



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
XXX.YY
19 a 24 Outubro de 2003
Uberlândia - Minas Gerais

**GRUPO XIII
INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA – GCQ**

MÓDULO DE ANÁLISE DE QUALIDADE INTEGRADO AO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE

**Clovis Simões
José Aurélio SB Porto
Spin Engenharia de Automação Ltda**

**Vagner Gulim Damaceno
CEB – Companhia Energética de Brasília**

RESUMO

O objetivo primeiro de um sistema de supervisão e controle (SSC) de uma concessionária de energia é tratar dos eventos e alarmes do sistema elétrico, em tempo real, reduzindo interrupções e maximizando o despacho de cargas. Os dados históricos desse sistema, entretanto, constituem uma importante fonte de informações para a avaliação da qualidade da energia, desde que tratados por ferramentas adequadas.

Na CEB, o SSC faz o controle superviso de, aproximadamente, vinte e cinco mil pontos de entrada e saída, digitais e analógicos, referentes a todo o sistema de transformação e linhas de distribuição ao nível de saída de alimentadores de 13,8kV sendo armazenado em uma base de dados histórica. Diariamente, são gerados milhões de informações provenientes de ocorrências de alarmes, eventos e medições periódicas.

Este trabalho apresenta uma ferramenta computacional adicionada ao SSC, intitulada Módulo de Gestão da Qualidade, que analisa esses milhões de dados históricos, registrando ocorrências que possam indicar degradação da qualidade do serviço de distribuição prestado pela empresa. Essas ocorrências, individualizadas em registros da base de dados histórica, são tratadas por técnicos da CEB, utilizando ferramentas de acompanhamento de processo disponíveis no próprio SSC.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade de Energia Elétrica, Sistema de Supervisão e Controle, Índices de Qualidade, Banco de Dados Relacional.

1.0 - HISTÓRICO

A CEB, no ano de 2000, fez uma atualização tecnológica de seu SSC, implantando um software EMS / SCADA integrado em tempo real ao Centro de Operação da Distribuição (COD), controlando 685 IED's distribuídas em:

- 1 COS
- 3 COR's
- 28 Subestações
- 1 usina
- 66 Chaves de Poste

Essas IED's são Processadores Multifunção de Subestações (PMS), Remotas de subestação e de poste, Relés Digitais, Multimetro e Câmeras de TV Vigilância.

O EMS / SCADA tem uma arquitetura cliente x servidor possuindo:

- Servidor de Comunicação
- Servidor de BDTR
- Servidor de Dados Históricos
- Servidor de Linha Discada
- Servidor de Dados Estimados
- Servidor de Internet
- Módulo de Consultas
- Módulo de Relatório Diário de Interrupções (RDI)
- Módulo de Treinamento
- Módulo de EMS tempo real e estudos com:
 - Configurator da rede;
 - Estimador de estados;
 - Fluxo de potência; e
 - Análise de Contingências
- Módulo de Gestão da Qualidade

O Módulo de Gestão da Qualidade subdivide-se em dois processos, um de consulta e acompanhamento

dos registros gerados, disponível em tempo real, como uma ferramenta do próprio SSC e outro, ativado uma vez ao dia, que faz a análise das informações históricas gerando os registros de gestão da qualidade, a partir de um conjunto de regras de inferência definidas por critérios de indicadores de qualidade configuráveis.

O Módulo de Gestão da Qualidade gera registros abrangendo cinco aspectos de qualidade da operação do sistema elétrico:

- **FALHA REDE:** Detecta falhas na rede a partir de incidências de ocorrências de:
 - Atuação de proteções de componentes;
 - Religamentos sem sucesso;
 - Falhas em bancos de capacitores
- **CARREGAMENTO:** Faz a análise de:
 - Carregamento de transformadores, linhas e alimentadores;
 - Desequilíbrio de fases;
 - Fator de potência abaixo de valor definido;
 - Perdas de transmissão acima da perda técnica estimada, entre dois nós da rede.
- **TENSÃO:** Analisa nível de tensão na rede elétrica com cálculo dos índices de DRP% e DRC% definidos na resolução 505 da ANEEL.
- **EQUIPAMENTOS:** Determina a necessidade de manutenção de equipamentos da rede elétrica definida a partir de:
 - Número de abertura em curto - circuito de disjuntores;
 - Número de comutações de tapes de transformadores;
- **CONFIABILIDADE:** Determina a confiabilidade de equipamentos de supervisão do sistema levantando, inclusive, valores de MTBF de todas as IED's utilizadas.

2.0 - FUNCIONAMENTO GERAL DO MÓDULO

2.1 Geração dos Registros de Gestão da Qualidade

O processo que gera os registros de Gestão da Qualidade é executado através de uma rotina computacional que, diariamente, nos primeiros minutos do dia, verifica ocorrências até o dia anterior. Algumas pesquisas, como definido a seguir, abrangem somente o dia anterior, outras os últimos trinta dias, conforme a conveniência definida.

Como resultado são gerados registros denominados pelo EMS / SCADA de ANOTAÇÕES DE QUALIDADE, tipificados com as cinco categorias acima descritas: **FALHA REDE**, **CARREGAMENTO**, **TENSÃO**, **CONFIABILIDADE** e **EQUIPAMENTOS**.

Quando criados, os registros de qualidade ficam com o estado de "Recém Criado". Este estado poderá ser alterado, por usuário credenciado, para os estados de registros "Em andamento" e "Concluído".

Sobre um mesmo elemento da rede elétrica, somente será gerado um novo registro de qualidade após o anterior ter passado ao estado concluído ou se após "x" dias da primeira geração, o mesmo continuar no estado "Recém Criado". O número de dias "x" é configurável.

2.2 Consulta a Registros de Gestão da Qualidade

Os registros são armazenados na base de dados histórica e ficam disponíveis para consulta no Menu principal do aplicativo em tempo real do EMS / SCADA. Os critérios de consulta a registros, conforme mostra a figura abaixo, são:

- Elemento: Sistema (Subestação / Usina), grupo (vão) e variável (ponto);
- Intervalo de data e hora em que o registro foi gerado;
- Operador / máquina que está tratando o registro; e
- Tipo de registro e estado que se encontra.



FIGURA 1 – JANELA DE SELEÇÃO

Os registros que atendem ao critério de seleção são apresentados em uma tela similar a de consulta a dados históricos, a menos que são zebrados de amarelo e branco. Um clique sobre um registro abre uma janela com todos os dados do registro e campos que permitem fazer o acompanhamento dos procedimentos de resolução do problema até sua conclusão, quando seu estado é passado para "Concluído". A figura a seguir apresenta uma tela de resultado de uma consulta, com um registro selecionado após um clique do "mouse" sobre uma linha.



FIGURA 2 – REGISTROS DE GESTÃO DA QUALIDADE

2.3 Parametrização dos Critérios de Criação dos Registros

Os vários parâmetros utilizados para definir os critérios de geração de registros de gestão da qualidade são definidos em um arquivo de “parametrização” que inclui tipos de pontos, períodos de observação, frequência de ocorrências, limites, etc. No capítulo três são apresentados os parâmetros que definem os critérios de geração dos registros de qualidade utilizados em cada categoria.

2.4 Módulo de Consulta

Com a criação do Módulo de Gestão da Qualidade, o Módulo de Consultas do EMS / SCADA foi ampliado para contemplar a emissão de relatórios de qualidade. Assim, foram criados dois novos itens de consulta:

- Tempo acumulado de tensão fora dos limites: permite consultar índices indicativos de DRP% e DRC% de uma subestação ou de um alimentador da subestação; e
- Indisponibilidade de supervisão: apresenta MTBF de equipamentos do tipo IED, utilizados no SSC.

3.0 - CRITÉRIOS DE CRIAÇÃO DE REGISTROS

3.1 Incidência de Falha na Rede

O objetivo dessa categoria de registros é identificar equipamentos que têm uma incidência de falha acima do esperado, inferindo uma provável falha na rede elétrica devido ao equipamento ou outro item do sistema elétrico daquela região.

Os equipamentos inicialmente monitorados são :

- Religadores: Mais de “x” religamentos sem sucesso nos últimos “y” dias;
- Disjuntores: Mais de “x” aberturas em carga, sem existência de comando, nos últimos “y” dias;
- Chaves a óleo de bancos de capacitores: Mais de “x” ocorrências de proteção 61, nos últimos “y” dias;

Assim, são pesquisados no arquivo de “*Eventos Históricos*”, diariamente, equipamentos nos últimos “x” dias falharam mais de “y” vezes.

3.2 Carregamento de Componentes

3.2.1 Apresentação

O objetivo dessa categoria de registros é verificar, em função do componente, se o seu carregamento está próximos do limite operacional ou abaixo de um limite estabelecido.

Os registros do tipo CARREGAMENTO gerados, dizem respeito a:

- Carregamento de transformadores, linhas e alimentadores;
- Desequilíbrio de fases;
- Fator de potência abaixo de valor definido; e
- Perdas de transmissão acima da perda técnica estimada.

3.2.2 Transformadores, Linhas e Alimentadores

Para a análise do carregamento de transformadores, linhas e alimentadores, diariamente, são pesquisados no arquivo de “*Máximos Diários de Medidas*”, variáveis do tipo “MVA” desses equipamentos, que nos últimos “x” dias tiveram uma medição maior que 90% do seu limite operacional superior (LS1). Como a pesquisa é no arquivo de “*Máximos Diários*”, poderá ser encontrada no máximo, uma ocorrência por dia. Assim sendo, o parâmetro “*número de ocorrências = y*” deve ser menor ou igual ao parâmetro “*quantidade de dias*”.

3.2.3 Desequilíbrio de Fases

O EMS / SCADA tem como uma de suas funcionalidades identificar variáveis cujos valores são medidos em mais de uma fase e, se desejado, causar eventos sempre que for identificado um desequilíbrio de fase de mais de “d%” onde “d” é um parâmetro do arquivo de inicialização (d=20%) do EMS / SCADA. Considerando essa funcionalidade, diariamente, são pesquisados no arquivo de “*Eventos Históricos*”, alimentadores que nos últimos “x” dias tiveram mais de “y” ocorrências de eventos do tipo desequilíbrio de fase.

3.2.4 Fator de Potência

São pesquisados no arquivo de “*Mínimos Diários de Medidas*”, diariamente, variáveis do tipo “FP” (fator de potência) de alimentadores que nos últimos “x” dias tiveram uma medição menor que “z” para o Fator de Potência (z=0,9).

3.2.5 Perdas de Transmissão

O EMS / SCADA tem nas suas tabelas as características elétricas dos componentes da rede monitorada, permitindo o cálculo da perda técnica de componentes do tipo linha e transformadores. Essa funcionalidade é utilizada para criar variáveis calculadas do tipo PERDA que identificam a perda real entre dois pontos e comparam com a perda técnica calculada.

A partir dessa funcionalidade, o módulo, diariamente, pesquisa no arquivo de “*Máximos Diários de Medidas*”, variáveis calculadas do tipo “PERDAS” em linhas e transformadores, que nos últimos “x” dias tiveram uma medição maior que z% (z=10%) do seu limite superior operacional (LS1).

3.3 Nível de Tensão

O objetivo dessa categoria de registros é verificar a qualidade da tensão nos barramentos 13,8kV fornecida nos transformadores e alimentadores, associando essa qualidade aos índices DRP% e DRC% definidos pela ANEEL. Como esses índices, conforme estabelecido pela ANEEL, são medidos no consumidor, no EMS / SCADA eles devem ser mais rigorosos já que são calculados na saída dos alimentadores.

Diariamente, são pesquisados no arquivo de “*Eventos Históricos*”, eventos de medição de tensão com limites abaixo ou acima dos limites operacionais e emergenciais, com duração de mais de “x” minutos, mesmo que não consecutivos, nos últimos “y” dias. Esses limites, por sua vez, são associados aos limites

de tensão precária e crítica, definidos na resolução n° 505 da ANEEL, mostrados na tabela abaixo.

Tensão (Secundário)	Faixa de variação de tensão de Leitura (TL) com relação à tensão controlada
Adequada	$0,95 TC \leq TL \leq 1,03 TC$
Precária	$0,90 TC < TL < 0,95 TC$ ou $1,03 TC < TL < 1,05 TC$
Crítica	$TL \leq 0,90 TC$ ou $TL \geq 1,05 TC$

TABELA 1 – CLASSES DE TENSÃO

Os conceitos de DRP% e DRC% criados a partir dessa tabela correspondem:

- DRP = Duração relativa da transgressão de tensão precária
 $DRP\% = (nlp/1008) \times 100$
 nlp = número de leituras situadas nas faixas precárias
 $1008 = 6 \times 24 \times 7$ (protocolo = média 10 minutos)
 A partir de 2003 DRP $\leq 7\%$
- DRC = Duração relativa da transgressão de tensão crítica
 $DRC\% = (nlp/1008) \times 100$
 A partir de 2003 DRC = 0%

A figura abaixo mostra a contabilização dos dois índices, associada à ocorrência dos eventos LS1 e LS2 no software EMS / SCADA. O gráfico foi gerado no próprio EMS / SCADA, assim como a listagem dos eventos históricos que registram as transgressões.

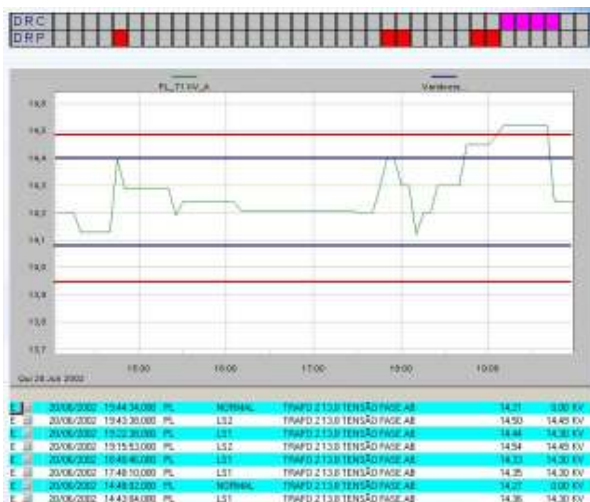


FIGURA 3 – OCORRÊNCIA DE UMA TRANSGRESSÃO

No módulo de Consultas do EMS / SCADA, disponibilizado na rede corporativa da empresa, é possível emitir relatório de "Tempo Acumulado de Tensão Fora de Faixa de Controle" para qualquer das subestações / Vãos do sistema, em um período de tempo escolhido. A seguir é apresentado um exemplo desse relatório para a subestação Brasília Centro.



FIGURA 4 – DRP% E DRC% NO MÓDULO DE CONSULTAS

3.4 Análise de Equipamentos

O objetivo dessa categoria de registros é verificar a frequência de operação de Disjuntores e comutação de Tapes de Transformadores, informando a equipe de manutenção, sobre possível necessidade de intervenção para a manutenção preventiva. Assim, quando disjuntores atingem 90% do número de aberturas em curto-circuito, especificado pelo fabricante, é gerado um registro de manutenção preventiva. Da mesma forma, se um Tape de transformador comutar mais que um número "x" de vezes em um período de tempo "y", é gerado um registro de qualidade do tipo EQUIPAMENTO. Deve-se observar que dentre as funcionalidades do EMS / SCADA existe a detecção do evento de abertura de disjuntor em curto-circuito, sendo possível criar uma variável calculada do tipo contador para cada disjuntor. Essa variável é incrementada sempre que o evento abertura em curto-circuito ocorre. Os limites operacionais (LS1) e (LS2) dessa variável, correspondem a informações do fabricante para manutenção preventiva do equipamento.

3.5 Confiabilidade de Equipamentos do SSC

O objetivo dessa categoria de registros é verificar a confiabilidade dos equipamentos de comunicação de dados e das UTR's utilizadas no próprio Sistema Supervisório. Obviamente, para fazer a gestão de qualidade desses equipamentos, é necessário que os mesmos gerem eventos individualizados de falha de comunicação e anormalidade no funcionamento da remota.

São pesquisados no arquivo de "Eventos Históricos", diariamente, equipamentos de Aquisição de Dados e Comunicação, que nos últimos "x" dias tiveram mais de "y" alarmes de falha de comunicação.

São gerados dois tipos de registro de anotação: FALHA e OSCILAÇÃO, sendo considerado FALHA um evento com duração de três ou mais minutos e OSCILAÇÃO com menos de três minutos.

No Módulo de Consultas do EMS / SCADA, é possível emitir relatório de "Indisponibilidade de Supervisão" de equipamentos de comunicação e UTR's, para qualquer das subestações do sistema, em um período de tempo escolhido, conforme mostrado na figura abaixo.

Equipamento	Status	Faltas	Disponibilidade	Subsidiariedade (%)	MTBF	MTTR	MTD
SA1_01_01	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_02	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_03	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_04	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_05	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_06	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_07	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_08	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_09	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_10	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_11	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_12	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_13	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_14	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_15	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_16	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_17	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_18	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_19	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10
SA1_01_20	CONFIRMADO	10	99,9%	100%	10000	10	10

FIGURA 5 – RELATÓRIO DE CONFIABILIDADE

4.0 - IMPLEMENTAÇÃO NO EMS / SCADA

Para fazer essa implementação no EMS / SCADA, criou-se o conceito de atributo COLEÇÃO dos pontos da Base de Dados de Tempo Real (BDTR), permitindo que um ponto pertença a tantas coleções quanto necessárias. Essas coleções, no caso, associam os eventos diários aos critérios do Módulo de Gestão da Qualidade.

O processo que, diariamente, cria os registros de Gestão da Qualidade, seleciona eventos dos últimos "x" dias com os atributos "COLEÇÃO" estabelecidos, contabilizando sua frequência e comparando com os limites estabelecidos.

5.0 - CONCLUSÃO

Toda informação armazenada no SSC pode ser tratada através do Módulo de Qualidade possibilitando inúmeras oportunidades de melhorias na qualidade do fornecimento de energia além de representar uma grande ferramenta de apoio à implantação da manutenção preditiva e na diminuição do tempo de indisponibilidade de equipamentos e na operação dos mesmos.

O sistema de monitoramento da qualidade encontra-se em operação desde o ano de 2000, novos desenvolvimento e funcionalidade esta sendo agregado entre elas:

- Instalação de medidores para o monitoramento da variação das grandezas elétricas de curta duração para a análise de flutuação da tensão e distorções harmônicas;
- Estatísticas de DEC FEC estratificado por local - origem – causas para análise de desligamentos de componentes, atuação da proteção e desempenho da operação e manutenção.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Simões, C; A.V. Garcia. "Implementação de um Módulo de Gerenciamento de Energia Acoplado a um Software SCADA", trabalho publicado no ISA 2002 - 2º Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação, São Paulo – SP, Nov 2002

- (2) A. Monticelli, A.V. Garcia. "Electric Power System State Estimation" (invited paper) Proceedings of the IEEE Vol 88 (2) pp. 262, February 2000(2000).

- (3) SIMÕES, C.; Tillman, G. "Arquitetura Moderna para Automação e Controle de Centros de Operação e Subestações", trabalho publicado no XVI SNTPEE, Campinas, 2001

- (4) SIMÕES, C.; et alli. "Projeto CEB – A Integração Completa entre COS, EMS, DMS, Rede Corporativa da Empresa, CORs, Subestações e Chaves de Poste", trabalho publicado no XV Simpase, Brasília, 2000.

- (5) Spin Engenharia de Automação Ltda. "Manual Qualy2002 - Módulo de Gestão da Qualidade do ActionView – Versão 1", Brasília, Jul 2002.

- (6) Spin Engenharia de Automação Ltda. "Manual Query2002 - Módulo de Consultas do ActionView – Versão 5", Brasília, Jul 2002.