



**GRUPO V
PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E COMUNICAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA (GPC)**

RELIGAMENTO AUTOMÁTICO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO NOVO CONTEXTO DO SETOR

**Paulo Gomes
ONS/PSQ/UERJ**

**Jorge Miguel Ordacgi Filho
ONS (*)**

RESUMO:

Este artigo aborda o recurso de utilização de religamento automático de linhas de transmissão dentro do novo contexto dos sistemas elétricos, em função do processo de reestruturação pelo qual os mesmos estão passando. São enfocadas as bases conceituais com perspectivas futuras, o estado atual de sua utilização no Brasil e os aspectos a serem considerados no novo modelo.

PALAVRAS CHAVE: Religamento automático, reestruturação, serviços auxiliares, produtores independentes de energia.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Sistema Elétrico Brasileiro vem passando por um amplo processo de reformulação. O processo de privatização das empresas estatais, a regulamentação do livre acesso à rede, a figura do Produtor Independente de Energia e o Operador Nacional do Sistema Elétrico são parte deste contexto. Os novos cenários, tanto no Brasil quanto na área internacional, indicam uma grande preocupação com a segurança dos Sistemas Interligados. Vários artigos técnicos internacionais questionam a confiabilidade e a segurança, dentro desta nova realidade. Como isto poderá ser garantido? A questão do religamento automático de linhas de transmissão é um dos itens que podem ser classificados como “Ancillary Services”, considerados como uma das questões mais complexas nos novos modelos setoriais. Este artigo pretende enfatizar este tema, analisando:

- Conceitos básicos de religamento automático tripolar e monopolar e suas principais dificuldades, respectivamente, a verificação de sincronismo e a seleção de fase.
- O estado atual em termos de utilização deste dispositivo no Brasil seu grau de utilização, bem como o desempenho verificado e o quanto os mesmos são importantes para o desempenho do sistema elétrico.
- Conceitos para determinação dos tempos mortos adequados aos religamentos automáticos tripolares e monopolares.

- Os novos cenários que poderão se abrir com o surgimento dos Produtores Independentes de Energia. De acordo com o verificado, existe a possibilidade da instalação de usinas térmicas notadamente a gás (ciclo normal ou ciclo combinado), junto aos principais centros de carga. Existem térmicas que hoje estão sendo implantadas no exterior e que utilizam turbinas de avião ou turbinas anteriormente utilizadas no nível industrial.

- Quais os problemas que poderão surgir quando da utilização de religamento automático de linhas perto destas usinas?

- Havendo restrições que levem a uma impossibilidade de utilização destes dispositivos, como o desempenho dinâmico dos sistemas poderá ser afetado?

- Como ficará a implantação destes novos dispositivos no futuro? De quem será a responsabilidade por sua definição e instalação? Como eles serão pagos? Quem será o órgão responsável pela definição de suas características, etc.?

- Perspectivas de utilização de religamento automático adaptativo com “point-on-wave closure” (fechamento dependente do valor instantâneo da tensão).

2.0 - CONCEITOS BÁSICOS [1]

2.1 - Generalidades

As instalações aéreas, linhas de transmissão e barramentos, são as únicas suscetíveis à ocorrência de faltas transitórias, ou seja, através de objetos extingüíveis ou por meio de arcos sem grandes danos locais. Os índices de incidência de faltas em linhas de transmissão, muito superiores aos dos barramentos, tornam atraente a perspectiva de se implementar religamento automático para restabelecer a integridade do sistema elétrico em curto período de tempo, otimizando seu desempenho dinâmico. Em sistemas elétricos muito carregados o restabelecimento rápido de uma linha de transmissão pode ser significativo para a melhoria das condições de tensão de toda uma área.

Quanto menor for a duração de uma falta através de arco, maiores são as chances de se obter sucesso no religamento, visto que os eventuais danos sobre os isoladores ficam minimizados. Por essa razão, é comum que os esquemas de religamento automático só sejam inicializados pela atuação de prote-

ções não temporizadas, ou que eles disponham de meios para discriminar as faltas eliminadas com maior lentidão, impedindo que o sistema elétrico seja desnecessariamente submetido ao impacto de uma nova falta, provavelmente decorrente dos danos provocados pelo defeito inicial. É importante lembrar que, se as faltas mais leves são, a princípio, as mais fáceis para se tentar o religamento automático, elas podem ser bastante difíceis de detectar por certas funções de proteção tipicamente empregadas em linhas de transmissão, impondo atuação lenta a unidades de medida sem temporização. A existência de teleproteção aumenta as chances de sucesso do religamento automático, pois propicia a perspectiva de abertura quase que simultânea de todos os terminais da linha sem retardo intencional, facilitando a sincronização dos tempos mortos em todos os terminais.

Em algumas linhas de subtransmissão e distribuição existem unidades de medida temporizadas de sobrecorrente inicializando esquemas de religamento automático, mas tal procedimento tem origem no alcance curto e variável das respectivas unidades instantâneas. Para tentar extinguir objetos causadores de faltas, os esquemas de religamento automático de linhas de distribuição podem executar até três tentativas de energização, mas nas linhas de transmissão só é usual uma tentativa de religamento automático. Isto, porque as faltas causadas por objetos são raras nos sistemas de transmissão, os quais não podem necessariamente suportar vários impactos seguidos.

2.2 - Religamento Automático Tripolar

O tipo de religamento automático mais comum é o tripolar, que não impõe maiores requisitos aos critérios de atuação das proteções nem aos disjuntores. A linha de transmissão deve ficar desenergizada por um tempo – tempo morto – longo o suficiente para assegurar extinção do arco, dissipando a energia acumulada, e garantir a desoperação – “reset” – das proteções atuadas. Este último aspecto é de particular importância quando são empregadas proteções cujas unidades de medida têm desoperação dependente da intensidade da grandeza medida durante a falta ou unidades temporizadas de relés de disco de indução, como pode ocorrer em linhas de distribuição.

Quando a distribuição geométrica dos condutores da linha de transmissão é convencional, o tempo morto pode ser estimado em ciclos através da seguinte expressão empírica [2]:

$$t_{\text{morto}} = 10,5 + \frac{V_{\text{nominal}} \text{ (kV)}}{34,5}$$

A expressão acima não contempla necessariamente compensações “shunt” ou série, nem se aplica a linhas compactas. Nas linhas de transmissão radiais o religamento automático tripolar pode ser empregado sem maiores restrições. Nas linhas não radiais é indispensável a verificação de sincronismo no último terminal a ser fechado, que deve ser definido por meio de estudos de estabilidade, nos quais as exatidões das simulações e do relé de

verificação de sincronismo devem ser criteriosamente consideradas. Neste caso, num defeito transitório, o sucesso do religamento automático e o seu tempo total dependem principalmente das condições de sincronismo. Quando existe linha paralela, pode ser usado um esquema mais rápido e de menor custo que o de verificação de sincronismo, condicionando o religamento à existência de ligação direta entre os sistemas atrás dos terminais da linha. Uma restrição adicional à aplicação do religamento automático tripolar nas linhas não radiais diz respeito à potência acelerante entre as máquinas dos sistemas momentaneamente separados. Os mesmos estudos de estabilidade mencionados acima se prestam à determinação da potência acelerante, permitindo verificar as perspectivas de sucesso do religamento em função do afastamento angular entre os sistemas durante o tempo morto. Já há a perspectiva de utilização de medição fasorial [3] para se implementar unidades de medida capazes de avaliar a potência acelerante em aplicações de proteção para perda de sincronismo, a partir do critério de áreas iguais. Uma filosofia análoga eventualmente poderia aumentar as chances de sucesso de um esquema adaptativo de religamento automático tripolar.

Os referidos estudos de estabilidade prestam-se ainda para analisar a viabilidade da implementação do religamento automático a partir da determinação dos esforços mecânicos torsionais impostos às máquinas rotativas. Os eixos longos dos geradores térmicos impõem severas restrições mecânicas à aplicação de religamento automático tripolar nas linhas próximas às usinas. Nas máquinas hidráulicas, cujos eixos são de menor comprimento e maior diâmetro, o problema de esforços torsionais transfere-se para os estatores, mas não se tem notícia de danos causados por aplicação incorreta de religamento automático tripolar. Os geradores hidráulicos podem ter seus estatores fixados por molas, de maneira a aumentar a suportabilidade quanto aos esforços torsionais.

2.3 - Religamento Automático Monopolar

Uma vez que o curto-circuito monofásico é o defeito “shunt” de maior probabilidade de ocorrência, a perspectiva de chavear uma única fase – a defeituosa – pelo acionamento de um único pólo do disjuntor tornou-se atraente em termos de melhoria da estabilidade entre os sistemas interligados pela linha em falta. A manutenção do fluxo de potência pelas duas fases sãs é um fator significativo na limitação da potência acelerante entre os sistemas interligados pela linha submetida a defeito. Mais recentemente [4] tem-se cogitado de religamento automático monopolar também para melhorar as condições de tensão durante a eliminação de curtos-circuitos “shunt” em sistemas elétricos muito carregados. Obviamente restrito a defeitos monofásicos, o religamento automático monopolar impõe menores riscos aos geradores próximos quanto aos aspectos de esforços mecânicos torsionais. Os esquemas de religamento devem ser capazes de prover disparo tripolar dos disjuntores após uma tentativa de religamento monopolar mal sucedido. Nos barramentos com mais de um disjuntor por vão – anel, disjuntor e meio ou duplo disjuntor – fica a critério do projetista empregar acionamento monopolar de apenas um dos disjuntores, vinculando-o ao religamento automático, e deixando o(s) outro(s) com abertura tripolar e posterior fechamento manual. Aliás, este gênero de critério aplica-se também ao religamento tripolar, principalmente no que tange ao terminal onde terá lugar a verificação de sin-

cronismo. Nas subestações dotadas de sistemas de controle digital o fechamento dos demais disjuntores pode ser efetuado por lógicas de restauração automática. O religamento automático monopolar depende da existência de disjuntores monopolares dotados de acionamento monopolar e de proteções capazes de identificar corretamente a fase defeituosa, mediante esquemas específicos de seleção de fase.

As lógicas de discrepância de pólos dos disjuntores devem ser necessariamente providas de temporizadores ajustáveis, de maneira que possam ser coordenadas com o tempo morto do religamento monopolar. Também se deve dar atenção especial à associação do acionamento monopolar e da lógica de discrepância de pólos quanto ao envolvimento com os esquemas para falha de disjuntor.

Desde o final da década de 1970 os esquemas de religamento automático vêm sendo fornecidos com capacidade de trabalhar com atuações tripolares e monopolares isoladas ou combinadas. Com o advento da tecnologia digital, a função de religamento automático tri e/ou monopolar foi integrada às demais funções de proteção de linhas de transmissão.

2.4 - Defeito Série Durante o Tempo Morto do Religamento Monopolar

Para que se possa usufruir das vantagens do religamento automático monopolar, deve-se ter em mente que a abertura de uma fase impõe um defeito série à linha de transmissão e ao sistema elétrico associado. Durante o período de fase aberta há fluxo de correntes de seqüências negativa e zero, impondo as respectivas quedas de tensão. Conseqüentemente, há que se verificar a seletividade de proteções unitárias ou restritas e a coordenação entre proteções irrestritas ou gradativas em função dos desbalanços impostos ao longo do tempo morto. A conexão clássica das redes de seqüências positiva, negativa e zero da Figura 1 ilustra que os desbalanços dependem do carregamento prévio da linha de transmissão, função do ângulo δ e da relação modular k entre as tensões atrás das impedâncias equivalentes dos sistemas interligados (E_S e $E_R = k \cdot E_S \cdot \angle \delta$). A Figura 1 detalha também as peculiaridades de circulação e intensidade das correntes de desbalanço e dos sentidos das respectivas quedas de tensão nas redes de seqüências negativa e zero.

As proteções diferenciais longitudinais são insensíveis aos defeitos série, ao passo que as transversais são contra-indicadas para aplicações com chaveamento monopolar, a menos que dotadas de lógicas específicas de desoperação [5]. As proteções de distância criteriosamente polarizadas não são muito sensíveis aos defeitos série [6], mas é de bom alvitre se realizar uma estimativa do desempenho em caso de aplicação em linha com carregamento elevado e unidades de medida com grandes alcances. Já as proteções direcionais de sobrecorrente de seqüência zero apresentam grande susceptibilidade a operar para defeitos série internos, mesmo no terminal onde a corrente residual está invertida.

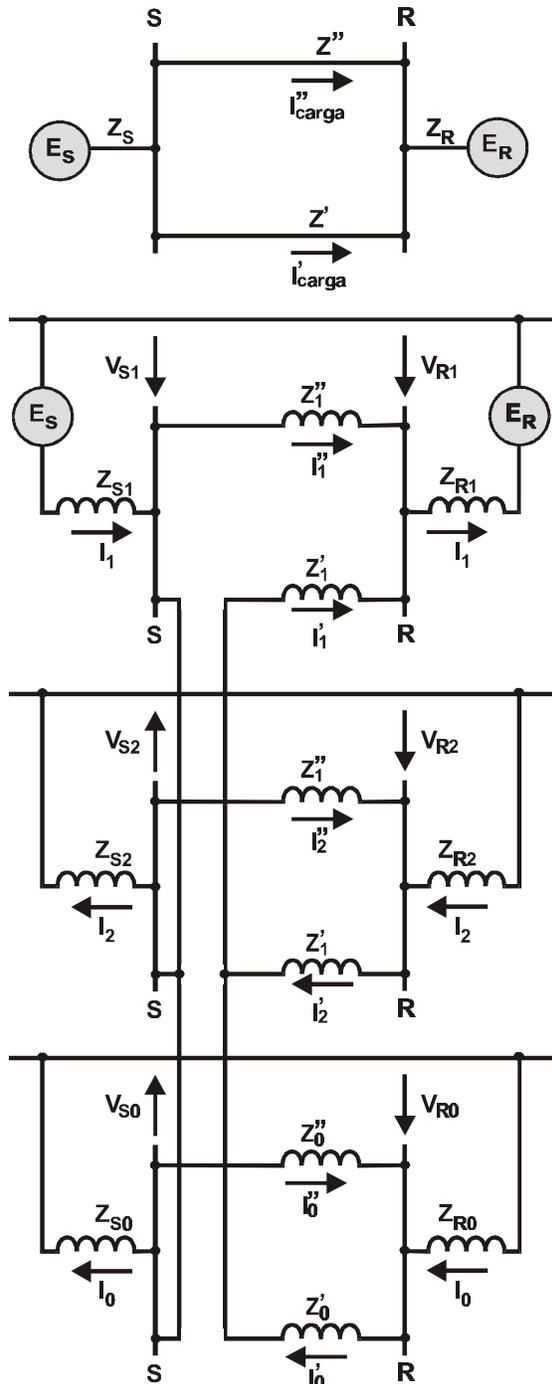


Figura 1 – Conexão das Redes de Seqüências Positiva, Negativa e Zero

A exceção se dá no caso da informação de potencial provir de um ponto além do disjuntor, como é praxe em certos arranjos de barramento. Quando tais unidades de medida são aplicadas com grande sensibilidade, é indispensável que sua atuação seja automaticamente bloqueada durante o tempo morto. A sensibilização destas unidades de medida para defeitos externos depende do sentido de circulação das correntes residuais, como se pode depreender da Figura 1.

As proteções gradativas de seqüências negativa e zero devem necessariamente ser coordenadas com o tempo morto do religamento automático monopolar. Neste caso, é recomendável a utilização de programas de curto-circuito capazes de calcular condições de defeito série, como o ANAFAS do CEPEL, tendo-se em mente a necessidade de realizar um estudo prévio de fluxo de potência, para que sejam determinadas as tensões pré-falta em todos os nós.

2.5 - Seleção de Fase para Disparo Monopolar

As proteções diferenciais longitudinais e as baseadas em comparação de fase inerentemente identificam a fase defeituosa quando são segregadas por fase. As proteções de distância também podem fazer seleção de fase; quando dotadas de unidades de admitância modificada com característica de operação variável no diagrama polar (diagrama R-X), o seu desempenho fica substancialmente otimizado [7]. Outra possibilidade interessante aplicável às proteções de distância é realizar a seleção de fase por meio de unidades de medida polifásicas para os “loops” de falta fase-neutro.

Quando a seleção de fase não é viável pelo mesmo princípio utilizado na detecção dos curtos-circuitos, como no caso das proteções direcionais de sobrecorrente de seqüência zero, ou quando se constata que uma otimização pode ser necessária, costuma-se adotar uma das alternativas listadas a seguir:

- Comparação de amplitude entre cada tensão fase-neutro e a tensão entre as duas outras fases;
- Comparação de fase entre cada tensão fase-fase e a tensão residual;
- Comparação de fase entre as correntes de seqüências negativa e zero.

A respeito dessa última opção, vale a pena acrescentar que, com o advento da tecnologia digital, foi possível otimizar o seu desempenho para as situações em que o ângulo entre as referidas componentes simétricas ultrapassa $\pm 30^\circ$ em uma fase [8]. Uma vez que isto ocorre para valores elevados de resistência de falta, pode-se fazer uma comparação entre o valor de resistência estimado na fase em questão com o menor valor de resistência estimado entre cada par de fases. Quando o defeito envolver mais de uma fase, a resistência do “loop” fase-neutro será superior à menor resistência dos “loops” fase-fase.

2.6 - Tempo Morto para Religamento Automático Monopolar

A expressão empírica que permite estimar o tempo morto para religamento automático tripolar não se aplica ao monopolar. Estando aberta uma fase, a extinção do arco vai depender dos acoplamento eletrostáticos e magnéticos com as fases energizadas e sua duração só pode ser estimada com razoável exatidão através de simulações de transitórios eletromagnéticos: neste caso, é prudente se atentar para a modelagem do arco secundário.

Uma estimativa conservativa pode ser efetuada por cálculos manuais aproximados, mas sua aplicação só é segura para tempos mortos superiores a 0,8 s.

A existência de religamento automático monopolar em uma linha de transmissão aérea dotada de compensação reativa “shunt” pode implicar em se adotar reatores de neutro para limitar os desbalanços de seqüência zero, apressando a extinção do arco secundário. Uma outra possibilidade interessante de apressar a extinção do arco secundário é o emprego de chaveamento rápido de reatores, conforme detalhado na referência [1].

2.7 - Religamento Automático Adaptativo [9, 10, 11]

Uma vez que as condições de extinção do arco secundário podem ser muito variáveis, é justificável sofisticar os esquemas de religamento automático monopolar de modo que o religamento só seja executado quando for realmente seguro fazê-lo. Isto pode ser conseguido através de técnicas adaptativas baseadas em inteligência artificial, mais precisamente nas redes neurais. Tão distintas podem ser as condições de extinção do arco secundário, que é esperada uma redução do tempo morto para a grande maioria dos casos. Assim, os principais requisitos passam a ser a redução de transitórios eletromecânicos, minimização de afundamentos de tensão e a manutenção da continuidade de suprimento aos consumidores. Em suma, as principais vantagens do religamento automático adaptativo são:

- Não religar sobre defeitos permanentes;
- Melhor estabilidade para o sistema elétrico;
- Menores impactos eletromecânicos para os equipamentos, em especial os rotativos;
- Maior vida útil para os disjuntores;
- Melhoria da qualidade de suprimento;
- Aumento da taxa de religamentos com sucesso.

O coração de um esquema de religamento automático adaptativo é uma rede neural treinada para reconhecer a extinção do arco secundário a partir das formas de onda de tensão típicas da linha protegida (reconhecimento de padrões). O treinamento da rede neural deve ser baseado em registros de curtos-circuitos simulados e reais. Uma vez treinada a rede neural, o religamento poderá ser comandado apenas tenha sido observada a extinção do arco secundário, o que significa um tempo de fase aberta inferior ao tempo morto fixo usual. Para assegurar a coordenação com as proteções gradativas de seqüências negativa e zero dos componentes adjacentes, o esquema de religamento adaptativo deve conter um tempo morto limite para restringir o período em que a operação com apenas duas fases é aceitável. Se o arco secundário não se extinguir até então, as duas fases sãs serão desligadas automaticamente, sem que tenha ocorrido o fechamento da fase defeituosa sobre o defeito. Isto vai garantir a extinção do arco e possibilitar um religamento automático tripolar.

Uma fragilidade das redes neurais é o seu potencial para falhar quando os dados de entrada diferem muito do conjunto de dados empregado no seu treinamento. Portanto, testar uma rede neural consiste em poder prever as saídas para todo tipo de entradas, o que nem sempre pode ser assegurado na prática. No caso específico do religamento adaptativo, este passa a ser um problema menor, visto que no pior caso o esquema adaptativo

agirá como um esquema convencional, comandando o fechamento do disjuntor sobre uma falta.

Com o avanço das técnicas adaptativas, o esquema de religamento pode passar a reconhecer a falta. Isto significa que é improvável que qualquer defeito que ocorra durante o tempo de restabelecimento do esquema seja o reacendimento do curto-circuito original, podendo portanto ser reconhecido como uma segunda falta em separado.

A política convencional de religamento automático, baseada em tempo morto fixo, tem sido empregada principalmente para restabelecimento rápido do sistema elétrico. Esta política pode ter um impacto adverso sobre o ciclo de operação de muitos disjuntores, no caso os projetados para atender à Norma IEC 56, que especifica: *abrir – 0,3 s – fechar/abrir – 3 min – fechar/abrir*. O fechamento sobre um defeito permanente pode impor ação imediata ao disjuntor dentro do período de três minutos entre ações, se não for empregada a técnica de bloquear o religamento após uma tentativa. O religamento adaptativo reduz este problema por não permitir fechamento sobre faltas permanentes.

O desenvolvimento de controladores de fechamento (“point-on-wave controllers”) baseados na determinação do valor instantâneo da tensão possibilita a redução das sobretensões de chaveamento, tornando-se uma função altamente interessante para atuar em consonância com os esquemas de religamento automático adaptativo. Os controladores de fechamento são também adaptativos, visto que permitem a mesma exatidão – cerca de 1 ms – para uma ampla faixa de fatores de influência, entre eles a tensão contínua disponível para acionar a bobina de abertura do disjuntor. Conseqüentemente, os softwares dos controladores de fechamento e dos esquemas de religamento adaptativo podem compartilhar o mesmo hardware.

Portanto, os controladores de fechamento e os esquemas de religamento adaptativo associados aos relés nu-

méricos não só oferecem melhorias diretas na proteção, como também propiciam melhorias no desempenho do sistema elétrico de modo a atender aos requisitos da sua desregulamentação. A seqüência abaixo ilustra os potenciais benefícios das ações preconizadas neste tópico:

1. Antes da falta é selecionado automaticamente o grupo de ajustes que mais afina as funções de proteção e religamento automático com a configuração do sistema elétrico, que pode envolver algum componente fora de serviço;
2. Durante a falta as funções de proteção são capazes de detectar corretamente o curto-circuito, seu tipo e localização, comandando a abertura dos disjuntores adequados em um tempo típico de, por exemplo, 80 ms;
3. O esquema de religamento automático adaptativo reconhece que o defeito é transitório, determina quando o “loop” de falta foi desenergizado e aciona os disjuntores para fechamento tão rápido quanto possível;
4. O controle de fechamento permite que o primeiro disjuntor feche no instante preciso (± 1 ms) para minimizar os transitórios no sistema elétrico;
5. A verificação de sincronismo é efetuada para o segundo disjuntor, no caso de acionamento tripolar, permitindo o restabelecimento do fluxo de potência;
6. Todos os parâmetros operativos da proteção e do religamento são transmitidos para a central de análise de perturbações, bem como as formas de onda das grandezas elétricas durante a falta.

3.0 - RELIGAMENTO AUTOMÁTICO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO: O ESTADO ATUAL NO BRASIL

No sistema brasileiro já existem um número apreciável de circuitos que possuem religamento automático. A Tabela a seguir apresenta o estado atual em duas grandes empresas de transmissão:

Empresa	Nível de Tensão	Número de Circuitos		Número Total de Circuitos
		C/ Relig. Monopolar	C/ Relig. Tripolar	
Furnas	750 kV		7	7
	500 kV		17	17
	345 kV		36	36
Eletrosul	500 kV	14		14
	230 kV	3	22	25

4.0 - Novos Cenários

De acordo com o Plano Decenal de Expansão do GCPS/Eletróbrás, será necessário para o atendimento ao mercado consumidor, cuja previsão de crescimento é acentuado, um incremento médio anual da ordem de 3200 MW na capacidade de geração. Levando-se em conta o processo de reestruturação do setor elétrico, a política do governo ao incentivo à entrada de capitais privados e ao avanço de novas tecnologias, notadamente, turbinas a gás de ciclo combinado, é possível visualizar-se o seguinte cenário:

- Aumento significativo da geração térmica, principalmente a gás. Em dez anos, a participação deste tipo de

geração deverá representar, cerca de 17% da capacidade instalada.

- Interligação com países vizinhos.
- Crescimento acentuado da geração distribuída.
- Operação do sistema com utilização cada vez maior da capacidade dos seus elementos.

As térmicas a gás de ciclo combinado, em função do alto nível de desenvolvimento tecnológico, são hoje consideradas como uma das formas mais eficientes de gerar energia elétrica, com tecnologia comercial, isto é, com custo de geração bastante competitivo. Além disto, estas térmicas proporcionam pouco impacto ambiental, com níveis desprezíveis de poluição sonora, atmosférica e de emissão de fluentes líqui-

dos, sendo inexistente a emissão de sólidos. A turbina, isolada acusticamente, o gás natural com baixo índice de enxofre e a excelente performance dos queimadores atendem as mais rigorosas legislações ambientais. A disponibilidade de gás para estas usinas pode ser garantida em função do gasoduto Brasil - Bolívia, do gás da Argentina e de novas descobertas da Petrobrás, além da previsão de sua importação de outras fontes. Estes fatores indicam no futuro: forte presença de geração térmica junto aos grandes centros consumidores (produtores independentes, autoprodutores e co-geradores), circuitos com carregamentos mais elevados e geração distribuída.

5.0 - A UTILIZAÇÃO DO RELIGAMENTO AUTOMÁTICO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO NOVO CONTEXTO SETORIAL

5.1 - Necessidade / Responsabilidade / Pagamento

A tendência, em função da pressão da sociedade por serviços com menor custo e das restrições ambientais, é a operação dos sistemas elétricos cada vez mais próxima dos seus limites, com os circuitos cada vez mais carregados. Evidentemente que o desligamento de circuitos cada vez mais carregados, tende a degenerar o desempenho dinâmico do sistema elétrico, requerendo portanto uma série de providências. A utilização do religamento automático deve ser um dos recursos a ser amplamente utilizado. Como a confiabilidade do sistema vem sendo considerada como uma das responsabilidades dos Operadores Independentes do Sistema (ISOs) em todo o mundo, é natural que tópicos como religamento automático de LT's seja por eles conduzido, sendo de sua responsabilidade a definição de sua implantação, de suas características e dos seus ajustes. Caberá aos mesmos ressarcir os proprietários das linhas de transmissão pela sua instalação, o que poderá ser feito através de um montante fixo pela sua instalação (novos) ou através de remuneração adequada da linha (no caso dos esquemas de religamento automático já existentes).

5.2 - Problemas a Enfrentar

Um dos fatores restritivos a serem considerados quando dos estudos para a implantação de religamento automático de linhas de transmissão é o esforço torsional no eixo dos geradores. A presença em grande escala de usinas térmicas poderá trazer restrições à utilização dos dispositivos automáticos? Como ficará o desempenho dos sistemas nestes casos? Que soluções poderão ser adotadas?

- Não implementar o religamento automático de algumas linhas, perto das térmicas?
- Implementar o religamento das linhas e promover o desligamento das térmicas por dispositivo de proteção adequado? Evidentemente que este é um problema complexo, exigindo providências, tais como:
- Especificação de características mínimas dos geradores térmicos quanto a esforços torsionais.
- Revisão dos critérios existentes quanto a esforços torsionais.

- Definição de critérios para definição de alternativa a ser seguida quando houver uma questão de compromisso entre o religamento x desligamento da térmica.

6.0 - CONCLUSÕES

Este artigo enfocou o problema do religamento automático de linhas de transmissão. Este recurso pode ser considerado como um dos Serviços Ancilares associados a confiabilidade e segurança dinâmica do sistema. Em função destas características a responsabilidade pela definição da implantação do mesmo deve ser do Operador Independente do Sistema, cabendo ao proprietário da linha de transmissão a função de implementá-lo, sendo convenientemente remunerado. São salientadas as restrições que poderão existir quando da presença de um número significativo de geradores térmicos operando no sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] J. M. Ordacgi F^o et al, "Análise da Aplicação de Tecnologia Digital a Controle de Processos de Usinas e Subestações", GADUS - Grupo de Automação e Digitalização de Usinas e Subestações, Volume I, Módulo III, "Proteção Digital"
- [2] WESTINGHOUSE, "Applied Protective Relaying"
- [3] A. G. Phadke et al, "Synchronized Sampling and Phasor Measurements for Relaying and Control", WG H-7, Power System Relaying Committee, IEEE
- [4] J. M. Ordacgi F^o et al, "Influência da Proteção na Qualidade de Energia", CONLADIS - Congresso Latino Americano de Distribuição, setembro de 1997
- [5] J. M. Ordacgi F^o et al, "Reliable Fault Clearing and Back-up Protection", WG 34-01, SC 34, CIGRÉ
- [6] I. de Mesmaecker et al, "The Choice of Reference Voltages for the Measuring Systems of Distance Relays", Brown Boveri Review 2, Volume 68, fevereiro de 1981
- [7] R. B. Sollero et al, "Desenvolvimento de um Novo Relé de Distância Estático - Características e Desempenho Dinâmico", BH/GPC/20, Grupo V, IX SNPTTEE, 1987
- [8] E. O. Schweitzer III, "Distance Relay Element Design", SEL Engineering Laboratories Inc.
- [9] W. J. Laycock et al, "The Effect of Deregulation on the Performance of Protection Systems", 34-204, SC 34, Biental de 1998, CIGRÉ
- [10] I. P. Gardiner, J. Ramsden, "On-Site Experience of an Adaptive Autoreclose Relay for HV Overhead Lines", DPSP, março de 1997
- [11] W. J. Laycock, "Adaptive Reclosure of HV Overhead Lines", Reyrolle
- [12] Paulo Gomes, F. Paulo de Mello, N. Martins, X.V. Filho - "Assuring System Reliability in a Competitive Environment", Paper 38-104 - 30th August - 5th September 1998 Cigré Biental Session
- [13] P. Gomes, J.C. Luz, M.Th. Schilling, R.N. Fontoura, M.G. Santos - "Subsídios para a Determinação de Custos de Serviços Ancilares para a Gestão da Rede.", XIV SNPTTEE - Grupo IV - Análise e Técnica de Sistemas de Potência - GAT 26 a 30 Novembro de 1997-Belém - Pará
- [14] Paulo Gomes, J.W.M. Lima, N. Martins, X.V. Filho "Aspectos de Estabilidade em Ambientes Competitivos", XII CBA - Congresso Brasileiro de Automática - 14 a 18/09/98 - Uberlândia - MG