



# XIII SNTPEE SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

FL / GPC / 07  
Florianópolis - SC / Brasil / 1995

GRUPO V  
GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO E CONTROLE DE SISTEMAS DE POTÊNCIA (GPC)

"REDES NEURAIS E SUAS APLICAÇÕES EM PROTEÇÃO DE DISTÂNCIA DIGITAL PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO COMPENSADAS"

AUTORES: FRANCISCO A. REIS FILHO - SEG Do Brasil  
EDUARDO CÉSAR SENER - PEA/USP  
EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR - PEE/USP

## RESUMO.

A aplicação de compensação série têm se tornado usual em sistemas de transmissão de extra-alta tensão com linhas longas por uma série de razões que se justificam sob o ponto de vista do setor de planejamento das empresas.

Por outro lado esta mesma aplicação têm se transformado num grande desafio para os engenheiros de proteção pelas diversas condições operativas geradas pelos respectivos capacitores, requerendo portanto cuidados especiais quanto não só a sua localização, como as características específicas de cada sistema. Atualmente o presente tema está sendo desenvolvido a nível de doutoramento na Universidade de São Paulo, e o trabalho visa mostrar basicamente a linha de pesquisa utilizada através do uso dos conceitos de redes neurais e sua capacidade de processamento paralelo em conjunto com técnicas de análise digital dos sinais, para detectar a presença dos capacitores série na rede de transmissão.

No item 01 são mostrados através de simulações no "EMTP" o circuito em análise para posterior geração dos sinais de corrente e tensão a serem injetados na rede neural.

No itens 02 e 03, através do programa "MATLAB", são efetuadas as respectivas análises espectrais dos sinais obtidos no item 01, e o resultado desta análise em frequência é então mapeado para o plano com o objetivo de caracterizar o sinal através da análise dos "clusters". Em seguida é então escolhida a rede neural que se adapta ao problema em questão com os respectivos comentários.

## PALAVRAS - CHAVE ;

Capacitores Série, Redes Neurais, Proteção De Distância.

## 1.0-INTRODUÇÃO.

Para a simulação do circuito em pauta foi utilizado o modelo de uma rede de 500kv típica com fontes em ambos os lados, parâmetros distribuídos sem variação com a frequência e compensação série de 40% em um dos terminais (vide figura 01).

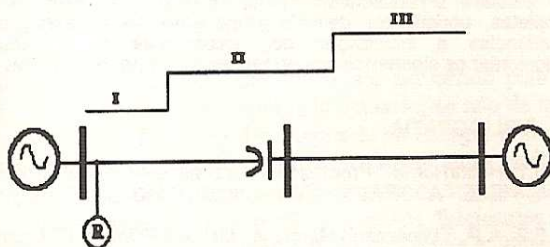


FIGURA-01

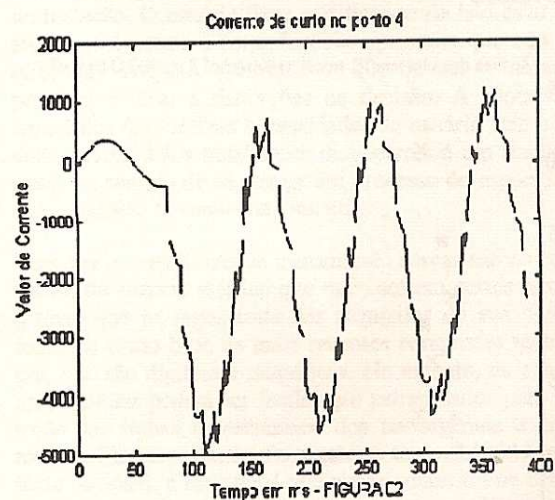
Foram utilizadas para obtenção dos sinais uma frequência de amostragem de 96 amostras/ciclo ou 5760 hz, e posteriormente o trecho foi dividido em três partes distintas a saber :

Trecho-1: até 50 % de ajuste do local de medida (ponto "a").

Trecho-2: acima de 50% do ajuste incluindo o capacitor e com sobrealcançe de 120% (de "a" até "b").

Trecho-3: de 120% a 150% de sobrealcançe do terminal (de "b" até "c").

Para cada trecho acima foram simuladas 06 condições de defeito num total de 18 simulações, com curto trifásico franco e a tensão passando pelo zero e pelo máximo em três pontos distintos dentro da distância indicada e gerando uma curva típica mostrada na figura 02.



A seguir foram gerados os arquivos de saída (.out), e os mesmos preparados para a análise descrita no item 02.

## 2.0 - ANÁLISE DOS "CLUSTERS".

O método de análise por "clusters" é utilizado quando não se conhece a distribuição espacial das amostras.

De uma forma resumida, consiste em efetuar o mapeamento das amostras sobre um plano (no caso bi-dimensional), com o objetivo de avaliar a distribuição das amostras sobre este plano, buscando assim regiões disjuntas que caracterizem amostras com aspectos em comum.

Este mapeamento deve ser escolhido de forma a preservar as características ("features") consideradas relevantes para o problema em questão, e proporcionar uma separação adequada das classes buscadas.

Para uma nova amostra que se deseje analisar, efetua-se o cálculo da distância desta amostra a cada um dos centros dos "clusters" (centróides), e comparando-se com a distância máxima a cada centróide, determina-se a qual "cluster" pertence a nova amostra, definindo a sua classificação.

Francisco Antonio Reis Filho - SEG do Brasil  
Rua Ida Romussi Gasparinetti, 300 - Parque Laguna  
Taboão da Serra - Fone: (011) 491-5244 Fax: (011) 491-5731 - SP



Para esta aplicação foram adotadas como características principais a distribuição espectral e a amplitude relativa entre as amostras (na figura 03 abaixo é mostrada o espectro de potência típico para os sinais obtidos nas simulações).

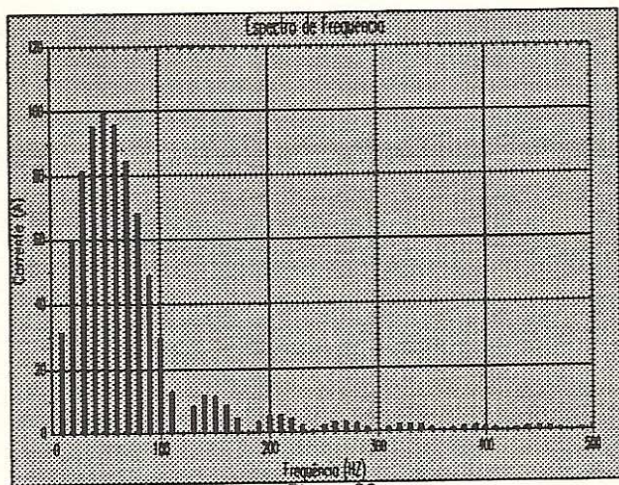
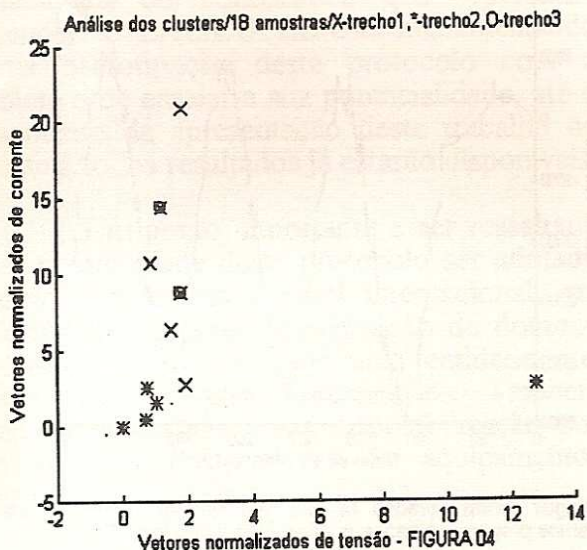


Figura 03

A distribuição dos vetores representando as amostras foram obtidos através da aplicação da FFT, e normalizados com relação a amplitude máxima de todas as amostras consideradas (máximo global), e com estes vetores foi calculada a matriz de distâncias entre os mesmos, usando a distância euclidiana, e em seguida efetuado o mapeamento destas distâncias sobre o plano bidimensional conforme mostrado na figura 04 abaixo;



3.0 - O PERCEPTON.

A rede neural escolhida para a aplicação é constituída por um único elemento processador (neurônio) simples. A razão desta escolha se deve a simplicidade e eficiência para implementação deste tipo de rede em "hardware" convencional. Na configuração utilizada, a rede possui uma única saída, que indica se o sinal analisado de corrente e tensão contém o capacitor série. A figura 05 apresenta a arquitetura da rede adotada, onde  $i_1...i_n$  representa as entradas da rede com os respectivos pesos  $w_1...w_n$  e a entrada "BIAS" corresponde a um polarizador adicional para adequar a entrada da rede a função de transferência escolhida, sendo a saída única correspondente ao símbolo "o". (ver ref. bibliográfica).

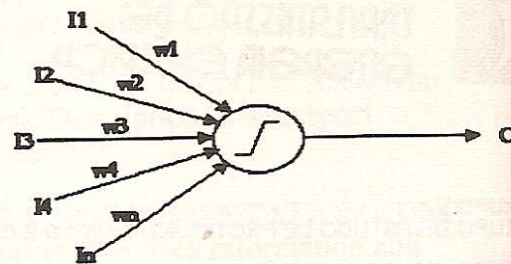
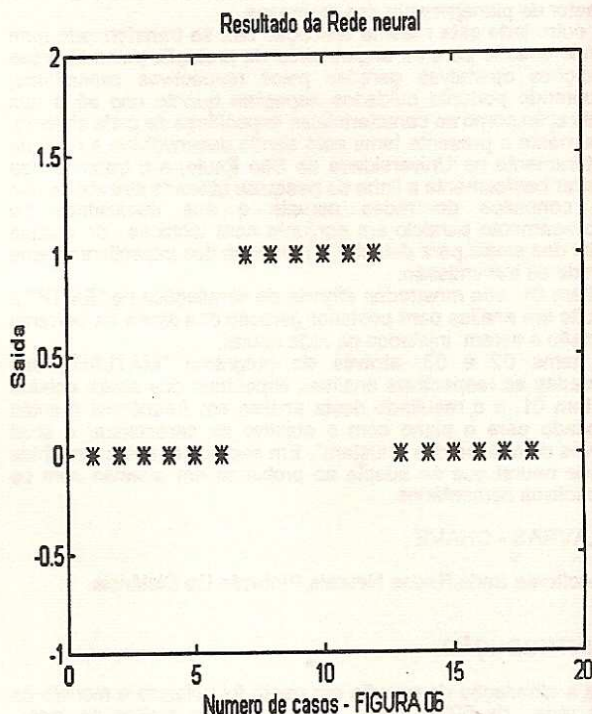


FIGURA - 05

A seguir foram introduzidas na rede os dezoito vetores de corrente/tensão obtidos nos itens anteriores com o objetivo de distinguir o trecho onde se localiza o capacitor série. Observa-se na figura 06 abaixo que o desempenho da mesma pode ser considerado satisfatório pois consegue-se distinguir com precisão dos 18 casos simulados a localização dos capacitores Série.



4.0 - CONCLUSÕES.

Pelos resultados obtidos pode-se esperar que ao implementar-se a respectiva rede neural através de um pré-processamento mais elaborado, a utilização de ferramentas mais completas na análise dos clusters e consequentemente modelos de rede mais completas, poderá ser definido claramente no diagrama de impedâncias a localização dos capacitores e a seguir implementar os algoritmos das proteções de forma mais efetiva.

5.0 - BIBLIOGRAFIA.

5.1- Hush/Home- "Progress in Supervised Neural Networks" IEEE - ASSP MAGAZINE - Janeiro/1993  
 5.2- A.P. Timoszczuk, Márcio A. Mathias, Eivaldo F. Cabral Jr - "Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas" Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP - BT/ PEE/ 94-07