**GAT-021**



**21 a 26 de Outubro de 2001**

**Campinas - São Paulo - Brasil**

**GURPO IV**

**GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT**

**COLAPSO DE TENSÃO: UMA ABORDAGEM SOB ENFOQUE DINÂMICO E UMA PROPOSTA DE**

**SOLUÇÃO USANDO COMPENSAÇÃO SÉRIE CONTROLADA**

Carlos Gama\* Venilton Rodrigues

ONS

**RESUMO**

Este trabalho apresenta uma alternativa de mitigação

do fenômeno colapso transitório de tensão, através de

um esquema de Compensação Série Controlada

(CSC). São apresentados os principais aspectos da

filosofia proposta e o desenvolvimento do sistema de

controle do CSC, necessário para executar esta

função. Os processos de desenvolvimento da filosofia

de controle, da avaliação do seu desempenho e

também do sistema de potência, são suportados por

simulações dinâmicas não lineares no domínio do

tempo, considerando um sistema de transmissão real

– o sistema elétrico brasileiro.

**PALAVRAS-CHAVE**

Colapso de tensão - FACTS – TCSC – Projeto de

Controlador

**1.**  **INTRODUÇÃO**

Dentre os fenômenos de natureza dinâmica, o colapso

de tensão representa atualmente uma das principais

fontes de limitação de transporte de energia de forma

confiável em sistemas de transmissão de alta tensão.

A eliminação de restrições de transmissão sempre foi

importante mesmo em um modelo setorial, que existiu

até o final da década de 80, que, ao contrário do

modelo ora em construção, não se caracterizava pela

vital necessidade de explorar até o limite os recursos

de transmissão, de forma a atender o desafio de

estabelecer a ligação entre a geração e o consumo, de

forma confiável, flexível e a baixos custos.

Historicamente, a limitação do transporte de energia

esteve, via de regra, intimamente relacionada à

necessidade de se transportar grandes blocos de

energia através de grandes distâncias até os remotos

centros de carga. Esta necessidade fez surgir a

primeira grande restrição, representada pelo fenômeno

de instabilidade angular transitória ou instabilidade de

primeiro “swing”. A solução para este problema não foi

simplesmente o reforço dos corredores de transmissão

através da introdução de novas linhas de transmissão,

até porque esta solução clama claramente por uma

justificativa mais sólida capaz de dar respaldo ao alto

investimento necessário.

O reconhecimento da natureza dinâmica do problema

foi fundamental para o processo de solução proposto

para este fenômeno, ou seja: o controle rápido do

campo das máquinas síncronas através de excitatrizes

estáticas. Esta foi, já na década de 60, na verdade, a

primeira aplicação de eletrônica de potência em

sistemas elétricos. Entretanto, esta solução trouxe

também efeitos colaterais indesejáveis, fomentando,

em alguns casos, o surgimento de oscilações

eletromecânicas pouco ou mesmo não amortecidas.

Aqui, a exemplo, do que ocorre na área médica, a

vacina pare este tipo de “virus” foi obtida explorando-

se exatamente uma das fontes causadoras do

problema, ou seja, o próprio controle provido pelas

excitatrizes estáticas. Assim surgiram os Sinais

Estabilizadores de Potência (PSS).

Estes dois fenômenos, instabilidade de primeiro

“swing” e instabilidade oscilatória, já foram bastante

explorados e é enorme a experiência acumulada na

análise e na proposição de soluções factíveis. Não há

desta forma hoje em dia, do ponto de vista puramente

técnico, justificativa alguma para se impor restrições

de transmissão em decorrência do surgimento de um

destes fenômenos.

O mesmo não se pode afirmar sobre o colapso de

tensão. No Brasil, por exemplo, este fenômeno tem

limitado a utilização plena dos nossos recursos de

transmissão, principalmente nas interligações.

Este trabalho não pretende fazer uma crítica à forma

como a questão colapso de tensão vem sendo tratada.

Pelo contrário, a idéia é propor uma contribuição

inovadora visando agregar valor ao processo de

mitigação deste problema. Entretanto, a análise aqui

proposta se alinha perfeitamente com a tese de que a

\* Rua da Quitanda 196, 19º andar - CEP 20091-000 – Rio de Janeiro - e-mail: gama@ons.org.br

-2-

análise da questão colapso de tensão passa

necessariamente por um criterioso processo de

avaliação dinâmica. Concordamos com a dificuldade

ou, na maioria dos casos, impossibilidade de se extrair

condições de suficiência e necessidade para

estabilidade de sistemas de potência (não lineares

com descontinuidades) simplesmente através da

análise estática.

Entende-se aqui por análise estática, não apenas as

simulações de regime permanente, mas também as de

regime dinâmico, porém voltadas para avaliar o efeito

de reforços baseados unicamente em elementos

passivos. Este tipo de abordagem tem, ao nosso

entender, fomentado a proposição de soluções

convencionais que resultam sempre em reforços de

transmissão com elementos essencialmente passivos

(novas linhas, compensação shunt fixa, etc). A

proposta deste trabalho vai além disto, no sentido em

que sugere uma solução que explora as causas

dinâmicas do processo de forma a utilizar a fonte do

problema também como fonte auxiliar de solução.

**2. ANÁLISE CONCEITUAL DO PROBLEMA**

Existem basicamente dois tipos principais de colapso

de tensão, um que ocorre nos primeiros segundos

após um súbito aumento do fluxo de potência em

determinado ponto do sistema e outro, de natureza

mais lenta e mais complexa, que envolve minutos ou

até mesmo horas. Este segundo tipo é explorado em

estudos de dinâmica de longo prazo (Long Term

Dynamic) e envolve um complexo estudo onde

modelos confiáveis da carga, dos comutadores

automáticos de transformadores, dos limitadores de

sub e sobreexcitação dos geradores e do sistema de

controle automático de geração são essenciais.

Vamos tratar neste trabalho apenas do primeiro caso e

vamos então chamá-lo de colapso de tensão

transitório. Um exemplo típico pode ocorrer nas

interligações síncronas entre dois sistemas de

potência. Toda interligação terá sempre um elo fraco,

já que esta classificação é necessariamente feita em

termos relativos. Quando o elo mais fraco é reforçado,

o ponto frágil simplesmente migra para outro ponto ao

longo da interligação.

O sincronismo entre sistemas interligados é exercitado

sempre que o equilíbrio carga-geração em um dos

subsistemas é alterado. A conseqüência natural é o

aumento temporário do fluxo entre os sistemas toda

vez que um deles perde blocos de geração ou carga.

Este aumento de fluxo é benéfico e é, na verdade, uma

das vantagens de uma conexão síncrona na qual os

subsistemas interligados se ajudam mutuamente

reduzindo as variações de freqüência e o montante de

corte de carga/geração necessário para recuperar o

equilíbrio do sistema. Todavia, o elo mais fraco, que

muitas vezes não está dimensionado para este aporte

adicional e temporário de fluxo, estará então sujeito à

ocorrência de colapso de tensão.

Este fenômeno nada tem a ver com oscilações não

amortecidas ou mesmo com perda de sincronismo por

deficiência de torque sincronizante. A perda de

sincronismo pode até ocorrer mas não como causa e

sim como conseqüência do colapso de tensão. O

colapso ocorre, em última análise, pelo déficit

transitório de reativos provocado pelo súbito aumento

do fluxo de potência.

Surge naturalmente a seguinte questão: qual é o maior

impacto admissível (perda de geração ou carga) a ser

considerado quando do dimensionamento dos reforços

necessários nos subsistemas receptores de uma

interligação. Esta questão está fortemente ligada a

duas outras quais sejam: qual deve ser a capacidade

mínima (ou máxima) da interligação e qual a

tecnologia (corrente alternada ou contínua) a ser

empregada. Vamos então tecer breves comentários a

respeito de ambas as opções.

***Solução em corrente alternada (HVAC)***

A questão da capacidade mínima neste caso está

relacionada à manutenção da estabilidade transitória e

ao desempenho do controle de carga/freqüência

(CAG). Obviamente que não existe nenhuma fórmula

ou mesmo uma receita de bolo que indique a

capacidade mínima da interligação. Resultados de

estudos e de experiência com interligações têm

indicado que este número gira em torno de 10% da

capacidade de geração do menor subsistema.

Quanto ao maior impacto admissível de

carga/geração, é razoável trabalhar com algo em torno

da capacidade da interligação. Se esta for de 1000

MW é natural então trabalhar com um

dimensionamento dos reforços nos subsistemas que

os faça suportar perda de geração ou carga da ordem

de 1000 MW. Impactos superiores que possam causar

colapso de tensão constituem então a premissa básica

para o ajuste de um esquema de proteção para perda

de sincronismo (PPS) ou outro esquema especial de

proteção.

***Solução em Corrente Contínua (HVDC).***

Nesta alternativa a preocupação não é com a

capacidade mínima mas com a máxima. Neste caso, a

relação entre a capacidade da interligação e a dos

subsistemas interligados está refletida na relação de

curto-circuito (RCC) definida como sendo o resultado

da divisão da potência de curto-circuito do sistema CA

nos pontos de interligação, pela capacidade do elo

HVDC. Aqui também não existem fórmulas mágicas

para se determinar a menor RCC aceitável. A

experiência tem indicado que valores superiores a 2

têm garantido desempenho confiável do conjunto elo

CC – sistemas CA interligados. Valores inferiores são

aceitáveis dependendo da qualidade do controle de

tensão nos terminais CA receptores, que muitas vezes

não pode ser refletida simplesmente pelo valor da

potência de curto-circuito (caso da presença de SVCs,

etc).

Pode-se argumentar, e com razão, que atualmente a

tecnologia CCC (Capacitor Commutated Converters)

garante o desempenho confiável para valores bem

inferiores a 2. A tecnologia CCC baseia-se na

alocação de capacitores série entre a válvula de

tiristores e o transformador conversor. Trata-se

inegavelmente de um grande avanço. Todavia, sob o

**Obrigado por avaliar o Wondershare PDFelement.**

**Você apenas pode converter 2 páginas na versão teste.**

**Para obter a versão completa, por favor encomende aqui o programa:**

[*http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=1159&m=db*](http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=1159&m=db)