

19ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

Tema: Sistemas de Sinalização

Título: O Sistema de Sinalização e Controle CBTC/UTO do monotrilho da Linha 15 - Prata

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é expor a solução a ser implantada para a Sinalização e Controle do monotrilho da linha 15.

RELEVÂNCIA

A linha 15 Prata tem uma demanda prevista de aproximadamente 550 mil passageiros por dia e fará a articulação entre diversos eixos de transporte coletivo existentes, como o corredor intermunicipal de São Mateus a Jabaquara, operado pela EMTU, e atenderá regiões como Sapopemba, São Mateus e Cidade Tiradentes.

Devido a essa alta demanda e ao modal de transporte adotado ser do tipo monotrilho de alta capacidade, é crítica a necessidade de adoção de um Sistema de Sinalização e Controle de alta disponibilidade, bom desempenho e seguro de forma a necessitar de uma intervenção humana mínima para operação.

Dessa forma, foi requisitado para a linha 15 Prata um Sistema de Sinalização e Controle do tipo CBTC com alto nível de automatismo da categoria UTO (Unattended Train Operations).

DESCRIÇÃO

O nível de automação em sistemas de transporte sobre trilhos está crescendo constantemente. A reposição gradual do ser humano por sistemas automatizados requer a garantia de um grande nível de segurança e disponibilidade. Por outro lado, o aumento do nível de automatismo implica em aumento da complexidade dos sistemas.

O Controle de Trens Baseado em Comunicações (CBTC) é o que há de mais novo em tecnologia para sinalização e controle de trens no mercado metroferroviário. Os sistemas CBTC oferecem flexibilidade na escolha de níveis de automação, desde atuar com proteções sobre as ações do operador do trem até a possibilidade da ausência de operadores a bordo, mesmo para tratamento de grande parte de falhas que comprometem o funcionamento do sistema.

Os sistemas de sinalização e controle convencionais que não utilizam a filosofia do CBTC são baseados em circuitos de via, que são utilizados para detecção da presença de um trem em um trecho, e em sinais de margem de via que são usados para troca de dados entre trem e via. Portanto a precisão da posição de um trem na via é determinada pelo tamanho de um circuito de via, e as informações enviadas para o trem estão limitadas àquelas fornecidas pelos sinais de margem de via. Tais sistemas são normalmente chamados de “blocos fixos” pois a distância segura entre trens é determinada por seções de via de tamanho fixo.

O CBTC sobressai-se dessas limitações através de uma comunicação contínua entre trem e equipamentos de via. Dessa forma, a posição do trem é fornecida pelos equipamentos embarcados com uma alta precisão.

Pela maior precisão de posicionamento e determinação contínua da distância de segurança de trens, a característica fundamental do CBTC é prover uma redução no intervalo entre trens aumentando a capacidade de transporte pela possibilidade de inserção de mais trens em uma linha.

O fornecimento de um novo produto CBTC no mercado requer o atendimento das normas técnicas existentes. Duas normas internacionais fornecem requisitos gerais para sistemas CBTC. Uma delas é a norma IEEE 1474.1-2004 enquanto a outra é a norma IEC 62290.

A norma IEEE 1474.1-2004 foi elaborada pela Comissão de CBTC do IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) e foi aprovada em 2004. Essa norma trata dos requisitos de desempenho e funcionalidades que um sistema CBTC deve cumprir. Esses requisitos tratam de funções do ATP (Automatic Train Protection), ATO (Automatic Train Operation) e ATS (Automatic Train Supervision), implementadas na margem de via e a bordo. Os sistemas ATO e ATS são considerados opcionais pela norma. Além disso, a norma estabelece critérios do “headway” (intervalo entre trens), segurança e disponibilidade aplicáveis para diversos tipos de transportes.

A norma IEC 62990 foi elaborada pela IEC (International Electrotechnical Commission) e está efetiva desde 2007. Essa norma traz os conceitos fundamentais, requisitos gerais e um descritivo dos requisitos funcionais que os sistemas de controle de transportes metroferroviários, como o CBTC, devem cumprir. Dentro dos conceitos fundamentais, a norma estabelece quatro Níveis de Automação: de GoA-1 (Grade of Automation) a GoA-4. Como exemplo, o GoA-1 simplesmente atua freando o veículo quando o operador viola a curva de velocidade, enquanto o GoA-4 não precisa de um operador e nem de um atendente a bordo para supervisionar o veículo e corresponde ao UTO.

O Sistema CBTC a ser fornecido pela Bombardier para a linha 15 é o CITYFLO 650, que suporta os níveis de automatismo de DTO (Driveless Train Operation) e UTO (Unattended Train Operation). Nesse sistema, o equipamento de via é distribuído ao longo da via e é dividido em trechos chamados de “Regiões”. Cada Região é responsável pela movimentação segura dos trens dentro de seu espaço de controle, e pela segurança de trens próximos de sua Região. Para determinar a posição do trem o CITYFLO usa um mapeamento da via em várias seções denominadas “Segmentos”. Então a posição de um trem é determinada pela Região em que ele está juntamente com a identificação do Segmento da Região.

Uma Região do Sistema de Sinalização é composta por um equipamento RATP (Region Automatic Train Protection), um equipamento RATO (Region Automatic Train Operation), um OCS (Object Controller System) em cada estação além de alguns nos pátios, um Servidor Local que se associa com Estações de Trabalho Locais do SCT (Sistema de Controle de Trens) que ficam em algumas estações e de rede de dados específica. Todos esses equipamentos são interligados por uma rede de dados dedicada à sinalização, chamada de DTS (Data Transmission System).

O RATP foi desenvolvido para atender o quarto nível de segurança e integridade de acordo com o Cenelec Safety Integrity Level (SIL4). O RATP utiliza tecnologia de precisão de bloco móvel do CBTC. Isso permite que os trens sejam conduzidos tão próximos uns dos outros quanto às características do sistema permitirem, como índice de frenagem do trem, raios de curvatura horizontal e vertical, localização de pontos de conflito, etc. O RATP do sistema CITYFLO 650 foi desenvolvido com capacidade para lidar com no máximo 60 trens em uma região. O clock do software do RATP é de 312 ms com um tempo de resposta de entradas e saídas previsto em aproximadamente 600 ms. Algumas das funções realizadas pelo RATP:

- Inicialização do trem no sistema CBTC;
- Remoção do trem do sistema CBTC;
- Rastreamento de trens;
- Gera autorização de movimento;
- Separação segura entre trens;
- Imposição e retirada de restrições de velocidade;
- Transição entre Regiões de RATC;
- Controle dos AMVs;
- Controle de sinaleiros;
- Controle das Portas de Plataforma.

O RATO participa da operação não vital do sistema de controle de trens. Ele faz interface com o RATP, o VATC, o ATS (Automatic Train Supervision), o Sistema de Portas de Plataforma e as estações de trabalho locais do SCT. Algumas das funções realizadas pelo RATO:

- Solicitações de inicialização dos trens;
- Geração de alarmes;
- Interface de comunicação entre o ATS, VATO e o RATP;
- Atribuição de rotas;
- Gerenciamento dos tempos de parada, retenção e passagem direta pelas estações;
- Controle de conforto na viagem, por exemplo, limite de jerk.

A comunicação entre a via e o trem é feita por um sistema de rádio frequência, chamado de TWC (Train to Wayside Communication), que usa a técnica de modulação de CDMA com Espectro Espalhado (Spread Spectrum Division Multiple Access) a uma frequência de 2,4 GHz.

Essa comunicação é feita através de uma rede sem fio do tipo Linha de Visão (Line of Sight - LOS).

O Sistema Controlador de Objetos (OCS) é parte integrante do sistema de intertravamento do ATP. Ele foi introduzido pela no final dos anos 70 e a versão atual está em serviço desde 2000. O OCS é instalado nas estações e pátios e constitui-se em uma rede de via que controla e monitora o estado de diversos objetos de via tanto aqueles que têm filosofia de falha segura como os que não têm. O termo “objeto” refere-se a qualquer equipamento de via controlado pelo ATC como, por exemplo, AMVs, sinaleiros e portas de plataforma.

O OSC é composto de placas de entrada e saída e software para fazer o controle e monitoramento dos dispositivos de via. O gabinete do OCS é composto de sub-racks, controladores de objetos, blocos de terminais, fontes de alimentação e outros componentes de suporte.

O ATC do veículo ou VATC (Vehicle Automatic Train Control) consiste em um conjunto de placas eletrônicas montadas em uma gaveta, um rádio de dados que possibilita a comunicação entre veículo e a via, um leitor de RF que lê as balizas de localização colocadas ao longo da via, tacômetros montados sobre os eixos e diversos relés para energizar as “trainlines” do veículo. Há dois desses conjuntos de VACT em cada trem para garantir a redundância da operação. Se algum componente de um conjunto de VATC apresentar problema, o sistema deve ser capaz de detectar tal anormalidade de forma a mudar o conjunto atuante para o outro conjunto de forma automática, assim cumprindo a premissa do nível de automação UTO. Ainda assim o sistema tem o recurso de troca de conjunto atuante de forma remota. Outro recurso é o reset remoto do VATC, através de um posto de trabalho do SCT.

A gaveta do VATC tem três placas de CPU, sendo que duas delas são de ATP e uma de ATO.

Algumas das funções do VATP:

- Determinação da localização do trem;
- Autorização de movimento;
- Aplicação de frenagem com distância segura;
- Proteção contra frenagem excessiva;
- Supervisão das portas do trem.

E são algumas das funções do VATO:

- Regulação automática de velocidade;
- Execução de parada precisa na estação;
- Comandos de abertura e fechamento das portas;
- Disparos do Sistema de Informação aos Passageiros.

DADOS DOS AUTORES

Paulo Resende Lima

Formação: Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica – FESP – 2010

Tecnologia em Automação Industrial – IFSP – 2008

Empresa: Companhia do Metropolitano de São Paulo – METRÔ

Currículo: Engenheiro membro da Coordenadoria de Implantação de Sistemas Eletrônicos da Linha 15 Prata por um ano. Técnico de Manutenção Corretiva de Trens da Linha 3 Vermelha por 5 anos.

Rodrigo Neves dos Santos

Formação: Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo – 2011

Empresa: Companhia do Metropolitano de São Paulo – METRÔ

Currículo: Engenheiro membro da Coordenadoria de Implantação de Sistemas Eletrônicos da Linha 15 Prata por um ano. Possui experiência no projeto e desenvolvimento de sistemas eletrônicos microcontrolados, na área de instrumentação eletrônica e de controle de processos industriais.