

supone de gran importancia para el buen funcionamiento, conservación y *standpoint* del material.

La cámara ó cabina consiste en dos compartimientos que se extienden á lo largo de la locomotora. Cada sección es de 15,85 metros de largo, aproximadamente, y el techo de la *cabina* está á unos 4,25 metros por cima de los carriles, con exclusión de las linternas de ventilación. Las bases del trole están 5 pies por cima del techo, debido á la altura excepcional del alambre de toma que va situado á una elevación máxima de 25 pies (7,60 metros) por cima del carril.

La parte exterior de cada *cabina* llevará un compartimiento para el mecánico, y el resto será ocupado por el equipo eléctrico, de regulación y maniobra, tren de calefacción, aparatos de frenos de vacío, etc.

Los ocho motores para toda la locomotora serán del tipo GE-253-A. Estos motores tienen una potencia normal, durante una hora, de 430 HP., y con marcha continua, 375 HP. Los ocho motores darán á la locomotora por una hora, 3.440 HP., y en marcha continua 3.000 HP., lo cual constituye una potencia superior á la de cualquier locomotora eléctrica ó de vapor construida hasta la fecha. El esfuerzo tractor de arranque se valúa en 120.000 libras, con el 30 por 100 de coeficiente de adherencia.

Cada motor tendrá doble juego de transmisión en su eje motor, de la misma manera que el ferrocarril de Butte, Anaconda y Pacific, el de Detroit, Rivert Tunnel y el de Baltimore y Ohio. Un piñón va montado en cada extremo del eje de la armadura. El motor es de polos de conmutación y tiene aberturas para la ventilación forzada producida por un ventilador mecánico alojado en la cabina.

Las locomotoras de mercancías están proyectadas para mover 2.500 toneladas de tracción total en todas las pendientes, hasta el 1 por 100, á una velocidad aproximada de 16 millas por hora, y esta misma carga de arrastre total podrá llevarse con pendientes del 1,66 al 2 por 100 en ambas vertientes, oriental y occidental, de las montañas rocosas, con la ayuda de una nueva locomotora igual, ó sea con doble tracción, actuando esta última en cola.

Reserva de tractores se han hecho en Donald, cúspide del trayecto, para que sea posible á la locomotora de cola ser acoplada en cabeza y permitir el frenado eléctrico en las pendientes de descenso. En tal caso, el tren en total marchará en compresión y tirando hacia atrás las dos locomotoras en cabeza y el frenado total de ambas locomotoras bajo la regulación del mecánico que va en la cabina de la locomotora delantera. Se supone que el frenado eléctrico resultará muy aprovechable en esta zona montañosa, porque á más de proporcionar gran seguridad en la maniobra de descenso en las pendientes, proporcionará también una cantidad considerable de energía á las subestaciones y sistema de transmisión, que podrá utilizarse por otros trenes que exijan consumo de energía. En este sentido, las locomotoras eléctricas tendrán también frenado eléctrico suficiente para dominar el descenso del tren entero en las pendientes, reservando el freno de aire, del cual van también provistas, para usarlo exclusivamente en casos excepcionales y en las paradas.

Hay, por tanto, sistema doble de frenado para las pendientes, lo cual repercutirá en la mayor seguridad conseguida en la operación y en la eliminación de una gran parte de averías en las ruedas y juegos tractores y recalentamientos, con la consiguiente reducción en la conservación y entretenimiento de la explotación.

Con el complemento de los dos sectores ó divisiones que quedarán, se supone obtener ventajas por la posibilidad alcanzada con la introducción de la locomotora eléctrica, de sustituir los

cuatro sectores antiguos de unidades de vapor por dos divisiones eléctricas de 3.630 metros cada una, reformando los servicios de las divisiones actuales. Como las locomotoras eléctricas sólo necesitan inspección después de rodar, aproximadamente, 330 kilómetros, no requieren paradas para toma de agua ó carbón, ni fosos para cenizas, limpieza de calderas y pequeñas reparaciones de taller, se confía que la más grande flexibilidad de la locomotora así dispuesta, producirá un cambio considerable en los métodos de la conducción de trenes limitados al presente por las restricciones de las máquinas de vapor.

En conclusión: creemos que la British Thomson Houston C.º, encargada en América de cumplir los compromisos especificados, saldrá airosa de su cometido.

(*The Electrical Review*, traducido por *La Energía eléctrica*)

Alumbrado eléctrico de los coches de ferrocarril

POR

MAURICE D'ASTE

El autor establece las condiciones generales de funcionamiento de una dotación de alumbrado eléctrico é indica el modo de determinar las potencias y capacidad máxima de las dinamos y acumuladores necesarios para un servicio dado.

El Ministerio de Trabajos públicos en una circular exige á las Compañías de ferrocarriles la realización de un cierto número de mejoras que se refieren especialmente al reemplazo del alumbrado por gas, y á la calefacción de carbón por otros procedimientos menos peligrosos. La circular de 27 de Noviembre de 1913 había ya indicado los peligros que la introducción en los trenes de materias inflamables ó en combustión presenta, é invitaba á las Compañías á no adoptar en adelante el alumbrado por gas en los nuevos coches destinados á los trenes de marcha rápida (excepción hecha de los coches empleados en ciertos servicios internacionales), así como á empezar la supresión progresiva de este método de alumbrado en los coches ya afectos á dichos trenes.

La aplicación de estas reglas generales va á ser, pues, la causa de que adquiera en Francia un desarrollo considerable el alumbrado eléctrico de los coches de los ferrocarriles, teniendo en cuenta que la red francesa comprende unos 10.000 coches de grandes líneas.

Si á imitación de la Compañía de Orleans, el empleo de la electricidad se extiende al alumbrado de los coches de las redes de arrabales y de líneas secundarias, el número total de vehículos que serán dotados de este alumbrado ascenderá, aproximadamente, á 20.000.

Resulta, pues, particularmente interesante precisar las condiciones que deben llenar las dotaciones generadoras del alumbrado, teniendo en cuenta las sujeciones numerosas que impone, en el caso general, un servicio de ferrocarril.

Observemos primeramente que en la mayoría de las redes francesas y extranjeras los coches de viajeros no tienen recorridos definidos siempre análogos á los establecidos, por ejemplo, á las locomotoras, y no es raro ver un vehículo que recorre durante una semana el trayecto París-Marsella y viceversa, circular á continuación por una línea secundaria durante varios días.

Una de las características de la explotación de los ferrocarriles europeos, á excepción de ciertas redes inglesas, es, pues, una carencia casi absoluta de especialización de los coches á un servicio determinado.

Sin embargo, existen numerosas excepciones á esta regla y en todas las redes; especialmente en los servicios de arrabales se emplean un cierto número de coches que constituyen trenes indeformables, de rodaduras rígidas. Es, pues, de la mayor importancia, para el éxito de una aplicación extensa, que la elección del sistema de alumbrado no restrinja de modo alguno la independencia que en los servicios de explotación se acostumbra á dar á los coches, y por esta razón es por lo que en casi todas las redes europeas se han empleado las dotaciones de alumbrado llamadas *individuales*, que consisten en que cada coche vaya provisto de una dinamo generadora y de una batería de acumuladores. Las dotaciones de alumbrado llamadas *colectivas*, con las que con menores gastos se puede asegurar el alumbrado de un cierto número de coches uniéndolos solamente uno ó dos de ellos con aparatos generadores de electricidad, solamente se han hecho aplicaciones muy restringidas.

Sentado este principio, es fácil ver que para que una dotación pueda funcionar con regularidad en la práctica durante algunas semanas ó aun durante algunos meses sin cuidados especiales, es preciso que sus aparatos generadores de electricidad estén reglados de modo que, considerando cada recorrido de tren como un «ciclo de funcionamiento», el conjunto de la instalación se halle *en el mismo estado tanto al principio como al fin de cada ciclo*. Esta condición fundamental, tanto desde el punto de vista de la capacidad de las diferentes partes de la dotación, como desde el del rendimiento global del sistema, lleva consigo consecuencias muy importantes; para poder examinarlas con conocimiento de causa, recordemos primeramente cuál es la constitución de una instalación de alumbrado en cada ciclo de funcionamiento.

Constitución de una instalación de alumbrado eléctrico de coches.

La dotación de alumbrado eléctrico de tren, comprende esencialmente:

1.º, una dinamo generadora; 2.º, una batería de acumuladores, y 3.º, los aparatos de regulación y de seguridad.

La dinamo está construída para una tensión relativamente débil, 24-36-50 ú 80 voltios; debe poderse producir con ella energía eléctrica á tensión variable de tal modo, que sea cual fuere la velocidad del tren (comprendida entre 25 y 125 kilómetros por hora), puedan asegurarse automáticamente, y sin entorpecimiento, los distintos servicios siguientes:

1.º *En circuito de alumbrado cerrado* (lámparas encendidas), suministrar con voltaje constante en el circuito de las lámparas, cargando simultáneamente la batería.

2.º *En circuito de alumbrado cerrado* (lámparas encendidas), suministrar con voltaje constante en las lámparas, quedando al mismo tiempo en equilibrio de tensión con la batería de acumuladores, cuando está completamente cargada, sin recibir ni suministrar corriente alguna.

3.º *En circuito de alumbrado abierto* (lámparas apagadas), cargar de lleno la batería de acumuladores á voltaje variable.

4.º *En circuito de alumbrado abierto* (lámparas apagadas), conservarse en equilibrio de tensión con la batería de acumuladores, cuando ésta está completamente cargada, sin recibir ni suministrar corriente alguna.

Este conjunto de condiciones es muy difícil de llenar, y muy

pocos sistemas de alumbrado eléctrico de trenes son susceptibles de reunir las condiciones exigidas en este programa.

Los aparatos con reguladores complejos como los de los sistemas Bliss, Gould, Brown-Boveri, Leitner Lucas, Vickers, etc., son los únicos que poseen una regulación automática casi completa; otros sistemas de construcción ya antigua, como el Stone, el Rosenberg, el Dick, etc., permiten también obtener un funcionamiento regular y bastante satisfactorio, pero en perjuicio bien del rendimiento ó bien de la duración de las lámparas ó de las placas de acumuladores.

Cualquiera que sean por lo demás la naturaleza y la perfección de los aparatos de regulación, un sistema de alumbrado sólo podrá funcionar en condiciones satisfactorias cuando, si en virtud del principio antes indicado y estableciendo la identidad del estado final y del estado inicial en cada ciclo de funcionamiento, la dinamo generadora y los acumuladores tienen la suficiente fuerza para llenar las exigencias del servicio en los casos más desfavorables, que son los que corresponden al alumbrado de trenes de pequeña velocidad, con frecuentes paradas, y cuya duración de alumbrado se prolonga antes de la salida y después de la llegada.

Vamos á determinar primeramente la potencia de estas pequeñas centrales ambulantes, que constituyen las dotaciones de alumbrado de trenes, en función de la potencia útil de alumbrado y de lo que daremos el nombre de los coeficientes de recorrido ó de suministro.

Estos coeficientes desempeñan un papel análogo al de los factores de carga en la determinación de la potencia de las redes de distribución.

Estudio de los recorridos de los coches.—Coeficientes de recorrido.

Para cada recorrido de tren se pueden determinar tres duraciones, t , t' , T que corresponden, respectivamente: t , á la duración total de alumbrado; t' , el tiempo en que el alumbrado está únicamente asegurado por los acumuladores, y T , á la duración total de marcha del vehículo considerado.

Estas cantidades varían de un recorrido á otro y dentro de un mismo recorrido, según la estación del año.

Los valores más interesantes de estas variables son los calculados para la estación de invierno, porque corresponden á las más desfavorables condiciones de marcha.

Llamemos j al suministro instantáneo de la dinamo, é i , á la corriente absorbida por los aparatos de alumbrado.

En cada ciclo de funcionamiento, los acumuladores deberán recibir una cantidad de electricidad igual á la que habrán suministrado it' , aumentada con las pérdidas interiores y exteriores correspondientes, con el fin de encontrarse al final del ciclo en el mismo estado que al principio. La práctica demuestra que aunque el rendimiento en capacidad de los acumuladores sea del orden del 90 por 100 para los elementos nuevos, cabe admitir en los acumuladores una pérdida media de capacidad, en globo, aproximadamente, de un 20 por 100. Siendo en total la cantidad de electricidad suministrada por la dinamo $\int_0^T j dt$, entre las cantidades de electricidad producida y consumida debe existir la relación siguiente:

$$\int_0^T j dt = it + 0,2 it'.$$

Esta relación expresa simplemente el principio de la conservación de electricidad; dividiendo sus dos miembros por la cantidad Ti , obtenemos

$$\frac{\int_0^T j dt}{Ti} = k = \frac{t + 0,2 t'}{T}.$$

A esta relación k , que es característica del recorrido considerado, es la que llamamos coeficiente de consumo del recorrido.

Los cálculos y la práctica directa demuestran que en los trenes de gran línea este coeficiente varía de 0,3 á 1,5 y que su valor medio es, aproximadamente, de 0,9.

En los trenes de arrabales y de líneas secundarias en que las paradas son, bien relativamente poco frecuentes y de larga duración ó bien más frecuentes y de corta duración, este coeficiente varía entre 0,3 y 3,6.

En los trenes de arrabales estos coeficientes están comprendidos entre 0,3 y 3,6 y su valor medio es, aproximadamente, de 1,15.

Se ve, pues, que cuando una instalación de alumbrado de tren haya de ser montada en coches afectos, exclusivamente, al servicio de grandes líneas, será necesario que sus dimensiones sean tales que su corriente media sea igual á vez y media la corriente de alumbrado. Por el contrario, cuando esta instalación tenga que ser montada en coches sin especialidad y que puedan circular en cualquier tren, será necesario darle dimensiones capaces para que pueda suministrar una corriente igual á tres veces y media la corriente de alumbrado.

Para aquellos coches en que la potencia absorbida por el alumbrado es, aproximadamente, 600 vatios (50 voltios y 12 amperios), será, pues, preciso tener dinamos que puedan producir por término medio $12 \times 3,50 = 42$ amperios. Así es que para los sistemas de regulación automática en que la tensión de la dinamo es relativamente poco variable (10 á 15 por 100), la potencia de las dinamos que corresponden á una potencia de alumbrado de 600 vatios, aproximadamente, deberá ser alrededor de 2,5 kilovatios.

Llegamos, pues, á la siguiente conclusión, que para un servicio sin especialidad designada, la pequeña central ambulante, como las estaciones generadoras de las grandes redes de distribución, debe tener una potencia igual á tres ó cuatro veces la potencia útil media.

Capacidad de los acumuladores.

Acabamos de ver que la dinamo debe poder suministrar á voltaje variable una corriente k veces mayor que la corriente de alumbrado, y que esta corriente media debe poder efectuar la carga de los acumuladores sin deteriorarlos; en esta forma encontramos, pues, una primera condición para determinar la capacidad de los elementos. Debiendo estar la corriente media de carga comprendida entre el tercio y la mitad de la capacidad horaria, será preciso que esta capacidad unihoraria sea por lo menos igual á $2 ki$. En el caso particular en que nos hemos colocado precedentemente que corresponde á una corriente de alumbrado de 12 amperios, aproximadamente, la capacidad unihoraria de cada elemento deberá ser, pues, para $k = 3,50$:

$$2 \times 3,5 \times 12 = 84 \text{ amperios-hora en una hora.}$$

El autor presenta una curva que da en función de la duración de descarga la variación de la capacidad de una batería de acumuladores de alumbrado de tren, así como el voltaje mínimo de fin de descarga, que permite hallar las capacidades de las baterías en diferentes sistemas.

Se halla en esta forma:

$$\frac{84 \text{ A-H}}{0,65} = 130 \text{ A-H en 3 horas y } \frac{84}{0,75} = 185 \text{ A-H en 10 horas.}$$

Reserva de energía acumulada en las baterías.

La condición que acabamos de indicar exige, pues, la instalación de una batería de capacidad aproximada de 5 ki en diez horas. La acumulación de energía correspondiente es suficiente para asegurar el alumbrado del coche durante unas quince horas, esto supuesto que la batería esté cargada de lleno; pero es preciso tener en cuenta que en caso de accidente en una instalación raramente puede contarse con una batería completamente cargada, y en la práctica puede calcularse una reserva de un 50 por 100 aproximado de su valor teórico, ó sea unas siete á ocho horas de alumbrado.

El alumbrado eléctrico de los trenes cuando está racionalmente instalado, aun con dinamo generadora, exige, pues, el empleo de una batería cuya capacidad sea de bastante importancia, lo que desde el punto de vista del alumbrado representa una reserva completamente análoga á la admitida en los depósitos de los coches alumbrados por gas.

En estos últimos coches, como es sabido, se instala en general depósitos de una capacidad total de 1.200 litros de gas, aproximadamente á la presión de 10 ó 15 kilogramos, ó sea como mínimo para alimentar por término medio nueve ó diez luces, consumiendo cada una 40 litros por hora (intensidad luminosa 25 á 30 bujías), 12.000 litros de gas á la presión atmosférica. La duración de alumbrado teórico correspondiente es, pues,

$$\frac{12.000}{40 \times 10} = 30 \text{ horas aproximadamente.}$$

Ahora bien, en el caso del alumbrado por gas es cierto que en caso de accidente en marcha la reserva está reducida considerablemente por el hecho del consumo en servicio normal, y en la práctica sólo se puede contar con un reserva de una quincena de horas, completamente análoga á la obtenida con la electricidad.

Resulta, pues, lógico preguntar si será de gran utilidad prever, en las instalaciones de alumbrado eléctrico de los coches, el empleo de aparatos de socorro, bujías ó linternas de aceite, con objeto de suplir la luz eléctrica cuando ésta falte, aunque esto no se haga en el caso de luces de gas. Este lujo de precauciones que justificaban las frecuentes irregularidades de funcionamiento de las primeras instalaciones de alumbrado eléctrico, actualmente pueden considerarse como superfluas dado las instalaciones automáticas modernas que permiten á la dinamo ó á la batería asegurar aisladamente el servicio cuando se avería alguna de las dos partes de la instalación.

H.

