



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO – IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA CA E CC - GAT

PROJETO E TESTES DE CAMPO DE UM CONTROLADOR AMORTECEDOR FUZZY EM UMA UNIDADE GERADORA DA USINA HIDRELÉTRICA DE TUCURUÍ

Fabício G. Nogueira (*)
UFPA

Carlos T. da Costa. Jr
UFPA

Walter Barra. Jr
UFPA

José A. L. Barreiros
UFPA

Anderson R. B. Moraes
UFPA

Marcus C. M. Gomes
UFPA

Paulo S. Nascimento Filho
UFPA

Jânio J. De Lana
Eletronorte

Ricardo A. Campos
Eletronorte

Fabio S. Campos
Eletronorte

RESUMO

Este trabalho avalia experimentalmente o projeto de um controlador amortecedor baseado em uma rede de controladores locais. A adaptação dos ganhos do controlador amortecedor é efetuada em tempo real, através de um supervisor fuzzy, o qual interpola os ganhos de um conjunto finito de controladores locais fixos. Ao ocorrer variações nas condições operacionais da planta, os ganhos da lei de controle são ajustados automaticamente de modo a manter a estabilidade e o desempenho satisfatório do sistema de controle. Os testes experimentais do controlador amortecedor fuzzy foram realizados em testes de campo em uma unidade geradora de 350 MVA da Usina Hidrelétrica (UHE) de Tucuruí.

PALAVRAS-CHAVE

Rede de Controladores Locais, Controle Fuzzy, Estabilidade de Sistemas Elétricos de Potência.

1.0 - INTRODUÇÃO

A operação segura e eficiente de um sistema elétrico de potência depende do emprego de controladores automáticos em diferentes níveis hierárquicos, para garantir estabilidade e desempenho de operação. Atualmente, a maioria dos sistemas de controle ainda são baseados em estruturas de controle lineares cujos parâmetros são fixos. Todavia, sistemas reais, como sistemas elétricos de potência, apresentam características não-lineares, fato que muitas vezes provoca a perda de sintonia de sistemas de controle a parâmetros fixos. O projeto de um controlador para um ponto de operação fixo da planta não garante a estabilidade e o desempenho após a mudança do cenário no qual o controlador foi ajustado. Em sistemas elétricos de potência, existem diversas causas para a ocorrência de variações das condições operacionais, tais como [1]:

- Variação das condições operacionais das unidades geradoras;
- Variações na estrutura do sistema de potência, tal como mudanças na configuração da rede e o número de unidades geradoras conectadas.
- Incerteza nos parâmetros de elementos do sistema de potência, a qual é geralmente causada por variações nos parâmetros devido a mudanças climáticas ou simplesmente erro na estimativa do parâmetro.

Uma forma de reduzir os efeitos prejudiciais devidos a perda de sintonia do ESP com mudanças de ponto de operação e variações estruturais na planta é através do uso de controladores com adaptação [2] [3]. Neste artigo são apresentados o desenvolvimento e os resultados de testes de campo de técnicas de controle fuzzy adaptativo aplicadas no amortecimento de oscilações eletromecânicas em uma unidade geradora de 350 MVar da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no estado do Pará, operada pela ELETRONORTE. O artigo está organizado da seguinte

(*)Universidade Federal do Pará- UFPA, Rua Augusto Corrêa, nº 01 – ITEC - CEP 66075.-110 Belém, PA, Brasil,
Tel: (+55 91) 3201-7680 – Fax: (+55 91) 3201-7680 – Email: fnogueira@ufpa.br

forma: na seção 2, é apresentada a estrutura de controle do ESP adaptativo implementada. Na Seção 3, é descrita a técnica de projeto de controladores digitais por deslocamento radial de pólos. Na seção 4, é apresentada a técnica de implementação de uma rede de controladores locais. Na seção 5, é apresentada a estratégia de supervisão fuzzy que realiza a adaptação do controlador do ESP digital. Os resultados de testes em campo na UHE de Tucuruí do ESP adaptativo são apresentados na seção 6. As conclusões do trabalho são discutidas na Seção 7.

2.0 - REDE DE CONTROLADORES LOCAIS COM SUPERVISÃO FUZZY

Nesta seção do artigo é descrita a metodologia de controle adaptativo utilizada no projeto do estabilizador de sistemas de potência (ESP) desenvolvido. O controlador desenvolvido foi baseado na técnica de rede de controladores locais com supervisão fuzzy (Figura 2.1). Nesta estratégia, o controlador é formado por um conjunto de controladores lineares (controladores locais) projetados para diferentes pontos de operação da planta, ou seja, diferentes pontos de potência ativa (P) e potência reativa (Q) da unidade geradora. A ação de controle é o somatório da saída de todos os controladores locais, com uma ponderação para cada controlador. Esta tarefa de ponderação é realizada por um supervisor fuzzy, o qual mede a condição operacional da planta e define qual controlador local terá maior contribuição na geração do sinal de controle de saída. O controlador local projetado em uma condição operacional mais próxima ao ponto de operação medido pelo supervisor, será o controlador com maior contribuição no sinal de saída. Neste trabalho, cada controlador local foi projetado pelo método de deslocamento radial de pólos, conforme será descrito na próxima seção deste artigo.

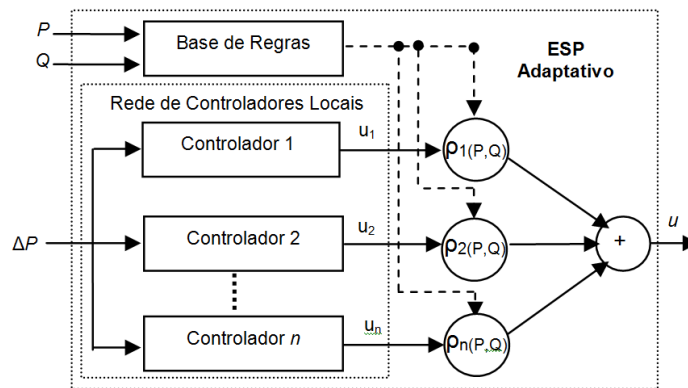


Figura 2.1 – Rede de controladores locais com supervisor fuzzy.

3. PROJETO DOS CONTROLADORES LOCAIS VIA DESLOCAMENTO RADIAL DE PÓLOS

3.1. Estrutura RST

A estrutura de controle de cada um dos controladores locais é baseada em uma estrutura canônica RST, que é formada por três filtros digitais (R , S , e T), ajustáveis de acordo com a resposta desejada para o sistema de controle. Esta estrutura tem dois graus de liberdade, visto que os polinômios R e S são projetados para atender as especificações de desempenho de regulação do sistema, enquanto o polinômio T é projetado a fim de atingir o desempenho desejado para o rastreamento da referência do controlador (Landau, 2006). No caso do ESP, como a referência desejada é nula, visto que é apenas um controlador amortecedor, o polinômio T não é utilizado. Os polinômios $R(q^{-1})$ e $S(q^{-1})$ são expressos na forma:

$$R(q^{-1}) = r_0 + r_1 q^{-1} + r_2 q^{-2} + \dots + r_{nr} q^{-nr} \quad (3.1)$$

$$S(q^{-1}) = 1 + s_1 q^{-1} + s_2 q^{-2} + \dots + s_{ns} q^{-ns} \quad (3.2)$$

3.2. Método de Deslocamento Radial de Pólos

Os parâmetros dos polinômios $R(q^{-1})$ e $S(q^{-1})$ dos controladores locais foram calculados através da técnica de posicionamento de pólos, que tem como objetivo determinar um controlador que gere um sistema em malha fechada estável com características especificadas de acordo com o desempenho desejado para a planta (máximo sobre-sinal, amortecimento, frequência natural, etc.). Para isto, os pólos do sistema controlado devem ser deslocados para uma nova posição satisfazendo o desempenho desejado [4].

A técnica de posicionamento de pólos, no caso do ESP digital, resume-se na busca dos polinômios $R(q^{-1})$ e $S(q^{-1})$ que satisfaçam a equação polinomial (3.3), conhecida como Equação Diofantina.

$$A(q^{-1})S(q^{-1}) + B(q^{-1})R(q^{-1}) = D(q^{-1}) \quad (3.3)$$

onde $A(q^{-1})$ e $B(q^{-1})$ são polinômios que compõem o modelo que representa a planta, tal como um modelo com estrutura do tipo auto-regressivo com entradas exógenas (ARX) [4]. Os parâmetros do modelo podem ser obtidos através de testes experimentais de identificação, tal como é apresentado nos trabalhos [5] e [6]. O polinômio $D(q^{-1})$ é um polinômio cujas raízes são os pólos desejados pelo projetista para a planta em malha fechada, o qual é especificado pelo projetista de acordo com o desempenho desejado.

Como o objetivo do projeto do ESP é ampliar o amortecimento natural (ζ) do modo pouco amortecido, capturado pelo modelo identificado da planta, sem alterar significativamente a frequência natural (ω_n) do respectivo modo. Dessa forma, o polinômio $D(q^{-1})$ foi definido através do método de deslocamento radial de pólos [2,4,5 e 6], no qual o objetivo do controle é deslocar radialmente os pólos dominantes em direção à origem do círculo unitário no plano z , através de um fator α (fator de contração radial), calculado através da equação:

$$\alpha = \exp[-(\zeta_d - \zeta)\omega_n T_s] \quad (3.4)$$

com $0 \leq \alpha \leq 1$. As variáveis ζ e ω_n são respectivamente o amortecimento e a frequência natural do modo de oscilação identificado, e T_s é o intervalo de amostragem (40 ms). Os valores de ζ e ω_n são obtidos dos parâmetros de um modelo identificado da planta, enquanto que o projetista deve especificar o valor do amortecimento desejado ζ_d .

4. REDE DE CONTROLADORES LOCAIS

Sendo S um sistema dinâmico não-linear que pode ter suas condições operacionais caracterizadas pelas variáveis mensuráveis $O_1, O_2, \dots, O_M \in \mathbb{R}$, os quais representam os valores instantâneos das variáveis de operação do sistema. Seja $O = [O_1, O_2, \dots, O_M]$ definido como sendo um vetor contendo os valores instantâneos das variáveis de operação do sistema. Supondo-se ainda que o espaço de operação do sistema S possa ser particionado em M regiões fuzzy, onde em cada uma dessas regiões, o comportamento dinâmico de S possa ser aproximado localmente por um modelo linearizado em torno do ponto de operação considerado. Para cada um dos modelos locais pode-se projetar um correspondente controlador local, que de acordo com o projeto apresentado na Seção 3 desse artigo, é um controlador na forma:

$$u^{(l)}(t) = \left[\frac{-R^{(l)}(q^{-1})}{S^{(l)}(q^{-1})} \right] y(t), \quad l = 1, \dots, M \quad (4.1)$$

Na memória do controlador devem estar contidos todos os valores pré-calculados dos coeficientes dos controladores projetados para atender as especificações de projeto.

5. SUPERVISOR FUZZY

O supervisor fuzzy é responsável por fazer a comutação suave entre os controladores locais da base, de acordo com a variação contínua da condição operacional do sistema, a qual é definida através dos valores das potências ativa e reativa da unidade geradora. Adotando-se, por exemplo, um grupo de 9 regiões no plano $P \times Q$, os quais representam 9 pontos de operação da planta, os pontos de operação podem ser particionados de acordo com a Figura 5.1.

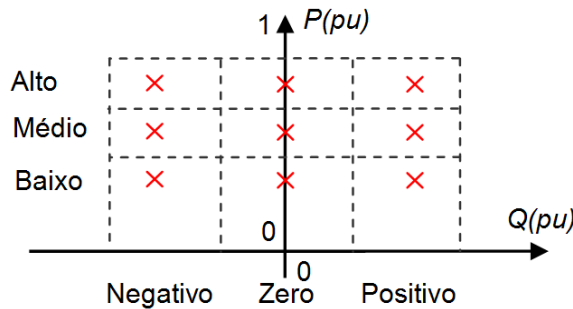


Figura 5.1 – Partição do espaço de operação $P \times Q$ em 9 regiões.

Neste trabalho, o particionamento em conjuntos fuzzy das variáveis de operação P e Q podem ser representados respectivamente conforme os gráficos das Figuras 5.2.a e 5.2.b. Para caracterizar qualitativamente a variável de operação P , foram escolhidos três conjuntos fuzzy (baixo, médio e alto), e também 3 conjuntos fuzzy (negativo, zero, positivo) para caracterizar qualitativamente a variável de operação Q .

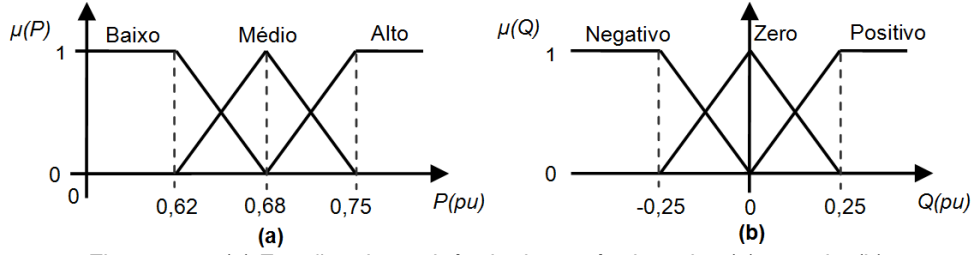


Figura 5.2 – (a) Funções de pertinência das potências ativa (a) e reativa(b)

A partir dos 3 conjuntos fuzzy de cada variável de operação é possível formar uma base com 9 regras, as quais associam a condição operacional da unidade geradora $O(t)$ ao controlador pré-projetado na respectiva condição operacional l ($R^{(l)}$ e $S^{(l)}$). Dessa forma, as M regras que compõem o supervisor fuzzy são definidas como:

$$\begin{aligned}
 R^{(l)} : & \text{Se } O(t) = O^{(l)} \\
 \text{Então } u^{(l)}(t) &= \frac{R^{(l)}(q^{-1})}{S^{(l)}(q^{-1})} y(t) \\
 l &= 1, 2, \dots, M
 \end{aligned} \tag{5.1}$$

Onde $O(t)$ é o vetor cujas componentes são as variáveis de operação da planta. A Tabela 5.1 ilustra as 9 regras criadas para o supervisor fuzzy.

Tabela 5.1. – Base de Regras do Supervisor Fuzzy.

$Q(t)$	$P(t)$			
	Baixo	Médio	Alto	
	Negativo	$R^{(1)}S^{(1)}$	$R^{(2)}S^{(2)}$	$R^{(3)}S^{(3)}$
	Zero	$R^{(4)}S^{(4)}$	$R^{(5)}S^{(5)}$	$R^{(6)}S^{(6)}$
	Positivo	$R^{(7)}S^{(7)}$	$R^{(8)}S^{(8)}$	$R^{(9)}S^{(9)}$

O sistema de inferência das regras foi o produto das funções de pertinência dos conjuntos fuzzy de $P(t)$ e $Q(t)$ para cada condição operacional $O^{(l)}$, conforme é apresentado no conjunto de equações 5.2.

$$\left\{ \begin{aligned} \rho^{(1)} &= \mu_{negativo}(P) \cdot \mu_{baixo}(Q) \\ \rho^{(2)} &= \mu_{negativo}(P) \cdot \mu_{médio}(Q) \\ \rho^{(3)} &= \mu_{negativo}(P) \cdot \mu_{alto}(Q) \\ \rho^{(4)} &= \mu_{zero}(P) \cdot \mu_{baixo}(Q) \\ \rho^{(5)} &= \mu_{zero}(P) \cdot \mu_{médio}(Q) \end{aligned} \right\} e \left\{ \begin{aligned} \rho^{(6)} &= \mu_{zero}(P) \cdot \mu_{alto}(Q) \\ \rho^{(7)} &= \mu_{positivo}(P) \cdot \mu_{baixo}(Q) \\ \rho^{(8)} &= \mu_{positivo}(P) \cdot \mu_{médio}(Q) \\ \rho^{(9)} &= \mu_{positivo}(P) \cdot \mu_{alto}(Q) \end{aligned} \right\} \tag{5.2}$$

Em um dado instante, os valores resultantes de $\rho^{(l)}$ (funções de validação) são pesos que determinam a contribuição de cada controlador local ($R^{(l)}$ e $S^{(l)}$) na composição dos valores dos parâmetros do controlador fuzzy (R' e S'), e por consequência, determinam o grau com que cada controlador local irá contribuir na saída do controlador fuzzy (u). Para isto, é realizada uma combinação linear entre os parâmetros dos polinômios $R^{(l)}$ e $S^{(l)}$ e os respectivos valores de $\rho^{(l)}$, conforme as equações (5.3) e (5.4).

$$r'_n = \rho^{(1)} r_n^{(1)} + \rho^{(2)} r_n^{(2)} + \dots + \rho^{(l)} r_n^{(l)} \quad , n = 0, 1, \dots, n_r \tag{5.3}$$

$$s'_n = \rho^{(1)} s_n^{(1)} + \rho^{(2)} s_n^{(2)} + \dots + \rho^{(l)} s_n^{(l)} \quad , n = 1, \dots, n_s \tag{5.4}$$

Dessa forma, para um conjunto de 9 controladores locais de terceira ordem, o controlador fuzzy é calculado de acordo com as seguintes equações:

$$\begin{cases} r'_0 = \rho^{(1)}r_0^{(1)} + \rho^{(2)}r_0^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}r_0^{(9)} \\ r'_1 = \rho^{(1)}r_1^{(1)} + \rho^{(2)}r_1^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}r_1^{(9)} \\ r'_2 = \rho^{(1)}r_2^{(1)} + \rho^{(2)}r_2^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}r_2^{(9)} \end{cases} \quad e \quad \begin{cases} s'_1 = \rho^{(1)}s_1^{(1)} + \rho^{(2)}s_1^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}s_1^{(9)} \\ s'_2 = \rho^{(1)}s_2^{(1)} + \rho^{(2)}s_2^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}s_2^{(9)} \\ s'_3 = \rho^{(1)}s_3^{(1)} + \rho^{(2)}s_3^{(2)} + \dots + \rho^{(9)}s_3^{(9)} \end{cases} \quad (5.5)$$

Como se pode observar, os coeficientes do controlador fuzzy dependem dos coeficientes dos controladores locais e também dos valores das inferências das funções de pertinências assumidas no determinado ponto de operação do sistema. O diagrama em blocos da Figura 5.3 ilustra o controlador fuzzy desenvolvido neste trabalho.

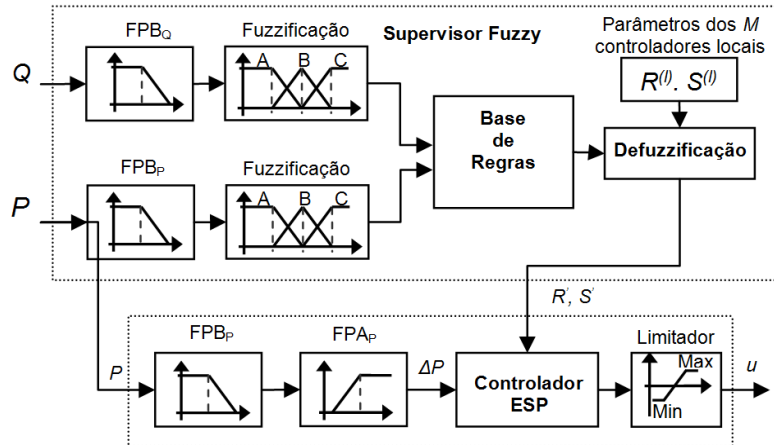


Figura 5.3 – Diagrama em Blocos do controlador digital com supervisor fuzzy.

6. RESULTADOS DE TESTES EM CAMPO NA UHE DE TUCURUÍ

Os testes em campo do ESP adaptativo foram realizados na unidade geradora 08 da UHE de Tucuruí (350 MVA), a qual pertence à primeira casa de força. Os sinais de teste para a excitação da planta durante a etapa de obtenção de modelos, assim como o sinal de controle do ESP, foram injetados em um ponto de soma do circuito somador do regulador automático de tensão (RAT), da respectiva unidade geradora. Durante os ensaios, o ESP analógico da máquina onde os testes foram efetuados foi desativado, enquanto que os ESPs analógicos das demais máquinas permaneceram ativados. A Figura 6.1 ilustra os equipamentos montados ao lado do regulador automático de tensão durante a execução dos testes do ESP adaptativo na UGH08.

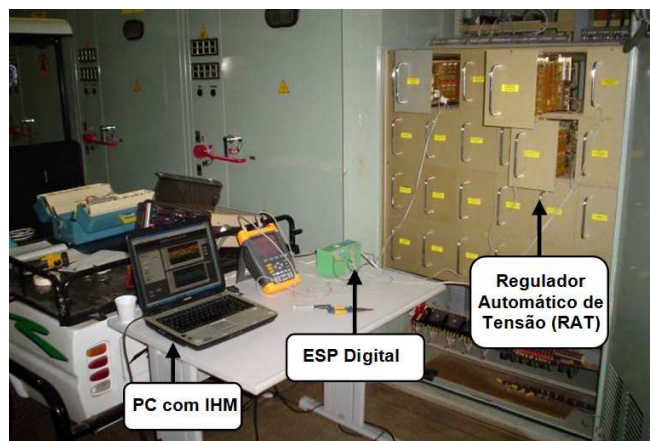


Figura 6.1 – Equipe do projeto durante os ensaios em campo do ESP adaptativo.

6.1. Identificação de Modelos Locais

O primeiro passo executado em campo para o projeto do ESP adaptativo foi a obtenção dos polinômios $A^{(l)}(q^{-1})$ e $B^{(l)}(q^{-1})$ que compõem os modelos locais, para todos os l pontos de operação. Os modelos foram estimados

através do uso de métodos experimentais de identificação paramétrica, tal como foi realizado nos trabalhos [5] e [6]. Para cada um dos 9 pontos de operação, foram coletados dados de entrada e saída da planta, que foram respectivamente, um sinal de excitação do tipo sequência binária pseudo-aleatória (SBPA) como entrada e o desvio de potência ativa medida na saída da unidade geradora como saída. Os dados coletados foram divididos em dois grupos, sendo um utilizado para a estimação do modelo (mínimos quadrados não-recursivo) e outro para a validação do mesmo. Os 9 pontos escolhidos estão listados na Tabela 6.1 ilustrados na Figura 6.2.

Tabela 6.1 – Condições operacionais dos modelos identificados da planta.

(P11) $P=0,740$ e $Q=-0,15$	(P12) $P=0,742$ e $Q=0$	(P13) $P=0,735$ e $Q=0,16$
(P21) $P=0,680$ e $Q=-0,2$	(P22) $P=0,682$ e $Q=0$	(P23) $P=0,680$ e $Q=0,13$
(P31) $P=0,625$ e $Q=-0,2$	(P32) $P=0,630$ e $Q=0$	(P33) $P=0,630$ e $Q=0,12$

O gráfico da Figura 6.2.a ilustra os valores do amortecimento do modo de oscilação pouco amortecido dos modelos identificados. Observa-se que quanto maior a absorção de reativo, maior o amortecimento. Por outro lado, quanto maior a geração de reativo, menos amortecido fica o sistema. A variação do amortecimento com a mudança da potência ativa não é tão notável. A partir da Figura 6.2.b, observa-se que a frequência do modo de oscilação aumenta com o aumento do reativo e diminui quanto menor o reativo.

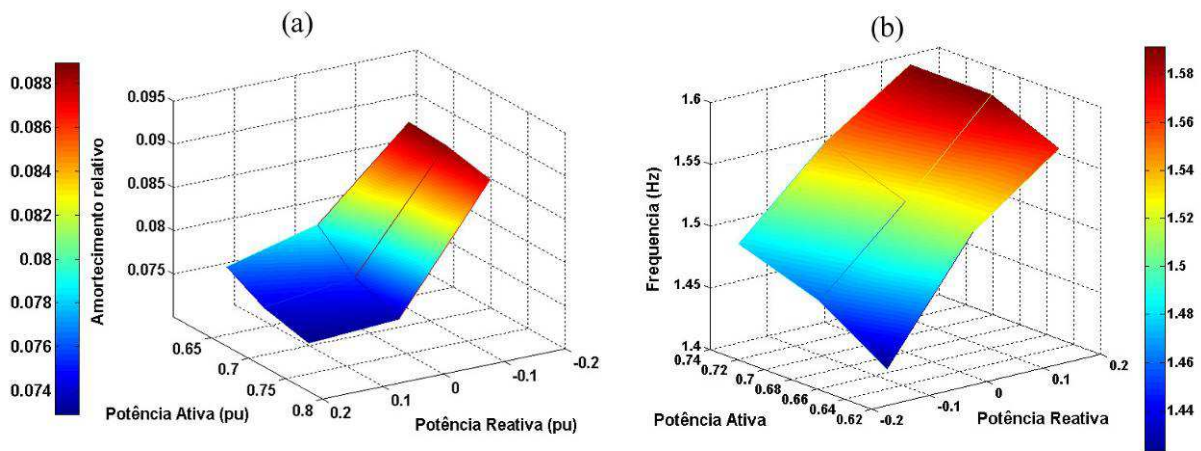


Figura 6.2 - Gráfico com valores de amortecimento relativo (a) e frequência (b) dos modelos identificados no plano $P \times Q$.

6.2. Testes de Controle do ESP Adaptativo

Após a identificação de 9 modelos locais representativos da dinâmica do sistema em diferentes condições operacionais de potências ativa e reativa, o passo seguinte foi o projeto de um controlador digital fixo para cada um dos modelos. O conjunto de controladores compõe a rede de controladores locais do ESP adaptativo. Os controladores locais foram projetados através da técnica de deslocamento radial de pólos, onde para todos os controladores o amortecimento desejado especificado foi fixado em 0,3.

Após o projeto dos controladores locais e o ajuste do supervisor fuzzy, o desempenho do ESP adaptativo foi avaliado através de testes em condições operacionais diversas. Em cada ponto de teste, foi avaliado o desempenho do sistema em três casos: sem ESP, com ESP fixo e com ESP adaptativo. O ESP fixo utilizado nos testes foi o controlador ajustado para a condição central dentre os pontos de operação utilizados para o ajuste do ESP adaptativo. Para cada um dos casos foi realizado um ensaio de identificação para levantamento de um modelo paramétrico. A Tabela 6.2 apresenta os valores de amortecimento relativo e de frequência natural dos pólos dominantes dos modelos identificados em dois testes (T1 e T2). Nota-se que os modelos identificados com ESP adaptativo ativo mantiveram um valor de amortecimento mais próximos ao valor desejado (0,3), comparado com os valores de amortecimento dos modelos identificados para o sistema com o ESP fixo ativo.

Tabela 6.2 - Lista dos pólos pouco amortecidos dos modelos identificados nos pontos de teste.

Teste	P (pu)	Q (pu)	Caso	Amortecimento	Frequência (Hz)
T1	0,7	0,18	Sem ESP	0,0737	1,59
T1	0,7	0,18	ESP Fixo	0,270	1,66
T1	0,7	0,18	ESP Adaptativo	0,290	1,656
T2	0,687	0,035	Sem ESP	0,0774	1,5366
T2	0,687	0,035	ESP Fixo	0,287	1,5812
T2	0,687	0,035	ESP Adaptativo	0,301	1,5843

A Figura 6.3 apresenta a resposta ao degrau do sistema no ponto de teste de 1. Percebe-se que ambos os controladores, ESP fixo e ESP adaptativo, atendem os requisitos de desempenho do projeto no ponto de operação de teste, o que comprova a eficácia do funcionamento do ESP adaptativo com supervisor fuzzy e também mostra que o ESP fixo possui boa robustez para as variações dinâmicas do sistema com a mudança da condição operacional.

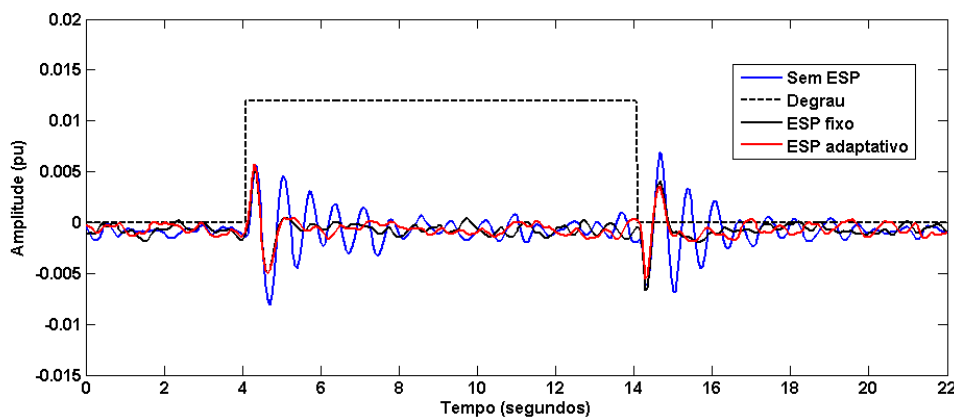


Figura 6.3 – Resposta ao degrau durante o ponto de teste 1.

7. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentadas as técnicas de controle fuzzy adaptativo utilizadas no projeto de um ESP digital projetado para amortecer um modo de oscilação eletromecânica em uma unidade geradora de 350 MW da UHE de Tucuruí. Os resultados de testes de identificação e controle realizados em campo, demonstraram o ótimo desempenho da metodologia de projeto adotada neste trabalho. A partir da análise de modelos paramétricos identificados, constatou-se que o desempenho do ESP adaptativo com a mudança da condição operacional da máquina, foi superior em comparação com o ESP digital a parâmetros fixos.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio recebido da Eletronorte, através do projeto “Implementação de um Estabilizador de Sistema de Potência Piloto, com capacidade de Adaptação, em Gerador da Etapa 1 da UHE de Tucuruí”.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Kundur, P. - **Power System Stability and Control**, McGraw-Hill, 1994.
- (2) Barra Junior., W., Barreiros, J.A.L.; da Costa Júnior, C. T. e Ferreira, A.M.D. **Controle Fuzzy aplicado à melhoria da estabilidade dinâmica em sistemas elétricos de potência**. *Controle & Automação*, Vol. 16, No. 2, pp. 173-186, 2005.
- (3) K. J. Åström and B. Wittenmark - **Computer Controlled Systems: Theory and Design**, Prentice-Hall, 1997.
- (4) Landau, I.D. & Zito, G. **Digital Control Systems: Design, Identification and Implementation**. Springer, 2006.
- (5) Nogueira, F. G., Barreiros, J. A. L., Barra Junior, Costa Júnior, C.T. & Ferreira, A.M.D. **Development and Field Tests of a Damping Controller to Mitigate Electromechanical Oscillations on Large Diesel Generating Units**, Electric Power Systems Research, Elsevier, 2010.
- (6) Lana, J. J., Nogueira, F. G., Costa Júnior, C.T., Barra Junior, W., Barreiros, J. A. L., Silva, O. F., Moraes, A. R. B. **“Projeto e Implementação de um Estabilizador de Sistema de Potência Digital aplicado à uma Unidade Geradora da UHE de Tucuruí”**. Anais do XX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Recife-PE, 2009.

10. DADOS BIOGRÁFICOS

Fabrizio Gonzalez Nogueira nasceu em Belém, Brasil, em 11 de janeiro de 1984. Recebeu o grau de engenheiro de comutação e mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, em 2006 e 2008, respectivamente. Atualmente é aluno do curso de doutorado do Instituto de Tecnologia da UFPA. Sua pesquisa está direcionada em controle robusto e digital, sistemas embarcados e controle e monitoramento de sistemas elétricos de potência.

Walter Barra Jr. nasceu em Cameta, Brasil, no dia 15 de julho de 1961. Ele obteve os graus de bacharel, M.Sc. e Dr na Universidade Federal do Pará (UFPA), em 1991, 1997 e 2001, respectivamente. Ele é professor de engenharia elétrica e computação na UFPA. Suas áreas de pesquisa são automação industrial, controle adaptativo e inteligente aplicado em controle de sistemas de potência e monitoramento.

José Augusto Lima Barreiros recebeu o grau de bacharel em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Pará (UFPA), em 1974; M.Sc. (1989) pela University of Manchester Institute of Science and Technology (UMIST), no Reino Unido; Dr. (1995) pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); e o pós-doutorado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Ele tem trabalhado no campo de controle de sistemas, e aplicações de controle em sistemas de potência, por mais de 20 anos. Ele é professor titular da Faculdade de Engenharia Elétrica e foi Diretor da do Instituto de Tecnologia da UFPA.

Carlos Tavares da Costa Jr. nasceu em Belém, Brasil, em 29 de julho de 1966. Recebeu o grau de bacharel em engenharia elétrica na Universidade Federal do Pará (UFPA), em 1987. Em 1991, ele foi graduado M.Sc. em engenharia elétrica na Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ). Ele tem um DEA(1996) e Doutorado (1999) em Automação de Produção pelo Grenoble Polytechnic National Institute, França. Ele é professor da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFPA desde 1997 e suas áreas de pesquisa são sistemas fuzzy e controle adaptativo aplicado em controle de sistemas de potência

Paulo Sergio Nascimento Filho nasceu em 20 de junho de 1985, em Belém, Brasil. É graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (março de 2009), na qual, atualmente, cursa o mestrado em engenharia elétrica na área de Controle Sistemas de Energia. Suas áreas de pesquisa são Controle de Sistemas Dinâmicos, Instrumentação Eletrônica, Eletrônica de Potência e Máquinas Elétricas.

Anderson Roberto Barbosa de Moraes nasceu em 9 de janeiro de 1984, em Belém, Brasil. É graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (março de 2009), na qual, atualmente, cursa o mestrado em engenharia elétrica na área de Controle Sistemas de Energia. Suas áreas de pesquisa são Controle de Sistemas Dinâmicos, Instrumentação Eletrônica, Eletrônica de Potência e Máquinas Elétricas.

Janio José de Lana, é graduado em física pela UFPA (2004), com especialização em engenharia elétrica também pela UFPA (007). É especialista técnico responsável pelo sistema de regulação das unidades geradoras da UHE de Tucuruí. Atua desde a década de 80 na operação, manutenção e instalação de hidrogeradores e controles associados, em todo o sistema elétrico do norte do Brasil. Atualmente é um dos responsáveis pela modernização dos sistemas de controle tanto da UHE de Tucuruí quanto da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una.

Ricardo Araújo Campos, nasceu em 21 de novembro de 1968, é graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia, em 2000. É responsável pelo sistema de regulação das unidades geradoras da UHE de Tucuruí. Atualmente é um dos responsáveis pela modernização dos sistemas de controle tanto da UHE de Tucuruí quanto da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una.

Fabio S. Campos, possui formação técnica em eletrotécnica e é concluinte do curso de engenharia elétrica da UFPA. Faz parte da equipe técnica da manutenção eletro-eletrônica da UHE de Tucuruí, a qual é responsável pelo sistema de regulação das unidades geradoras.