



**COMISSÃO DE INTEGRAÇÃO ENERGÉTICA REGIONAL
COMITÊ NACIONAL BRASILEIRO
V CIERTEC - SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE PERDAS,
EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA E PROTEÇÃO DA RECEITA NO
SETOR ELÉTRICO**

**Área de Distribuição e Comercialização
Identificação do Trabalho: (Não preencher)
Maceió, Brasil, Agosto de 2005**

**PREVISOR DE ENERGIA EM TEMPO REAL NAS SUBESTAÇÕES
CONSIDERANDO AS PERDAS TÉCNICAS DOS CIRCUITOS PRIMÁRIOS DO SISTEMA DE
DISTRIBUIÇÃO**

Autor/es: IVO TEIXEIRA DOMINGUES², ANDRÉ MÉFFE¹, CARLOS CÉSAR BARIONI DE OLIVEIRA¹, CARLOS ALEXANDRE DE SOUSA PENIN¹, MIGUEL ANGEL HERNANDEZ TORRES³, SUNNY JONATHAN²

Empresa ou Entidade: DAIMON-INTERPLAN¹, ELETROPAULO², ENERQ/EPUSP³

PALAVRAS-CHAVE:

medições em subestações
previsor de energia
protocolo DNP
perdas de energia

DADOS DO AUTOR RESPONSÁVEL

Nome: Ivo Teixeira Domingues
Cargo: Engenheiro
Endereço: R. 25 de Janeiro 320 – Luz – São Paulo – SP – CEP 01103-000
Telefone: (11) 2195-2776 – 9666-2070
Fax: (11) 2195-2871
E-Mail: ivo.domingues@aes.com

RESUMO DO TRABALHO:

O presente projeto abrange a integração de diferentes equipamentos de medição para monitoração e tomada de decisões no Centro de Operações relativas às medições e previsões de energia elétrica.

O protocolo utilizado para envio e recepção de dados é DNP 3.0 de nível 2. A tecnologia empregada está implementado em IED com a configuração cliente-servidor para Windows que, por um lado realiza a aquisição de dados dos medidores de energia nas subestações que dispõem de medidores ION 7330 da Power Measurements para medição de corrente, tensão e fator de potência, os quais representam 1/3 das estações em operação.

Pelo lado do servidor, foi implementado um driver DNP 3.0 para envio à Central de Operações da Eletropaulo (COS) dos resultados do processamento dos dados requisitados pelo lado "cliente", com o que se fecha o ciclo de captura – processamento – envio de resultados correspondente a todo IED ligado a um sistema SCADA.

Em todos os casos os alarmes originados no medidor 7330 ou do sistema previsor de energia

são devidamente tratados e processados, alertando ao operador do sistema com a solução mais viável a ser empregada.

Este projeto é inovador do ponto de vista de ser o primeiro a utilizar a medição de energia no secundário do transformador e nos circuitos primários em tempo real, considerando as perdas técnicas e comerciais para prever a sua distribuição nos circuitos primários de distribuição em subestações que não dispõem de equipamentos de medições de energia. Inovador também pela disponibilização da informação resultante desta previsão diretamente ao operador do sistema.

Este artigo aborda o emprego da metodologia para cálculo de perdas em conjunto com os dados de medições em tempo real, para aplicação direta em subestações de distribuição na previsão de energia, por circuito primário, permitindo avaliar a perda de faturamento em subestações que não dispõem de medidores de energia.

INTRODUÇÃO

Atualmente, todas as subestações de distribuição da Eletropaulo possuem medições nos barramentos de média tensão nos secundários dos transformadores. Adicionalmente, algumas delas possuem medições em todos os alimentadores primários, obtidas do sistema denominado Power Remoto. Porém, essas medições têm classe de precisão inferior à das medições nos transformadores.

Para o tomador de decisões no Centro de Operações, conhecer o carregamento exato de um determinado alimentador em um instante do dia é fundamental para agir corretamente quando solicitado.

Como nem todos os alimentadores possuem medição e os que possuem, são medições com classe de precisão inferior, o presente projeto visa desenvolver uma metodologia para, a partir das informações conhecidas com relação a uma determinada subestação, dividir a energia medida no transformador da subestação entre os alimentadores por ele supridos.

Para atingir tal objetivo, três abordagens serão estudadas. Na primeira, a partir do cálculo de fluxo de potência realizado pelo Pertec – *software* para cálculo de perdas técnicas –, distribui-se a energia medida no transformador da SE proporcionalmente ao carregamento de cada alimentador calculado pelo Pertec.

Em uma segunda abordagem, a proporção de carregamento para cada alimentador obtida a partir das medições do Power Remoto será mantida, corrigindo-se o montante total medido de forma a igualar a medição no transformador da SE.

Na terceira abordagem, serão instalados medidores com telemedição

com maior classe de precisão em todos os alimentadores de uma subestação. As novas medições serão comparadas com as medições existentes do Power Remoto e serão buscadas possíveis relações entre as medições em cada alimentador e alguns atributos da rede.

O artigo apresenta o sistema de medições e comunicação utilizado e também apresenta as três abordagens para prever a energia de cada alimentador

O PREVISOR DE ENERGIA

A seguir, serão detalhadas as três abordagens para prever a energia / demanda na saída de cada alimentador.

Método Pertec

Em trabalhos anteriores, foi desenvolvida uma metodologia para cálculo de perdas técnicas de energia [1] utilizando curvas típicas de carga [2].

A metodologia desenvolvida foi implantada na Eletropaulo e, atualmente, foi aperfeiçoada para considerar os dados de medição existentes nos transformadores de subestação.

Pelo método do Pertec, a previsão de energia se dá em duas etapas. Na primeira, a partir da metodologia desenvolvida, que utiliza as curvas típicas de carga e o consumo mensal faturado dos consumidores, determina-se uma curva de carga estimada para cada alimentador.

A composição das curvas de carga estimadas dos alimentadores de um determinado transformador resultam em sua curva de carga estimada. A curva de carga estimada contempla a energia faturada e as perdas de energia na rede, não considerando as perdas não técnicas.

Conseqüentemente, observam-se discrepâncias entre a energia proveniente da curva de carga medida (curva média) e a energia da curva de carga estimada no transformador.

A partir dessa diferença, calcula-se um fator de correção para fazer com que a energia da curva de carga estimada se iguale à energia da curva de carga medida.

O fator de correção calculado é aplicado a todos os alimentadores supridos pelo transformador, ou seja, a proporção de carregamento obtida ao estimar as curvas de carga dos alimentadores é mantida.

Este método será utilizado nas subestações que não dispuserem de medições do sistema Power Remoto.

Utilização das Medições do Power Remoto

Nas subestações onde existem medições nos alimentadores provenientes do sistema denominado Power Remoto, não é necessário utilizar o Pertec para estimar as curvas de carga dos alimentadores.

Nesta abordagem, a previsão da energia / demanda se torna bem mais simples, uma vez que se trata apenas de corrigir os erros de medição devido à utilização de medidores com classe de precisão inferior.

Nessas subestações, onde também há medições nos transformadores, assume-se que a energia / demanda medida no transformador está correta e que a soma das energias / demandas medidas nos alimentadores possuem erros que devem ser corrigidos.

Assim como na estimativa de curvas de carga realizada pelo Pertec, a soma das

medições nos alimentadores não resulta na mesma energia que é medida no transformador.

Assim, calcula-se um fator de correção para cada transformador que deve ser aplicado aos alimentadores por ele supridos.

Neste método, a proporção de carregamento entre os alimentadores obtida das medições do Power Remoto é mantida. Tal proporção é mais realista que a obtida na primeira abordagem.

Correlações com Dados da Rede

Neste terceiro e último método, busca-se um aperfeiçoamento da primeira abordagem (utilização do consumo mensal faturado e das curvas típicas de carga com o auxílio do Pertec), procurando refinar a proporção de carregamento obtida entre os alimentadores ao invés de assumir que ela se mantém ao aplicar o fator de correção calculado.

Para atingir tal objetivo, a Eletropaulo irá equipar uma subestação que possui medições do Power Remoto com novos medidores com telemedição (com classe de precisão superior ao do Power Remoto). Esses medidores serão colocados em cada alimentador. Assim, em um primeiro momento, será possível estudar melhor o comportamento do erro da medição obtida com o Power Remoto.

Em seguida, as medições obtidas com os novos medidores serão utilizadas para buscar correlações entre a energia / demanda medida em um determinado alimentador e alguns de seus atributos.

A partir do carregamento medido em cada alimentador com os novos medidores, será buscado um conjunto de atributos

referente ao alimentador que explique o seu carregamento.

Em princípio os seguintes atributos serão utilizados para cada representar cada alimentador:

- Quantidade de consumidores por classe de consumo (residencial, comercial, industrial, rural e outros);
- Consumo mensal faturado por classe de consumo;
- Comprimento total de rede primária;
- Potência total instalada de transformadores de distribuição.

Comparando as medições em cada alimentador com seus respectivos atributos, será verificado se a variação no carregamento nos diversos alimentadores pode ser explicada por um de seus atributos ou por uma combinação deles.

Na ocasião do estudo, será verificada a possibilidade de utilizar outros atributos não mencionados.

A partir do momento em que o carregamento de um alimentador pode ser explicado por seus atributos, é possível refinar a previsão de energia / demanda realizada com o Pertec, aplicando fatores de correção com pesos diferentes para cada alimentador conforme seus atributos.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou a metodologia que a Eletropaulo está desenvolvendo para prever a energia / demanda em seus alimentadores, considerando as perdas técnicas e com a utilização de dados de medições combinados com alguns atributos referentes à rede.

A metodologia tem como objetivo básico determinar o carregamento de cada alimentador nas subestações em que são

conhecidas apenas as medições nos transformadores.

A partir da aplicação em uma subestação piloto, será verificada a viabilidade da aplicação do procedimento na empresa inteira, o que poderá melhorar a qualidade da informação fornecida ao tomador de decisões no Centro de Operações.

SISTEMA DE TELEMEDIÇÃO NA SE VILA FORMOSA

O sistema de telemedicação na SE Vila Formosa, onde serão instalados os medidores a serem adquiridos pela Eletropaulo é composto basicamente por:

- Medidor 7330 da Power Measurements;
- UPC Concentrador;
- Cabeamento para comunicação RS-485;
- Cabeamento para comunicação TCP/IP.

Medidor 7330

O medidor 7330 ION oferece mais de 200 medições de alta precisão, *data logging*, controle de I/O e opções de portas de comunicação, sendo ideal para o uso na indústria e comércio com aplicações tão diversas quanto tarifação da rede, monitoração e comando.

Também é capaz de memorizar 32 parâmetros definidos pelo usuário; 16 desses parâmetros podem ser memorizados de 15 em 15 minutos durante 30 dias.

No 7330 é possível usar o operador lógico e os *setpoints* para ativar alarmes e implementar um avançado sistema de proteção de *backup* para o equipamento.

Os parâmetros disponíveis para ajuste são:

- Tensão: fase/fase e fase/neutro (por fase e média) e desbalanço.
- Corrente: por fase, média e desbalanço.
- Potências: ativa (kW), reativa (kVAr) e aparente (kVA) (por fase e total).
- Fator de potência: capacitivo e indutivo por fase e total.
- Energia: todas importadas e exportadas (medição bilateral).
- Demanda: janela deslizante, preditiva e térmica.
- Distorção Harmônica: total e individual até 15ª harmônica.
- Time in Use (Tarifação): É possível acumular os valores estabelecidos conforme a necessidade do usuário até 2 anos.
- *Data Logging*: leitura por tempo ou evento até 32 parâmetros definidos pelo usuário.

O tipo de comunicação pode ser:

- Duas portas de comunicação RS-485.
- Suporta Modbus, protocolo ION e DNP 3.0.

Especificamente no caso da subestação Vila Formosa, foi estabelecida uma conexão com o UPC via RS-485 e par trançado com posterior conversão para porta RS-232 mediante o adaptador i-7520.

Este tipo de conexão garante envio de informação numa velocidade máxima de 9600 bps, sendo necessário o correto isolamento contra interferências eletromagnéticas oriundas do ambiente de qualquer subestação.

Para consultar o medidor 7330, foi utilizado o protocolo DNP na versão 3.0, o qual permite referenciar cada um dos parâmetros amostrados mediante a tabela de alocação do medidor, fornecida pelo

fabricante para o caso da versão 3.0 do protocolo.

Após a conversão para RS-232, o sinal proveniente do medidor 7330 é inserido na unidade processadora onde é interpretado mediante o algoritmo apropriado.

Saída UPC – Automação

Os resultados de algumas das medições e de todos os cálculos realizados pelo *software* de previsão de energia / demanda são enviados ao sistema SCADA através do concentrador da automação.

A comunicação entre o UPC concentrador das medições e o sistema da Automação da AES Eletropaulo, implementado pela Atech é realizado via TCP/IP, utilizando protocolo DNP versão 3.0.

Nesta modalidade da comunicação DNP, foi implementado no UPC um servidor DNP, com endereço IP fixo e monitorando a porta 7070.

Toda requisição nesta porta é validada do ponto de vista a garantir uma correta comunicação, isto é:

- Checagem de CRC;
- Verificação de qual função está sendo consultada;
- Verificação de formato dos valores de saída;
- Sistema de prioridades para responder as requisições.

Uma vez validada a consulta, é implementada a resposta apropriada para ela. Isto compreende:

- Captura dos parâmetros solicitados;
- Adequação ao formato solicitado;

- Implementação da palavra de resposta em DNP;
- Atualização do servidor DNP com esta palavra;
- Envio de aviso depois de terminada a consulta.

Além deste mecanismo, também foi implementado um sistema de alarmes em DNP, caso alguns indicadores ultrapassem os valores limites prefixados.

Este sistema funciona da seguinte maneira:

- Um parâmetro ultrapassa o limite preestabelecido;
- O servidor envia à automação um sinal de resposta não solicitada (Unsolicited Response);
- Dependendo do estado do concentrador da automação e do grau do alarme esta resposta é repetida;
- Após atendimento do concentrador, o tratamento é o mesmo de uma consulta normal.

Todo este processo de troca de mensagens descansa sobre um sofisticado sistema de validação da comunicação composto de três camadas:

- Camada do aplicativo: a mais próxima do usuário, onde são implementadas as funções de consulta e resposta;
- Data Link Layer: camada de validação dos dados enviados e recebidos;
- Transport Layer: camada física onde circula a informação (par trançado, cabo de rede, etc).

- [2] JARDINI, J A; CASOLARI, R P; FERRARI, E L e outros. Curva de Carga de Consumidores Industriais de Média Tensão da Eletropaulo, CED 202 / PLAN 006 / NT 004 / OR, São Paulo, Setembro de 1995.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MÉFFE, A. Metodologia para cálculo de perdas técnicas por segmento do sistema de distribuição, Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo, 2001.