

DIGITALIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES: AQUISIÇÃO E GERENCIAMENTO DE DADOS ATRAVÉS DA WEB

Magno J. G. SILVA (1); Clivaldo S. ARAÚJO (2)

(1) CEFET-AL, Av. Robert Kennedy 2343 Maceió – AL, telefone 9311-1403 ,e-mail: magno@cefet-al.br

(2) UFPB, e-mail: clivaldo@ct.ufpb.br

RESUMO

Este artigo descreve a implantação de um projeto de aquisição de dados em Subestações (SE), denominado WEB-SCADA, tendo como premissa básica o seu gerenciamento através da WEB. A implantação deste projeto visa conectar em um único local todos os dados de equipamentos existentes em uma SE. Atualmente as informações estão dispersas, formando **ilhas de dados**. Para cada SE controladora (uma SE localizada geograficamente próxima a outras subestações) existirá um servidor de banco de dados relacional baseado na arquitetura Linux, tendo por finalidade, armazenar as informações do sistema SCADA e dos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs). O projeto concebido prevê o acesso a seus dados através de microcomputadores baseados em Windows conectados a Intranet corporativa da empresa. Através deles, os usuários poderão efetuar consultas aos dados a partir de qualquer local. Neste trabalho, descrevem-se as fontes de dados de uma SE e como surgem as **ilhas de dados**. As principais **ilhas de dados** deverão existir na empresa são aqui descritas e comentam-se quais as vantagens que se obtém quando os dados estão integrados. Os componentes de hardware, software e comunicação descrevem a arquitetura do projeto.

PALAVRAS CHAVES: WEB-SCADA, SCADA, Automação, Telecontrole, IEDs.

1. INTRODUÇÃO

A grande evolução tecnológica experimentada nos últimos anos vem viabilizando antigos anseios dos técnicos e engenheiros de diversos setores do sistema elétrico. A automação de subestações, por exemplo, efetivamente pôde experimentar significativos avanços na última década, quando muitas soluções tecnológicas há muito almejadas puderam ser colocadas à disposição das empresas, com requisitos de confiabilidade, disponibilidade e flexibilidade, compatíveis com as necessidades, e a custos acessíveis.

Contudo, a compilação dos requisitos técnicos e da metodologia para a especificação de telecontrole é uma tarefa bastante difícil, devido, principalmente, a inexistência de publicações que abordem o assunto de forma ampla, genérica e didática. Hoje, para fazer a especificação técnica de uma arquitetura de hardware e software, as empresas necessitam buscar parcerias ou contratar empresas de consultoria especializada, que podem indicar uma solução não ideal, motivada, muitas vezes, por razões econômicas e/ou estratégicas, para seu benefício próprio.

Nas subestações onde o processo de automatização está mais avançado, encontramos um conjunto Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs) que coletam informações sobre equipamentos da subestação (SE). Além deles, temos o sistema de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados (SCADA). Nestas instalações, a compra dos IEDs e do sistema SCADA não foram efetuados com um critério padronizado. Nem os equipamentos, nem o software conversam um com o outro. O que se nota é que existem **ilhas de dados**, que se fossem armazenados em uma base de dados comum, poderiam ajudar as equipes de manutenção a fazerem diagnósticos de falhas. A atuação poderia ser de forma preventiva, evitando a indisponibilidade de equipamentos e de energia.

A partir da existência de um banco de dados de equipamentos que possa ser consultado, e nele os dados apontam uma necessidade de manutenção, então um determinado equipamento pode ter sua manutenção programada. Desta forma, o trabalho pode ser melhor e mais econômico. O equipamento volta mais cedo ao seu trabalho, permanecendo menos tempo parado. Se a base de dados não existisse, a manutenção executada poderia ser desnecessária, ou o equipamento pararia de funcionar devido a alguma falha.

A implementação do projeto WEB-SCADA tem como objetivo principal a integração dos dados dos IEDs e do sistema SCADA provenientes de cada SE. E, a partir da sua análise, conseguir uma manutenção preventiva contra falhas e a indisponibilidade dos equipamentos, objetivando uma redução dos custos de operação e de manutenção.

2. AS FONTES DE DADOS DE UMA SUBESTAÇÃO

As Unidades Terminais Remotas (UTRs) são fontes tradicionais de dados de uma SE. A função primária deste equipamento é coletar os estados e as medidas da SE, transferindo-as para um sistema que realiza a supervisão, o controle e aquisição de dados (SCADA), facilitando, desta forma, o controle remoto. [IEEE 1999]

Para realizar esta tarefa os fornecedores de UTRs e suprimentos para o centro de controle criaram protocolos de comunicação para transportar os dados e as mensagens. Eles eram planejados para trabalhar em tempo-real, por este motivo, precisavam efetuar a sua missão da maneira rápida e eficaz. As mensagens necessitavam trafegar com muita otimização já que as linhas de comunicação trabalhavam com uma largura de banda entre 1,2 e 9,6 bps. [IEEE 1999]

Com o surgimento dos equipamentos secundários de base-microprocessada, tais como: proteção de relés, reguladores de tensão, medidores de energia, e etc., introduziu-se na SE equipamentos com capacidade de comunicação. Os comerciantes destes IEDs adicionaram capacidade de comunicação para permitir a sua conexão com o Controlador Programável (PC). Com esta conexão, pode-se configurar, recuperar dados e efetuar diagnósticos. Equipes de manutenção podem examinar log's contendo a sequência de eventos, extraindo informações para diagnosticar a ocorrência de falhas.

As coletas de dados (monitoração) a partir dos IEDs podem trazer diagnósticos sobre os equipamentos. O usuário deve entender a diferença entre monitorar e diagnosticar, a primeira permite basicamente a aquisição de dados, desenvolvimento de sensores, coleta de dados e desenvolvimento de um método para medir as condições dos equipamentos. A segunda é um passo após a monitoração, neste sentido, o diagnóstico contém a interpretação das medidas coletadas. A monitoração é a base para o diagnóstico, sem o

diagnóstico, os dados medidos seriam apenas dados. A monitoração pode ser feita através de duas maneiras [LEIBFRIED 1998]:

- A *off-line* que inclui a forma manual de inspeções periódicas requerendo, muitas vezes, que o equipamento esteja desligado para coletar as informações. Ela é realizada junto ao equipamento, necessitando o deslocamento de empregados para a SE. Outra forma de coleta é enviar o equipamento para o laboratório, onde poderão ser realizados os diagnósticos.
- A *on-line* ou contínua permite adquirir as informações enquanto o equipamento estiver operando, pode incluir alterações de status e condições de alarmes, sendo mais prática e ágil.

Para integrar dados em uma SE, a monitoração é a forma mais utilizada, ela possui muitas finalidades, a mais óbvia é para determinar a condição do equipamento. Entretanto, não basta efetuar a monitoração, adotando qualquer esquema de coleta de dados. É necessário encontrar a forma adequada, para evitar custos desnecessários com deslocamentos e a integração entre os dados de outros equipamentos.

O acesso fácil e rápido a dados processados nas subestações pode facilitar a responsabilidade dos empregados que investigam as causas das falhas no sistema de energia e defeitos nos equipamentos. Para isso é necessária a existência de dados disponíveis para consultas. Menos defeitos, podem significar mais energia disponível e os equipamentos voltam ao serviço mais rapidamente, aumentando a disponibilidade.

Um sistema de monitoração deve ser desenvolvido para que o equipamento possa operar por um longo período de tempo e com alta segurança, prolongando a sua vida útil.

3. BASE DE DADOS

A introdução dos IEDs dentro das subestações resultou em **ilhas de dados**, já que cada fabricante desenvolveu seu próprio protocolo de comunicação. Cada IED executa sua função, mas deixa alguma coisa a desejar quando se requer integração e acesso remoto aos dados.

Obter os dados dos IEDs para o centro do telecontrole juntamente com os dados de tempo real é tarefa difícil. O problema possui ramificações que vão além das técnicas de armazenamento e distribuição. O telecontrole providencia dados críticos para a operação das subestações, e eventualmente para outros usuários do setor elétrico. O acesso aos dados em tempo real é crucial para os operadores do sistema, que necessitam observar os dados para saber como vai a operação da SE. Equipes de manutenção podem efetuar diagnósticos de falhas. Para isso, a integração dos dados dos IEDs e do sistema SCADA são fundamentais. [IEEE 1999]

Recentemente, a integração de subestações tem mudado do domínio exclusivo das UTRs, para incorporar os Controladores Lógicos Programáveis (PLCs) com a utilização de CPs.

Os motivos para estas mudanças têm sido os requerimentos para a automação de subestações. Sua definição varia amplamente, dentro das empresas e dos fornecedores. Algumas considerações sobre a automação de subestações são feitas, relacionando um pouco mais o telecontrole. Outras consideram a integração de todas as subestações dentro desta definição. As definições incluem não só estes dois, mas *“incorpora a habilidade em fazer automação na subestação, tomar decisões inteligentes com o mínimo de intervenção do usuário”*. [IEEE 1999]

Os fornecedores deveriam usar modelos de dados e arquitetura padronizada, fazendo com que os objetivos da integração das subestações fosse atingido, eliminando as **ilhas de dados**. Atualmente, existem, os seguintes equipamentos instalados que operam de forma isolada, gerando dados sobre o processo produtivo e/ou sobre as condições específicas de cada equipamentos:

Ilha de Dado 1 - Medidor Digital de Faturamento - O equipamento efetua as medidas de energia para fins de faturamento. As informações são coletadas nas subestações e enviadas para o Operador Nacional do Sistema (ONS). Mais tarde, as informações são transferidas para uma base de dados do computador central da CONCESSIONÁRIA. A partir desta base de dados o departamento de Operações do Sistema recupera os dados e os envia para um microcomputador com Windows onde são gerados os relatórios de faturamento.

Ilha de Dado 2 - Relés de Proteção - Os diversos fornecedores destes equipamentos disponibilizam informações locais na SE. Algumas informações destes equipamentos são transportadas para o sistema SCADA. Outros dados são coletados pelos equipamentos de oscilografia.

Ilha de Dado 3 – Oscilógrafos - Existem várias marcas de oscilógrafos instalados. Os equipamentos convencionais estão sendo substituídos por Registradores Digitais de Perturbações (RDP) os quais realizam, entre outras tarefas, a análise harmônica e a localização de defeitos. Monitoram grandezas analógicas, como tensões, linhas, barras, corrente de fase e neutro. Existem também, relés com a sequência de eventos, que executam funções análogas ao oscilógrafo.

Em um sistema baseado em DOS os dados das subestações são recuperados e enviados através de um modem para o departamento de Operação do Sistema. O software está com tecnologia bastante defasada e atua de forma isolada.

Embora exista uma base de casos bastante extensa, as análises feitas sobre estas perturbações são pequenas. Existem poucas pessoas para executar a tarefa e não existem empregados com Tecnologia da Informação (TI) para manipular os dados com programas de computador mais avançados. O pessoal de manutenção poderia conseguir benefícios acessando os dados e especificando o número de operações da onda de circuitos, a interrupção do fluxo e da duração de cada operação para propostas de prognósticos de manutenção.

Os dados gerados por estes IEDs ficam em uma base de dados separada, sem integração com os dados gerados por outros equipamentos da SE.

Ilha de Dado 4 - Medidores de Gases Dissolvidos no Óleo HYDRAN - O Hydran é um instrumento para monitorar e detectar o gás chave dissolvido no óleo de um transformador. É utilizado no campo e nos laboratórios para detectar condições de falhas, antes que elas possam ocorrer. Os benefícios incluem:

- gerenciar a extensão da vida útil do transformador;
- detectar sinais de possíveis falhas;
- tomar decisões pró-ativas;
- armazenar históricos de dados e de eventos e
- ajustar alarmes de gás, entre outros.

O monitor de gás em óleo Hydran é um equipamento (pode ser on-line ou não) que constantemente transforma amostras de óleo para determinar se qualquer alteração está ocorrendo dentro do transformador, indicando que pode acontecer alguma falha. A concentração de gás dissolvido no óleo é uma porção média de gases que são usados para estimar a condição do transformador. Os gases incluem hidrogênio (H_2), metano (CH_4), acetileno (C_2H_2), etileno (C_2H_4), etano (C_2H_6), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO_2). [WANG 2000]

Este sistema pode ser usado para aumentar a vida útil do equipamento, determinando se este está operando fora dos seus parâmetros operacionais. Ele pode dar indicações sobre o vazamento de gás do transformador, minimizando o trabalho de investigação sobre o aparelho.

Tendo estes dados, podemos ter um gerenciamento da informação para melhorar a inspeção de um transformador sem fazer visitas de rotina, realizadas pelos engenheiros. A instalação destes medidores, pode reduzir os custos com seguros, já que a possibilidade de perda do equipamento fica reduzida.

Ilha de Dado 5 - Unidade Terminal Remota - As UTRs mais recentes são compostas por uma CPU redundante e interligada a dois Centros de Controle: a ONS e ao Centro de Telecontrole da empresa. A comunicação com o primeiro centro deve ser efetuada via protocolo Conitel C3200 e com o segundo via protocolo DNP 3.0 - nível 3. Na CPU das remotas, está instalado um conversor de protocolo que tem a função de converter os comandos Conitel em comandos DNP.

Os dados destas UTRs são transmitidos para um centro regional (uma subestação geograficamente próxima), utilizando o sistema SCADA para efetuar a supervisão, e o controle da SE. Os dados após a sua utilização em tempo real são armazenados para obter-se históricos e análises pós-operação. Somente através das funções de histórico do sistema SCADA é possível ter-se acesso a estes dados. Sua análise, portanto, fica limitada ao que o sistema oferece. Estes dados não são distribuídos para as equipes de manutenção, somente os operadores possuem acesso. Após 30 dias os arquivos contendo os dados diários poderão ser apagados.

Esta situação, no entanto, é temporária. O projeto WEB-SCADA que está sendo implementado prevê o armazenamento destes dados em uma base de dados relacional, permitindo a sua distribuição.

Outras Ilhas de Dados - Existem outros equipamentos que embora não estejam, também são fontes de dados desintegrados:

O banco de baterias da SE tem sido difícil de monitorar. Inspeções de rotina tentam descobrir um problema, porém tem sido mais comum os problemas ocorrerem causando falhas no sistema, antes que as inspeções os encontrassem. Um novo aparelho que monitora constantemente a condição das baterias e pode avisar sobre alguma ocorrência está em uso. A necessidade de inspecionar rotineiramente as baterias é minimizada com a colocação desta unidade junto ao operador, dando informações através de uma interface comum. [HUGHEES 1999]

4 INTEGRAÇÃO DE DADOS

O uso de tecnologias modernas permitem coletar dados automaticamente podendo aumentar a confiabilidade dos equipamentos e garantir uma frequência de manutenções corretas. Isto permitirá um completo monitoramento e análises de procedimentos para serem utilizados localmente, sem a necessidade de visitas a subestações e/ou coletas os dados manuais.

Equipamentos operacionais podem prover os dados que quando analisados e combinados com outras fontes de dados provêm informações úteis sobre o estado do equipamento, a operação do sistema de transmissão ou a operação de SE.

Uma vez que a informação existe, é natural a progressão para conectar equipamentos a rede de negócios que permitirá que os engenheiros acessem esta informação a partir de seu Computador Pessoal (PC) no seu escritório. Isto abre vias de acesso para os dados das subestações, para usuários que não tem acesso a este tipo de informação. [HUMPHREYS 1998]

A busca da informação explorando o potencial de benefícios que os dados disponíveis poderão trazer para as equipes de manutenção, viabiliza a implementação do projeto WEB-SCADA. Integrando os dados dos IEDs em plataformas de hardware e software comuns, dentro de um ambiente padrão, permite a análise dos dados coletados, fornecendo informações que podem melhorar a performance ou fornecer um histórico sobre a vida dos equipamentos, como operá-los de modo mais eficiente ou efetuar investigações de falhas.

O engenheiro de proteção, por exemplo, pode avaliar a responsabilidade da proteção para um incidente no sistema e determinar se sua operação foi correta. Sem este acesso remoto, isto pode levar muitos dias, para se conseguir toda a informação para que a falha possa ser reunida e efetuar a análise. Quando um item ou equipamento demora a entrar em operação, o impacto sobre o processo pode ser grande. Se este processo for acelerado, o equipamento pode retornar ao serviço mais cedo. [HUMPHREYS 1998]

O sistema pode emitir relatórios de medidas em cada SE. Gráficos podem demonstrar o crescimento ou as tendências sobre determinadas medidas. Outros benefícios ainda não são visíveis, mas certamente existem, como por exemplo, os departamentos de Vendas e Marketing poderiam encontrar benefícios acessando os dados para apurar a qualidade da energia. Em alguns casos, os clientes poderiam ter acesso a essas informações. O departamento de contabilidade poderia ser cliente dos dados efetuando a medição e o faturamento da energia distribuída.

Atualmente, para realizar a manutenção de software de algum sistema instalado em uma SE, seja ele do sistema SCADA ou de um IED, um ou mais técnicos são deslocados para o local. Após a implantação deste projeto, a interligação em rede com a SE permitirá que alterações de parâmetros e determinadas manutenções possam ser efetuadas on-line. Ganha-se tempo e reduz-se os custos.

Uma aplicação que mostrasse os dados quase em tempo real poderia exibir um ou mais unifilares de subestações indicando a quantidade de energia que está trafegando no momento. Este aplicativo poderia ter gráficos e outras informações úteis a gerência da empresa, construindo o que se chama de Sistemas de Informações Gerenciais (SIG).

5 ARQUITETURA

O sistema a ser implementado prevê a instalação de servidores de dados nas subestações controladoras. A SE controladora em nossa empresa efetua o telecontrole de até cinco subestações localizadas nas proximidades.

A manutenção de um servidor Linux necessita de um administrador, um banco de dados precisa de um Administrador de Banco de Dados (DBA). Devido à falta de pessoal qualificado nas SEs, o projeto não prevê mão-de-obra nas áreas descentralizadas para a implantação e manutenção do servidor. Neste sentido, o software a ser adquirido para esta finalidade deve aceitar a execução de todas as suas atividades via WEB. Tanto as rotinas de *backup* como as de manutenções serão realizadas através da sede da Empresa.

Os dados são modelados e compilados dentro de um banco de dados relacional em um formato que possam ser acessados através da WEB. A interface WEB permite a qualquer usuário autorizado acessar o computador através de um browser WEB conectado a intranet corporativa para recuperar dados do servidor. Estes usuários distribuídos podem estar na sede da empresa, nos centros regionais, subestações e/ou laboratórios.

5.1 HARDWARE

Para criar uma interface comum, um PC deve ser instalado na SE operando com sistema operacional Linux atuando como um concentrador de dados. O PC está conectado aos servidores do SCADA. A cada período de tempo especificado na configuração, o SCADA envia informações para serem armazenadas.

5.2 SOFTWARE

A tecnologia de bases de dados predominante no mercado, hoje, é a de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacionais (SGBDR), embora existam outras arquiteturas como, hierárquica, rede e orientada a objetos. O modelo relacional tem habilidade para manipular dados em tempo recorde, providenciando uma maior capacidade na manipulação e navegação de dados dentro da SE. [IEEE 1999]

O SGBDR é um padrão de plataforma hardware/software que suporta padrões de protocolos, sendo próprio para ser utilizado por corporações. Utilizam, na sua maioria, as plataformas comuns de hardware encontradas no mercado (PCs e Estações de Trabalho). Atualmente, eles dominam o comércio de bases de dados, sendo que as marcas mais utilizadas são o Oracle, Microsoft e Sybase. [IEEE 1999]

É importante lembrar, que os bancos de dados não conseguem executar a distribuição de dados com os mesmos níveis de performance mantidos pelos sistemas de aquisição de dados em tempo-real. A base de dados deve, deste modo, ser usada para estocar, e não para distribuir dados. [IEEE 1999]

OBTENDO ACESSO AOS DADOS

O acesso ao servidor de banco de dados se dá através de qualquer micro ligado na Intranet da empresa. Para permitir isto a especificação do SGBDR a ser adquirido prevê requisitos tais como:

1. Trabalhar com a arquitetura cliente/servidor;
2. O servidor do SGBDR deverá ser compatível com o sistema operacional Linux. Deverá operar com clientes do SGBDR para os sistemas operacionais Linux e Windows;
3. Deverá ser possível a realização de todas as atividades de manutenção dos bancos de dados a partir do seu servidor bem como a partir de seus clientes. Este item foi incluído devido a ausência de mão-de-obra especializada para realizar tarefas como:
 - Efetuar manutenção e ou configuração no hardware;
 - Administrar o Linux;
 - Administrar o Banco de Dados (DBA) e
 - Especialista em Tecnologia da Informação.
4. Deverá ser possível a realização de todas as atividades de manutenção dos bancos de dados a partir de um microcomputador remoto conectado em uma rede TCP/IP com o servidor de banco de dados, através da utilização de um browser Client;
5. O SGBDR deverá apresentar recursos de desenvolvimento de aplicações, tais como geração de relatórios e gráficos, a partir de um ambiente multiplataforma, usando recursos da tecnologia WEB. Qualquer computador equipado com um browser Client deverá ser capaz de realizar estes desenvolvimentos, sem a necessidade de geração de linhas de código. Não deverá ser necessária a instalação de qualquer programa específico nestes equipamentos, além do browser, para a realização do

desenvolvimento destas aplicações. Os aplicativos gerados deverão ser publicados para utilização em ambiente WEB.

5.3 COMUNICAÇÃO

Atualmente a comunicação nas subestações é efetuada com redes de comunicação próprias da empresa. São linhas carrier e ou microondas, trafegando com pequena largura de banda. Este tipo de comunicação restringe um pouco a forma de acesso distribuído que pretendemos dar ao projeto.

Para solucionar este problema, o projeto deve prever a instalação de fibra ótica em todas as subestações. Com esta tecnologia, estaremos aptos a buscar as informações independentemente de sua localização.

5.4 RESTRIÇÕES

O projeto foi concebido para permitir o acesso a todos os usuários interessados nos dados. Medidas restritivas sobre os dados serão tomadas quando necessário. O importante no momento é disseminar os dados, obtendo o máximo de aplicativos para extrair informações que possam investigar tendências e padrões no comportamento dos equipamentos operacionais, durante sua vida útil.

Sabe-se que para trabalhar na WEB o projeto precisa ter alguns cuidados para que usuários não autorizados tenham acesso aos dados. A Internet possui um lado obscuro, contendo fraudes de todo tipo, para evitar uma situação como esta, foi contratado um Firewall. Sua função é evitar que usuários da WEB entrem no sistema SCADA.

6 CONCLUSÃO

Usando uma combinação de tecnologia com técnicas de seleção de dados específicas de uma SE, o potencial para a gerência da informação com dados de uma SE se torna uma realidade.

Para fazer isto é necessário que as vias de acesso (hardware, software) ofereçam maior flexibilidade, transformando a SE em um servidor de dados, com habilidade para armazenar e extrair as informações necessárias.

Em termos mais amplos, os dados disponíveis também são um patrimônio da SE que combinados com os dados sobre os registros dos bens (número patrimonial), ajudam na documentação, planejamento e manutenção, dando uma visão global de qualidades, quantidade, performance e confiabilidade.

Existe um futuro definido para a tecnologia dos sistemas de Energia, o amadurecimento disto, acontece com a integração dos IEDs. Ou os fornecedores destes equipamentos caminham na mesma direção, utilizando tecnologias padronizadas que permitam convergir múltiplos interesses ou os usuários precisam repensar a sua forma de contratação. Utilizando apenas tecnologias de hardware, software e comunicação capazes de se integrar em múltiplas plataformas.

Atualmente, existem padrões em andamento IEEE e IEC, que definem requerimentos de comunicação, especificam o tempo de entrega de mensagens entre os IEDs e especificam a estrutura de dados das informações na SE, trocadas entre a proteção integrada, controle e aquisição de dados.

7 BIBLIOGRAFIA

CONTROLE BASEADO EM PC, In Tech do Brasil, Abril 2000.

EQUIPMENT MONITORING SELECTION AS A PART OF SUBSTATION AUTOMATION, W.J. Bergman, Calgary, 1999.

GE POWER MANAGEMENT, PRODUCT CATALOG, General Electric Company, Canadá, 2000.

How to Turn a SUBSTATION into a DATABASE SERVER, Douglas Proudfoot e Dave Taylor, IEEE Computer Application in Power, Abril 1999.

IEC 61850 1 COMMUNICATIONS NETWORKS AND SYSTEMS IN SUBSTATION

IMPLANTAÇÃO DE OSCILOGRAFIA DIGITAL NA ELETROSUL, Alberto J. P. y Terreros et all, XV SNPTEE, Foz do Iguaçu, 1999

INTEGRANDO SISTEMAS DE NEGÓCIOS E DE AUTOMAÇÃO, Luiz Roberto Galhardo Egreja, InTech Brasil, The International Journal For Measurement & Control, Setembro 1999.

NEURAL NE AND EXPERT SYSTEM DIAGNOSE TRANSFORMER FAULTS, Zhenyuan Wang, IEEE Computer Applications in Power, Janeiro de 2000.

ONLINE MONITORS KEEP TRANSFORMERS IN SERVICE, Thomas Leibfried, IEEE Computer Applications in Power, Julho de 1998.

SUBSTATION AUTOMATION SYSTEMS IN REVIEW, S. Humphreys, KEMA-Macro, Australia, in IEEE Computer Application in Power, Abril 1998.

SUBSTATION INFORMATION PROJECT – INTRANETS TRIALS, J.V. Hughes, J.E. Fitch, R.W. Silversides, National Grid Company PLC, United Kingdom.

STATE ASSESSMENT AND PREVENTIVE DIAGNOSIS OF POWER TRANSFORMERS: A KNOWLEDGE-BASED APPROACH, Pietro Barni, et all, Engineering Intelligent Systems, Volume 5, 2 de junho de 1997.

STANDARD FOR SUBSTATION INTEGRATED PROTECTION, CONTROL AND DATA ACQUISITION COMMUNICATIONS, IEEE, Nova York, 1999.

TAPPING IED DATA TO FIND TRANSMISSION FAULTS, William Peterson, et all, IEEE Computer Applications in Power, Abril de 1999