Apoio
CLAMPER
MEGABARRE BRASIL

Capítulo II

Automação de câmaras subterrâneas

Por Sandro Lanes , Luiz Carlos Menezes, Andre Velloso, Jose Ricardo Wichan, Marcelo Campos e Ronaldo Freund

As redes subterrâneas de distribuição de energia elétrica, apesar de serem mais eficientes no atendimento de grandes concentrações de carga e com menores riscos de desligamentos provocados por agentes externos, situações comuns das redes aéreas, têm aspectos que as tornam muito mais onerosas que as redes aéreas, mesmo quando comparadas com as redes aéreas mais eficientes (compactas e/ou pré-reunidas). Esses aspectos englobam tanto o custo de construção quanto os custos relacionados à aquisição de equipamentos, à sua conservação e manutenção.

Esses tipos de rede, além de requererem profissionais mais especializados na construção, operação e manutenção, necessitam de cuidados permanentes contra a ação de risco de outras concessionárias de serviços (água, esgoto, telefone, TV's a cabo, gás, sinalização luminosa etc.).

As Câmaras Transformadoras (CTs) devem possuir ventilação permanente para que possam manter uma temperatura interna na qual os equipamentos que nelas estejam instalados possam operar sem que haja danos à sua vida útil ou envelhecimento precoce, aumentando os graus de intervenção e investimento. Para seu perfeito funcionamento é necessário realizar inspeções periódicas desses ventiladores.

Outra peculiaridade do sistema subterrâneo

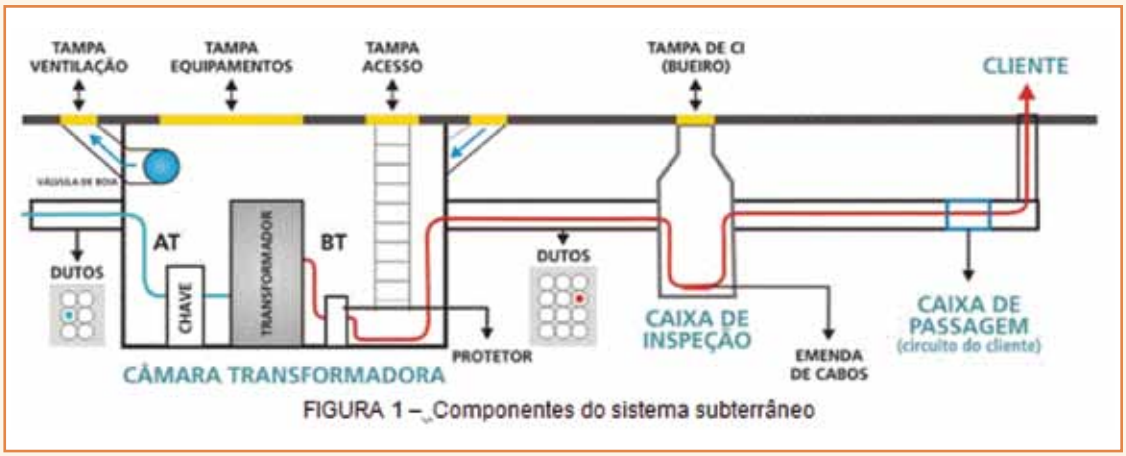

Figura 1 – Componentes do sistema subterrâneo.

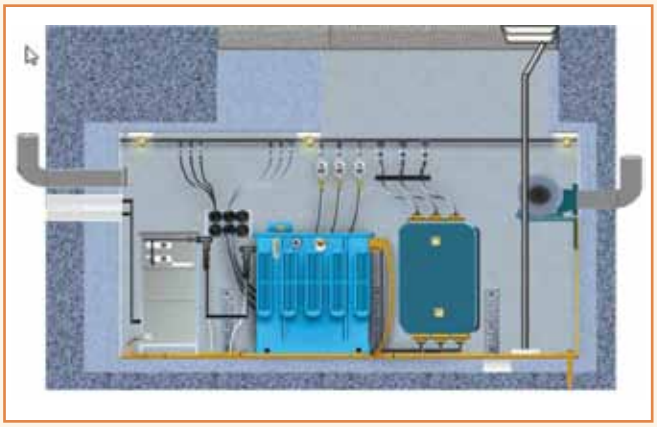

Figura 2 – Câmara transformadora.

consiste nos procedimentos para localização de falhas, que possuem um grau de complexidade maior quando comparados com a rede aérea, pois dependem de pessoal altamente especializado em virtude da existência de técnicas diferenciadas de localização, contemplando equipamentos com elevado nível de sofisticação, normalmente importados, extremamente caros e com altos custos de manutenção. Essas falhas decorrem muitas vezes do desrespeito dos demais agentes de serviços públicos que não só interferem nos bancos de dutos dos circuitos elétricos, mas também causam danos aos circuitos diretamente enterrados. Também cabe destacar as alterações nos arruamentos, por meio das obras de reformas realizadas pelas prefeituras e pelo próprio Estado, que mudam completamente as rotas existentes dos circuitos elétricos, sem comunicação com a concessionária, fazendo com que muitas vezes o cadastro desta se torne inconsistente e sua manutenção mais onerosa.

Tratando-se de sistema reticulado de distribuição, as dificuldades de manutenção ainda requerem cuidados especiais. Os circuitos de baixa tensão são projetados para operarem com a queima livre dos cabos de interligação de barramentos entre CTs de forma a eliminar defeitos e confiná-los a uma área restrita, impedindo que seus danos sejam prolongados. Essa característica obriga a uma necessidade constante de verificação da continuidade desses cabos de interligação, sob pena de prejuízos de grandes proporções, até mesmo nos casos previstos de contingências. Essa verificação impõe a abertura e fechamento de CIs e CTs, envolvendo a necessidade de sinalização de emergência, desvio de trânsito, esgotamento d'água etc., passando também pela medição física de corrente e providências para a substituição dos circuitos encontrados interrompidos. Já nos circuitos de média tensão, os trabalhos de localização do ponto da falha para imediato reparo requerem preliminarmente a abertura de todos os protetores, o desligamento de todos os transformadores pela operação dos respectivos acessórios desconectáveis, cujo manuseio refere-se a uma operação de risco e de cuidado com os acessórios que não podem ser contaminados.

Inúmeras outras dificuldades também se mostram impactantes

nos trabalhos que envolvem as redes subterrâneas, tais como a constante necessidade de esgotamento de caixas de inspeção para permitir o acesso de funcionários, implicando a manutenção permanente de um sistema de esgotamento d'água por meio de bombas em função da condição vaso comunicante entre essas caixas. Também o alto grau de poluição, com contaminação das redes por conta do esgoto lançado diretamente, impõe a necessidade de higienização dessas caixas antes da liberação de acesso dos funcionários, sob risco de submetê-los às diversas doenças compatíveis com o ambiente em questão, o que eleva ainda mais os custos de manutenção.

Os riscos de inundação das câmaras transformadoras também merecem considerável destaque que, apesar de serem consideradas estanques, estão sujeitas às falhas no sistema de vedação dos dutos, ventilação, vedação das tampas etc. e, nesses casos, os prejuízos são significativamente elevados, pois nem todos os equipamentos contidos nelas possuem características submersíveis, culminando na necessidade de utilização de bombas d'água de alta temperatura, substituição de materiais e equipamentos e, em muitos casos, desligamentos provisórios de consumidores durante o processo de busca por recurso do sistema.

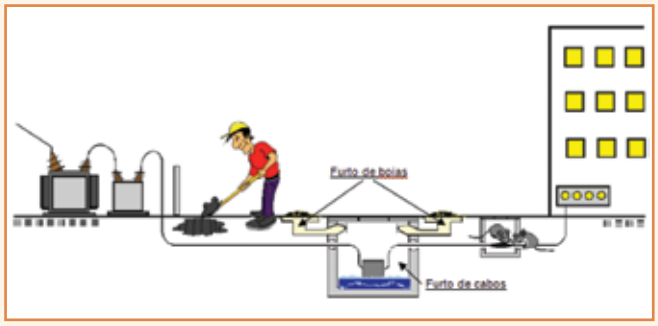

Figura 3 – Alguns dos principais riscos de uma rede subterrânea.

Figura 4 – Dificuldades de acesso.

Desenvolvimento

Aplicação do projeto

O projeto é voltado exclusivamente ao sistema subterrâneo e contemplou basicamente os dois maiores sistemas existentes na Light, sendo estes:

a) Radial em anel – Constituído por dois alimentadores radiais subterrâneos, unidos por chave normalmente aberta, cujo fechamento, após o isolamento de uma falha em cabo ou transformador, permite o restabelecimento da alimentação aos componentes em condições de funcionamento.

Para a automação deste tipo de sistema está prevista a implantação de chaves de três vias motorizadas e indicadores de falhas com indicação de estado com o comando remoto a partir do COD. A Figura 5 resume os elementos envolvidos no caso de uma falha no circuito primário, permitindo a segregação do trecho e restabelecimento da alimentação.

Uma CT típica do sistema radial compreende duas unidades transformadoras e uma chave de três vias, sendo que cada via pode assumir as posições de aberto, fechado ou aterrado.

O sistema deve possibilitar o acionamento remoto de motorização operando individualmente as vias da chave (a posição de aterramento somente deve ser assumida por acionamento manual), bem como a indicação da posição de cada via (aberto, fechado ou aterrado). Tipicamente, em uma chave, deverão ser acionadas duas vias, já que

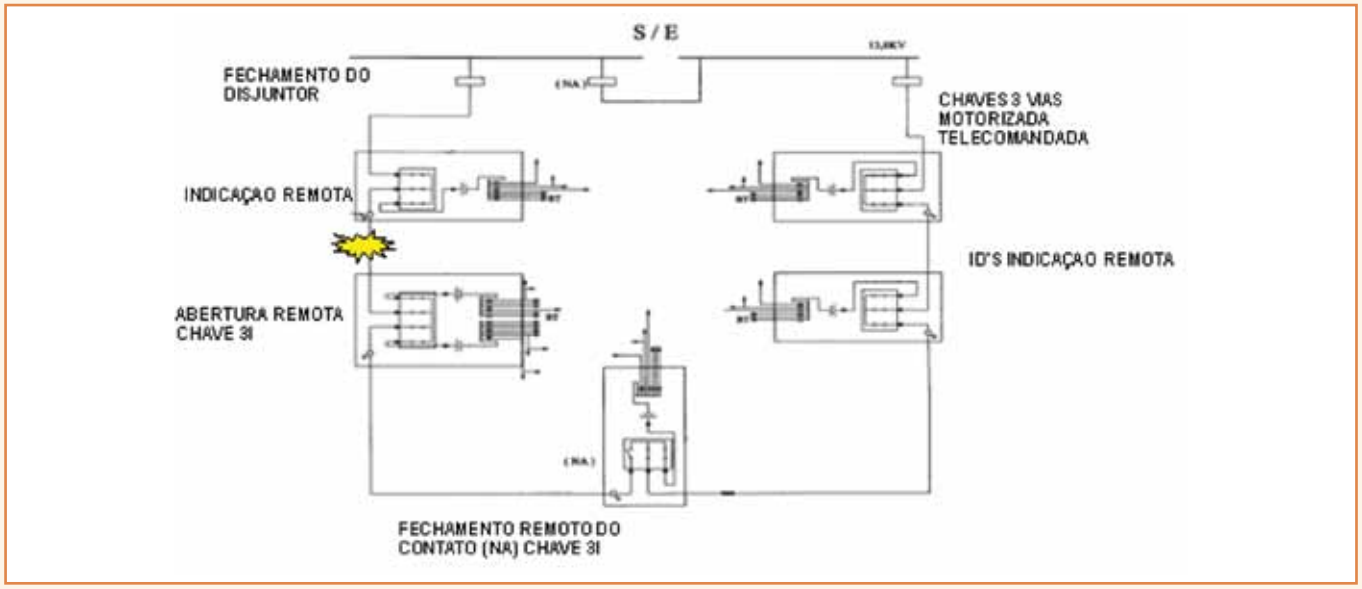

Figura 5 – Sistema radial em anel.

a terceira alimenta as unidades transformadoras da CT. Também deve ser sinalizado mau funcionamento do sistema de alimentação da motorização de cada via (estado: operacional ou não).

Associado a cada chave temos ainda um Indicador de Falhas (ID) cujo estado (atuado ou não) deve ser sinalizado.

b) Reticulado – Este arranjo consiste na alimentação de uma rede secundária em malha e/ou de barramentos de câmaras dedicadas, por transformadores provenientes de um número predefinido de alimentadores primários. O arranjo pode ser projetado para manter a qualidade de serviço, mesmo quando há perda de um ou dois dos alimentadores, ou seja, para primeira ou segunda contingência.

Para a automação deste tipo de sistema está prevista a implantação de chaves de 1 via motorizadas, e ainda de indicadores de falhas com indicação de estado e o comando remoto a partir do COD.

Uma CT típica do sistema reticulado compreende duas unidades transformadoras, onde cada uma possui uma chave de uma via motorizada, permitindo o seccionamento do primário.

As funcionalidades devem permitir o acionamento remoto de motorização operando individualmente, bem como indicação da posição das chaves (aberto, fechado ou aterrado).

O acionamento remoto da motorização de cada chave deve poder ser desativado e esta condição (estado: acionamento local ou remoto) indicada.

Conectado ao secundário de cada transformador temos ainda um equipamento de seccionamento denominado "protetor de rede", que pode assumir três condições operativas: aberto, fechado e automático, que devem ser indicados. Em uma CT podemos ter ainda um Indicador de Falhas (ID), cujo estado (atuado ou não) deve ser sinalizado.

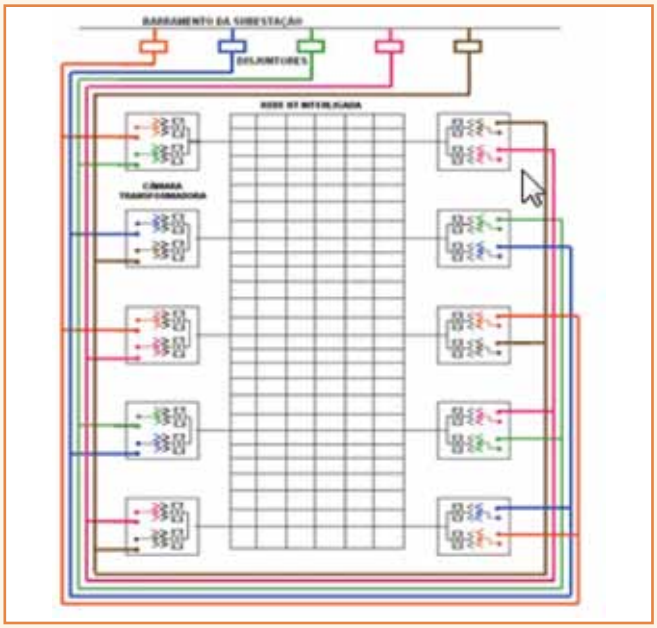

Figura 6 – Sistema reticulado.

Para cada unidade transformadora, tanto do sistema radial como do reticulado, serão instalados medidores que permitirão a obtenção do valor de corrente e tensão de suas três fases do secundário.

Descrição do projeto

O projeto de automação das câmaras transformadoras subterrâneas consiste na supervisão remota de grandezas analógicas e digitais (status do protetor network, temperatura, funcionamento da ventilação e nível de alagamento da câmara, além de presença humana e de gases explosivos) das CTs e acionamento de chaves telecomandadas via Centro de Operação da Distribuição (COD).

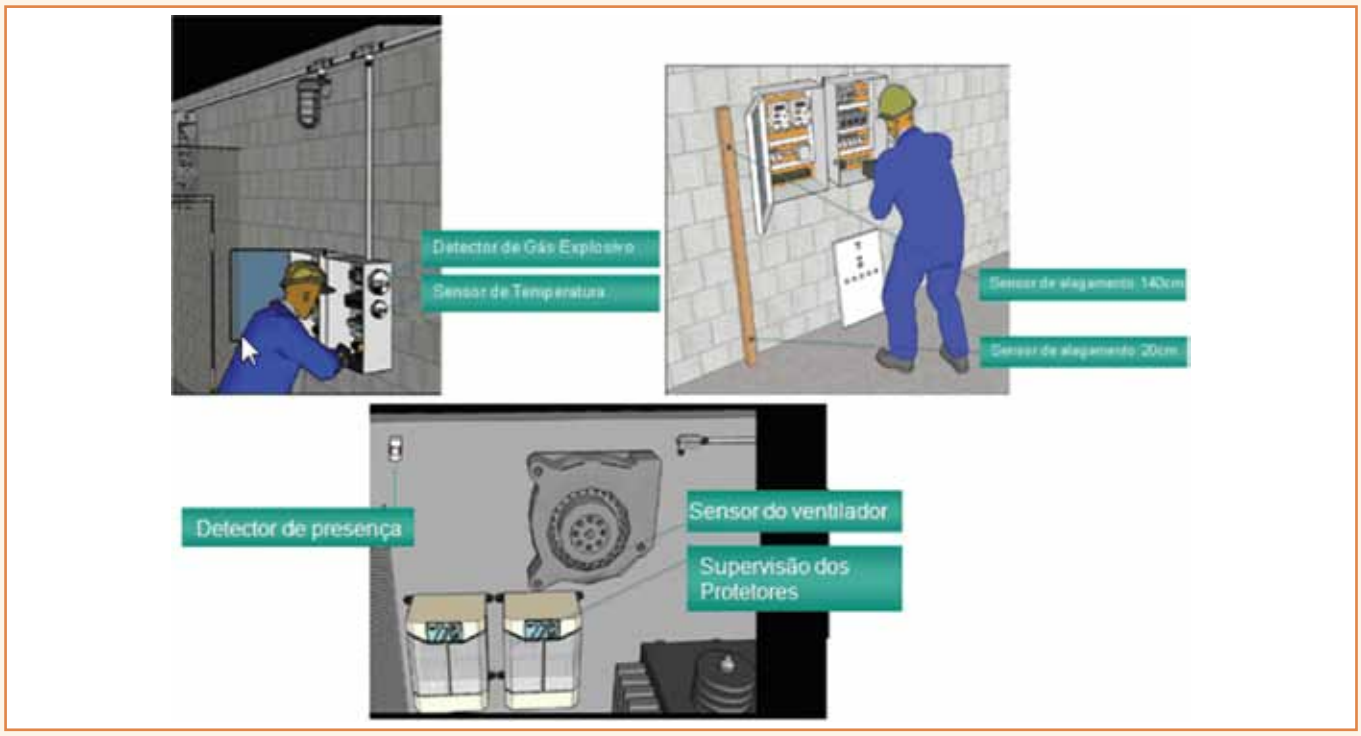

Figura 7 – Sensores monitorados remotamente instalados no interior das câmaras.

A automação utilizará como meio de comunicação para esses dados a tecnologia de rádio frequência na faixa livre de 900 MHz com o recurso de roteamento MESH, o qual possui inteligência distribuída, autorregenerativa quanto às rotas, e ações de otimização para tratamento de eventos nos pacotes de dados transportados. Esses dados, após trafegarem pela rede RF, entram em um canal digital localizado em subestações da Light e ligado fisicamente ao Centro de Operações.

Esta implementação nos permitirá obter as condições de operação do sistema subterrâneo de forma remota viabilizando a:

- Redução de riscos operacionais;
- Redução do tempo para localização de defeitos;
- Redução de furtos.

Os principais benefícios esperados do projeto serão:

- Aumento da confiabilidade do sistema subterrâneo;
- Aumento da segurança operacional do sistema subterrâneo;
- Redução de atos de vandalismo;
- Direcionamento de ações preventivas quanto a riscos de falhas de equipamentos;
- Aumento da qualidade do fornecimento de energia para os clientes.

Arquitetura do projeto de automação

A arquitetura é subdividida em três macros sistemas principais:

- Sistema de supervisão das câmaras;
- Rede de comunicação;
- Centro de operação da distribuição.

Sistema de supervisão das câmaras

O sistema de supervisão das câmaras envolve os equipamentos e a infraestrutura responsáveis pela medição e pelo controle das grandezas físicas e de estados das câmaras.

Para o sistema de monitoração de ventilação foi definido um sensor de temperatura com aquecimento interno que, quando comparado com o sensor de temperatura ambiente da câmara, nos permite verificar não somente o estado do ventilador (ligado/desligado), mas também verificar se está com a aeração necessária para a ventilação do ambiente. Estes dois sensores juntamente com o sensor de gases explosivos enviam dados analógicos para o centro de operações, permitindo que se estabeleçam níveis de alarmes e prioridades de ação de campo de acordo com as medições realizadas por esses sensores.

Para a monitoração do nível de alagamento utilizamos dois sensores instalados em níveis diferentes de altura, sendo um a 14 cm e o outro a 140 cm a partir do chão, que enviam grandezas digitais para o centro de operações, permitindo a verificação e priorização das ações de esgotamento.

Para a detecção de presença humana nas câmaras utilizamos

um sensor que também envia grandeza digital, o que faz com que se tenha um maior controle quanto a acessos às instalações da companhia.

Sob a ótica de operação, o monitoramento dos carregamentos dos transformadores permite que sejam verificadas as condições de carregamento do sistema monitorado, facilitando os estudos e as ações preventivas, o monitoramento do status dos protetores network (para o sistema reticulado), facilitando a detecção de falhas nestes equipamentos, bem como o telecomando e monitoramento das chaves de manobra. Isso oferece maior agilidade quanto à identificação de defeitos na rede, manutenções preventivas e corretivas, sem expor o sistema a riscos, manobras operacionais ágeis de recomposição, etc.

Por fim, tem-se os sensores listados acima interligados à Unidade Terminal Remota (UTR), que compila essas informações e as disponibiliza para a rede de comunicação em protocolo DNP3.0. Essa UTR possui 52 portas com possibilidade de expansão, sendo: 32 entradas digitais, 8 entradas analógicas e 12 saídas digitais, o que admite futuras ampliações do número de grandezas monitoradas.

A UTR encontra-se protegida em um gabinete IP67. Tal gabinete comporta, além da UTR, um conjunto de nobreaks que garante o funcionamento do sistema diante de uma eventual falta de energia, régua, disjuntor e um rádio por um período de 8 horas. A escolha por um gabinete IP67 deveu-se à instalação de uma chave a gás que não é submersível e também por entendermos que o monitoramento do alagamento nos permitirá evitar inundações de grande vulto. Esta decisão barateia o projeto, configurando um ponto importante para sua viabilização.

Rede de comunicação

A rede de comunicação escolhida para o projeto foi em radiofrequência na faixa livre de 900 MHz (902 MHz a 907,4 MHz e 915,1 MHz a 928 MHz) com recurso de roteamento e tráfego de dados Mesh mesclada com uma rede de fibra ótica.

Após exaustivos testes de simulação em campo com diferentes faixas de frequência de rádio, observou-se que a faixa de 900 MHz era robusta o suficiente para transpor as barreiras físicas imposta pelas CTs (paredes revestidas de concreto, tampa de ferro maciço e interferência eletromagnética provocada pelos transformadores da câmara) e garantir a integridade da informação na sua propagação externamente à câmara.

Em conjunto à robustez conseguida com essa faixa de frequência, agregou-se a capacidade da tecnologia Mesh, o que trouxe um reforço ao desafio de propagação do sinal por meio de um centro densamente urbanizado e repleto dos mais diversos obstáculos contidos no centro do Rio de Janeiro. Tal tecnologia propicia ao rádio realizar um mapeamento prévio dos possíveis caminhos a enviar a informação, criando uma lista de caminhos alternativos e classificados em ordem de qualidade de tráfego de dados.

De forma sucinta, a rede de rádios do projeto é formada por quatro estágios de comunicação. No primeiro estágio, está o rádio IWR (Integrated WanGate Radio), localizado dentro da câmara subterrânea. Este equipamento está integrado à UTR, sendo o responsável por transmitir para fora da CT os dados fornecidos pela UTR por intermédio da porta serial 232. O segundo estágio é formado pelos rádios Wan Gate (WG), que formam o back bone Mesh de transmissão de dados. Esses WGs formam uma robusta rede de comunicação com rádios espalhados pelas localidades em que se deseja monitorar as câmaras. Assim, esses rádios geram enlaces de comunicação com os IWR e direcionam as informações das CTs para as subestações da Light.

Para não haver perda de performance, os pacotes de dados realizam, no máximo, cinco "hops" (saltos) entre os Wan Gates e as subestações.

O terceiro estágio é composto pelo rádio Head End (HE), que fica localizado nas subestações da Light. Este ponto recebe os pacotes de dados trafegados pelos WGs pertencentes à sua rede. Dessa forma, o HE é responsável por estabelecer a integração e interface entre a rede de rádios e o último estágio de comunicação por uma conexão pela porta ethernet a um bastidor integrado de telecomunicação (BIT), o qual replica os pacotes via fibra ótica até o centro de operação da distribuição da Light.

Centro de operação da distribuição

O terceiro macro sistema corresponde ao Centro de Operação da Distribuição (COD), para o qual os dados das grandezas monitoradas nos interiores das CTs são entregues e disponibilizados em tela.

Além disso, partem do COD os comandos para abertura e fechamento das chaves à gás que se encontram nas câmaras também.

Figura 8 – Estrutura da rede de rádios.

Figura 9 – Tela retrata situação real e vigente disponibilizada no COD.

Assim, os pacotes de dados em DNP3.0 alimentam o sistema SCADA que suporta o COD, possibilitando a supervisão dessas grandezas pelos monitores remotos. A Figura 8 apresenta a tela com a situação real e vigente disponibilizada no COD, em que se pode observar informações de condição de sensores de temperatura, ventilação, protetores network, gases da câmara subterrânea número 1327.

Etapas do projeto:

- Aquisição de materiais para automação;
- Inspeção de todas as CTs e elaboração de relatórios técnicos para cada CT;
- Elaboração do projeto de design da rede de comunicação remota;
- Instalação da rede de comunicação remota (backbone);
- Instalação de equipamentos nas CTs;
- Atualização da base de dados da plataforma SCADA da Light e criação das telas das CTs no CO;
- Comissionamento e início de operação do sistema; e
- Elaboração do projeto "as built".

Conclusões

Atualmente, a Light possui 1.170 câmaras monitoradas, mais 500 Cts contratadas e mais 500 Cts em contratação. O monitoramento remoto das CTs é etapa importante para a automação da rede subterrânea, que possibilitará à Light a implantação de uma nova filosofia de operação da rede de distribuição subterrânea.

A grande dificuldade na implantação deste projeto está na definição/comprovação da retirada das informações do ambiente da câmara transformadora de forma a manter os requisitos de performance, robustez e disponibilidade exigidos para um centro de operações. Outro ponto de atenção é quanto à elaboração e implantação do backbone de comunicação, pois, nas áreas de rede subterrânea, a infraestrutura de posteação não pertence à Light, o que dificulta a instalação e a energização dos rádios.

As tecnologias de PLC e GPRS não se mostraram eficazes, pois não satisfazem aos requisitos mínimos de disponibilidade, performance e robustez de um centro de operações.

Sandro Lanes Marques de Oliveira, Luiz Carlos Menezes Direito, André Santoro Velloso, José Ricardo Wichan, Marcelo Granzotto Campos e Ronaldo Sergio Freund são engenheiros da Light Serviços de Eletricidade S/A.

Este artigo foi originalmente apresentado durante o XX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi), realizado em outubro de 2012, no Rio de Janeiro (RJ).

Continua na próxima edição
Confira todos os artigos deste fascículo em www.osetoreletrico.com.br
Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail redacao@atitudeeditorial.com.br