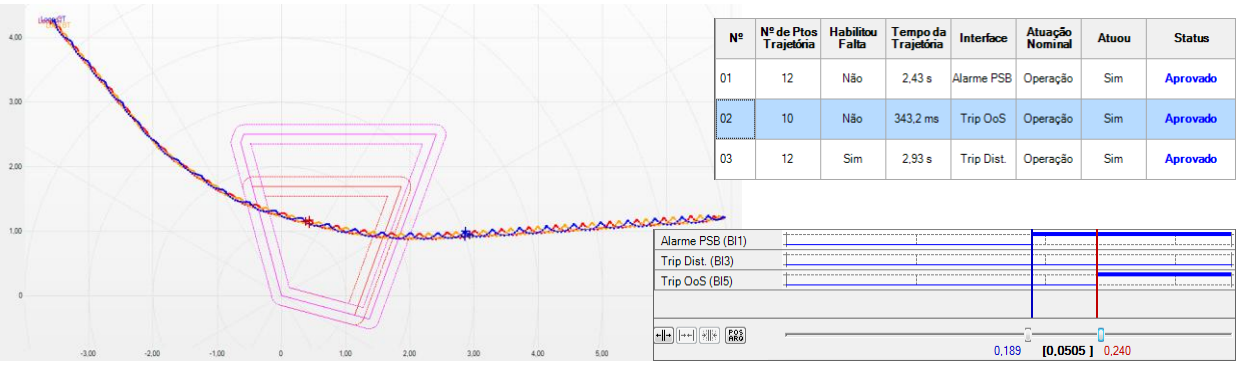

| Nº | Tipo de Oscilação | Tempo da Oscilação | Interface | Atuação Nominal | Atuou | Referência de Tempo | Tempo Nominal | Tempo Real | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | Síncrona | 2,00 s | Alarme PSB | Operação | Sim | - | - | - | Aprovado |
| 02 | Assíncrona | 500,0 ms | Trip OoS | Operação | Sim | - | - | - | Aprovado |
| 03 | Assíncrona (Falta) | 733,3 ms | Trip Dist. | Operação | Sim | Falta | 400,0 ms | 458,3 ms | Aprovado |

Figura 13 – Relé 421 - Resultados do teste de simulação do sistema

## 4.6 Relé D60 - GE

O D60 (2) possibilita ao usuário trabalhar com o bloqueio e a atuação em dois ou três estágios, sendo necessário, conforme a escolha da metodologia de trabalho, a delimitação de duas ou três zonas. Durante a passagem entre as zonas de detecção, o relé mensura o tempo utilizado pelo vetor de impedância para atravessá-las, de tal maneira que se esse tempo for maior que o tempo definido, o bloqueio é ativado. Ao entrar na zona mais interna, outro cronômetro é ativado e se o tempo de permanência nesta zona for maior que o tempo ajustado, o relé entende como uma oscilação instável e comanda o sinal de trip.

Assim como o 421, a zona mais interna deve ser configurada de tal forma que seja o limite de deslizamento do ângulo entre as fontes para uma oscilação estável. A diferença na detecção é que o primeiro considera oscilações instáveis aquelas em que a frequência de deslizamento passarem de um valor determinado, relacionando portando a oscilação instável a velocidade do deslizamento, enquanto que o D60 considera instáveis, as oscilações em que o ângulo de deslizamento entre as fontes for maior que um valor determinado por um período de tempo ajustado. Em outras palavras, o 421 relaciona a instabilidade da oscilação à velocidade de variação do ângulo entre as fontes e o D60 à diferença entre esses ângulos.



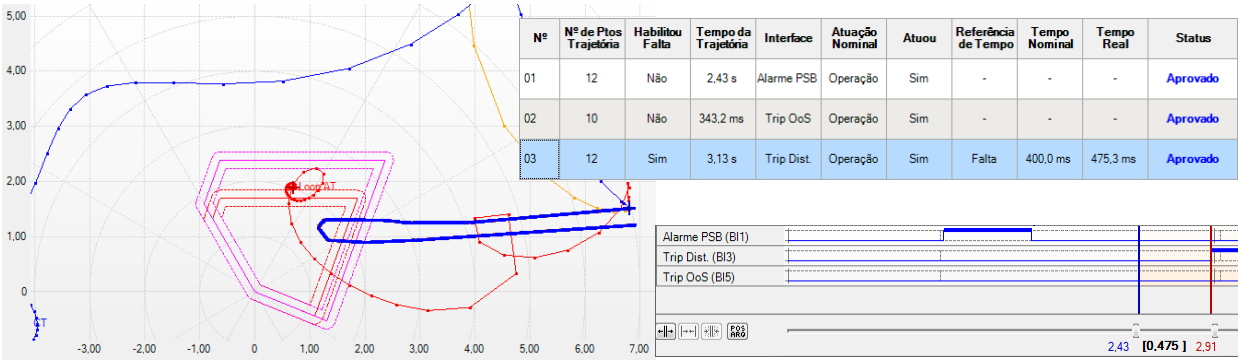

| Nº | Nº de Ptos Trajetória | Habilitou Falta | Tempo da Trajetória | Interface | Atuação Nominal | Atuou | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 12 | Não | 2,43 s | Alarme PSB | Operação | Sim | Aprovado |
| 02 | 10 | Não | 343,2 ms | Trip OoS | Operação | Sim | Aprovado |
| 03 | 12 | Sim | 2,93 s | Trip Dist. | Operação | Sim | Aprovado |

Figura 14 – Relé D60 - Resultados do teste de trajetória

## 4.7 Relé 7SA – Siemens

Assim como os relés apresentados anteriormente, o 7SA (5) utiliza de zonas concêntricas para a identificação de oscilações de potência. A diferença entre as metodologias é que neste relé existe um número menor de ajustes, não sendo necessário ajustar as zonas e os tempos para caracterização das oscilações. As zonas de detecção são definidas automaticamente a partir da zona mais externa ajustada e outra zona localizada a uma distância fixa desta última. Essa distância também não é passível de alterações e varia entre os relés com TC de 5A (1Ω) e 1A (5Ω).

Para a identificação das oscilações de potência o 7SA utiliza vários critérios adicionais, tais como continuidade da trajetória, monotonia da trajetória, simetria da trajetória e estabilidade da trajetória conforme explicados no item 2. Após a identificação da oscilação, utilizando o método da contínua medição da impedância, o relé caracteriza como assíncrona a oscilação que atravessar o eixo X, caracterizando uma mudança no sentido do fluxo de potência. Com essa consideração, nenhum cálculo adicional se faz necessário e não cabe ao projetista a determinação do ângulo máximo de deslizamento entre as fontes, baseado no fato de que se o ângulo passar de 180º, não existe mais a possibilidade do sistema se reabilitar e o trip deverá ser executado.




| Nº | Nº de Ptos Trajetória | Habilitou Falta | Tempo da Trajetória | Interface | Atuação Nominal | Atuou | Referência de Tempo | Tempo Nominal | Tempo Real | Status |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 12 | Não | 2,43 s | Alarme PSB | Operação | Sim | - | - | - | Aprovado |
| 02 | 10 | Não | 343,2 ms | Trip OoS | Operação | Sim | - | - | - | Aprovado |
| 03 | 12 | Sim | 3,13 s | Trip Dist. | Operação | Sim | Falta | 400,0 ms | 475,3 ms | Aprovado |

Figura 15 – Relé 7SA - Resultados do teste de trajetória

## 5.0 - CONCLUSÃO

Com este trabalho verificamos algumas semelhanças dentre os relés testados no que se trata das zonas de detecção das oscilações, onde todos trabalham com características concêntricas, o que demonstra ser uma tendência do mercado, porém algumas diferenças foram observadas na caracterização dessas oscilações.

Para os relés da Schweitzer e da GE, o usuário possui mais liberdade na definição dos parâmetros, porém cabe a ele um conhecimento mais profundo sobre o sistema a ser protegido, uma vez que os tempos utilizados pelos relés para identificação de oscilações instáveis e estáveis são definidos pelo usuário. É importante atentar ao fato de que as zonas de detecção também são ajustadas e que a zona mais interna deve ser configurada de acordo com o ângulo de deslizamento máximo permitido entre as fontes. Vale ressaltar que a zona externa não deve ultrapassar a carga mínima do sistema.

Uma grande diferença entre os relés diz respeito à caracterização de oscilações assíncronas. Para o relé da Schweitzer (421), o tempo para a detecção é calculado em função da máxima frequência de deslocamento permitida para o sistema. O 421 considera instável qualquer oscilação em que o vetor de impedância ultrapasse as zonas de detecção em um tempo menor que o tempo ajustado. Isso faz com que qualquer oscilação, instável ou não, que possua frequência de deslizamento maior do que a permitida seja considerada instável. O relé da GE (D60) considera que ao entrar na zona mais interna, o ângulo de deslizamento entre as fontes é maior que o ângulo máximo permitido e verifica o tempo em que a impedância permanece nesta zona, o qual deve ser maior ao parametrizado (normalmente zero) para que o relé identifique a oscilação como instável. O relé da Siemens (7SA) não considera a frequência de deslizamento entre as fontes para a tomada de decisão, já que foca na trajetória da impedância. A oscilação instável é caracterizada pela passagem do vetor de impedância pelo eixo imaginário, ou seja, uma inversão na transferência de potência.

Com o estudo, evidenciou-se a real necessidade de sistemas capazes de reproduzir sinais transitórios para testes dos elementos da proteção de Out-Of-Step. Com a evolução das funções de proteção, ensaios transitórios são essenciais para as suas avaliações e o sistema desenvolvido mostrou-se capaz de realizar tais testes, proporcionando excelentes resultados.

Conforme os resultados apresentados, todos os relés se comportaram como o esperado em uma situação real do sistema, ou seja, bloqueando para oscilações síncronas e atuando em oscilações assíncronas, quer seja pelo trip da proteção de out-of-step ou pela função de distância para o caso de uma falta durante a oscilação. O importante de se observar na realização do teste é a particularidade de cada fabricante com relação aos ajustes da função.

Para trabalhos futuros a sugestão é a realização de testes para a função de PSP para geradores, visando averiguar o seu comportamento, além de um aprofundamento maior nos algoritmos das funções relacionadas as oscilações de potência, identificando possíveis falhas, vantagens e desvantagens.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) IEEE PSRC WG D6. Power Swing and Out-of-Step Considerations on Transmission Lines, 2005.
(2) GE MULTILIN. D60 Line Distance Protection - Instruction Manual, 2009.
(3) KHAN, U. N.; Lu, Y. Power Swing Phenomena and its Detection and Prevention, Proceedings of the 7th Int. Conference EEEIC 2008, Cottbus, 5-11.05.2008, pp. 69 – 72.
(4) SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES. SEL-421 Relay - Instruction Manual, 2009.
(5) SIPROTEC SIEMENS. 7SA6 Distance Protection Manual, 2005.
(6) SIPROTEC SIEMENS. 7UM62 Multifunctional Machine Manual, 2010.]
(7) TZIOUVARAS, D. A.; HOU, D. Out-of-Step Protection Fundamentals and Advancements, Proceedings of the 30th Annual Western Protective Relay Conference, Spokane, WA, October 21–23, 2003.