



**GRUPO V**

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

**REQUISITOS MÍNIMOS DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO PARA A CONEXÃO À REDE BÁSICA – UMA ABORDAGEM OBJETIVA**

**Fernando Luiz Goldman \***

**FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A**

**RESUMO**

Consumidores Livres e Produtores Independentes, no intuito de obter informações sobre suas instalações de conexão, se vêm obrigados a analisar o Sub módulo 2.5, que trata das proteções das linhas de transmissão integrantes da Rede Básica.

Este artigo procura esclarecer as dúvidas mais comuns em projetos de proteção de linhas de transmissão de acesso à Rede Básica, porém não integrantes da mesma.

É apresentada uma breve revisão das formas de acesso. A seguir é feita uma análise sucinta de alguns conceitos básicos usados no Sub módulo 2.5. Por fim, é analisada a aplicabilidade daqueles conceitos às Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo.

**PALAVRAS-CHAVE**

Consumidor Livre, Produtor Independente, Rede Básica, Proteção, Acesso.

**1.0 - PROTEÇÕES DAS INSTALAÇÕES DE ACESSO**

Os Procedimentos de Rede do ONS, em seu Sub módulo 3.8, tratam, entre outras coisas, das proteções necessárias às instalações de acesso à Rede Básica, e se remetem em quase todas as suas definições ao Sub módulo 2.5.

O problema se torna recorrente, pois Consumidores Livres e Produtores Independentes, no intuito de obter informações sobre suas instalações de conexão, se vêm obrigados a analisar o Sub módulo 2.5, que trata das proteções das linhas da Rede Básica.

**2.0 - FORMAS DE ACESSO À REDE BÁSICA**

As últimas resoluções da ANEEL sobre critérios para a composição da Rede Básica vêm definindo o acesso direto à Rede Básica de Transmissão do Sistema Interligado Nacional, para Consumidores Livres e Produtores Independentes, como só podendo ser feito em nível de tensão igual ou superior a 230 kV.

Situações especiais de acesso à Rede Básica, em menores níveis de tensão, seja via Demais Instalações de Transmissão (DIT) ou via instalações de Agentes Distribuidores são possíveis, porém não se caracterizam como acesso direto e fogem ao escopo deste informe técnico.

O acesso direto à Rede Básica é efetuado mediante uma de duas situações, a seguir:

- O acessante à Rede Básica propõe o seccionamento de uma linha existente;
- O acessante utiliza uma subestação já integrante da Rede Básica.

**2.1 Seccionamento de uma Linha Existente**

Quando o Acessante identifica como sua melhor opção de acesso, um ponto onde passa uma linha de transmissão da Rede Básica, ele pode propor o seccionamento da linha e a criação de uma nova subestação. O tratamento a ser dado ao assunto, detalhado em Resolução Normativa da ANEEL, dependerá do tipo de Acessante (Agente de Distribuição, Produtor Independente, Consumidor Livre, etc).

Dependendo do tratamento dado ao assunto, as novas instalações (uma subestação e dois trechos de linha) serão objeto de cessão de uso à Rede Básica ou doação ao Agente Transmissor.

Essas instalações não se caracterizam como instalações dedicadas ao Agente Acessante, mas sim instalações de uso comum a serem integradas à Rede Básica, devendo por isso atender integralmente aos requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede e aos requisitos do Agente de Transmissão responsável pela linha seccionada.

Para essas novas instalações, não há dúvidas da aplicabilidade do sub módulo 2.5 às proteções instaladas nos novos terminais. As proteções instaladas nos terminais originalmente existentes, dessas duas novas linhas de transmissão resultantes do seccionamento, também deverão ser adequadas, de modo a atender a todos os requisitos para sistemas de proteção da Rede Básica. Em outras palavras, como o sub módulo 2.5 estabelece a necessidade de as duas extremidades de uma linha de transmissão terem proteções iguais, deverá, se necessário, fazer parte do escopo do projeto de implantação da nova subestação, a troca das proteções dos terminais existentes nas extremidades originais da linha seccionada.

### 2.1.1 Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo

Na nova subestação, além do novo barramento e das duas novas linhas de transmissão resultantes do seccionamento, os quais serão integrados à Rede Básica, mediante resolução da ANEEL, haverá também pelo menos um vão de conexão com o Acessante (em geral são usados dois). Estes vãos de conexão, caracterizados como DIT, serão os vãos de saída para as Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo do Acessante, não pertencendo à Rede Básica.

Alguma controvérsia tem surgido sobre a possibilidade de Consumidores Livres e Produtores Independentes instalarem neste ponto a transformação para níveis de tensão inferiores a 230 kV. Neste informe técnico é considerada apenas a hipótese de o acessante ser um Consumidor Livre ou Produtor Independente e executar a transformação junto à sua planta.

Assim, essas Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo terão nível de tensão igual ou superior a 230 kV e comprimento podendo variar de uns poucos metros até quase uma centena de quilômetros. Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo de comprimento elevado (>100 km) devem ser vistas como casos especiais.

Naturalmente, o comprimento das Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo, seus custos e os custos de seccionamento da linha existente são levados em conta nos estudos de viabilidade do empreendimento.

### 2.1.2 Configurações de barra

Um importante aspecto a ser levado em consideração para análise de viabilidade do seccionamento é o tipo de barramento da subestação a ser construída para a Rede Básica. De acordo com o Sub módulo 2.3, os pátios das subestações com isolamento em ar deverão adotar as seguintes configurações:

345 kV e acima: Barra Dupla com Disjuntor e Meio;

230 kV: Barra Dupla com Disjuntor Simples a Quatro Chaves (Deve ser observado ainda que algumas transmissoras adotam a Barra Dupla com Disjuntor Simples a Cinco Chaves, padrão que, naturalmente, prevalecerá sobre os requisitos mínimos).

## 2.2 Acesso em Subestação Existente da Rede Básica

Para este caso, com respeito aos vãos de conexão, se aplicam as mesmas considerações acima.

Novamente, estes vãos de conexão serão os vãos de saída das Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo do Acessante, se caracterizando como DIT, já que pertencerão à Transmissora, mas não farão parte da Rede Básica.

## 2.3 Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo

São linhas de transmissão destinadas ao transporte da energia entre o local da planta do Agente Acessante e a Rede Básica. Sua proteção, na verdade, é o objetivo principal deste informe técnico.

Como dito acima, não é de se esperar que estas linhas sejam muito longas, pois se o fossem poderiam inviabilizar economicamente a conexão. Pelo contrário, na prática o mais comum é terem os problemas específicos de proteção de linhas muito curtas.

Estas linhas são sempre de interesse exclusivo do Agente Acessante, fazendo parte das instalações de conexão do empreendimento, e devido aos níveis de tensão envolvidos, iguais ou acima de 230 kV, em geral, tem natureza distinta das instalações que fazem parte do negócio do Agente Acessante, seja ele Consumidor Livre ou Produtor Independente.

Assim, para os dois tipos de conexão à Rede Básica acima, devemos ter a situação de uma ou mais linhas de transmissão em nível de tensão igual ou superior a 230 kV, conectada à Rede Básica, sem, no entanto, fazer parte dela e pertencendo ao Agente Acessante, seja ele Consumidor Livre ou Produtor Independente.

Neste informe técnico, estas linhas são genericamente designadas por Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo em contraposição às Linhas da Rede Básica.

Agentes de Distribuição gozam de uma situação especial, pois com o surgimento da Rede Básica de Fronteira, passaram a ter acesso à Rede Básica em níveis de tensão inferiores a 230 kV.

### 3.0 - PRINCIPAIS CONCEITOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO USADOS NOS PROCEDIMENTOS DE REDE

A seguir será feita uma análise sucinta de alguns dos principais conceitos básicos sobre proteções de linhas de transmissão considerados no estabelecimento dos Requisitos Técnicos Mínimos do Sub módulo 2.5, o que prepara o terreno para se verificar sua aplicabilidade às Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo.

#### 3.1 Principais características das linhas da Rede Básica

Na definição dos requisitos mínimos a serem atendidos pelos Sistemas de Proteção para linhas de transmissão da Rede Básica, devem ser levados em consideração diversos aspectos, entre os quais se destacam:

- A continuidade de serviço é importantíssima;
- Alimentação em ambos os terminais. O sistema é ligado em rede;
- Níveis de falta, em geral, altos;
- Algumas linhas são bem longas;
- Conectam áreas de geração a centros de distribuição;
- Demora na limpeza de faltas podem acarretar instabilidade no sistema;
- Possibilidade de linhas com grandes carregamentos e baixos níveis de curto-circuito;
- Demora na limpeza de faltas podem acarretar problemas de tensão em largas áreas.

#### 3.2 Requisitos de um sistema de proteção para uma linha de transmissão da Rede Básica

- Prover proteção de alta velocidade;
- A proteção deve ser para 100% da linha;
- Ser independente das condições de carga e configuração do Sistema;
- Abrir todos os terminais;
- Verificar a Possibilidade de Religamento Automático de Alta Velocidade e executá-lo.

#### 3.3 Objetivo do sistema de proteção para uma linha de transmissão da Rede Básica

Não deve se limitar a isolar a linha em caso de defeito, no menor tempo possível, mas, mais do que isso, a proteção para uma linha de transmissão da Rede Básica deve detectar e eliminar a falta rápida e seletivamente possibilitando o Religamento Automático, mono ou tripolar, de Alta Velocidade, com sucesso.

#### 3.4 Filosofia de retaguarda utilizada em instalações da Rede Básica

As linhas de transmissão e outros equipamentos integrantes da Rede Básica utilizam filosofia de retaguarda local. Para tanto, deve haver redundância de dois conjuntos de proteção, principal e alternada (ou unitária e de retaguarda), alimentados por bancos de baterias, retificadores e circuitos de corrente contínua independentes, além de possuírem independência a nível físico de painel, fonte auxiliar e etc. De um modo geral, todo e qualquer recurso utilizado não deve ser compartilhado e todo disjuntor da subestação deve ser protegido por esquema para falha de disjuntor.

Para 345 kV e acima, cada terminal de linha de transmissão deve ser equipado com dois conjuntos independentes de proteção, do tipo proteção principal e proteção alternada, totalmente redundantes, funcionalmente idênticos, provendo cada um deles completa proteção unitária e de retaguarda, ambas adequadas para a proteção da linha de transmissão em que forem instaladas.

Para 230 kV, cada terminal de linha de transmissão deve ser equipado com dois conjuntos independentes de proteção do tipo proteção unitária e proteção de retaguarda, adequadas para a proteção da linha de transmissão em que for instalada.

Deverão ser utilizados equipamentos de telecomunicação independentes e redundantes para a proteção Principal e Alternada, preferencialmente utilizando meios físicos de transmissão independentes, de forma que a indisponibilidade de uma via de telecomunicação não comprometa a disponibilidade da outra via.

A principal motivação para a instalação de retaguarda local, caracterizada entre outras coisas pela redundância das proteções, é reduzir o tempo de eliminação de uma falta, no caso de uma falha de proteção.

#### 3.5 Religamento

A maioria das faltas em linhas aéreas é não permanente e podem ser eliminadas desernegizando a linha por alguns milissegundos.

Um religamento com sucesso é extremamente benéfico para a estabilidade do sistema, enquanto um religamento sem sucesso pode ser desastroso para a estabilidade do sistema. Assim, busca-se aumentar as chances de sucesso no religamento e abortá-lo sempre que se mostre indesejado ou de sucesso improvável.

Somente proteções de alta velocidade devem iniciar religamentos.

Em sistemas elétricos muito carregados o Religamento Automático de Alta Velocidade de uma linha de transmissão pode ser significativo para a melhoria das condições de tensão de toda uma área, reduzindo os efeitos de SAG e interrupções de curta e longa duração.

O esquema de religamento deverá possibilitar a seleção do tipo, com duas possibilidades: tripolar e monopolar.

Em sistemas de transmissão, adota-se apenas uma tentativa de religamento.

Para um defeito transitório, o sucesso do religamento automático tripolar e seu tempo total dependem das condições de sincronismo.

O Religamento Automático Monopolar é usado em Sistemas de Transmissão para manter o sincronismo em ambas as extremidades da linha

### 3.6 Abertura monopolar

Esquemas de Abertura Monopolar são hoje uma tendência mundial.

A idéia básica é tirar partido da maior probabilidade de ocorrência de faltas monofásicas à terra (AG, BG ou CG) em relação aos outros tipos de faltas, projetando o sistema para diferenciar corretamente entre faltas monofásicas à terra e o restante das possíveis ocorrências, com o objetivo de abrir, quando aplicável, apenas um único pólo dos disjuntores.

O benefício de abrir apenas um único pólo dos disjuntores da linha é que as duas extremidades da linha de transmissão permanecem metálicamente conectadas pelas outras duas fases sãs, permitindo a transferência de potência e reduzindo a possibilidade de que as duas extremidades da linha percam o sincronismo.

Com a Abertura Monopolar, seguida do Religamento Monopolar são conseguidos inegáveis benefícios para o desempenho do sistema e isto com um custo adicional relativamente baixo, quando comparado com o da abertura tripolar, principalmente nos sistemas de transmissão de 345 kV e acima. Este custo adicional relativamente baixo também acaba sendo verdade em muitos sistemas de transmissão de 230 kv.

Entre os benefícios que podem ser alcançados com a Abertura Monopolar, seguida do Religamento Monopolar, destacamos:

- ◆ Melhora a estabilidade entre os sistemas interligados pela linha em falta;
- ◆ Minimiza surtos de manobra nas fases sãs.
- ◆ Fluxo de potência pelas fases sãs é significativo na limitação da potência de aceleração entre os sistemas interligados pela linha submetida a defeito;
- ◆ Melhora as condições de tensão durante a eliminação de faltas monofásicas em sistemas elétricos muito carregados.
- ◆ Aumenta a confiabilidade e disponibilidade dos sistemas de transmissão de energia durante e após uma falta à terra

Por outro lado, fatores como, por exemplo, o relativamente longo período de tempo morto, com um único pólo de disjuntor aberto, e o fato de as fases sãs contribuírem para a manutenção do arco secundário, tornam o Religamento Monopolar uma opção a ser analisada com cuidado.

### 3.7 Principais requisitos para abertura monopolar

Obviamente, a Abertura Monopolar só faz sentido quando se pretende iniciar um Religamento Monopolar após a ocorrência de uma falta monofásica à terra. Para tanto, alguns requisitos de projeto devem ser atendidos, tais como:

- ◆ Disjuntores devem ter acionamento individual por pólo;
- ◆ Por obrigar a abertura seletiva somente da fase afetada por defeito, os algoritmos de seleção de fase defeituosa serão mais elaborados;
- ◆ Discrepância de pólos dos disjuntores com temporizações ajustáveis devendo ser coordenada com o tempo morto do Religamento Automático de Alta Velocidade Monopolar;
- ◆ Esquemas para falha de disjuntor devem ser adequados à Abertura Monopolar.

Um complicador adicional é a necessidade de ser verificada se durante o período de operação com fase aberta imposto pelo tempo morto do Religamento Monopolar, precisam ser bloqueadas as funções direcionais de sobrecorrente de seqüências negativa e zero de alta sensibilidade, associadas a esquemas de teleproteção baseados em lógicas de sobrealcance.

Além disso, em linhas muito longas, principalmente em EAT, é comum haver necessidade de instalação de reatores de neutro, a fim de reduzir o tempo morto do religamento monopolar.

### 3.8 Necessidade de proteção diferencial ou pilotada

As proteções unitárias, integrantes dos sistemas de proteção das linhas de transmissão da Rede Básica devem ser capazes de realizar, individualmente e independentemente, a detecção e eliminação de faltas entre fases e entre fases e a terra para 100% da extensão da linha de transmissão protegida, abrindo ambas as extremidades da linha praticamente de forma simultânea, no menor tempo possível.

Isto implica na necessidade de uso de Teleproteção.

Esquemas Pilotados de Comparação Direcional são muito populares para teleproteção de linhas e seu desempenho é bem conhecido. Eles usam um canal de comunicações para enviar permissão de abertura (permissivo) ou bloquear a abertura (bloqueio), com base na direção da falta. A direção da falta é usualmente determinada usando unidades de distância (medição de impedância) e/ou unidades direcionais de sobrecorrente. Proteções pilotadas baseadas em relés de distância são geralmente baseadas em uma das seguintes lógicas:

- Esquema de transferência de disparo direto por Subalcance (DUTT);
- Esquema permissivo de transferência de disparo por subalcance (PUTT);
- Esquema permissivo de transferência de disparo por sobrealcance (POTT);
- Esquema de desbloqueio por comparação direcional (DCUB);
- Esquema de bloqueio por comparação direcional (DCB).

Nos modernos relés numéricos essas lógicas já estão disponíveis no software, bastando parametrizar o relé de proteção para atuar de acordo com o esquema de teleproteção escolhido.

Esses esquemas são os mesmos já usados para abertura tripolar, com algumas variações para acomodar a seleção de fase para faltas monofásicas à terra.

A grande vantagem dos Esquemas Pilotados de Comparação Direcional é que os requisitos de canal são simples. A transmissão de um sinal lógico 0 ou 1, para produzir um sinal permissivo ou um sinal de bloqueio, é o único requisito e a largura da banda necessária é muito baixa. A diferença entre um esquema de comparação direcional para abertura monopolar e um esquema de comparação direcional para a abertura tripolar, o qual é mais tradicional, é a necessidade de seleção de fase.

Esquemas de comparação direcional via OPLAT se apóiam numa decisão local para seleção de fase. Com o uso de outras técnicas de comunicação digital é possível criar variantes dos esquemas tradicionais, em que a seleção de fase é também comparada.

Seleção de fase sob certas condições é difícil e é uma importante consideração prática quando se aplicam sistemas de comparação direcional com abertura monopolar.

Atualmente no Brasil, devido a diversos aspectos, o esquema POTT é o que vem sendo mais largamente empregado.

Quando equipamentos OPLAT de chaveamento de frequência são disponíveis na linha, deve ser usada uma variante do esquema POTT, que seria a Comparação Direcional com Desbloqueio, aumentando a confiabilidade do sistema de proteção.

Outras técnicas de teleproteção tais como esquema diferencial de proteção de linha e comunicação relé a relé vem se beneficiando dos últimos avanços da comunicação digital tais como comunicação digital PCM coded (n x 64 kbits/s), fibras óticas e OPGW.

Não deve ser feita confusão entre o fato de equipamentos totalmente digitais não necessitarem de redundância de canais para envio de sinal de transferência de disparo, com a necessidade e boa prática de engenharia de se ter meios diferentes e independentes para transmissão de sinais das proteções principal e alternada (linhas acima de 345 kV).

### 3.9 Tempo máximo total de eliminação de faltas nas linhas da Rede Básica

Na verdade este é o principal requisito, do sub módulo 2.5, que o Sistema de Proteção das linhas da Rede Básica deve atender.

Para 345 kV e acima, o tempo total de eliminação de faltas, incluindo o tempo de abertura dos disjuntores de todos os terminais afetados, seja para linhas de transmissão ou barramentos, não deve exceder a 100 milissegundos.

Para 230 kV, o tempo total de eliminação de faltas pela proteção unitária não deve exceder 150 milissegundos. A proteção de retaguarda deve permitir a eliminação de todos os tipos de faltas, mantida a coordenação com as proteções dos equipamentos adjacentes. Em linhas neste nível de tensão é comum a utilização de dois relés iguais, um atuando com teleproteção e fazendo o papel de proteção unitária e o outro sem teleproteção, fazendo o papel de proteção de retaguarda. Há ainda casos em que se opta pelo uso com dois relés atuando em esquemas de teleproteção e formando assim dois esquemas de proteção, principal e alternada.

Deve ser destacado que os tempos citados, são tempos totais máximos para ambas as extremidades da linha, sendo esperado que para faltas de fácil detecção os tempos de atuação sejam menores.

Estes tempos totais incluem o tempo de abertura dos disjuntores e o tempo de canal de comunicação.

Segundo o sub-módulo 2.3 dos Procedimentos de Rede, os disjuntores devem ter tempos máximos de interrupção de 2 ciclos de 60 Hz para disjuntores de 800, 550, 460 e 362 kV e 3 ciclos de 60 Hz para disjuntores de 242 kV.

Para os canais de telecomunicação, o tempo, decorrido entre o envio do sinal em um terminal e seu recebimento no terminal oposto deve ser levado em consideração.

### 3.10 Outros pontos importantes

Os sistemas de proteção devem ser constituídos, obrigatoriamente, de equipamentos discretos e dedicados para cada componente da instalação (linha de transmissão, transformador, barramento, etc.) podendo os mesmos ser do tipo multifunção. Alguma confusão tem sido observada no que diz respeito aos conceitos de multifunção e multidedicado, porém este assunto foge ao escopo deste informe técnico.

Bloqueios por oscilações são importantes quando se usa proteção de distância.

#### 4.0 - APLICABILIDADE ÀS LINHAS DE TRANSMISSÃO DE USO EXCLUSIVO

A primeira pergunta que se apresenta é se todos os requisitos especificados para os Sistemas de Proteção de linhas de transmissão da Rede Básica se aplicam às Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo dos Acessantes. Uma segunda pergunta seria se a real redução de custo advinda da exclusão de algum daqueles requisitos, compensaria as limitações do esquema no futuro. É o que veremos adiante.

##### 4.1 Considerações sobre tempo total de eliminação de faltas

É fácil perceber que ao conectarmos uma Linha de Transmissão de Uso Exclusivo a um barramento da Rede Básica estamos criando uma situação na qual um defeito logo no início da linha do Acessante é visto pelo resto do sistema de forma semelhante a uma falha neste barramento.

O perfil de tensão será o mesmo quer a falha seja no barramento da Rede Básica, quer seja no início da linha do acessante.

E se a falta vai se afastando do barramento, se por um lado temos a diminuição da corrente de curto-circuito, por outro podemos ter uma maior dificuldade de detecção da falta.

Assim, para mantermos uma coerência, o ideal é estabelecer como requisito o mesmo tempo total de abertura estabelecido para linhas e barras da Rede Básica, ou seja, para tensões acima de 345 kV o tempo total de eliminação de faltas, incluindo o tempo de abertura dos disjuntores de todos os terminais da linha de transmissão, não deve exceder a 100 milissegundos e para 230 kV, o tempo total de eliminação de faltas pela proteção unitária não deve exceder 150 milissegundos.

Há ainda a possibilidade de estudos futuros demonstrarem que para o ponto de conexão, até mesmo os tempos máximos admitidos podem ser problemáticos para a estabilidade do sistema.

Levando em consideração o baixo percentual que os relés de proteção representam no custo total da instalação, a aplicação de modernos relés numéricos de 1ª linha, com tempos de atuação de menos de um ciclo, parece a opção mais sensata.

##### 4.2 Considerações sobre religamento monopolar

Um outro ponto que costuma ser motivo de dúvidas é quanto à necessidade ou não de abertura e religamento monopolar.

Diferentemente do que acontecia para relés eletromecânicos ou de estado sólido, onde o hardware precisava ser adaptado à maior complexidade da lógica de abertura monopolar, nos relés numéricos modernos para linhas de transmissão, a lógica de abertura monopolar pode já estar inclusa.

Os modernos relés numéricos de 1ª linha incluem em seu software a função de religamento (79), já com previsão para colocação / retirada de serviço do religamento, bem como da seleção do tipo de religamento a ser executado, monopolar ou tripolar.

Não há praticamente custo adicional por usar abertura monopolar ao invés de abertura tripolar, podendo até, em alguns casos, considerá-lo desprezível.

A utilização da função de religamento no relé de proteção da linha não caracteriza um elemento multidedicado como muitos chegam a pensar, já que o religamento é também uma função de proteção da linha. Quanto ao fato de haver redundância dos relés de proteção de linha e não ser desejável a redundância do religamento basta programar um deles como prioritário e na partida deste, ser enviado sinal de inibição para o outro.

Talvez o maior custo adicional seja na fiação do sistema de proteção, já que os sistemas de religamento monopolar requerem mais entradas e saídas do que os sistemas de abertura tripolar, porém, desde que o relé tenha o software disponível para Abertura Monopolar, pode-se deixar sua implantação para o futuro, sem grandes problemas.

Um outro cuidado a ser tomado diz respeito ao esquema de falha de disjuntor que, no caso de abertura monopolar, precisa ser adequado.

Deve ser observado ainda, que os esquemas de abertura monopolar só representavam uma complexidade a mais quando começaram a ser mais largamente utilizados, sendo que hoje seu uso já é bastante difundido, podendo mesmo ser considerado trivial, visto que a maior parte da lógica é interna ao relé de proteção.

O principal componente de um esquema de abertura monopolar é, naturalmente, o disjuntor. O disjuntor deve ser projetado para suportar a abertura individual das fases. Na realidade, todos os disjuntores para tensões acima de 345 kV, inclusive, podem suportar a abertura individual das fases por causa da grande separação física dos seus pólos, requerendo mecanismos individuais de operação de contatos.

Para 230 kV, disjuntores podem necessitar serem projetados para acomodar a abertura monopolar e assim as novas instalações irão requerer disjuntores mais caros, porque disjuntores com pólos operados independentemente são mais dispendiosos do que os disjuntores tripolares com mecanismo único.

##### 4.2.1 Extinção do arco secundário

Em linhas muito longas, a extinção do arco secundário durante o período com pólo aberto pode requerer um banco de quatro reatores shunt, três para as fases e um para o neutro. Como para as Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo não são esperadas linhas muito longas, não é provável que reatores venham a ser utilizados. De qualquer modo, se for feita a opção de uso de religamento monopolar, estudos de sistema deveriam ser conduzidos simulando a condição de pólo aberto.



### 4.3 Escolha da filosofia de religamento

A filosofia de religamento a ser escolhida - tripolar, monopolar ou desligado - depende de diversas considerações de sistema entre as quais se destacam:

- Proximidade de unidades geradoras;
- Tipo das unidades geradoras, térmicas ou hidráulicas;
- Existência ou não de duas linhas paralelas, cada uma com capacidade para a potência total da instalação;
- Estabilidade do sistema;
- Estatísticas de faltas;
- Topologia da Rede;
- No caso de alguns consumidores industriais a ocorrência de SAG de tensão sucessivos pode ter efeitos mais danosos do que a simples interrupção do fornecimento. Para estes casos, deve ser analisada a possibilidade de desligar o religamento;
- Em arranjos de duas linhas paralelas, muito comuns em instalações de acesso à Rede Básica, o sincronismo não é perdido quando há perda de apenas uma das linhas, aumentando as chances de sucesso no religamento tripolar.
- Para Agentes Geradores, a alternativa de construção de apenas uma linha associada à utilização de religamento monopolar, mereceria estudo muito mais aprofundado, envolvendo considerações técnico-econômicas, que fogem ao escopo deste artigo.

Como se vê, a decisão de utilizar ou não religamento e em caso afirmativo, se será mono ou tripolar, depende de muitos fatores e pode mesmo ser revista ao longo da operação normal das Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo, o que reforça a idéia de se ter a disponibilidade de religamento mono ou tripolar, o acontece com custo adicional muito baixo, e avaliar a adequacidade de sua aplicação em cada fase de operação.

### 4.4 Teleproteção

Tendo em vista as considerações acima sobre tempo total de eliminação de faltas, fica evidente a necessidade de as duas extremidades das Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo trocarem informações, sejam comandos simples ou informações de correntes para comparação.

As Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo por serem, na maioria das vezes, linhas de menor comprimento são um campo fértil para aplicação de relés diferenciais de proteção de linha, tirando partido da inerente seletividade que estes dispositivos apresentam e da possibilidade de conectar os relés das duas extremidades diretamente através de fibras óticas ou OPGW. No entanto, devido a esta mesma seletividade inerente, os relés diferenciais de linha precisam trabalhar associados a unidades de distância e/ou unidades direcionais de sobrecorrente para garantir a proteção de retaguarda das instalações do Acessante.

Também pode se aplicar a Comparação Direcional Pilotada com relés de distância, prevalecendo a lógica POTT/DCUB, porém deve ser notado que para linhas muito curtas a aplicação de OPLAT pode se mostrar economicamente inviável.

Ligações relé-a-relé podem ser implementadas através de fibras óticas, quando a distância assim o permitir.

Algumas transmissoras adotam como padrão para teleproteção de linhas de 500 kV, um esquema híbrido DUTT+POTT, sendo que para linhas muito curtas, o ajuste de 1ª zona pode se mostrar inviável.

### 5.0 - CONCLUSÃO

Como foi visto, as proteções das Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo para acesso à Rede Básica, tanto no nível de tensão de 230 kV, como para valores iguais ou acima de 345 kV, devem atuar, para qualquer tipo de defeitos, com abertura em ambas as extremidades, dentro dos tempos totais máximos especificados nos Procedimentos de Rede, e para algumas situações especiais, em tempos ainda menores.

Dessa forma, para as proteções dessas linhas deverão ser utilizados modernos relés numéricos de proteção de 1ª linha, para viabilizar os tempos de eliminação de falta necessários.

O tipo de relé a ser utilizado, de distância ou diferencial de linha será função da análise das características específicas da linha, em especial seu comprimento.

Estes relés de proteção trabalharão associados a esquemas de comunicações adequados.

O arranjo mais comum para Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo é o de duas linhas paralelas, cada uma com capacidade para a transmitir a potência total da instalação. Embora para este tipo de arranjo seja pouco provável a necessidade de Religamento Monopolar, como hoje em dia a tendência para os modernos relés numéricos é já ter previsão para abertura e religamento monopolar, estes fatores já estarão disponíveis automaticamente, bastando implementar as fiações correspondentes, praticamente sem custo adicional, e avaliar a adequacidade de sua aplicação em cada fase de operação.

As modernas proteções diferenciais de linha e comunicação relé a relé se apresentam como soluções atuais de grande aplicabilidade às Linhas de Transmissão de Uso Exclusivo, especialmente em se tratando de linhas curtas. Deverão ainda ser observados os cuidados relativos à utilização de filosofia de retaguarda local.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MASON, C. Russel, Art and Science of Protective Relaying;
- (2) IEEE. Power Systems Relaying Committee Special Paper- Relaying Communications Subcommittee, Working Group H9 – Special Considerations in Applying Power Line Carrier for Protective Relaying -31st Western Protective Relay Conference - Outubro 2004 ;
- (3) Ziegler, Gerhard – Numerical Distance Protection – SIEMENS;
- (4) Procedimentos de Rede – Site do ONS – Internet, acessado em 30/11/2004;
- (5) Resoluções da ANEEL – Site da ANEEL - Internet, acessado em 30/11/2004;
- (6) SEL-421 ,High-Speed Line Protection, Automation, and Control System;
- (7) SEMINÁRIO: REQUISITOS DE PROTEÇÃO PARA REDE BÁSICA- F. Goldman -FURNAS-Outubro 2004;
- (8) Especificações Técnicas de Sistemas de Proteção de FURNAS.