



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

GPC 21
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO V

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

SISTEMA AUTOMÁTICO DE AVALIAÇÃO DE PROTEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

Light Serviços de Eletricidade S.A.

**Marco Antonio M. Rodrigues
André Luiz L. Miranda
Mônica V.F. Figueiredo**

**Raul Balbi Sollero
João Câncio C. de Oliveira**

**Luiz Augusto C. D. Castillo
Fábio Destefani Campos
Nelson Felipe da Costa**

RESUMO

O artigo apresenta um sistema concebido para analisar o desempenho da proteção de uma empresa concessionária de distribuição de energia elétrica a partir de dados de oscilografia, sejam eles dos próprios relés, quando possível, ou de registradores de oscilografia dedicados. São apresentadas as características e a estrutura funcional do sistema, que foi projetado para identificar eventos de faltas e desligamentos em arquivos de oscilografia e proceder à análise do desempenho da proteção através de um sistema especialista. O desempenho é avaliado a partir de um padrão esperado de comportamento dos sinais digitais registrados na oscilografia (que foram recebidos e gerados pelos relés), complementado com informações geradas por "relés virtuais", simplificados, alimentados com as grandezas de tensão e corrente do evento, que enriquecem a avaliação com informações adicionais, como por exemplo a direção da corrente de falta.

PALAVRAS-CHAVE

Análise da proteção de linhas de transmissão, sistemas especialistas, oscilografia, faltas em linhas de transmissão, tecnologia WEB

1.0 - INTRODUÇÃO

O CEPEL desenvolveu, como parte do Programa Aneel de Pesquisa e Desenvolvimento da LIGHT Serviços de Eletricidade S.A, um sistema para análise do desempenho da proteção a partir de registros oscilográficos. O objetivo de tal sistema é o de tornar mais efetiva a capacidade da empresa de analisar perturbações e tomar ações corretivas, particularmente no âmbito do sistema de proteção.

A análise automática de oscilografias permite que se obtenha informação básica sobre os eventos monitorados, organizados e condensados para consulta rápida, permitindo que os especialistas em análise da proteção possam se concentrar no foco de sua atividade, e não no trabalho de busca de arquivos e organização de repositórios. Além disto o diagnóstico fornecido pelo sistema, que é uma análise preliminar a ser validada pelo mesmo, auxilia na seleção dos eventos de maior importância.

O sistema foi desenvolvido a partir da experiência em projeto anterior, apresentado em (1). Neste projeto foram estudados os algoritmos para análise de canais analógicos da oscilografia e foi construído um protótipo para demonstrar a aplicação dos mesmos. No projeto aqui apresentado, o escopo da análise foi estendido à proteção das linhas de transmissão de 138 kV, além incluir novos componentes para melhorar o processo de automação da análise da oscilografia.

2.0 - O SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE OSCILOGRAFIAS

O Sistema de Gerenciamento de Oscilografias é um conjunto de programas desenvolvido com o objetivo de auxiliar os profissionais que lidam com numerosos arquivos de oscilografia digital, provenientes da monitoração do sistema elétrico de potência. Este sistema tem em seu núcleo o SINAPE, programa para análise de oscilogramas já estabelecido no Setor (2), porém agrega recursos voltados para viabilizar o tratamento de uma grande quantidade de pontos do sistema monitorados por uma equipe relativamente reduzida.

O Sistema de Gerenciamento monta, automaticamente, um cadastro com as oscilografias detectadas permitindo localizá-las através de vários filtros, como data, empresa, subestação ou barra, como mostrado na Figura 2. Também realiza a análise automática das oscilografias extraindo diversos dados dos registros, tais como a identificação de trechos da ocorrência (por exemplo pré-falta, falta e abertura de linha) apontando as fases envolvidas e calculando os valores das grandezas elétricas em cada trecho. Na parte da análise da proteção, o desempenho do relé, indicado pelos canais digitais que o monitoram, é comparado com um conjunto de regras que determinam o seu comportamento esperado. Os resultados são mostrados em um relatório sinóptico da oscilografia, mostrado Figura 3.

O sistema, desenvolvido para a plataforma Windows™, é composto pelos seguintes módulos, conforme ilustra a Figura 1:

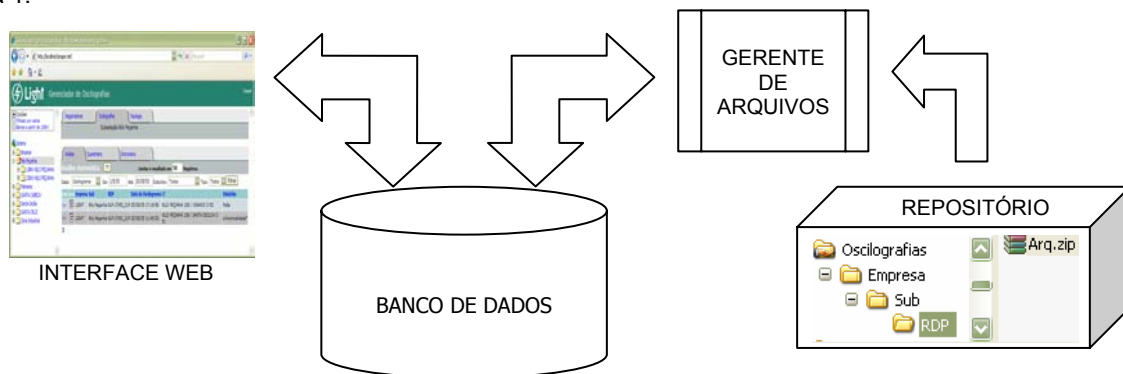


Figura 1: Diagrama simplificado do Sistema de Gerenciamento de Oscilografias

- **Repositório de Arquivos:** local onde são armazenados os arquivos de oscilografia, permitindo ao usuário a consulta ou cópia dos mesmos. O sistema é flexível na forma como os arquivos são armazenados, pode trabalhar com mais de um repositório, e com hierarquias distintas na divisão de subdiretórios. Na LIGHT optou-se utilizar um repositório único e por organizar os arquivos em uma hierarquia de diretórios que identifica sua origem: empresa, subestação, oscilógrafo (pode ser RDP ou relé de proteção com função de oscilografia).
- **Banco de Dados:** É o repositório de dados dos componentes do sistema. Resumidamente, o servidor de banco de dados guarda o cadastro dos seguintes componentes: topologia do sistema elétrico monitorados; registradores com os dados dos locais de instalação e ligações aos equipamentos do sistema elétrico; relés de proteção; regras para a avaliação da proteção; resultados da análise automática e da avaliação da proteção e opções de configuração do sistema
- **Gerente de Arquivos:** É um serviço executado em background, conforme mostrado na seção 2.2.
- **Interface web:** É formada por um conjunto de páginas web acessíveis de qualquer computador conectado ao sistema, conforme mostrado na seção 2.1.

2.1 Interface WEB

A interface *web* é um *site* de conteúdo dinâmico com acesso a banco de dados, desenvolvido em ASP.NET. Para permitir acesso rápido a telas correspondentes a diferentes funções do sistema, o *site* foi concebido em *frames* (partes) conforme mostra a Figura 2. Ao escolher um elemento da árvore, o usuário acessa os dados no *frame* à direita da tela por sua vez possui os dados separados por fichas na parte superior. Nela pode-se observar o acesso aos resultados da análise (ficha Oscilografias, acima e no centro), e, à esquerda e à direita, as fichas para acesso aos cadastros dos registradores e da topologia do sistema. Num plano inferior se observa novo conjunto de fichas, para acesso às funções relacionadas às análises dos arquivos.

A primeira função é de consulta aos resultados das análises. Na Figura 2 se observa a lista de oscilogramas analisados da subestação de Nilo Peçanha, no período entre 01/08/2005 a 30/08/2005 (estes dados são fictícios e servem apenas para ilustração). Também seria possível fazer a filtragem baseada no diagnóstico do sistema, recuperando, por exemplo, os casos onde houve faltas monofásicas, desligamento da linha etc. A partir desta tela é possível consultar o relatório sinóptico do oscilograma, mostrado na Figura 3 e explicado a seguir.

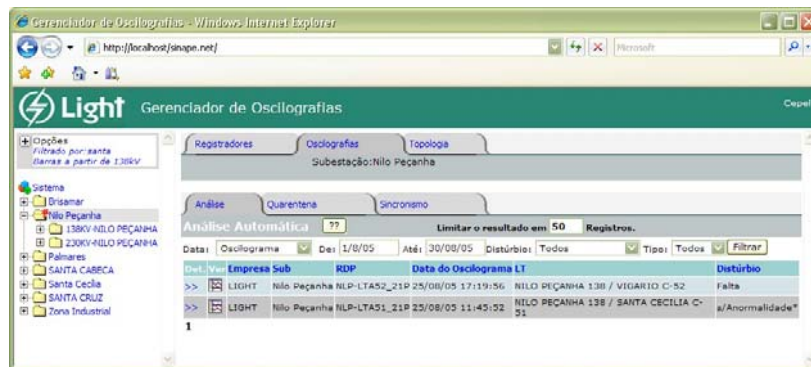


Figura 2: Tela com a listagem de arquivos analisados (eventos fictícios)

Além das funções de listagem e filtragem, similares às apresentadas na Figura 2, também é possível acessar telas para o tratamento da condição de quarentena, permitindo que os arquivos nessa condição possam ser analisados. A tela de sincronismo permite relacionar oscilogramas obtidos por diferentes oscilógrafos ligando-os a uma única perturbação, o que permite, por exemplo, uma análise mais sistêmica da proteção, como por exemplo a atuação da proteção e dos canais de comunicação envolvidos na função de distância com teleproteção.

O relatório sinóptico, mostrado na Figura 3, apresenta os resultados da análise da oscilografia, incluindo uma avaliação da proteção. Os detalhes destas funções podem ser lidos nas seções 2.3 e 3.0.

Avaliações da proteção:
Avaliações com Sincronismo:

Descrição:	Distância 2 term. (NLP/SCI C-51)	
Diagnóstico:	O relé 21 do term B recebeu sinal de bloq e não deu Trip por teleprot. O relé 21 do term A percebeu Z1 + T1, deu Trip e não enviou sinal de bloq.	
Instante da Avaliação:	-0,49 ms	
Conjunto de Proteção:	Avaliação do Esquema de Proteção de Distância de LTs de dois terminais	
Conjunto de Avaliação:	Relé de Distância	
	Terminal 1	Terminal 2
	Barra: 138KV-NILO PEÇANHA	Barra: 138KV-SANTA CECILIA
Relé:	NLP-LTA51_21P	SCI-LTA51_21P
Mod.:	MICOM P442	MICOM P442
Z1:	Função de distância com teleproteção de bloqueio por comp. direcional	Função de distância com teleproteção de bloqueio por comp. direcional
EnvBlq=	0	0
RecBlq=	0	1
Trip=	1	0
Z1=	1	0
Z2=	0	1
Z2TProt=	0	0
ZR=	0	0

Figura 3: Detalhe do relatório sinóptico com análise da falta

As telas referentes ao cadastro da oscilografia e da topologia, permitem a consulta e edição desses valores, havendo a possibilidade de se configurar o sistema para impedir a edição, se necessário.

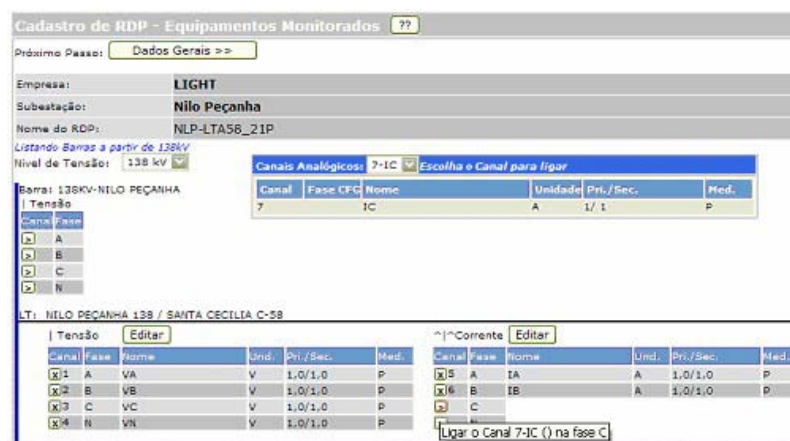


Figura 4: Detalhe do cadastro de RDP, mostrando sua conexão à linha de transmissão

O cadastro da topologia do sistema elétrico compreende os dados das subestações, usinas, barras, linhas de transmissão e das empresas responsáveis pelas instalações e equipamentos. O cadastro de registradores de perturbações é realizado a partir da leitura dos dados do arquivo de configuração descrito no padrão COMTRADE

(3). A Figura 4 mostra a especificação da ligação dos canais analógicos dos registradores com as tensões e correntes dos equipamentos monitorados. Neste exemplo, as barras e as linhas de transmissão já estavam cadastradas.

2.2 Gerente de Arquivos

O Gerente de Arquivos é o componente responsável pelo automatismo do sistema, operando sem intervenção do usuário ou administrador do sistema, a menos da configuração inicial de certos parâmetros.

O componente foi desenvolvido como um serviço do sistema operacional do computador (Microsoft Windows 2000 ou superior), o que lhe dá a possibilidade de ser automaticamente iniciado pelo próprio sistema operacional, mesmo antes de qualquer usuário entrar com sua senha. Desta forma o Gerente de Arquivos não necessita de intervenção para iniciar sua operação. Tal funcionalidade é fundamental para que uma de suas características funcione a contento: trata-se da detecção de adição arquivos em um ou mais diretórios que sejam monitorados pelo componente.

O Gerente de Arquivos possui um ciclo onde transcorrem todas as operações de processamento, a menos da detecção de arquivos, que ocorre de forma assíncrona. Este ciclo se repete a um intervalo parametrizável, assim como tem duração também parametrizável. Parâmetros como estes permitem definir um equilíbrio entre uma resposta rápida do sistema e o controle da carga computacional em situações de avalanche de arquivos (como o caso de um repositório já preenchido com muitos arquivos).

2.3 Análise automática de faltas

O Sistema de análise automática de faltas é um componente ativado pelo Gerente de Arquivos, que recebe como entrada os arquivos de oscilografia e gera como resultado valores que são escritos no banco de dados para uso posterior na montagem do relatório sinóptico, exemplificado na Figura 3. A análise automática de faltas é feita para cada linha de transmissão contida no registro de oscilografia e é dividida basicamente nas etapas de Processamento de Sinais e Análise de Evento, conforme a Figura 5.

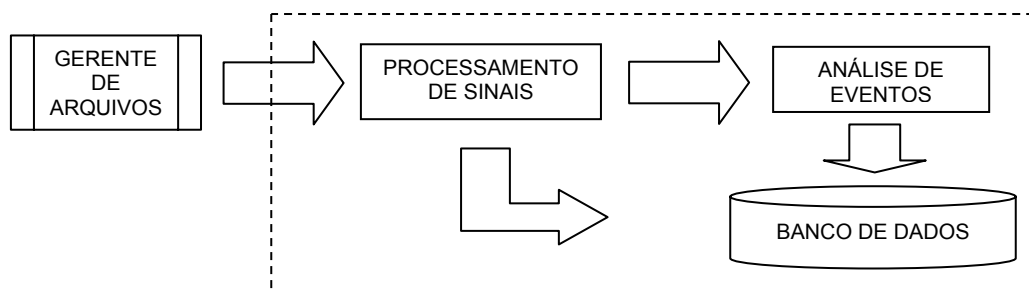


Figura 5: Diagrama esquemático da análise automática de faltas

2.3.1 Processamento de Sinais

É implementado por um conjunto de rotinas que operam sobre os arquivos de oscilografia armazenando valores medidos no Banco de Dados. Uma das tarefas iniciais é determinar, para o conjunto de canais que monitoram cada linha de transmissão, os trechos (intervalos de tempo) referentes a cada estado do sistema ao longo da falta, obtendo valores que os caracterizam. Para eventos de falta os trechos típicos são os trechos de pré-falta, falta e pós-falta.

A pré-falta é caracterizada por níveis nominais de tensão e níveis de corrente constantes e dentro de um limite esperado para a carga. Porém, existe a possibilidade do oscilograma não se iniciar por um período típico de pré-falta, como nos casos de energização de linha de transmissão ou quando há o disparo do oscilógrafo no meio de uma falta evolutiva, por comando externo ou por algum ruído de alta frequência, não havendo senão o registro do sistema em regime permanente, sem qualquer trecho a ser definido.

A etapa de falta é caracterizada, em geral, por uma variação dos níveis de tensão e corrente de forma correlacionada. O problema é mais complexo que na pré-falta, pois dependendo da configuração do sistema, várias situações se estabelecem, como o aumento dos valores de corrente, sem a variação da tensão, ou a inversão da fase da corrente, sem grandes variações na amplitude da mesma (no caso de faltas externas à linha monitorada), ou mesmo a variação da amplitude em fases que não participam da falta, devido, entre outros fatores, à indução de corrente na fase faltosa.

A etapa de pós-falta é a mais difícil de se analisar, pois depende da progressão da falta e da extensão do registro.

Muitas vezes o registro termina sem que a condição final do sistema se estabeleça. A falta pode ser eliminada ou a linha pode ser desligada. Pode haver uma tentativa automática de religamento feita pelo sistema de proteção, com ou sem sucesso. Como nestes casos não há qualquer indicação do registrador sobre a ocorrência de cada etapa, o sistema precisa de várias heurísticas para identificá-las.

Uma vez ultrapassada a etapa de identificação dos trechos, é feita uma medição de valores para cada trecho, tais como valor RMS, DHT e cálculo do fasor da componente fundamental. Estes valores servirão de base para determinação do tipo de evento registrado. Além disso, é determinado, de modo preciso, se um trecho tem sinal com resolução suficiente para ser analisado ou se deve ser descaracterizado para efeito de análise (trecho inválido).

2.3.2 Análise de Eventos

Consiste no processamento computacional com objetivo de refinar as informações sintéticas obtidas com a etapa anterior. Procura determinar se a LT sofreu uma falta. Caso isto tenha ocorrido, sua duração, tipo (fase-fase, fase-terra, bifásica à terra ou trifásica) e distância aproximada são, quando possível, calculadas.

No caso em que o oscilograma foi disparado por outro tipo de evento (sobre-corrente em uma fase devido a falta em linha adjacente, energização, falso disparo, linha aberta etc.) o resultado será um diagnóstico que se enquadra em alguns padrões pré-definidos, tais como energização, religamento, sem pré-falta, sem anormalidade, sem parâmetros de linha, poucos canais, linha aberta, linha desligada, inválido, desligamento, abertura, sem dados no BD e falta.

Adicionalmente, fenômenos como inversão da polaridade da fase de um canal no transdutor, aumento da distorção harmônica, violação de níveis de harmônicos recomendados e excesso de tensão residual também são indicados. Esta informação adicional pode fazer com que um oscilograma sem registro de falta possa contribuir para melhorias no sistema.

O resultado final é oferecer aos engenheiros responsáveis pela análise meios para priorizar, com mais facilidade, os registros a serem analisados.

3.0 - AVALIAÇÃO DA PROTEÇÃO A PARTIR DA OSCILOGRAFIA

Este trabalho envolveu as proteções das linhas de transmissão aéreas e subterrâneas da LIGHT, no nível de 138 kV. Foram incluídas as proteções de distância com esquema de teleproteção de bloqueio por comparação direcional, diferencial de corrente e direcional de sobrecorrente.

A análise da proteção se divide em duas partes: análise da coerência dos sinais e análise comparativa com modelagem de elementos do relé. A análise de coerência consiste na comparação dos sinais digitais de entrada e/ou saída do relé com padrões esperados de comportamento, permitindo ao sistema inferir um funcionamento incoerente, conforme explicado na seção 3.1. A análise comparativa com modelagem de elementos do relé utiliza também os canais analógicos da oscilografia para realizar uma simulação de certos elementos comuns em relés de proteção, como por exemplo, o elemento direcional de corrente, como descrito na seção 3.3.

Na análise da proteção a partir da oscilografia é importante considerar a origem dos dados. A oscilografia produzida por relés é mais confiável, pois está reproduzindo um estado interno do próprio relé. Neste caso há, em geral, mais sinais disponíveis, pois seu registro não depende de conectores ou de fiação externa. Já a oscilografia produzida por RDPs costuma ter menos informação e sua acurácia pode depender de lógicas e contactos externos ao relé. No sistema implementado foram utilizadas as oscilografias do relé sempre que possível.

3.1 Desenvolvimento de regras para avaliação de coerência

As regras para avaliação de coerência dos sinais dos relés de proteção das linhas de 138 kV foram desenvolvidas a partir do conhecimento adquirido com os especialistas da área de análise da proteção da LIGHT. Essas regras para as avaliações se baseiam na comparação dos estados dos canais digitais disponíveis na oscilografia com padrões pré-definidos de desempenho. Por exemplo, para relés de Distância (21), a análise utiliza os sinais de recebimento e emissão de bloqueio de fase e de neutro, de zona 1, zona 2 por teleproteção e zona 2, de zona reversa e de operação do relé (*trip*).

Com o objetivo de aumentar a flexibilidade do sistema, permitindo aos usuários criarem novas regras de avaliação sem a necessidade de codificá-las na linguagem do CLIPS, o algoritmo implementado no sistema especialista foi desenvolvido de forma que essas regras possam ser geradas dinamicamente a partir de informação armazenada no banco de dados.

As regras de avaliação são definidas através de uma classificação hierárquica, como exemplificado na Tabela 1.

Tabela 1: Exemplo de classificação hierarquizada das regras de avaliação

Conjunto de proteção	Conjuntos de avaliações	Avaliações	Testes	
Avaliação do Esquema de Proteção Diferencial de LTs de um terminal <ul style="list-style-type: none"> • Função envolvida: diferencial (87) • Quantidade de terminais de linha: um 	Relé Diferencial somente com Trip Relés: BPD-LTS123_87, SMT-LTS123_87, ...	O relé 87 não operou (não gerou <i>trip</i>)	Trip = 0	
		O relé 87 operou (gerou <i>trip</i>)	Trip = 1	
	Relé Diferencial com Transfer Trip local, Transfer Trip remoto, Bloqueio 87, Elem.87 e Trip Relés: PER-LTS136_87, BNP-LST136_87, GVD-LTS160_87 ...	O relé 87 operou devido à função 87	Elem.87	= 1
			Trip	= 1
			TT local	= 0
			TT Rem.	= 0
		O relé 87 operou devido à recepção de Transfer Trip	Elem.87	= 0
			Trip	= 1
			TT local	= 0
			TT Rem.	= 1
Operação intempestiva do relé	Elem.87	= 0		
	Trip	= 0		
	TT local	= 0		
	TT Rem.	= 1		
		Bloqueio 87	= 0	
			• • •	

3.2 Implementação utilizando o SE CLIPS

A Base de conhecimento do Clips foi desenvolvida orientada a objetos. Para isso, foram criadas classes para armazenar os dados de entrada e de saída do sistema. Os dados de entrada são as avaliações de proteção cadastradas e os estados dos canais digitais, ambos armazenados no Banco de Dados do Sinape. Os dados de saída são os diagnósticos das avaliações da proteção de todas as Linhas analisadas.

Para se criar as instâncias das classes definidas na Base de Conhecimento do Clips, o gerente de arquivos consulta o Banco de Dados do SINAPE, baseado nos oscilogramas que estão sendo analisados e nas suas respectivas Linhas de Transmissão, para obter os estados dos canais digitais pertinentes e as avaliações das regras. Com esses dados, o gerente de arquivos cria as instâncias das classes da Base de Conhecimento permitindo assim que o Clips baseado nessas informações faça inferências e crie as instâncias das classes de saída com o diagnóstico encontrado.

3.3 Modelagem da proteção

A análise comparativa com modelagem de elementos do relé permite que se tenha uma idéia do desenvolvimento da falta utilizando-se dados semelhantes aos disponíveis à sua lógica, ou seja, dados obtidos de seus elementos de proteção internos (“relés virtuais simplificados”). Numa simplificação inicial, optou-se por utilizar algoritmos básicos de proteção, pois mesmo sendo diferentes dos elementos reais implementados em equipamentos comerciais, eles são capazes de revelar características da falta que auxiliam na avaliação do desempenho da proteção.

3.3.1 Relé Diferencial

Para avaliar esquemas de proteção normalmente empregados na LIGHT para linhas de transmissão subterrâneas a partir de informação de oscilografia digital, usa-se um modelo baseado nas correntes medidas que é capaz de indicar se houve falta dentro da linha protegida. A Figura 6 apresenta uma representação esquemática deste modelo.

O Relé Diferencial deve operar para faltas dentro da linha protegida e não deve operar na ausência de faltas ou para faltas fora da linha. Para decidir se houve ou não falta dentro da linha protegida o relé de cada lado monitora a corrente dos terminais local e remoto. As medidas são transferidas de um terminal para outro por um canal de comunicação que nos relés mais modernos funciona via link de fibra ótica. Em condições normais de carga ou durante faltas externas as correntes em cada terminal são iguais, ou seja $I_1 + I_2 = 0$. Havendo uma falta interna surgirá diferença entre as correntes e o relé deve operar.

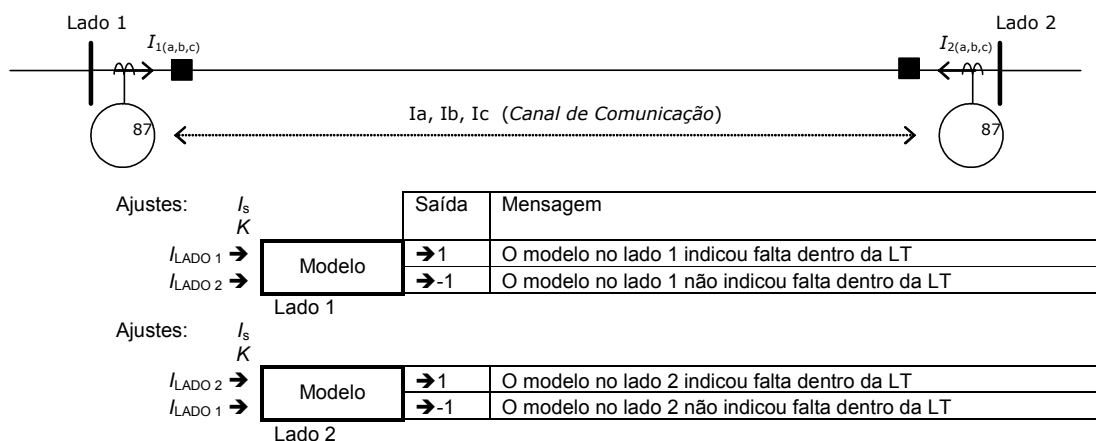


Figura 6: Representação esquemática da função diferencial de corrente (87)

Uma abordagem clássica para contornar erros inevitáveis em proteção diferencial é implementar a curva característica mostrada na Figura 7.

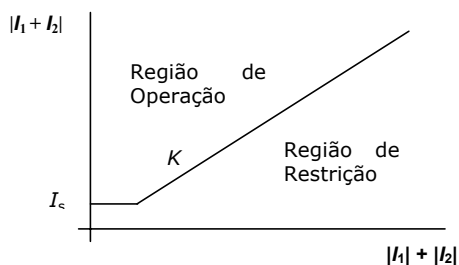


Figura 7: Curva característica da função diferencial de corrente

Considerando-se o relé do lado 1 da Figura 6, temos que I_1 é a corrente do terminal local, I_2 é a corrente do terminal remoto, $|I_1 + I_2|$ indica o módulo da soma fasorial das correntes de cada terminal da linha, $|I_1| + |I_2|$ indica a soma dos módulos das correntes de cada terminal da linha, I_s é a corrente mínima de operação do relé e K é a inclinação da curva característica. Assim, o relé deve operar somente se $|I_1 + I_2| > I_s$ e $|I_1 + I_2| > K (|I_1| + |I_2|)$. Vale ressaltar que as fórmulas e os sinais de entradas e saída aqui descritos são grandezas trifásicas com cada fase tratada em separado.

Na prática, ou seja, na construção de relés comerciais, pode-se ainda utilizar curvas características mais complexas, além de técnicas diversas, visando reduzir, ainda mais, a possibilidade de operação indevida para altas correntes de falta, correntes capacitivas da linha, erros dos transformadores de corrente, saturação dos transformadores de corrente em faltas externas e energização do equipamento protegido (LT).

3.3.2 Relé Direcional (67)

Para avaliar direcionalidade da corrente de falta a partir de informação da oscilografia digital, adota-se um modelo que usa as correntes e tensões trifásicas medidas em uma LT, conforme ilustrado pela figura 3.

Dentre as várias alternativas, decidiu-se modelar o relé direcional por funções que usam os componentes simétricos adequados para cada tipo de falta. Para faltas desequilibradas foram usadas as tensões e correntes de seqüência negativa (V_2 e I_2). A equação abaixo representa o "Torque" de um elemento direcional de seqüência negativa. Valores positivos do Torque indicam falta à frente e negativos indicam falta reversa. Esperam-se resultados adequados inclusive para faltas desequilibradas que envolvam a terra.

- $\text{Torque} = |V_2| \cdot |I_2| \cdot \cos[\angle -V_2 - (\angle I_2 + \angle ZL_1)]$

Para faltas equilibradas foram usadas as tensões e correntes de seqüência positiva (V_1 e I_1). A equação abaixo representa o "torque" de um elemento direcional de seqüência positiva. O torque de valor positivo indica falta à frente e negativo sinaliza falta reversa.

- $\text{Torque} = |V_1| \cdot |I_1| \cdot \cos[\angle V_1 - (\angle I_1 + \angle ZL_1)]$

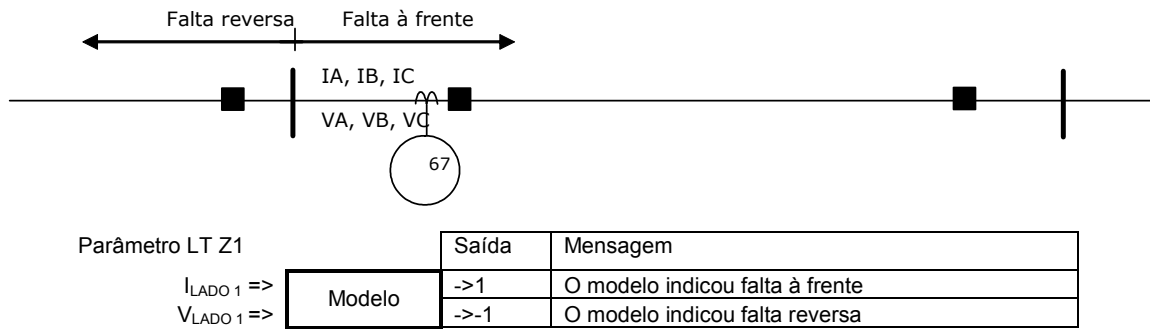


Figura 8: Representação esquemática da função direcional de corrente (67)

As funções escolhidas requerem apenas um parâmetro de ajuste (I_{ZL1}) e aparecem na literatura especializada como uma opção segura para indicar a direção da falta. O parâmetro I_{ZL1} poderá ser obtido diretamente dos parâmetros da LT protegida, sem ser preciso que o usuário cadastre um valor como ajuste do relé.

4.0 - CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um sistema concebido para realizar análise do desempenho da proteção da rede de transmissão de uma empresa a partir de dados de oscilografia, sejam eles dos próprios relés ou de registradores de oscilografia dedicados (RDPs). O sistema se baseia na análise inicial dos canais analógicos do oscilograma para determinar a natureza da perturbação, seguida da análise da proteção, incluindo os canais digitais. Todas as etapas da análise se processam mediante o cadastro, em banco de dados, de dados referentes à topologia do sistema elétrico de potência (barras, linhas de transmissão e subestações), aos registradores de perturbação e sua conexão aos equipamentos de potência e à proteção envolvida. Uma característica importante da análise da proteção é a possibilidade de alterar as regras de avaliação sem precisar escrever código fonte na linguagem do sistema especialista.

Embora de aplicação muito recente e, portanto, com experiência ainda restrita, o trabalho já demonstrou excelentes resultados. Algumas melhorias, entretanto, já podem ser vislumbradas. Pode-se citar o desenvolvimento de regras que melhor avaliem a dinâmica da atuação da proteção, considerando, por exemplo, se os tempos envolvidos estão dentro do esperado. Outra melhoria natural seria o refinamento da modelagem utilizada para os relés, sendo uma possibilidade a utilização de ferramentas para simulação de relés como o RSIM (4).

5.0 - AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seu agradecimento aos engenheiros Rui Menezes de Moraes e Renan Giovanini do ONS pelas valiosas contribuições técnicas para este projeto. Agradecem, também, a colaboração da engenheira Suelaine dos Santos Diniz em diversas etapas do mesmo.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) M. A. P. RODRIGUES, M. A. M. RODRIGUES, M. V. F. FIGUEIREDO, S. S. DINIZ, A. L. L. MIRANDA Sistema para Análise Automática de Oscilogramas na Light, VII Seminário Técnico de Proteção e Controle, Rio de Janeiro, junho de 2003.
- (2) M. A. M. RODRIGUES, C. A. M. AVIZ Sistema Integrado de Apoio à Análise de Perturbações – SINAPE, XIV SNPTEE (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica), 1997, Belém, .
- (3) IEEE C37.111-1999 IEEE Standard Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems".
- (4) M. A. M. RODRIGUES, R. B. SOLLERO, F. A. VIOTTI, R. M. MORAES, J. C. C. OLIVEIRA, M. V. F. FIGUEIREDO Simulação Dinâmica de Unidades de Proteção em um Sistema Integrado de Análise de Perturbações, XVII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE, 2003, Uberlândia/MG.