

## **Modificaciones requeridas paralelamente con el cambio del sistema de accionamiento del metro de Bucarest**

*Ioan Bele\* y Liviu Sevastian Bocîi\**

(Recibido el 22 de noviembre de 2001)

### **Resumen**

En la operación del metro se han encontrado defectos que no están relacionados solamente con el motor eléctrico de tracción o con la regulación reostática de la velocidad sino que son provocados por la fiabilidad reducida de los componentes del esquema de accionamiento y de control.

En este trabajo se presentan las modificaciones necesarias para el perfeccionamiento del sistema de accionamiento y para el incremento de la fiabilidad de los componentes del esquema de mando. Las principales modificaciones son:

- La simplificación del conjunto de cables de fuerza y de control concomitante con la reducción del consumo que, por el momento, es de casi 1.000 m/REM (metros de cable /rama eléctrica de metro, o sea metros de cableado por unidad eléctrica de tren metropolitano, m/REM).
- El perfeccionamiento del bloque autómatas de control de la velocidad reemplazándolo con el *Autómata programable*.
- El diseño de esquemas eléctricos de fiabilidad mayor.
- Si se utiliza el sistema de accionamiento con máquina de corriente continua, entonces su transformación para incrementar su fiabilidad y reducir volumen y peso.
- El reemplazo del convertidor rotativo por uno estático.
- El diseño general que aumente la accesibilidad a todos los componentes del vehículo.

Las modificaciones propuestas y puestas en práctica por los autores conducen a la modernización de las ramas del metro eliminando, en este modo, la aparición de los defectos de los componentes del esquema de control y accionamiento.

---

\* Universidad Aurel Vlaicu. Arad. Rumania. cancelar.uav@inext.ro.

## **Required modifications in parallel with changes in the Bucarest subway action system**

### **Abstract**

In subway operation certain damages were detected, which are not only related to the electrical traction machine with collector or rheostat regulation of the speed, but they are also provoked by the reduced fiability of the diagram action and command components.

In this paper the necessary modifications are presented for the action system improvement and for the increasing of the reliability of the diagram command components.

The main modifications are:

- The simplification of power cable system time with the consumption reduction which now is about 1.000 m/REM.
- The simplification of the command cable and its reduction through the decreasing of routes and service apparatus replacement (consumption which is 25.000 m/REM).
- The automatic command regulation of speed block improvement through its replacement with “ Programmed Automata”.
- Force and command contactors replacement with high reliability imported ones.
- If a direct-current machine is used, then its modification is necessary to increase its reliability and weigh reduction.
- The design and realization of the electrical system in a technical execution way.
- The rotative converter replacement with a static one.
- A general design so that the accessibility to all the vehicle components increases.

The modifications proposed and their practical application by the authors lead to the subway frames modernization, eliminating in this way the appearance of command and action diagram components damages.

## Introducción

Los graves problemas con que se han encontrado hasta ahora en la operación del metro no están relacionados solamente con la máquina de corriente con colector o con la regulación de la velocidad reostática, los numerosos inconvenientes se han debido también a la aparición de una serie de defectos producida por la fiabilidad reducida de los componentes del esquema de accionamiento y de control.

Estos defectos han aparecido también como una consecuencia de las complicaciones en su concepción y fabricación.

Cualquiera sea la solución que se aplique, la variante óptima sería la implantación del nuevo sistema en un marco clásico dentro de un arreglo total.

Para el perfeccionamiento del sistema y para el incremento de la fiabilidad se necesitan también otras modificaciones como:

- La simplificación del sistema de cables de fuerza, concomitante con la reducción del consumo que, por el momento, es de casi 1.000 m/REM.
- La simplificación del cableado de control y su reducción mediante la racionalización de los trayectos y un reemplazo del aparataje alimentado (consumo que llega a 25.000 m/REM).
- El perfeccionamiento del bloque autómatas de control de la velocidad reemplazándolo con el *Autómata programable*.
- El reemplazo de los contactores de fuerza y de control por otros importados de mayor fiabilidad.
- El diseño de los esquemas eléctricos de fiabilidad mayor.
- Si se utiliza el sistema de accionamiento con máquina de corriente continua, entonces se

impone su transformación para el incremento de su fiabilidad y la reducción de volumen y peso.

- La concepción y realización de los esquemas eléctricos mediante la llamada ejecución tecnológica.
- El reemplazo del convertidor rotativo por uno estático.
- El diseño general que aumente la accesibilidad a todos los componentes del vehículo.

## Medidas que se deben tomar

La modernización de los medios de transporte público por ferrocarril en general, y de metro en particular, es el principal objetivo de una compañía de ferrocarril. El desarrollo de los sistemas de tracción y de la electrónica de potencia ha permitido el logro de este objetivo por muchas administraciones de ferrocarril del mundo y, en un futuro próximo, también en el metro de Rumania.

Un medio de transporte confortable, independiente y rápido se puede alcanzar solamente con: el aumento de las velocidades de circulación, del rendimiento de la potencia ajustada en vehículos, el incremento y mantenimiento constante de la aceleración y la reducción de los choques, el aumento de la automatización y de la fiabilidad de todos los componentes de tracción y control.

El logro de los antedichos objetivos se puede hacer mediante:

- La modernización del presente cuadro del metro cuyo sistema de accionamiento eléctrico es con máquina de corriente continua y regulación de la velocidad reostática.
- La construcción de nuevos vehículos con accionamiento moderno.
- La construcción de nuevas líneas de alimentación y de nuevos vehículos con accionamiento moderno.

Dada la situación económica del país, ahora y en un futuro cercano, por el momento sólo se puede pensar en la modernización del presente cuadro eléctrico del metro, la construcción de cuadros y líneas nuevas sólo será posible en un futuro más remoto.

La aplicación de otras soluciones de accionamiento eléctrico al metro de Rumania, más fiables y económicas, implica en primer lugar el conocimiento detallado de la solución actual, de las modificaciones y los mejoramientos producidos a lo largo de los veinte años de operación.

Los principales inconvenientes del sistema actual de accionamiento eléctrico del metro se enumeran a continuación.

El empleo de la máquina eléctrica de corriente continua implica una serie de desventajas:

- La existencia del colector y de los cepillos colectores, por consiguiente de un contacto eléctrico entre las piezas en movimiento.
- La aparición del círculo de fuego debido a la conmutación inadecuada, como también la rotura del aislante.
- El incremento del peso y el volumen.
- El aumento del consumo y el precio de cobre.

El empleo de la regulación reostática de la velocidad determina la aparición de más desventajas como:

- El consumo ineficiente de energía eléctrica por reóstato.
- La existencia de los choques de corriente, por consiguiente de las solicitudes eléctricas térmicas y mecánicas (en toda la instalación de accionamiento).
- La presencia de los choques encima de los pasajeros.
- La regulación de la velocidad no es continua.

- La existencia de un “controler” de tracción y arranque en el circuito de fuerza.
- La instalación de potencia es muy complicada y con un consumo exagerado de conductores de gran sección (70 y 95 mm<sup>2</sup>).
- La existencia de dos reóstatos para arranque y freno que supera 500 kg por vagón, es decir 1.000 kg por cada unidad.
- La existencia de un agregado para enfriar cada reóstato.
- El precio de costo de todos estos agregados suplementarios es bastante grande.
- El freno es sólo reostático.
- Los gastos de mantenimiento y explotación son muy grandes.

Con la regulación resistiva, todas las sobretensiones debidas a la conmutación de la línea de contacto (resultadas del corte de la tracción por los contactores electromecánicos de línea de otros vehículos en función), entran en los equipos, reduciéndoles la resistencia de aislar y la extensión de vida a lo largo del tiempo. Estas sobretensiones llegan también a los motores de tracción, produciéndoles los mismos inconvenientes.

Otros inconvenientes se deben a los demás componentes utilizados para la ejecución del metro, por ejemplo:

- El aumento del consumo energético para la alimentación de la excitación independiente del circuito de freno.
- La instalación del control es muy complicada por comprender un gran número de relevadores, contadores y conductores de enlace.
- La protección de los circuitos de baja tensión no es adecuada (a las unidades acopladas permitiría la conexión de más fusibles automáticos y paralelos en el mismo circuito).

- Los numerosos defectos de masa debidos a la fiabilidad reducida de los componentes de la instalación de potencia y de control.
- La falta de la accesibilidad de muchos componentes ha determinado la imposibilidad de respetar el programa de revisiones previsto en el libro técnico y, al mismo tiempo, la aparición de más defectos.
- El empleo de conductores muy rígidos del circuito de potencia, sobre todo a temperaturas bajas, con una fuerte exhalación de humo y gases tóxicos.
- La presencia de un principal interruptor automático defectuoso que ha determinado la aparición de numerosos incendios.

Como la circulación se realiza con tres unidades acopladas, es decir, con seis vagones, la aparición de un defecto en un vagón en la concepción de los cuadros actuales, puede originar la inmovilización de una unidad o del tren mismo.

La totalidad de los agregados componentes ha causado al final la superación de la tara de un vagón y, al mismo tiempo, el incremento del consumo energético.

### Conclusiones

Un nuevo sistema moderno de accionamiento del metro debe funcionar con gran fiabilidad y un defecto, que aparece en un vagón, no debe influir en el funcionamiento de los demás.

El uso del tiristor GTO para la realización de VTC facilita muchísimo su construcción, eliminando de esta manera una serie de componentes necesarios para la extinción.

El control de la regulación y de la instalación entera del vehículo con un automático programable trae unos mejoramientos en el control de encendido o apagado del tiristor con fibra óptica. La presencia del “display” con dos o tres dígitos da la posibilidad de exposición del código de errores, que mejora de manera significativa la insta-

lación de diagnóstico, es decir, que facilita el trabajo de descubrir los defectos por el conductor mismo del vehículo. Con base en un programa bien establecido, con la ayuda de un “laptop”, se puede establecer el orden cronológico de la información de entrada y salida del automático programable, exactamente en el momento de la aparición de la deficiencia o del error. Pueden también ser visualizados unos fenómenos transitorios que aparecen a lo largo del proceso de tracción.

La presencia de un “display” o de un monitor ofrece la posibilidad de exposición de información, es decir, mejora la comunicación entre el conductor del vehículo y la central de control.

La caja negra del automático puede registrar una serie de informaciones que establezca la causa de la aparición de las averías o carencias, aun cuando ha tenido lugar un accidente de tráfico o una interrupción de la fuente de energía de control.

El conocimiento permanente de los parámetros de tracción y freno con automático programable asegura la mejor protección contra el fenómeno de patinación-bloqueo.

En la selección del motor de tracción, el cálculo de la potencia debe hacerse en las condiciones dadas, idénticas con las del metro en circulación, en lo referente a la velocidad máxima necesaria, aceleración máxima impuesta al final del proceso de arranque, distancia real de entre las estaciones y tiempo real de estacionamiento.

Al tomarse en cuenta que un medio de transporte moderno debe recorrer una cierta distancia en un período de tiempo lo más corto posible, entonces la velocidad comercial también debe ser la mayor posible.

Al tener las particularidades y condiciones de circulación distintas en comparación con otros medios eléctricos de transporte, el metro no puede ser considerado una sencilla aplicación de un accionamiento eléctrico. La circulación de estos

vehículos debe ser ejecutada de una manera muy regular, sobre todo donde el número de pasajeros por hora y sentido es muy grande. Los numerosos inconvenientes y deficiencias de los cuadros de metro pueden originar a menudo los bloqueos del tráfico, la evacuación de los pasajeros en túnel y su desplazamiento a pie hasta las estaciones, los incendios o comienzos de incendios.

### Referencias bibliográficas

1. Bele, Ioan. Contribuciones con respecto a la selección y optimización de los sistemas de accionamiento eléctrico al metro. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Timisoara 1999.
2. Bele, Ioan. Bocîi, Liviu Sevastian. "Etude sur le changement du systeme d'actionnement électrique au métro en Roumanie". En *Boletín Científico de la Universidad Politécnica de Timisoara, sección Mecánica*. 2001.
3. Strainescu, I. *Variadores estáticos de tensión continua*. Edición Técnica. Bucaresti, 1983.
4. Strainescu, I. *El libro técnico del metro 239*. Vol. I y VII. Arad, 1988.
5. Strainescu, I. *El libro técnico del trolebús 415T*. Bucaresti, 1998.
6. Documentación técnica de ejecución del metro de Bucaresti.