



**GRUPO VII
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (GPL)**

A INFLUÊNCIA DE PRODUTORES INDEPENDENTES DE ENERGIA (PIE's) NO DESEMPENHO DO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

P. Gomes *	M. Th. Schilling	J. W. Marangon Lima	N. Martins
ONS / UERJ / PSQ	Eletrobrás / UFF	EFEI / ANEEL	Cepel

Resumo:

Os Sistemas Elétricos de Potência estão passando por uma grande mudança: de um modelo cooperativo para um modelo competitivo. O que poderá acontecer com os aspectos de estabilidade neste novo cenário? Este artigo aborda algumas questões relacionadas a este assunto, comparando a abordagem tradicional com a nova abordagem dos Produtores Independentes de Energia (IPP's). Isto pode ser considerado como um ponto de partida para se definir como se atribuir responsabilidades e alocação de custos dos controles afetos a manutenção da estabilidade e segurança dos sistemas elétricos.

Keywords: Reestruturação, Estabilidade, Produtores Independentes de Energia, Serviços Ancilares.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está reestruturando rapidamente o seu Setor Elétrico, passando de um sistema altamente centralizado, hierarquizado e estatal para um novo modelo caracterizado pela competição na geração e com livre acesso ao sistema de transmissão. Os serviços ancilares são considerados fundamentais na reestruturação do Sistema Elétrico Brasileiro. Foi mostrado (Black & Veatch, 1996) que existem vários serviços que podem ser caracterizados como Serviços Ancilares. A manutenção da estabilidade pode ser considerada como um destes serviços.

O Sistema Brasileiro, predominantemente hidráulico, com usinas distantes dos centros de cargas é frequentemente solicitado a operar com transferência de grandes blocos de energia, para o controle dos reservatórios. Condições hidrológicas críticas podem piorar as condições operativas, agravando conseqüentemente os problemas de estabilidade.

Este artigo trata dos aspectos relacionados à estabilidade do sistema, como um dos serviços ancilares (D. Shirmohammad, 1996). Até agora, os custos associados aos controles e medidas operativas para manutenção da estabilidade e segurança do sistema, têm sido suportados a nível condonômico pelo GCOI (Grupo Coordenador para Operação Interligada) e GCPS (Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos), cujas decisões são consensuais. Os controles considerados envolvem entre outros: sinais adicionais estabilizantes (trocas de estrutura, ajustes), esquemas especiais de proteção (corte de geração, ilhamentos, corte de carga por subfrequência, chaveamentos automáticos de linhas, capacitores ou reatores), controles elo CCAT, etc.

Com os novos agentes do setor (Produtores Independentes de Energia, Co-geradores, Operador Independente) isto pode mudar, tornando-se fundamental analisar em detalhes este aspecto, no sentido de estabelecer novos critérios e procedimentos. A identificação de responsabilidades e os custos associados, torna-se vital neste novo ambiente competitivo.

2. O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O Sistema Elétrico Brasileiro tem uma capacidade instalada de 50.000 MW, com predominância hidrelétrica (95%) e uma vasta rede de transmissão, com mais de 150.000 Km de linhas com tensão igual ou maior que 138 KV. A produção de energia é da ordem de 309 TWh, com 97%, sendo produzida por usinas hidrelétricas. Existem mais de 40 milhões de consumidores, dos quais 32,5 milhões são consumidores residenciais. O consumo de energia per capita é de 1.954 kwh/ano por consumidor residencial.

Outras características deste sistema estão listadas a seguir:

- Grandes centrais hidrelétricas, distantes dos centros de carga.
- Hidrelétricas com grandes reservatórios, com regulação plurianual.
- Unidades hidráulicas com grandes capacidades: Itaipu (700 MW), G.B. Munhoz (418,5 MW), Itumbiara (380 MW), etc.
- Longas linhas de transmissão, com restrições (gargalos) em algumas áreas do sistema.
- Frequentes condições operativas envolvendo grandes transferências de energia, principalmente na condição de carga leve, no sentido de aproveitar as diversidades das bacias hidrológicas.
- Consumo de energia com elevada taxa de crescimento (6 % por ano, nos últimos anos).
- Atraso nas obras de usinas hidrelétricas que exigem grandes investimentos, com necessidade urgente de expansão do parque gerador.

Quando de condições hidrológicas desfavoráveis, para o atendimento às condições energéticas, as transferências de blocos de energia entre áreas do sistema são acentuadas, notadamente nas condições de carga leve e mínima. É comum verificar-se nestas situações, a reversão de fluxo de potência ativa em determinadas linhas e transformadores do sistema.

Os problemas de estabilidade são agravados uma vez que, dependendo do grau das condições hidrológicas desfavoráveis, o sistema pode vir a operar com violação dos critérios vigentes de estabilidade dinâmica (F.P. Mello, 1976). Deve-se observar que nestes casos são obedecidos os critérios de estabilidade a pequenas perturbações, de modo a se evitar o aparecimento espontâneo de oscilações .

De forma a minimizar os problemas de estabilidade para o sistema, o Grupo Coordenador do Planejamento da Expansão - GCPS e o Grupo Coordenador para Operação Interligada - GCOI, órgãos condonômiais, que realizam o Planejamento da Expansão e Operação, recomendam uma série de decisões de planejamento e medidas operativas, que são seguidas, obrigatoriamente, por todos os seus membros. A segurança do sistema interligado está acima dos interesses de qualquer empresa ou grupo de empresas.

3? NOVOS CENÁRIOS PARA O SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO:

De acordo com o Plano Decenal de Expansão (Eletrobrás – GCPS, 1997), o consumo de energia terá um forte crescimento neste período, exigindo um incremento médio anual da ordem de 3200 MW na capacidade da geração. Duas questões são imediatamente levantadas: a) como se processará a expansão do parque gerador dentro dos montantes necessários? Como evoluirá o sistema de transmissão?

Levando-se em conta o processo de reestruturação do Setor Elétrico, a política do governo de incentivo à entrada de capitais privados e o avanço de novas tecnologias, notadamente, turbinas a gás de ciclo combinado, é possível visualizar-se o seguinte cenário:

- Aumento significativo de geração térmica, principalmente a gás. Estima-se que em dez anos, a participação deste tipo de geração deve representar, aproximadamente, 17% da capacidade instalada.
- Implementação das interligações com países vizinhos (Argentina, Uruguai, Bolívia, etc.), que serão realizadas através de elos de corrente contínua.
- Utilização de fontes alternativas de energia (usinas eólicas, bagaço de cana, etc.), principalmente na região Nordeste.
- Crescimento acentuado da geração distribuída.
- Operação do sistema com utilização, cada vez maior, da capacidade máxima de seus elementos.

O cenário apresentado é bastante viável pelas seguintes razões:

- O país necessita, a curto e médio prazo, aumentar a sua capacidade de geração, no sentido de evitar severos cortes de carga.
- A nova legislação no que se refere a regulamentação do Produtor Independente da Energia e do Livre Acesso à Rede, veio a criar condições favoráveis ao ingresso destes novos agentes no Setor.

O interesse maior dos IPP's é pela instalação de usinas térmicas a gás, devido ao tempo requerido para entrada em operação (o retorno do capital investido dar-se-á num prazo de tempo bem menor que nas usinas hidrelétricas). Além disto, estas usinas podem ser colocadas junto aos grandes centros de carga, minimizando conseqüentemente altos investimentos em longas linhas de transmissão. Estas usinas podem até aliviar o carregamento dos sistemas existentes.

Em função do alto nível de desenvolvimento tecnológico, as usinas térmicas a gás de ciclo combinado são consideradas hoje como uma das formas mais eficientes de gerar energia elétrica, com tecnologia comercial, isto é, com custo de geração bastante competitivo.

Estas térmicas proporcionam pouco impacto ambiental, com níveis desprezíveis de poluição sonora, atmosférica e de emissão de efluentes líquidos, sendo a emissão de sólidos inexistente.

A turbina, isolada acusticamente, o gás natural com baixo índice de enxofre e a excelente performance dos queimadores atendem às mais rigorosas legislações ambientais.

A disponibilidade de gás para estas usinas deixou de ser problema tendo em vista a oferta da Petrobrás (devido a novas descobertas de gás e também a sua importação) como também em função do gasoduto Bolívia-Brasil e Argentina-Brasil, além dos gasodutos em território brasileiro que permitirão o suprimento deste gás. Outros empreendimentos em curso, ou sob estudo, são:

- geração de energia pela própria Petrobrás na condição de co-gerador. Considerando o conjunto das refinarias, onde atualmente se verifica a queima de gás, será viável a utilização deste gás na produção de energia elétrica (aproximadamente 10.000 MW).
- a interligação dos sistemas Norte/Nordeste e Sul/Sudeste/Centro-Oeste através de uma linha de 500 KV (1000 Km de comprimento), que tem por objetivo aproveitar a diversidade hidrológica destas regiões, bem como a interligação com países vizinhos (Argentina notadamente) fará com que se opere áreas do sistema na sua capacidade máxima de transmissão.

Dentro deste cenário o que se destaca é o início da operação de várias usinas térmicas a gás (ciclo combinado) junto à vários centros de carga dentro de um período de 2 a 3 anos, começando a mudar a atual característica do sistema, quase totalmente suprido por geração hidráulica.

3? PLANEJAMENTO/OPERAÇÃO EM UM AMBIENTE COMPETITIVO

No tradicional modelo verticalizado e integrado do setor elétrico, a confiabilidade do sistema é de responsabilidade de um único órgão, estatal ou privado. Neste ambiente as características aceitáveis de transmissão da geração, controle e proteção envolvem naturalmente procedimentos considerados satisfatórios pelas empresas envolvidas e ditados por considerações técnico-econômicas.

No caso de um único proprietário de todos os segmentos (G,T e D) não se verifica a tendência de subinvestir em determinada área (geração, transmissão ou controles). Neste cenário, a abordagem cooperativa é naturalmente aceita e a divisão de investimentos pelos vários setores é ditado por considerações que tenham por objetivo alcançar os benefícios mútuos proporcionados pelos sistemas interligados, evidentes efeitos positivos sobre a segurança dinâmica do sistema.

Onde necessário, organizações, tais como NPCC, WSCC, ERCOT, etc. nos Estados Unidos, UNIPED na Europa e GCOI/GCPS no Brasil emitem recomendações / procedimentos a serem seguidos por todos os membros de cada "pool".

No caso de sistemas interligados utilizando longas distâncias de transmissão, o problema do baixo amortecimento e oscilações eletromecânicas inter-áreas torna-se um sério problema para a confiabilidade. A solução

técnico-econômica é distribuir o esforço do controle de amortecimento sobre a maioria dos geradores (sinais adicionais).

No WSCC toda unidade com potência igual ou superior a 75 MVA deve ser equipada com sinal adicional estabilizante.

Já que os Produtores Independentes podem não tratar do problema de amortecimento das oscilações, a solução poderá vir a ser tomada no sistema de transmissão, violando drasticamente o aspecto técnico-econômico.

O mesmo dilema pode ser estendido a outros aspectos da confiabilidade, tais como: estabilidade transitória, "load shedding", corte de geração, etc. A geração cada vez mais distribuída ao longo do sistema e interligada pela rede de transmissão pode apresentar desafios mais complexos, desde que o desligamento de cargas e a separação do sistema podem propagar uma série de eventos sérios para o próprio sistema e para os consumidores.

4? A INFLUÊNCIA DAS NOVAS USINAS TERMELÉTRICAS NO DESEMPENHO DO SISTEMA:

5.1 Aspectos Positivos

A princípio a entrada em operação destas novas usinas (IPP's) podem trazer benefícios ao sistema, a saber:

- Por estar perto dos principais centros de carga, permitirão uma redução do carregamento do sistema de transmissão, um melhor controle do perfil de tensão e redução das perdas na transmissão, em condições normais da operação (Donnelly, 1996).
- Melhoria da estabilidade de tensão, em função do suporte de reativos junto aos centros de carga.
- Melhoria a curto prazo da estabilidade eletromecânica, em função do alívio do carregamento das linhas de transmissão e da melhor manutenção do perfil de tensão durante o período dinâmico. O amortecimento das oscilações inter-áreas tenderá a melhorar como resultado de menor diferenças angulares entre máquinas.
- Posterga a necessidade de construção de grandes usinas na região Amazônica e, com isto a construção de um novo sistema de transmissão que exigirá crescentes distâncias e uso de novas tecnologias.
- Torna mais flexível as condições de serviços que exigem desligamentos programados em linhas de transmissão e equipamentos.
- Torna mais confiável a operação dos relés de distância, com significante redução de atuações corretas, porém indesejáveis, devido ao melhor controle do perfil de tensão, durante o período dinâmico.

5.2 Questões Pendentes - Incógnitas

A utilização nos próximos anos de 10.000 MW em usinas térmicas a gás terão menor impacto ambiental do que uma grande usina hidrelétrica na Região Amazônica considerando a grande área a ser inundada e o extenso sistema de transmissão com a faixa de servidão associada?

5.3 Aspectos Negativos

Os IPP's, quando comparados com concessionárias estatais têm abordagem diferente (Mike Henderson, 1997). Eles necessitam obter em elevado retorno do capital investido num período de tempo bem menor que os 30 anos até então adotado pelas concessionárias brasileiras. Como eles podem obter isto? A resposta é: maximizando a produção de energia e minimizando custo.

Quais as conseqüências deste fato? Algumas das funções hoje executadas pelas plantas atuais (suporte de tensão, regulação de frequência, resposta dinâmica, capacidade de sobrecarga transitória, etc), são classificadas no novo ambiente como serviços auxiliares, que podem não ser mais providos pelas novas usinas dos IPP's. Alguns destes aspectos são analisados nas tabelas a seguir:

Tabela 1 - Aspectos de Proteção

Assunto	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Ajuste de Proteção	Os ajustes são feitos levando em conta os geradores como também os requisitos do sistema.	<ul style="list-style-type: none"> - Preocupação somente com a segurança dos geradores (ajuste da proteção torna-se mais crítico). - Maior possibilidade de desligamento dos geradores durante distúrbios. - Para distúrbios que causam déficit de geração, o desligamento dos geradores degenera ainda mais o comportamento da frequência. Será então necessário aumentar o total de "load shedding". Em casos extremos pode levar a um colapso do sistema. - Para distúrbios que causam sobretensões o desligamento de geradores pode agravar o perfil de tensão, aumentando a chance de se alcançar os ajustes de proteção das linhas de transmissão. O desligamento dessas linhas pode levar a uma situação de colapso do sistema. - Para distúrbios que causam grande absorção de reativos pelos geradores para o controle do perfil de tensão, os novos ajustes dos limitadores de mínima excitação podem levar ao desligamento dos geradores. Com o aumento do número de IPP's, isto pode acarretar maiores sobretensões, e desligamento de equipamento (ou dano).

Tabela 2 - Controle do Perfil de Tensão do Sistema

Características do Gerador	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Fator de Potência	- Utiliza geradores com fator de potência (< 0,9). Isto pode evitar reforços na rede.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta o fator de potência (> 0,9). Isto reduz o custo do IPP's. - A falta de suporte de reativo tem que ser completada por outros meios no sistema de transmissão.
Capacidade Transitória de Sobrecarga do Sistema de Excitação	- Sistemas de excitação são capazes de produzir até 200% da potência reativa nominal por aproximadamente 20 segundos. Isto melhora o desempenho dinâmico do sistema.	<ul style="list-style-type: none"> - Tem sistema de excitação com baixa capacidade de sobrecarga e limitadores com ajustes conservativos. A atuação dos limitadores irá aumentar para proteger o sistema de excitação e os enrolamentos dos geradores contra falhas devido ao "high voltage stress". Isto pode levar a problemas no controle da tensão e até mesmo a um colapso. - A redução de custos conseguida com a redução da capacidade dos geradores em termos de reativo aumentará substancialmente os custos com as soluções a serem adotadas no lado da transmissão para o controle do perfil de tensão.
Geradores Operando como Máquinas	- Utiliza esta característica nas condições de carga leve de forma a proporcionar um melhor controle do perfil de	- Não serão instalados nos geradores os dispositivos necessários para operação como síncronos devido aos custos envolvidos.

Síncronas	tensão, a manutenção do nível de curto-circuito e a evitar a abertura de linhas de transmissão para controlar o sobretensões durante carga leve e mínima.	
-----------	---	--

Tabela 3 - Aspectos da Estabilidade do Sistema

Assunto	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Sistema de Excitação, Sinal Adicional Estabilizante e Reguladores de Velocidade	- São amplamente utilizados como meio de melhorar o desempenho dinâmico do sistema, sendo considerada a solução mais apropriada e econômica.	- O principal objetivo é a redução de custo. A tendência é a utilização de somente controladores "standard".
Participação em Esquemas Especiais de Proteção (SPS)	- A concepção e a implementação de esquemas especiais de proteção (esquemas de controle de emergência) são analisados considerando o sistema como um todo. Estes esquemas são instalados considerando a melhor localização a nível de sistema, isto é, podem ser instalados em qualquer usina.	- O IPP's podem não aceitar participar de esquemas desta natureza.

Tabela 4 - Aspectos Operativos

Assunto	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Número Mínimo de Unidades em Operação	- O número mínimo de unidades em cada usina é determinado de forma a garantir um valor mínimo de inércia para o sistema, como também para garantir um melhor controle de tensão e de se evitar auto-excitação em determinadas máquinas quando de rejeição total de carga	- Os IPP's podem considerar que não tem obrigação de manter inércia no sistema mas simplesmente manter o número de unidades em operação de forma a obter a máxima produtividade da usina. Isto pode afetar o controle do perfil de tensão e a estabilidade do sistema e acarretar os desvios de frequência.
Operação dos Geradores com Falhas	- Quando de determinadas falhas os geradores podem permanecer operando até que as condições do sistema permitam o desligamento do mesmo sem prejudicar a confiabilidade do sistema	- Os IPP's podem considerar que não tem obrigação para com os requisitos de confiabilidade do sistema, seu principal objetivo sendo a proteção dos seus próprios equipamentos.

	como um todo.	
Trocas de Informações	- Para prover uma operação mais confiável e segura a troca de informações sobre limitações de equipamentos, indisponibilidade, restrições de fluxo de potência, etc, são facilmente disponíveis.	- Os IPP's podem considerar que não tem obrigação em informar o que está acontecendo nas suas instalações. - A ausência de informações é degenerativa em termos da confiabilidade global do sistema.

Tabela 5 - Análise Pós-Operação

Assunto	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Disponibilidade de Dados e Informações	- Tradicionalmente todos os dados estão disponíveis, incluindo informações de distúrbios (oscilogramas, relatórios de operadores e etc).	- Os IPP's podem considerar que não tem obrigação em informar o que ocorreu em seu empreendimento, dificultando assim a análise das perturbações. - O IPP pode até não ter registradores apropriados.

Tabela 6 - Black-Start Capability:

Assunto	Abordagens Tradicionais	Novas Abordagens (IPP's) e Conseqüências
Black-start capability	- O planejamento da operação do Sistema Interligado elabora um Plano de Recomposição, considerando vários subsistemas paralelos. - Cada subsistema tem no mínimo uma usina com auto-restabelecimento.	- IPP's, para redução de custos, preferirão contar com fonte de partida remota do que instalar fontes para auto-restabelecimento (M M Adibi, 1993). - Como conseqüência, o tempo de recomposição do sistema irá aumentar.

CONCLUSÕES

- Os aspectos negativos causados à estabilidade dos sistemas devido às características das usinas dos IPP's podem não ser viáveis de serem compensados totalmente pelo sistema de transmissão.
- Apesar do aumento dos investimentos nos sistemas de transmissão, a confiabilidade do sistema como um todo irá se reduzir no futuro.
- A eventual falta de ações de controle na geração e sua compensação a nível de transmissão, irá resultar em perda da eficiência econômica.
- A transição de um modelo cooperativo para um modelo competitivo irá trazer riscos adicionais, que ainda não foram totalmente avaliados.
- Uma forma de minimizar os impactos negativos e riscos adicionais é mostrar aos IPP's que a venda de serviços

ancilares pode ser um bom negócio. Alguma coisa deve ser feita neste sentido, de modo que os geradores exerçam as funções tradicionais de controle, hoje denominados de serviço ancilar. Isto evitará a adoção de outras alternativas de solução a nível de sistema de transmissão, que certamente serão mais caras.

- No Brasil será fundamental a atuação do órgão regulador, ANEEL, no sentido de definir requisitos técnicos mínimos a serem respeitados pelas máquinas dos IPP's.

REFERÊNCIAS

- (1) Black & Veatch Power Division (1996)- Power Plant Engineering in International Thomson Publishing Company .

- (2) Donnelly, J.E., Dagle, D.J., Trudnowski, G.J., Rogers, (1996) Impacts of the Distributed Utility on Transmission System Stability, IEEE Trans on PWRS, Vol 11, No. 2, pp 741-746, Maio.
- (3) Eletrobrás - GCPS - Plano Decenal de Expansão - 1997/2006.
- ?4? Harrisson Clark – PTI, (1996) Newsletter – Issue, Nol 87, Fourth Quarter
- (5) Mike Henderson, (1997) Stability Controls in a Restructured Industry, Comentários enviados aos membros do IEEE Power System Stability Controls Subcommittee (chairman: C.W. Taylor), January.
- (6) F.P. de Mello, (1976) Some Aspects of Transmission System Planning and Design in Developing Countries, Engineering Foundation Conference, Henniker, New Hampshire.
- (7) M. M. Adibi, L. H. Fink, (1993), Power System Restoration Planning, paper 93 WM 204-8-PWRS, Winter Meeting, Columbus OH, Fevereiro.
- (8) D. Shirmohammadi, A. Vojdani, (1996), An Overview of Ancillary Services, V SEPOPE, Recife, Maio.
- (9) P. Gomes, F. Paulo de Mello, N. Martins, X. Vieira Filho, Assuring System Reliability in a Competitive Environment, Paper 38-104, CIGRÉ, Paris, 1998.
- (10) P. Gomes, J.W. Marangon Lima, N. Martins, X. Vieira Filho, Aspectos de Estabilidade em Ambientes Competitivos, XII CBA, Uberlândia, Set, 1998.