

En servicio en París el primer tranvía con ultracondensadores

Desde el pasado mes de julio de 2009, la unidad 301 de la flota de tranvías de la línea T-3 de la Dirección Autónoma de los Transportes Parisinos (RATP) –un vehículo Citadis 402 de Alstom– presta servicio comercial equipado con un sistema de acumulación de energía a bordo con ultracondensadores.

El proyecto de aplicación de la tecnología de ultracondensadores a la explotación tranviaria tiene como objetivo fundamental el ahorro energético, mediante la reutilización de la energía que se disipa durante la fase de frenado y, en segundo término, la eliminación de la catenaria en tramos concretos de los recorridos tranviarios, como podrían ser plazas o intersecciones de calles.

Junto con Alstom y la RATP, operador autónomo del

transporte –cercañas, metro, tranvías y autobuses– de la región de París, participa el Instituto Francés de Investigación sobre los Transportes y su Seguridad (Inrets) dependiente de los ministerios de Transporte e Investigación.

La agencia francesa de medioambiente y gestión de la Energía (Ademe) supervisa el proyecto, denominado “Steem”, y la financiación corre a cargo del programa de investigación, experimentación e innovación Predit cuyos objetivos son la movilidad sostenible, el incremento de la seguridad en el transporte y la reducción del impacto medioambiental.

■ Inicios

El comienzo de la experiencia que ahora se tiene su hito en París con la explotación comercial de la unidad equipada con ultracondensadores, se inició en el segundo trimestre de 2008 en el que se realizaron ensayos abusivos sobre





Desde junio de 2009 la RATP prueba una unidad con sistema de acumulación de energía.

ultracondensadores, a los que seguirían otros en la factoría de Alstom en La Rochelle.

Allí se probó, en un banco de ensayos, el cofre de ultracondensadores que posteriormente equipó una de las veintiuna unidades Citadis 402 del parque de material rodante de la línea T-3 de la RATP, concretamente la 301. Desde el cuarto trimestre de 2008 y durante un año esa unidad fue probada en la línea de pruebas de La Rochelle y posteriormente fue autorizada a prestar servicio comercial.

Esa autorización permitió que en julio del pasado año comenzase a circular como una más en la línea pero equipada con el sistema de acumulación de energía a bordo y sólo distinguible exteriormente por un adhesivo que, además de identificar a los participantes en el proyecto, señala que el tranvía es una vehículo experimental que "optimiza la reutilización de energía producida en el frenado".

La línea

La línea T-3 de la RATP, inaugurada en diciembre de 2006, se extiende en el sur de París por una longitud de 7,9 kilómetros y con diecisiete paradas, entre Bulevar Víctor y Puerta de Ivry, por los distritos, 13, 14 y 15 de la capital francesa.

En la actualidad transporta diariamente a unas 110.00 personas, en un recorrido de veintiséis minutos de duración y con un intervalo de paso de seis minutos en horas punta.

La RATP proyecta ahora la ampliación de esa línea en otros catorce kilómetros desde Puerta de Ivry hasta Puerta de la Chapelle en el norte de la conurbación, bordeando por el este la ciudad por las puertas de Charenton, Vincennes, Bagnolet, Lilas, Pantin y La Villette.

Interior de la unidad 301.



El vehículo

La unidad 301 es un tranvía convencional de la plataforma Citadis de Alstom, concretamente del modelo 402, de cuarenta metros de longitud, de 2,65 de anchura, bicabina y con piso bajo en toda su superficie, que es capaz para 302 viajeros.

En ella se ha instalado, sobre el techo, un cofre de ultracondensadores de 1.340 kilos de peso y dimensiones de 2,3, 1,6 y 0,59 metros que contiene 48 módulos de ultracondensadores, en seis ramas en paralelo, cada una de ellas con ocho módulos en serie, compuestos a su vez por veinte celdas de 2,5 voltios conectadas también en serie.

El equipo ofrece 1,62 kW/h y un tiempo de recarga de quince segundos.

La instalación del sistema de almacenamiento de energía ha supuesto la eliminación de una de los equipos de freno reostático y una mínima reubicación de los equipos situados sobre el techo de la unidad cuyo único efecto visible son los 281 milímetros más de altura a los que se sitúa el pantógrafo que ha recibido bajo él uno de los equipos reubicados.

En la cabina de conducción sólo se detectan nuevos indicadores en la botonera – los de alimentación por ultracondensadores, alimentación por catenaria y carga forzada de los ultracondensadores- y unos nuevos conmutadores de usos de la recuperación de energía y del cambio de modo con o sin catenaria.

En la pantalla, los conductores que ha debido realizar un curso breve de formación sobre el vehículos y su sistema, reciben información sobre el modo de alimentación en el que está el vehículo y el estado de carga de los ultracondensadores y de su disyuntor.

En la zona de viajeros la única modificación, imperceptible para los usuarios, está tras una de las trampillas que sobre a las puertas y ventanas del vehículo da acceso a los equipos, y se trata de un registrador de 250 variables clave en la evaluación del comportamiento del tranvía experimental.

En el exterior el adhesivo que identifica los participantes en el proyecto y sus objetivos y para los que levanten la vista, el pantógrafo plegado en el tramo en el que se realiza el ensayo de la alimentación con los ultracondensadores.

La ampliación supondrá servir a 170.000 habitantes situados a menos de cuatrocientos metros de las veinticinco nuevas paradas proyectadas y la conexión con quince líneas de metro y RER, diecinueve de cercanías y veintiocho de autobuses.

En la cabina el cambio sólo se aprecia en nuevos indicadores en la botonera.

Resultados de la prueba

El ensayo del sistema, que se prolongará durante un año, consiste en la circulación en servicio comercial normal en un tramo entre dos estaciones, Puerta de Italie y Puerta de Choisy que se encuentran a una distancia de trescientos metros con perfil plano.

Las pruebas se desarrollan desde el 3 de julio pasado, en modo manual y automático y





El tranvía que equipa el sistema de acumulación de energía es una unidad de serie, igual al resto del parque.

con una carga aproximada de seis pasajeros por metro cuadrado, que suponen unas noventa toneladas de peso total, y con una velocidad máxima de circulación de 30 kilómetros por hora.

Así se estiman la energía de frenado recuperada y el funcionamiento de la carga rápida y el comportamiento y la

gestión de los ultracondensadores. Las mejoras observadas en la recuperación de la energía de frenado se mueven en una banda entre el 20 y el 24 por ciento respecto a una unidad con alimentación convencional.

La recuperación de energía obtenida media en dos tranvías consecutivos, uno de ellos el equipado con ultracondensadores, lo es en función de la capacidad de la red para absorber la energía generada en el frenado, en la caso del vehículo de alimentación conven-

cional y del equipo de almacenamiento en el experimental, y en ambos del modo de conducción del maquinista y de los avatares de la circulación como la ralentización por la regulación del tráfico o las paradas obligadas por los cruces.

En el tramo en el que el vehículo circula sin alimentación desde la catenaria, tanto en los trayectos de ida como de vuelta, parte con los ultracondensadores a nivel máximo de carga y llega al final con una energía media remanente entre el 36 y el 40 por ciento de la capacidad total, con una banda de oscilación aproximada, en función del recorrido en uno u otro sentido, que se mueve entre el 32 y el 41 por ciento.

Esa energía remanente, siempre superior al 35 por ciento, permitirá afrontar contingencias como la marcha lenta por la regulación del tráfico, el propio tráfico de automóviles atascado o paradas no previstas y el posterior arranque.

De la experiencia, Alstom





Un adhesivo en el exterior identifica el tranvía sin catenaria.

deduce que tramos superiores a los trescientos metros sin catenaria pondrían en riesgo la posibilidad de acabar el trayecto en condiciones normales de servicio. En ese sentido sería también necesario definir las prestaciones exigibles en modos degradados ante bloqueos o necesidad de socorro.

Sobre las prestaciones del sistema de alimentación autónoma con ultracondensadores, influyen de modo determinante las pendientes del trazado, las potencias de los auxiliares del

vehículo, su propia tara y carga, y las paradas intempestivas que agotan con varios arranques la energía acumulada.

Asimismo, el propio equipo embarcado supone un 3,5 por ciento del peso del vehículo, lo que exige un refuerzo de la estructura de la caja y una exigencia mayor de energía en la operación por el hecho de transportarlo, en torno a un 4 por ciento.

La recarga desde catenaria de los ultracondensadores en estaciones exige un tiempo de parada mínimo de unos cincuenta segundos en las que se incluyen la subida y la bajada del pantógrafo. Asimismo, el propio equipo

Por último quedan por valorar factores como el comportamiento de los equipos ante las altas temperaturas o las vibraciones, su fiabilidad, los costes de mantenimiento, la vida útil de los equipos. ■

ÁNGEL RODRÍGUEZ

La Unidad 301 es una más en el parque de la línea 3.

