

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

LOS FERROCARRILES ELÉCTRICOS

(CONCLUSIÓN)

Veamos ahora las repercusiones de la elevación del voltaje sobre la construcción de los motores, manejo de las locomotoras, toma de corriente y subestaciones de transformación.

1.° *Motores.*—En lo que se refiere á los motores, las dificultades son de poca importancia. Para los grandes motores es más complicado un aumento en la intensidad de la corriente bajo 600 voltios que un aumento del voltaje. Por ejemplo, los grandes motores bipolares del *New York Central* hubiese sido más sencillo establecerlos á 1.200 voltios que á 600; la reducción posible de la anchura del colector hubiese compensado con exceso la placa suplementaria de aislador más fuerte, y el rendimiento hubiese aumentado por consecuencia de menores pérdidas en las escobillas. Para los motores de gran potencia la elevación de la tensión á 1.500 voltios sería más bien una ventaja que un inconveniente, y no habría apenas dificultades.

Para los motores de potencia menor (movidos por engranajes) el empleo de polos de conmutación suprime radicalmente las dificultades debidas á la conmutación, permitiendo admitir sin inconveniente un voltaje por lámina más elevado, y, por consecuencia, mucho mayor voltaje total. Para potencias superiores á 150 HP, el empleo de motores con polos complementarios para tensiones hasta de 1.500 voltios puede hacerse sin mayores dificultades que las de los motores ordinarios á 600 voltios. Para motores cuya potencia sea inferior á 150 HP, las dificultades son mayores; pero no es probable que la tracción eléctrica conduzca jamás á emplear motores de tan pequeña potencia.

Además, la regularización de los inductores siendo posible empleando polos de conmutación y cuyo interés es tan considerable, será más fácil á 1.500 voltios que á 600, pues á 600 voltios resulta una inestabilidad á menudo inaceptable para la excitación y el régimen de los motores. Esta dificultad práctica es mucho menor bajo 1.500 voltios y la regularización de los inductores es mucho más fácil.

En resumen: se puede decir que la constitución de motores á 1.500 voltios está actualmente resuelta para todas las potencias que puedan lógicamente emplearse en la trac-

ción. Para motores de cuatro polos de potencia inferior á 250 HP, esta constitución exigirá el empleo de polos de conmutación; pero para los grandes motores de 400 á 500 HP, estos polos no son necesarios.

2.° *Equipo de la locomotora.*—La toma de corriente se hace más fácilmente á alta tensión que á 600 voltios, porque las intensidades son menores. En cuanto á los aparatos auxiliares empleados pueden funcionar perfectamente á 1.500 voltios. Sólo conviene observar que no debe emplearse directamente la alta tensión para alimentar los circuitos auxiliares; es preciso valerse para esto de baja tensión, con la ayuda de una pequeña batería ó de un pequeño grupo motor generador. Esta alimentación á baja tensión de los circuitos auxiliares constituye una de las principales dificultades á resolver y uno de los puntos más delicados de la cuestión.

Otras precauciones particulares deben tomarse para la instalación de cables, aislamiento de las diversas resistencias y otros aparatos; pero esto no son más que detalles que no ofrecen dificultad alguna.

En definitiva: la constitución de motores de corriente continua destinados á funcionar á 1.500 voltios no presenta dificultad alguna, y es probable que cuando los estudios se dirijan á este punto se reconocerá la posibilidad de ir más allá.

3.° *Aparatos de alimentación.*—El establecimiento de dinamos generatrices á las tensiones consideradas no es una dificultad; desde hace mucho tiempo funcionan numerosas máquinas de corriente continua á 2.500 voltios, principalmente las máquinas empleadas en los transportes de fuerza á corriente continua sistema «Thury»; éstas están funcionando en París en una fábrica generatriz y en la subestación del sector Edison.

Para las conmutatrices el número de polos se fija por la frecuencia, lo que puede dar lugar á dificultades para la constitución de las máquinas á alto voltaje.

Sin embargo, para la frecuencia de 25 períodos estas dificultades no existen apenas, hasta voltajes de 1.200 voltios, y á voltajes más elevados queda siempre la facultad de acoplar dos inducidos en serie, como prácticamente se está haciendo en América, para instalaciones de corriente continua á alta tensión.

4.° *Manejo de las locomotoras.*—En lo que se refiere al manejo de las locomotoras la elevación de tensión lleva

consigo precauciones para garantizar la vida del hombre; los aparatos deben estar cuidadosamente protegidos de contactos accidentales, y los que efectúan la interrupción del circuito deben estar provistos de pantallas protectoras que imposibiliten el contacto de la mano con el circuito.

En la mayor parte de los casos la disminución de intensidades como consecuencia de la elevación de voltaje compensará, bajo el punto de vista de los gastos de establecimiento, las precauciones que es preciso tomar para garantizar el aislamiento.

5.º *Toma de corriente.*— Con la corriente continua pueden emplearse los diferentes sistemas de alimentación (trole, tercer carril, contactos superficiales, etc., etc.).

Con las líneas de trole no se tiene limitación alguna por el aumento de voltaje, puesto que pueden funcionar perfectamente con corriente alterna hasta á 11.000 voltios. Pero no debe llegarse á esta tensión con objeto de evitar intensidades exageradas que exigen conductores demasiado gruesos. Se limita generalmente para las líneas con trole á la intensidad máxima de 500 amperios, que para tensiones de 1.500 voltios corresponde á potencia de 800 HP. Esta potencia es suficiente para la mayoría de las aplicaciones de los ferrocarriles.

El empleo del tercer carril es muy ventajoso para grandes velocidades, pero se presta mal al empleo de voltajes elevados.

La *Wert Shore Line*, de los Estados Unidos, ha adoptado una nueva disposición que está dando grandes resultados; el contacto se hace en esta instalación, no por la parte superior, sino por la inferior del tercer carril, lo cual permite proteger completamente el carril de contactos intempestivos y aumentar su altura con relación á la vía.

Esta disposición disminuye mucho los inconvenientes del empleo de un voltaje elevado.

En efecto; bajo el punto de vista del aislamiento, el éxito depende más bien de las cualidades mecánicas de los soportes aisladores que de una elevación relativamente poco importante del voltaje; bajo el punto de vista de la seguridad, un carril por completo protegido como el de la *Wert Shore Line*, ofrecerá menos peligros, aun con un voltaje elevado, que un carril no protegido á 800 voltios ó una línea de trole á 6.000 voltios.

Una línea de este mismo tipo funciona satisfactoriamente en California bajo una tensión de 1.200 voltios.

Es, por otra parte, posible en el caso en que la seguridad fuese un factor particularmente importante, como, por ejemplo, en ciertos túneles, ciertas estaciones, etc., etc., idear disposiciones por las cuales la corriente no circula en las secciones correspondientes más que durante el paso de los trenes, y es suprimida inmediatamente después.

También pueden adoptarse disposiciones mixtas de trole de tercer carril, reservándose éste para las vías principales de las grandes líneas recorridas por trenes á gran velocidad, y el trole para las vías secundarias, vías de las estaciones, vías á los depósitos, almacenes, etc., etc.

En resumen: teniendo en cuenta el estado actual de las locomotoras eléctricas, puede deducirse que ninguna dificultad importante se opone al empleo de corriente continua á 1.500 voltios.

El empleo de voltajes más elevados parece ha de ser más difícil: tendríamos entonces que renunciar al empleo del tercer carril y no habría más remedio que adoptar líneas de trole tratándose de un voltaje mucho más elevado.

La utilización de voltajes superiores á 2.500 voltios no es imposible, pero sí es muy difícil con los tipos actuales de aparatos, y había necesidad de resolver dificultades prácticas muy delicadas.

Por estas razones, creemos preferible por el momento limitarse á estudiar la parte que puede sacarse del empleo de corriente continua bajo la tensión de 1.500 voltios. Esta parte es ya muy grande y responde á casi todas las necesidades actuales.

Con este voltaje la distancia de los puntos de alimentación de la línea puede ser cuatro ó cinco veces más considerable que con un voltaje de 600 voltios, y puede variar de 8 á 10 kilómetros hasta 40.

La adopción de estas distancias permite reducir notablemente los gastos de subestaciones y reducir los gastos por kilómetro á un valor pequeño con relación á los gastos de material rodante, á las líneas de toma de corriente y á la fábrica generatriz.

Si comparamos el sistema de corriente continua á alta tensión con el sistema monofásico, se encontrará en la mayoría de los casos que la economía realizada sobre el material rodante permite compensar, en parte, el aumento de gastos ocasionados por el establecimiento de subestaciones de transformación.

Dadas las grandes ventajas del sistema de corriente continua para los ferrocarriles eléctricos, ha de tener este sistema, por lo menos, un éxito comparable al del sistema monofásico y tal vez mayor.

LOS PUERTOS DE HAMBURGO, AMBERES

Y VARIOS OTROS DE EUROPA

POR EL INGENIERO GUIDO JACOBACCI

(CONTINUACIÓN)

PUERTO DE AMBERES

El terreno reservado para almacenaje y elaboración de los petróleos tiene una superficie de 30 hectáreas y ha sido subdividido en seis zonas de 40 á 50 metros de ancho, destinadas á arrendarse para ubicar en ellas los depósitos. Entre una y otra zona corren alternadas vías férreas y caminos carreteros, así que cada concesión está servida á uno ú otro costado por ambos modos de transporte. Las vías férreas tienen un desarrollo de 10 kilómetros y están ligadas con la cercana estación de Kiel.

La superficie de las zonas es de 17,4 hectáreas. A fines de 1905 quedaban por arrendar sólo 3 hectáreas, y éstas también fueron colocadas ó comprometidas durante el año 1906. La mayor parte de esas concesiones está ya ocupada por tanques y otros edificios, muchos de los cuales fueron transportados allí desde las antiguas instalaciones del dique América. En la construcción de los tanques no se siguió el sistema antes adoptado de circundarlos de paredes de hierro ondulado; sino que, para asegurar mejor la contención del petróleo en caso de rotura del tanque y para facilitar la salida de personas en caso de accidentes, se rodearon de pequeños diques de tierra de 3 metros de alto y de 0,50 de ancho en la parte superior. Para la salida de los petróleos