



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GPC/14  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

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

**IMPLICAÇÕES DA FUNÇÃO DIFERENCIAL NA PROTEÇÃO DE LINHAS LONGAS**

**Douglas de Oliveira Brunismann(\*)  
ITAIPU**

**Ângello Mibielli  
ITAIPU**

**Jacson Arnhold  
ITAIPU**

**RESUMO**

A proteção de sistemas elétricos de potência é avaliada em três parâmetros, são eles: seletividade, velocidade e confiabilidade. Em busca de um melhor desempenho destes é constante a busca por novas tecnologias. Este trabalho visa verificar a viabilidade da proteção diferencial em linhas longas, linhas estas que apresentam diversos problemas característicos que demandam soluções próprias. A análise realizada tem como intuito observar as novas filosofias que serão adotadas em virtude da evolução proporcionada pelos equipamentos digitais e meios de comunicação de alta velocidade como a fibra ótica.

**1 - INTRODUÇÃO**

Os objetivos deste trabalho foram: analisar quais parâmetros e fenômenos associados as linhas longas de transmissão devem ser levados em conta para se realizar o ajuste da função de proteção diferencial de linha e verificar a viabilidade da implementação desta função de proteção através da comprovação via modelos simplificados que buscaram reproduzir os elementos do Sistema Elétrico de Potência, e do Sistema de Proteção associado.

**2 - IMPLEMENTAÇÃO DA LÓGICA DO RELÉ E ELEMENTOS DO SISTEMA**

Nesta etapa foram modelados tanto os transformadores de corrente quanto a linha de transmissão e a função de proteção do caso em estudo.

**2.1 Modelagem da Linha de Transmissão LT - SEMD SEVH 500kV**

Foi desenvolvido o modelo equivalente da linha de transmissão utilizando o *software* ATP, com a finalidade de analisar os níveis de curto-circuitos, a defasagem que pode ser ocasionada devido a reatância série da linha e os níveis de corrente de energização da linha, entre outros.

Para realizar a modelagem da linha de transmissão foram necessários dados a respeito desta, como pode ser visto na tela do programa abaixo, figura 1.



Line/Cable Data: TC11

Model Data Nodes

#	Ph.no	Rin	Rfou	Resis	Horiz	Vlower	Vmid	Separ	Alpha	NB
	[cm]		[ohm/km DC]		[m]	[m]	[m]	[cm]	[deg]	
1	1	0.413512	1.2408	0.00793	-10.8	37.6	34	45.7	45	4
2	2	0.413512	1.2408	0.00793	0	37.6	34	45.7	45	4
3	3	0.413512	1.2408	0.00793	10.8	37.6	34	45.7	45	4
4	0	0.462534	0.77089	0.0911	-10.05	45	43.8	0	0	1
5	0	0	0.47625	3.18	10.05	45	43.8	0	0	1

Add row Delete last row Insert row copy

OK Cancel Input Export Run ATP View Verify Edit defin Help

FIGURA 2 – Tela de ajuste dos dados da linha de transmissão

## 2.2 Modelagens dos Transformadores de Corrente da Margem Direita e de Villa Hayes

Para especificar o TC a ser utilizado, foi aplicado o critério ANSI, ou seja, a precisão do TC foi limitada pela máxima tensão que pode aparecer no secundário do TC durante o instante do curto-circuito máximo  $I_{ccm\acute{a}x}$  de acordo com seu  $F_s$  e durante a operação nominal, o maior valor será o escolhido.

A modelagem se dividiu entre a margem direita e a margem esquerda (ITAIPU), para o caso da margem direita o TC definido apresentou RTC estabelecida de 3000:5 determinada pela corrente nominal e uma classe de exatidão C400, já para o caso da margem esquerda o TC apresentou RTC 3000:1 e classe de exatidão C100.

Estes dados concomitante a figura 3, foram utilizados na modelagem dos TCs no *software* ATP.

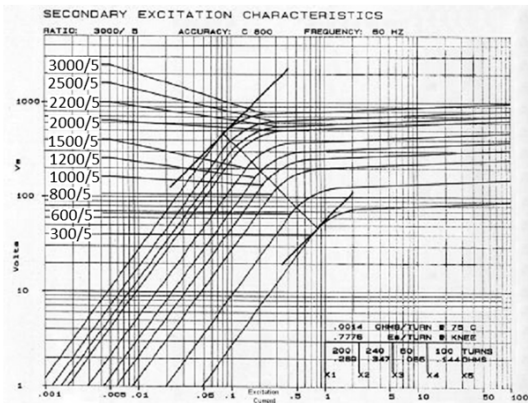


FIGURA 3 – Curva de Saturação dos TCs

Para o  $TC_{Margem Direita}$ , através da coleta dos seguintes pontos:

Tabela 1 – Curva de saturação do TC da SEMD

I[A]rms	U[V]rms
0.001	1.3

0.06	300
0.09	500
0.1	600
0.2	700
1	800
100	1000

Para o  $TC_{Villa\ Hayes}$ , através da coleta dos seguintes pontos:

Tabela 2 – Curva de saturação do TC da SEVH

I[A]rms	U[V]rms
0.004	1
0.006	40
0.06	500
0.08	60
0.1	80
0.14	100
0.4	130

### 2.2.1 Inserção dos modelos da linha e dos TC entre a SEMD e a SEVH

Após serem modelados, o próximo passo realizado foi inserir os elementos entre a Subestação da Margem Direita e a Subestação de Villa Hayes e conferir se os resultados obtidos eram coerentes. Para realizar essa etapa foi utilizado o *software* ATP.

Na figura 4 pode ser visto o circuito implementado no *software* ATP.

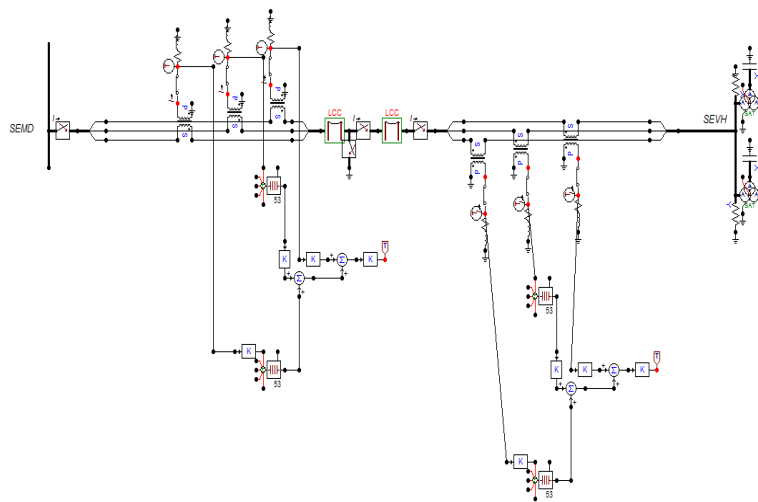


FIGURA 4 – Circuito implementado no *software* ATP

Os modelos implementados para os transformadores de corrente foram conferidos por meio de chaves em série que permitem verificar a passagem de corrente em cada fase.

## 2.3 Modelagem da Função de Proteção 87

O IED RED 670 foi modelado, no *software* MATLAB, utilizando as rotinas descritas no seu manual técnico.

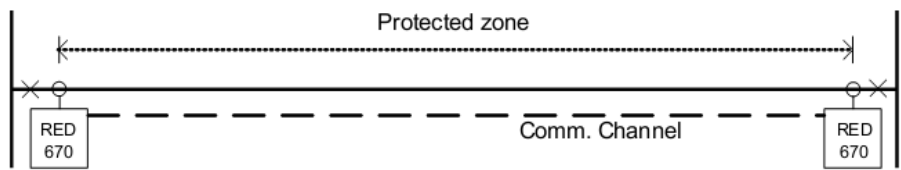
### 2.3.1 Função diferencial (PDIF ou 87)

Aqui foi descrito o funcionamento do relé de acordo com os dados coletados do Manual Técnico de Referência do IED RED670 que será utilizado na implementação das funções de proteção da linha entre a SEMD e a SEVH.

O detalhamento do funcionamento do relé é dado na seção quatro do manual do relé: Proteção Diferencial, onde são descritas a forma de medição, as funções e parâmetros utilizados na proteção diferencial.

Pode ser visto abaixo um exemplo que se aplicará ao caso estudado, uma linha de transmissão com dois terminais. Percebe-se pela figura 5 abaixo, que a zona de proteção definida encontra-se entre os dois TCs que disponibilizam as correntes aos IEDs RED670, localizados nos extremos da linha. Pode ainda ser visto o canal de comunicação utilizado entre os IEDs descrito como *Comm. Channel* que é uma fibra óptica implementada dentro de um dos

cabos guarda. Este arranjo, denominado OPGW é composto de um cabo condutor metálico onde coaxialmente estão instalados os cabos de fibra óptica.



en05000039.vsd

FIGURA 5 – Zona de proteção

O cabo OPGW, quando utilizado no sistema de proteção, traz as seguintes vantagens:

- Imunidade à interferência eletromagnética e eletrostática;
- Velocidade na transmissão do sinal luminoso;
- Precisão nos dados transmitidos;
- Disponibilização de vários canais de comunicação possibilitando as realizações de outras funções, tais como: telefonia, medição, supervisão e controle, transmissão de sinal de áudio e de vídeo, principalmente para ações de segurança do monitoramento do pátio das subestações;
- Possibilidade de ações de autodiagnose na integridade do sistema de proteção com respeito aos relés e das fibras ópticas e transmissão do sinal;
- Canal de comunicação dedicado e seguro para ações de transferência de sinal objetivando o bloqueio ou o disparo do disjuntor remoto;
- Pequena atenuação do sinal transmitido cobrindo grandes distâncias de comunicação;
- Separação galvânica entre os circuitos elétricos do sistema de proteção com o sistema de fibras ópticas;
- Grande largura de banda;

Prosseguindo na análise do Manual Técnico do IED, lê-se que a função de proteção desenvolvida pela proteção diferencial percentual é realizada por uma curva que se inicia com um valor de operação mínimo fixo que prossegue até o ponto *EndSection1* e então segue na primeira reta com inclinação definida pelo valor *SlopeSection1* até o ponto *EndSection2* chegando finalmente a última reta que apresenta maior inclinação *SlopeSection2*, aumentando a restrição do relé e consequentemente desensibilizando-o para faltas com maiores níveis de corrente e maior possibilidade de saturação.

A corrente de restrição é a maior corrente de restrição dentre todas as fases envolvidas, porém a corrente de operação é definida separadamente para cada fase de modo que permita o trip monofásico e a operação do sistema com duas fases por determinado intervalo de tempo.

Além desta primeira curva são apresentadas ainda outras duas possibilidades, sendo a primeira formada pela conexão dos pontos ABC e a última pelo ajuste do valor máximo de corrente de operação, *UnrestrainedLimit*, resultando no gráfico que pode ser visto abaixo na figura 6:

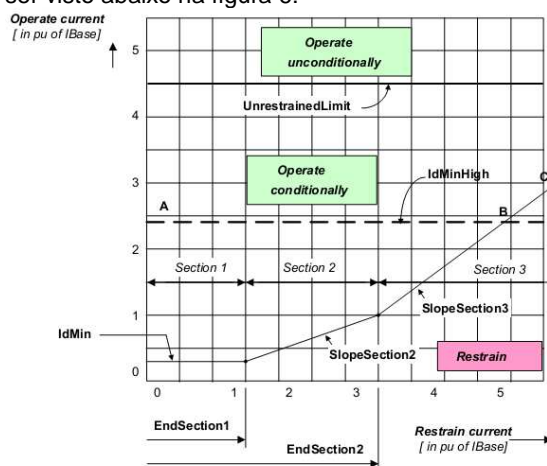


Figura 6 – Gráfico PDP

A curva formada pela ligação dos pontos ABC somente será utilizada caso o nível de segundo e quinto harmônicos presentes na corrente de linha passe dos valores definidos individualmente para cada um desses parâmetros, esta filosofia tem como função desensibilizar a proteção no momento de energização da linha, devido a corrente de

energização desta gerar uma falsa corrente diferencial que pode gerar um *start* nas funções de proteção caso esteja dentro da zona de operação, operando indevidamente e não permitindo a energização da linha. A última análise realizada pelo relé é a da localização da falta como externa ou interna, através da comparação do ângulo de sequência negativa do terminal local da linha com o terminal remoto, como pode ser visto na figura 7:

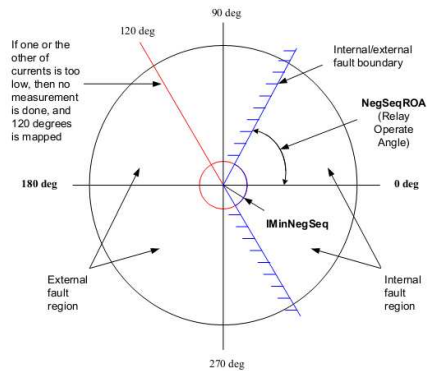


Figura 7 – Discriminador de faltas

- NegSeqROA: Ajuste que define o limite do ângulo de sequência negativa para discriminar faltas internas e externas.
- IminNegSeq: É a corrente mínima de sequência negativa.

### 2.3.2 Simulação da função de proteção diferencial 87L do IED RED670 utilizando o software MATLAB

Com base na descrição realizada no tópico anterior, simulou-se o funcionamento do relé através da implementação de um *script* em MATLAB.

Os dados utilizados para verificar o funcionamento foram coletados do sistema modelado em ATP.

Como o manual do relé não forneceu as equações sobre as quais são realizadas as suas operações, buscou-se implementar fórmulas descritas em bibliografia reconhecida. A aplicabilidade destas equações foi comprovada via simulações e os resultados destas, em sua extensa maioria, mostraram ser coerentes com os resultados esperados em um sistema real.

A sequência lógica desenvolvida no *script*, seguiu o diagrama de blocos demonstrado abaixo na figura 8:

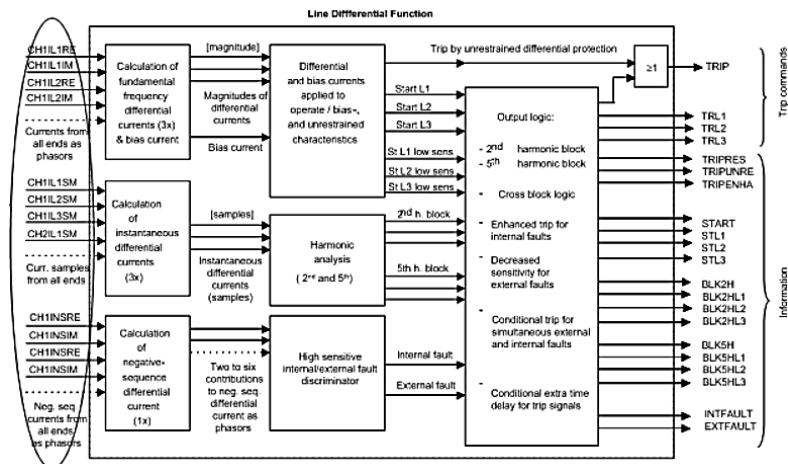


Figura 8 – Diagrama de blocos da função de proteção diferencial de linha do IED RED670

## 3 - SIMULAÇÕES REALIZADAS E AJUSTES DEFINIDOS

Após o desenvolvimento do *script* para a simulação do IED RED670 foram realizados diversos testes para a verificação do código implementado e para a definição dos ajustes do relé de modo a garantir uma proteção rápida, confiável e seletiva.

Nesta etapa, partiu-se do ajuste *Default* indicado pelo manual do relé, e a partir deste foram realizados novos ajustes de modo a atender algumas filosofias que serão descritas ao longo deste capítulo.

### 3.1 Aplicação de perturbações e análise dos resultados sobre o ajuste *Default*

As seguintes situações foram aplicadas perante o código do relé: carga nominal, energização da linha em vazio, energização da carga, curto-circuito monofásico, bifásico, bifásico-terra e trifásico aos 100ms em 40% da linha e externo à linha (Villa Hayes). Além desses eventos foram simulados ainda um curto monofásico e um curto trifásico no início da linha.

Os seguintes testes foram realizados, com os respectivos resultados:

- Carga nominal: Todas as fases permaneceram abaixo da curva de restrição. O nível de segundo harmônico presente na linha foi muito baixo ou até mesmo desprezível. O nível de quinto harmônico foi muito baixo, comprovando que em condições nominais apenas a frequência fundamental deve estar presente. Mesmo que as correntes nas fases superassem a curva de restrição, o detector de faltas teria bloqueado os trips por tê-las percebido como eventos externos, pois o ângulo de sequência negativa se manteve em 120°;
- Energização da linha em vazio: No plano diferencial percentual nenhuma das fases esteve acima da curva de restrição, logo todas se mantiveram restringidas. No gráfico percentual de segundo harmônico o menor valor obtido estava na fase C, sendo de aproximadamente 15%. No gráfico percentual de quinto harmônico o menor valor obtido estava na fase C, sendo aproximadamente 9%. O ângulo de sequência negativa foi identificado como sendo 120° durante todo o tempo do evento simulado, isso ocorreu devido ao baixo valor da corrente de sequência negativa, o relé então opera setando o valor do ângulo automaticamente para 120° *Default*;
- Energização da carga: Todos os pontos permaneceram abaixo da curva de restrição. O menor valor detectado para a proporção de segundo harmônico foi 20%. O menor valor detectado para a proporção de quinto harmônico foi 20%. O ângulo de sequência negativa se manteve em 120°, e durante o período de energização foi para 180°, ou seja, se manteve como evento externo, o que bloquearia qualquer tentativa de trip do relé, a não ser que esta fosse originada pela curva irrestrita, o que não é o caso;
- Curto-circuito monofásico no início da linha: A fase A entrou na região de operação, enquanto as outras fases se mantiveram abaixo da curva de restrição;
- Curto-circuito trifásico no início da linha: Todas as fases entraram na região de operação, ou seja, todas elas operaram corretamente;
- Curto-circuito monofásico em 40% da linha: Novamente, apenas a fase A entrou na região de operação, ou seja, operação correta;
- Curto-circuito bifásico em 40% da linha: As fases A e B entraram na região de operação, enquanto a fase C permaneceu sob a curva de restrição, operação correta;
- Curto-circuito bifásico-terra em 40% da linha: Apenas as fases A e B superaram a curva de restrição e geraram sinal de trip;
- Curto-circuito trifásico em 40% da linha: Todas as fases superaram a curva de restrição, porém ficaram mais próximas do ajuste *IdMin*. Ao contrário do curto-circuito trifásico aplicado no início da linha, nesse caso o detector de faltas localizou a falta como sendo externa, pois o nível de corrente de sequência negativa foi praticamente nulo, pois foi uma falta simétrica, e então foi setado pelo relé como sendo 120°, porém ele ainda assim foi capaz de detectar a falta como interna, essa decisão foi tomada durante o período inicial da falta, devido ao desbalanço entre as correntes de entrada e saída da zona de proteção, ele consegue detectar a falta como interna nos pontos onde o ângulo de sequência negativa cai para 0°, conforme figura 9:

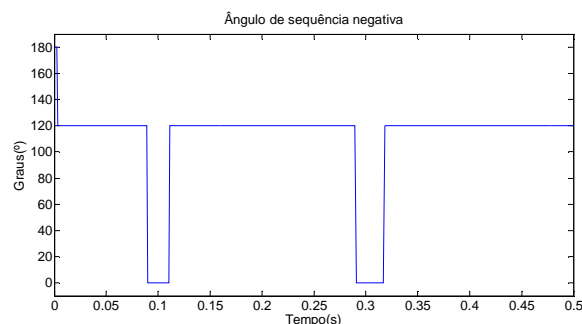


Figura 9 – Discriminador de faltas Curto trifásico em 40% da linha

- Curto-circuito monofásico externo à linha (Villa Hayes): Todas as fases permaneceram abaixo da curva de restrição, isso por si só demonstrou que o relé não operaria indevidamente, porém os pontos poderiam estar acima da curva, mas nesta situação o localizador de faltas deveria bloqueá-la, o que foi verificado logo após a apresentação dos componentes harmônicos deste teste;

### 3.2 Ajuste dos parâmetros aplicáveis a função de proteção diferencial de linha do IED RED670

Tendo em vista a aplicabilidade do ajuste *Default* do IED RED670 partiu-se para uma análise mais vasta, aplicando-se os quatro tipos de curto-circuitos em diferentes ângulos do sinal de corrente, de modo a aumentar ou reduzir a componente DC da corrente de curto-circuito dinâmica.

A seguir desenvolveu-se a seguinte análise, para 0%(interno), 20%, 40%, 60%, 80% e 100%(externo) da linha foram aplicadas faltas monofásicas, bifásicas, bifásicas-terra e trifásicas em 0°, 45° e 90° do sinal de corrente da fase A.

Para esta análise foi implementado um novo código em *Matlab* no qual foram analisados esses 78 casos e ainda para o consumo em operação nominal, totalizando 79 casos.

#### 3.2.1 Ajuste dos Parâmetros Genéricos do Relé

Parâmetros que podem ser ajustados no IED e que são referentes aos dados do sistema ao qual será aplicada a proteção implementada.

Os parâmetros ajustados e a razão dos valores está descrita abaixo:

- IBase

Segundo o manual técnico do relé o valor a ser setado deve ser a maior corrente primária dos transformadores de corrente utilizados, neste caso será 4000 A.

- NoOfTerminals

Como a linha a qual será aplicada a proteção apresenta apenas dois terminais o valor a ser setado deve ser 2.

- Chan2IsLocal

Ajuste realizado para indicar se existe uma segunda corrente local devido a configuração disjuntor e meio, neste caso o ajuste realizado indicou que não, 0.

#### 3.2.2 Parâmetros que dizem respeito a curva percentual diferencial

- Operation

Ajuste que permite o funcionamento da função de proteção diferencial de linha. Ajuste realizado: Yes.

- IdMinHigh

Este ajuste é utilizado para alterar a curva de restrição durante a energização da linha ou durante a detecção da falta externa. Neste caso a energização da linha é detectado pela presença de segundo e quinto harmônicos, porém o valor destes é baixo em comparação aos que foram obtidos durante as perturbações aplicadas, o que mostrava a inviabilidade deste ajuste, e com relação a presença de faltas externas, nunca será desejado a atuação da proteção diferencial da linha, pois iria contra a filosofia da mesma. Portanto o ajuste realizado buscou garantir a não atuação desta proteção, ou seja, se possível fosse o ideal seria bloqueá-la. O ajuste padrão é de 1 p.u do valor de IBase adotado.

- IdMin

Além disso, ao inserir o erro de dez por cento de cada TC e cinco por cento do relé, o ajuste definido para IdMin deve ser de 25%.

Para realizar o ajuste da corrente mínima foi analisada a corrente diferencial causada pelo carregamento da linha, a corrente diferencial causada pela defasagem do sinal devido a reatância série e finalmente a corrente diferencial causada pelo erro dos transformadores de corrente e pelo erro do próprio relé utilizados na medição.

Para o primeiro caso, da corrente diferencial causada pelo carregamento da linha, a figura 55 mostra a corrente diferencial medida pelo IED em função deste carregamento da linha em vazio, e tendo permanecido dentro da zona de restrição, não ocorreu a operação indevida.

Para o ajuste devido a defasagem do sinal, já foi demonstrado que durante a operação nominal a corrente diferencial é praticamente nula, e finalmente resta então o ajuste devido ao erro do próprio TC, que no pior caso seria de 20% somando os erros dos dois TCs e neste caso seria 0.2IBase, há ainda o erro do próprio TC que pode se considerar 5% como uma margem de segurança, resultando em 0.25IBase, ou arredondando 0.3IBase.

- EndSection1

Do comissionamento do relé, obteve-se o gráfico acima para a série de 78 perturbações simuladas.

O ajuste padrão proveniente do manual do relé setou 1,25 como sendo o valor para EndSection1, porém repara-se que este valor fica extremamente longe de qualquer ponto de falta, e então analisando-se o gráfico reduziu-se este valor para 0,6.

- SlopeSection2

O ajuste indicado pelo manual do relé é 40, porém ele cita ainda que se conhecidas as condições operacionais do sistema pode ser ajustados outros valores de modo a aumentar ou reduzir a sensibilidade desta seção, e é o que foi realizado aqui, o ajuste foi setado para 25, considerando 10 por cento para cada TC e 5 por cento para uma margem de segurança do relé.

- EndSection2

O ajuste indicado pelo manual relé para este valor é de 3, é ainda indicado que pode ser alterado se o usuário conhecer as condições do sistema. Pela análise gráfica utilizou-se 1,2 como o novo valor, de maneira a reduzir a sensibilidade do relé para faltas com altos níveis de corrente.

- SlopeSection3

A seguir implementou-se uma inclinação de modo a manter as perturbações no início da linha na zona de restrição da curva com duas inclinações, porém isso será melhor explicado durante o ajuste da curva irrestrita. O ajuste padrão era 80%, foi alterado para 60%.

O resultado dessa alteração pode ser visto abaixo.

- IntervldMinHig

Manteve-se o ajuste padrão para este valor, visto que o ajuste aplicado para IdMinHigh fará com que ele nunca irá operar. Portanto o valor mantido foi de 1 segundo.

- Idunre

O ajuste para trip instantâneo foi realizado de modo a obter velocidade máxima de operação para faltas próximas a subestação da Margem Direita, para isso o valor padrão de ajuste que era 9 foi substituído por 4.

- I2/I1Ratio

O ajuste determinado para este parâmetro teve de levar em conta a alta presença de harmônicos durante as perturbações aplicadas e devido a este fato o valor indicado para ajuste foi de 100%.

- I5/I1Ratio

O ajuste determinado para este parâmetro teve de levar em conta a alta presença de harmônicos durante as perturbações aplicadas e devido a este fato o valor indicado para ajuste foi de 100%.

- NegSeqDiff

Este ajuste libera a localização de faltas pela comparação por sequência negativa, como este parâmetro é desejado, foi ajustado como sendo 1.

- NegSeqROA

Este ajuste tem como função setar o máximo ângulo para a definição de perturbação interna pelo discriminador de faltas.

Durante as simulações, todos os ângulos para as faltas internas foram de 0° graus, enquanto os de falta externa variaram entre 120° e 180°, isso indica um funcionamento excessivamente correto, o que indicaria que não foram analisados casos suficientes ou que existem outros parâmetros envolvidos no equacionamento que não foram levados em conta. Para garantir uma correta operação, setou-se o valor deste parâmetro como 60°, o que o deixa bastante abaixo ainda das faltas externas.

- IminNegSeq

Este valor buscou anular o efeito de operações indevidas durante eventuais desbalanços, o que não é comum em linhas de transmissão, mas deve ser levado em conta também. Neste caso o ajuste padrão é 4% do valor de IBase, e foi mantido por se mostrar coerente, ou pelo menos não ter gerado nenhum trip indevido.

#### 4 - CONCLUSÃO

O trabalho proposto visou analisar as implicações da proteção diferencial aplicada a linhas longas, para realizar este processo, buscou-se referências bibliográficas que pudessem indicar os principais parâmetros a serem levados em conta.

Durante o estudo dos transformadores de corrente que serão aplicados à proteção diferencial, observou-se que a modificação do cabo conectado ao secundário do TC de 6mm<sup>2</sup> para um de 10 mm<sup>2</sup> atenua mais a saturação do TC da SEMD do que a modificação da RTC, proporcionando uma solução mais barata e simples.

Basicamente o que se realizou posteriormente foi uma seleção dos principais fatores a serem levados em conta: corrente de carregamento da linha, defasagem do sinal de corrente devido à reatância série da linha, defasagem do sinal de comunicação entre os IEDs (*Intelligent Electronic Device*), saturação dos TC (transformador de corrente),

erros de medição dos TCs e presença de segundo e quinto harmônicos durante a energização da linha. Alguns destes tiveram de ser modelados individualmente para que se obtivesse uma representação ao menos aproximada de suas influências no sistema de proteção. Outros foram apenas abordados teoricamente. Mas em geral, buscou-se a mais completa análise possível dentro das limitações do trabalho.

Como resultado desta análise, obtiveram-se ajustes para o IED que será utilizado na implementação da proteção.

Os ajustes realizados tiveram como foco manter a seletividade do sistema de proteção, garantindo para as faltas próximas a subestação da margem direita a máxima velocidade de operação.

Com relação aos bloqueios para a energização da linha, eles não puderam ser realizados pelo fato das perturbações analisadas apresentarem também um alto valor para estes parâmetros. Este fato não impediu a restrição da operação da proteção diferencial durante a energização da linha, isto ocorreu pelo fato de a energização da linha cair naturalmente na região de restrição.

Finalmente, com relação ao discriminador de faltas, este operou com sucesso até mesmo no caso de falta trifásica, o que demonstrou uma coerência com o implementado no relé em estudo.

Após a realização do estudo da proteção diferencial de linha, o próximo estudo interessante indicado a ser realizado deveria ser o estudo da proteção de distância (PDF ou 21), o que em complemento com a função de proteção diferencial de linha estabeleceria as duas funções principais de proteção implementadas no IED RED670.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI). *IEEE C37.2: standard electrical power system device function numbers, acronyms and contact designations*. New York, 2008.
- (2) INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). *IEC 61850-4: Compatible logical node classes and data classes 2.ed.* Geneva, 2008.
- (3) KINDERMANN, Geraldo. **Proteção de Sistemas Elétricos de Potência**. Volume 1. Florianópolis - SC, 2005, 2ª edição.
- (4) STEVENSON, William D. JR & GRAINGER, John J. **Power System Analysis**. Singapore: McGraw-Hill, 1994.
- (5) BLACKBURN, J. Lewis. **Protective Relaying. Principles and Applications**: M.Dekker, 1998.
- (6) ZOCHOLL, S. **Análise e Aplicação de Transformadores de Corrente**. Schweitzer, 2004.
- (7) CARVALHO, G. **Máquinas Elétricas. Teorias e Ensaio**s. Érica, 2006.
- (8) PRYSMIAN. *Baixa Tensão Uso Geral*. Prysmian, 2004.
- (9) ITAIPU BINACIONAL. 6693-DC-L0601-P R1. Foz do Iguaçu, 2008.
- (10) ITAIPU BINACIONAL. 6452-DC-G3300-P. Foz do Iguaçu, 2008.
- (11) ITAIPU BINACIONAL. 6452-DC-G3301-P. Foz do Iguaçu, 2008.
- (12) ABB. *Technical reference manual Line differential protection IED RED 670.*, 2007.

## 5 - DADOS BIOGRÁFICOS

Douglas de Oliveira Brunismann

Foz do Iguaçu/PR

[douglas.brunismann@hotmail.com](mailto:douglas.brunismann@hotmail.com)

+55(45)9949-4311

Skype: Douglas.Brunismann