



GRUPO III
GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)

SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE CABOS

Carlos Augusto Ve. Granata*

Ivan Teixeira de Oliveira

Wagner Klein da Silva

Pirelli Cabos S.A

RESUMO

Apresentamos o Sistema de Monitoramento de Cabos em implantação na Linha de Transmissão Terminal Norte / Estação Miguel Reale, em São Paulo, linha subterrânea empregando cabos óleo fluído (OF).

O fator limitante para a transmissão de energia é a temperatura do condutor.

Essencialmente este sistema monitora a corrente no condutor, a temperatura na cobertura do cabo e determina a temperatura do condutor através de modelamento matemático do sistema térmico, fornecendo também as sobrecargas admissíveis para várias condições de emergência (sobrecorrente versus tempo).

Este sistema permite operar a linha com segurança, extraindo o máximo de capacidade de transmissão do sistema.

PALAVRAS-CHAVE

Monitoração, Supervisão, Ampacidade, Cálculo Térmico, Linha de Transmissão Subterrânea.

1.0 - INTRODUÇÃO

Entre as necessidades das Concessionárias de Energia Elétrica que operam linhas de transmissão podemos destacar:

- Transmitir o máximo de energia que a linha suporta, principalmente em condições de emergência;

- Reduzir custos, reduzir tempo de interrupção, aumentar eficiência da manutenção.

O fator limitante para a capacidade de transmissão de potência numa linha de transmissão é a temperatura do condutor. Para linhas de transmissão subterrâneas (LTS) diretamente enterradas ou em galerias, as normas usadas para definir a capacidade de transmissão e as considerações de projeto das condições de pior caso da instalação e operação da linha podem levar a um dimensionamento do cabo superior ao necessário em relação as condições reais da instalação. O resultado é que a linha instalada pode ser capaz de transmitir **mais** energia do que o especificado no projeto original.

Somente com informações coletadas através de uma extensa pesquisa das condições do solo (umidade e resistividade térmica) ao longo de todo o trecho, e ao longo de vários anos, seria possível realizar o projeto com pequena margem de segurança. Isso é normalmente impossível ou economicamente inviável, principalmente para linhas extensas. Ainda assim, considerando-se toda a vida útil da instalação (tipicamente 40 anos), seguramente as condições de pior caso usadas no projeto serão mais severas do que as condições realmente presentes na linha.

Outros agentes podem provocar lesões nos cabos, como obras civis, térmitas, impermeabilização do solo, etc. Para cabos OF (Óleo Fluído) o sistema convencional de manômetros com mecanismos de sinalização apresentam problemas de confiabilidade.

Caso uma falha na operação ou instalação de uma LTS não seja identificada a tempo, os custos podem ser grandes para a concessionária, tanto pelo custo de reparo como pelo tempo de interrupção da transmissão de energia. As concessionárias também tem a necessidade de otimizar a eficiência da manutenção, melhorando as ações da manutenção preventiva.

Na cidade de São Paulo, Brasil, está em fase de instalação um Sistema de Monitoração na LTS Terminal Norte / Estação Miguel Reale. É uma linha com 15 km de extensão, 10 km em vala e 5 km em túnel constituída de dois circuitos e capacidade de 400 MVA, usando cabos OF operando a 345 kV.

2.0 – CARACTERÍSTICA DA INSTALAÇÃO

Um cabo OF é construído conforme o esquematizado na Figura 1. O condutor central de cobre com orifício central para escoamento do óleo fluído (compensação para dilatação e contração do óleo), recoberto com papel isolante impregnado em óleo, seguido da blindagem de alumínio corrugado e da cobertura de proteção de polietileno.

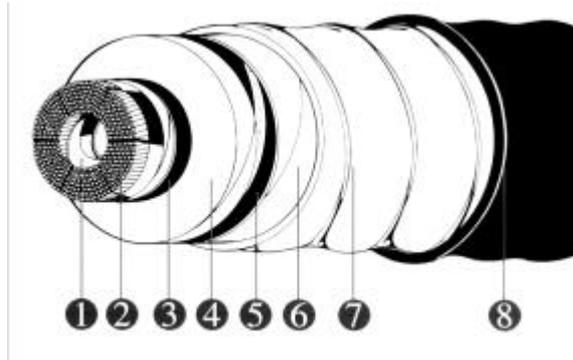


FIGURA 1

Os 3 cabos de cada circuito nesta instalação são dispostos na horizontal para melhor dissipação de calor. Esta disposição dos cabos provoca indução de tensão significativa na blindagem, que por sua vez pode gerar correntes de circulação. O aquecimento do cabo provocado por essas correntes reduzem a capacidade de transmissão de energia.

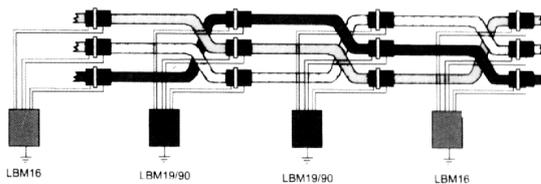


FIGURA 2

Para equilibrar a impedância da linha, os cabos são montados em trechos com transposições conforme

apresentado na Figura 2. Para evitar correntes na blindagem, nas seções intermediárias do trecho a blindagem “volta” para a mesma posição física da seção anterior. Com isso cada blindagem sofre indução das três fases, gerando força contraeletromotriz que anula a tensão induzida no final do trecho. Pequenas correntes podem circular caso as seções tenham comprimentos diferentes, e em menor grau em função de variações nas distâncias dos cabos.

Na composição do sistema de monitoração foram adotados sensores estáticos, não sujeitos a desgastes, muito utilizados em automação industrial, como transdutores de pressão capacitivos, termoresistências, TCs e outros detetores não mecânicos.

3.0 - ARQUITETURA DO SISTEMA

Os dados de campo são coletados em uma série de pontos ao longo da linha e são transmitidos para estações que gerenciam o sistema, calculam a temperatura do condutor e apresentam as informações para os operadores (Figura 3).

3.1 - Remotas de Coletas da Dados

Ao longo da linha estão instaladas 12 Remotas que coletam os dados do campo. Cada Remota é constituída de dispositivos microcontrolados que fazem a leitura dos dados dos sensores analógicos, adequam o sinal, convertem para dados digitais e os transmitem as Estações de Supervisão através de link óptico. Dados coletados do campo:

- Corrente elétrica no condutor
- Temperatura na cobertura do cabo OF
- Temperatura na emenda
- Temperatura no solo
- Pressão do óleo isolante
- Corrente na blindagem dos cabos
- Sensor de alagamento no túnel
- Sensor de acesso indevido no túnel

3.2 - Estação de Supervisão

Duas Estações de Supervisão, uma em cada extremo da linha, comunicam-se com as Remotas e realizam as seguintes funções:

- Coletar dados das Remotas
- Calcular temperatura do condutor
- Calcular tempo para sobretemperatura e tabela de sobrecorrente admissíveis versus tempo
- Armazenar dados históricos
- Apresentar informações em tabelas, sinóticos, gráficos e imprimir relatórios
- Sinalizar ocorrência de falhas usando alarme visual e sonoro
- Fornecer dados de operação e histórico para Estações de Monitoramento Remoto

As Estações de Supervisão operam em sistema de “Master / Slave”, onde a estação slave assume o comando caso a estação master deixe de operar. Um segundo link óptico conecta as estações.

3.3 - Estação de Monitoramento Remoto

Além das Estações de Supervisão, equipamentos denominados de Estação de Monitoramento Remoto obtêm os dados das Estações de Supervisão e os apresentam para o usuário. Esta estação pode estar

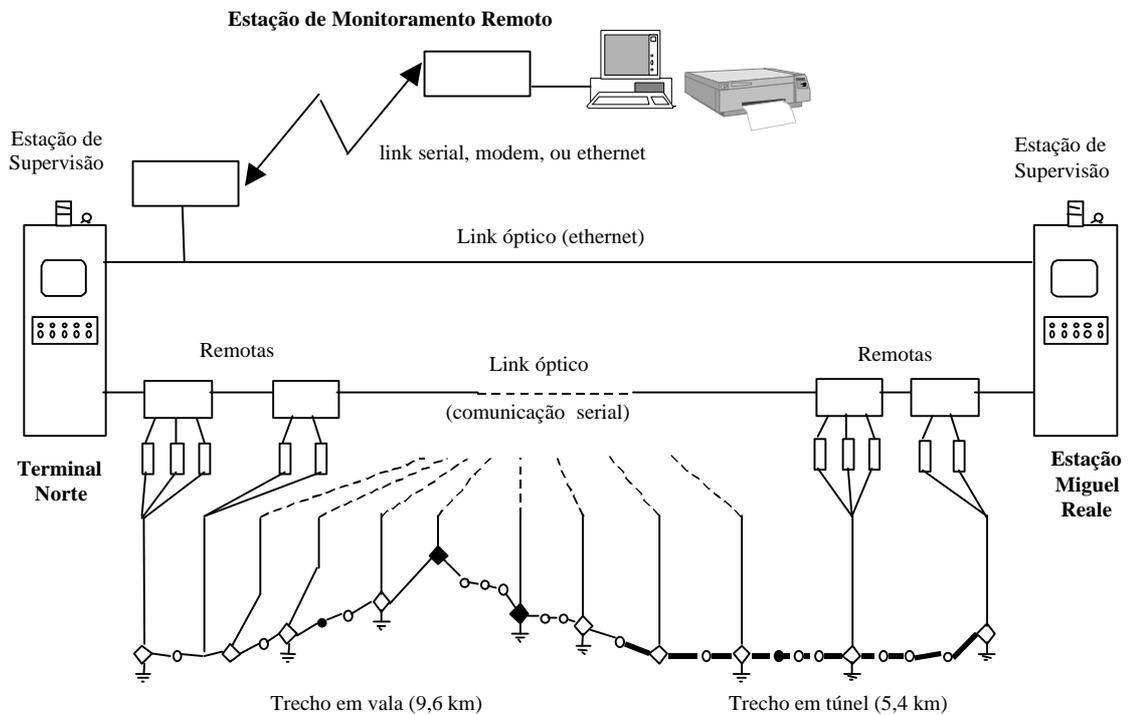


FIGURA 3

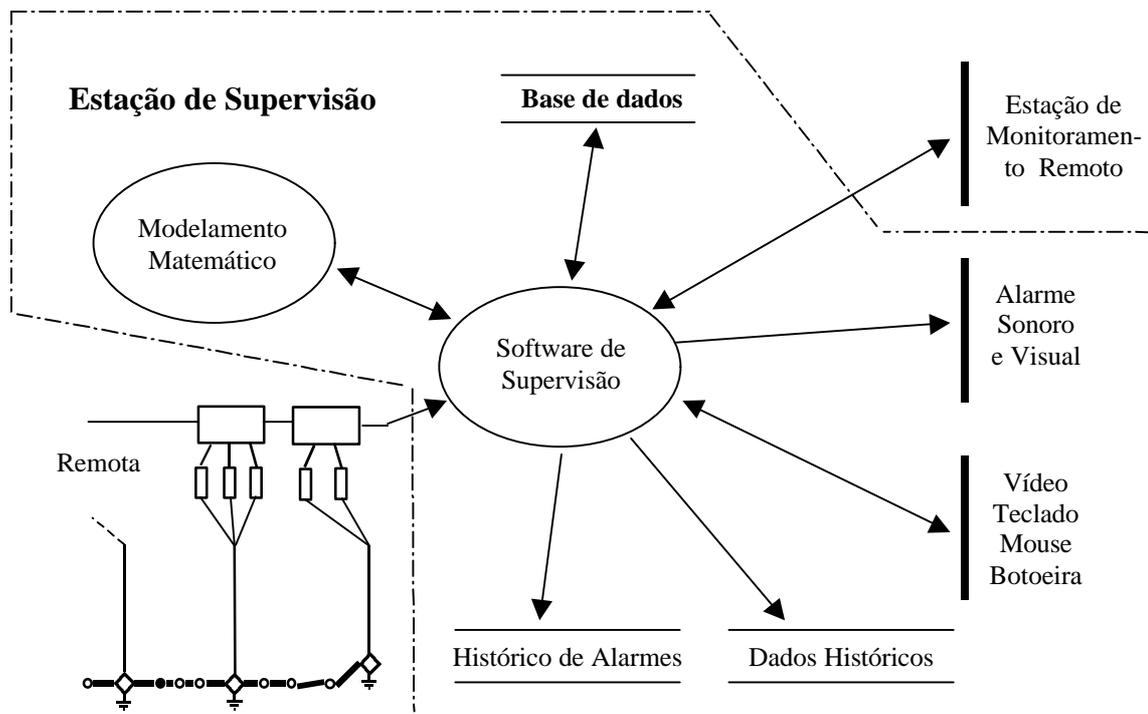


FIGURA 4

localizada a distância das Estações de Supervisão, bastando apenas dispor de um acesso de rede, link serial direto ou via modem.

4.0 MODELAMENTO MATEMÁTICO

O cálculo realizado para determinar a temperatura do condutor recebe como entrada a temperatura da cobertura, a temperatura do solo e a corrente elétrica no condutor. O modelamento térmico do cabo e do solo é realizado usando-se as normas IEC 287 (ampacidade em regime a plena carga) e IEC 853 (ampacidade em regime de emergência considerando o transitório térmico).

O sistema é adaptativo e recalcula a resistividade e capacidade térmica do solo com o decorrer do uso.

Como saída, além da temperatura do condutor em tempo real, o sistema fornece uma tabela de sobrecorrentes admissíveis para uma série de tempos pré definidos, exemplo: para uma corrente nominal de 650 A seriam fornecidas as saídas de 1200 A para 10 min, 900 A para 30 min, e assim por diante.

Também é fornecido o tempo para atingir a temperatura nominal, mantida a corrente atual.

5.0 - DIAGRAMA FUNCIONAL DO SISTEMA

A Figura 4 mostra um diagrama funcional da Estação de Supervisão, Remotas e Estação de Monitoramento Remoto. Neste diagrama estão representados:

- Na parte central o software de supervisão para automação industrial (FIX nesta implementação)
- A base de dados de tempo real. A base de dados é continuamente atualizada pelos dados lidos das Remotas, pelo subsistema de Modelamento Matemático e pela ação do operador
- O histórico dos dados
- O histórico de alarmes
- A interface com o operador, sendo via Monitor de vídeo, teclado, mouse e alarmes sonoro e visual.
- Transmissão dos dados para a Estação de Monitoramento Remoto.

6.0 FORMAS DE APRESENTAÇÃO

A Figura 5 mostra a tela geral do sistema com a imagem representando toda a rota. As posições das Remotas são indicadas por círculos com respectivos números. Na parte central está a tabela de sobrecorrentes admissíveis. Quando há alguma

situação de alarme, o círculo passa a piscar em vermelho e o operador clica sobre o mesmo passando então a visualizar o sinótico da Figura 6. Nesta tela é apresentado, no topo, o sinótico da linha com as Remotas, indicando qual é a situação de alarme ativado. Na parte central, do lado esquerdo aparecem as informações gerais do sistema: corrente no condutor, maior temperatura do condutor e respectiva zona em que esta temperatura está ocorrendo (cada Remota pode ter uma ou duas zonas térmicas). Ao lado aparecem todas as informações que esta Remota está lendo do campo, e no caso das temperaturas, as colunas Tc indicam a temperatura que o Modelamento Matemático está determinando para esse ponto de leitura. Existem várias outras telas no sistema apresentando a lista de alarmes, gráficos, dados históricos, etc.

7.0 CONCLUSÃO

Sistema de Monitoração de Cabos representa um recurso importante para linhas de transmissão subterrânea, de média e alta tensão. Com as informações da operação coletadas em tempo real e disponibilizadas para quem toma a decisão de operação da linha, a concessionária obtém grande flexibilidade na operação e permite o uso no limite da capacidade de transmissão, com a segurança e confiabilidade de estar usando o sistema dentro de condições adequadas.

Este tipo de sistema também introduz novos elementos para a análise da operação da LTS. Com a informação da dinâmica do sistema podemos correlacionar valores das grandezas lidas, como por exemplo a temperatura e a pressão do óleo (no caso de cabo OF), permitindo assim a identificação de falhas muito antes de se atingir os limites que impeçam a operação da linha. Outro elemento importante é o histórico de dados de operação do sistema, que permite análises posteriores, sendo também fundamental para aprimorar os algoritmos de identificação de falhas. Essas informações oferecem subsídios para desenvolver programas de manutenção preditiva.

Como resultado da adoção de Sistemas de Monitoração de Cabos, a concessionária ganha com a redução de custos e obtém maior retorno em menor tempo do investimento realizado.

8.0 BIBLIOGRAFIA

- (1) IEC – International Electrotechnical Commission. Calculation of the current rating – IEC 287
- (2) IEC – International Electrotechnical Commission. Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – IEC 853

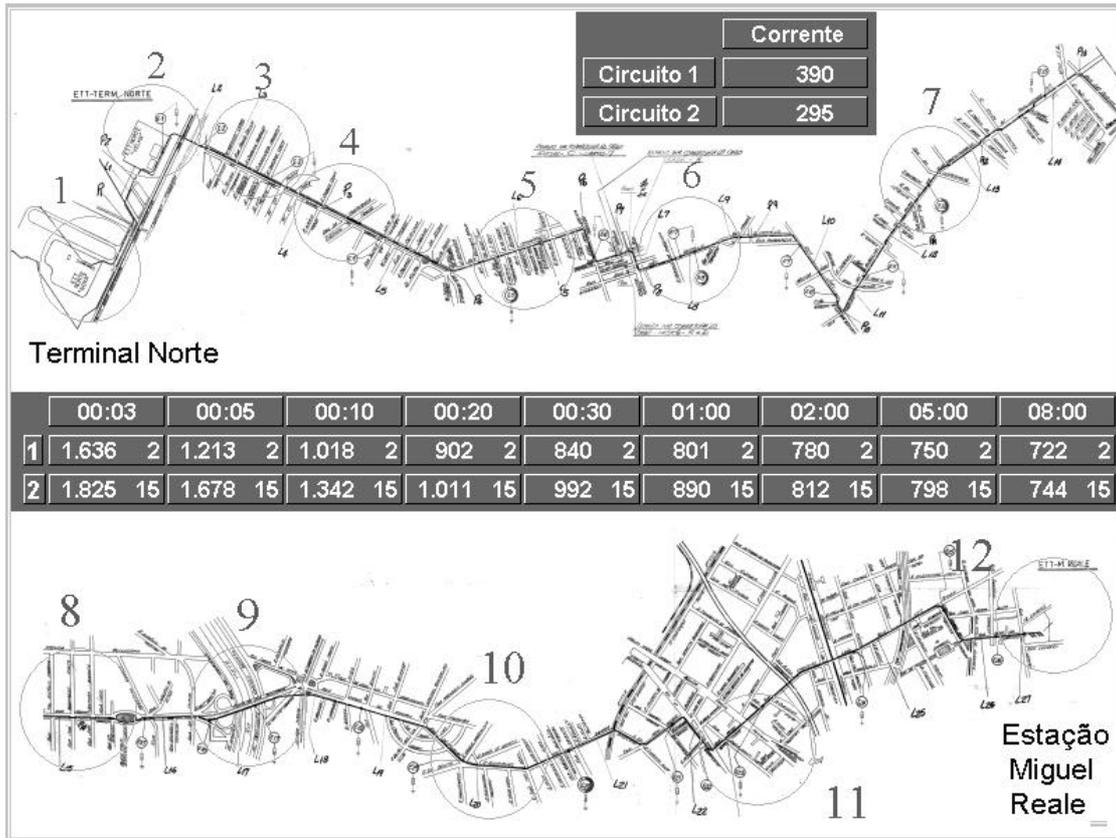


FIGURA 5 - Vista geral do sistema com a tabela de sobrecorrente admissíveis

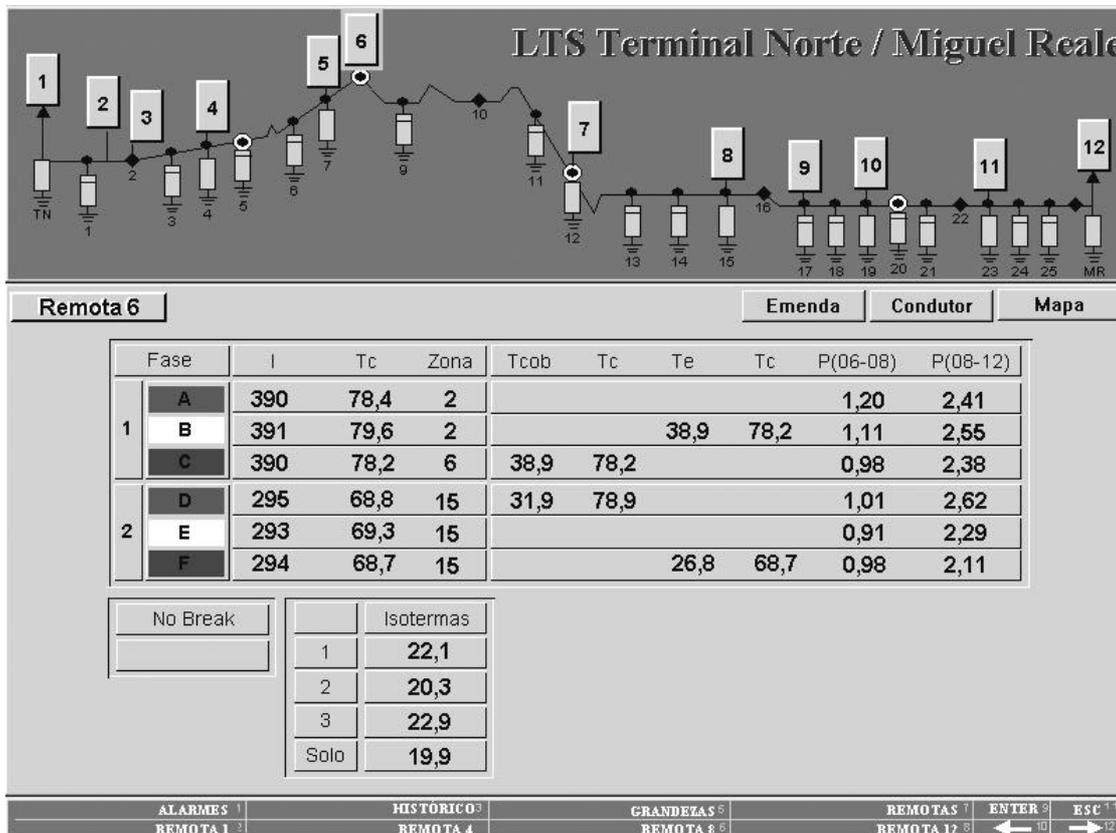


FIGURA 6 - Sinótico da linha, tabela com dados lidos e calculados para a Remota 6