

Presente y futuro de la industria ferroviaria en Bélgica

por J. Rigaux

1. INTRODUCCION

Situada entre Holanda, Francia y Alemania, Bélgica, cuya superficie apenas sobrepasa los 30.000 Km², tiene una población de 9.700.000 habitantes. Si se traza, con Bruselas como centro, un círculo de 300 Km de radio, se cubre una superficie de casi 300.000 Km²; en esta área se reúnen, el Norte de Francia, París incluido, Holanda, Luxemburgo, una fracción de la Alemania occidental con la región industrial del Ruhr comprendida y el sureste de Inglaterra, Londres incluido, es decir cerca de 70.000.000 habitantes.

Esta superficie representa una de las concentraciones urbanas e industriales de la más importantes del mundo.

De esta posición geográfica deriva la necesidad, para la red ferroviaria belga, de satisfacer no sólo un tráfico interior intenso, sino también un tráfico en tránsito tanto de viajeros como de mercancías.

La red de la Sociedad Nacional de Ferrocarriles Belgas tiene las características siguientes:

1. *Material rodante:*

Locomotoras Diesel: unidades:	875:	} 480 de línea 395 de maniobras
Locomotoras eléctricas:	208	
Automotrices eléctricas:	352	(ramales dobles)
Autovías:	94	
Coches:	2.587	
Vagones:	43.367	
« Containers », unidades:	6.000	

2. *Capacidad de transporte:*

Kilómetros de línea: { 1125 km electrificada
3137 km no electrificada

M.T.K.V. = 8.238 (millones)

M.T.K.M. = 7.416 (millones TKM)

Personal empleado: 55.378

Las líneas electrificadas representan 63 % del tráfico de viajeros y 39 % del tráfico de mercancías.

Esta posición geográfica, unida a la fuerte densidad de población y a una industrialización originada en el siglo XIX, ha dado un rápido desarrollo a la red ferroviaria (la primera línea del continente europeo fue abierta en Bélgica en 1835 y fué en Bélgica, a Cockerill, donde se construyó la primera locomotora de vapor; se ha implantado una industria de material ferroviario que se extendió por el mundo entero.

El objeto de esta conferencia es de sintetizar las realizaciones actuales y los desarrollos futuros de la industria belga en el sector ferroviario tanto en material rodante como en instalaciones fijas.

2. MATERIAL DE TRACCION

2.1. Locomotoras Diesel-Eléctricas

Si, después de la segunda guerra mundial, al principio de la « Dieselización » Bélgica, como otros países, tuvo que tomar licencias americanas para cubrir el retraso resultante de los años de guerra, actualmente puede construir locomotoras Diesel-Eléctricas de 1000 a 4000 ch. de concepción enteramente nacional tanto en lo que concierne la parte mecánica y térmica que la eléctrica.

Después de haber construido locomotoras de 1400 ch. del tipo BB y de 2000 ch. del tipo CC, de las cuales una cierta cantidad fue exportada para Argentina y para Africa, la industria belga en colaboración con la S.N.C.B. transforma una locomotora de 2000 ch y la equipa de una nueva transmisión Diesel eléctrica de 4000 ch.

El motor Diesel de la firma Cockerill tiene las características siguientes :

Tipo del motor:	V 16 TR 240 C-0
Número de cilindros:	16 cilindros en V
diámetro:	241 mm
carrera:	305 mm
velocidad de rotación:	1000 r.p.m.
potencia máxima:	4000 ch.
presión media efectiva:	16,4 Kg/cm ² a 4000 ch.
Peso:	18 t.

El mismo motor se utiliza en 6 cilindros en línea a 1500 ch, en 8 cilindros en línea a 2000 ch. y en 12 cilindros en V a 3000 ch.

La transmisión eléctrica de concepción ACEC se compone de un alternador, acoplado directamente al motor diesel, que tiene las características siguientes :

tensión máxima:	1100 V.
corriente máxima:	4500 A.
potencia máxima:	2500 KW.

En la misma carcasa un alternador auxiliar produce corriente para la calefacción de los trenes de viajeros.

La puesta en marcha del grupo Diesel-alternador se efectúa con un « excistarter » que produce a la vez la corriente de excitación del alternador, la corriente para los auxiliares y la carga de la batería, y que es capaz de lanzar al grupo.

La corriente alterna está rectificada en baterías de células de silicio.

Los aparatos de control comprenden amplificadores magnéticos y una calculadora analógica a circuito imprimido, análoga a la que existe en las locomotoras en servicio y que regulariza la velocidad de rotación del motor, la inyección de las bombas, la característica tensión-corriente producida por el alternador, para adaptar automáticamente el esfuerzo de tracción a la velocidad del tren en función de diferentes parámetros. Este sistema de regulación permite rodar con velocidad prefijada, es decir, de mantener constante la velocidad máxima del convoy, con independencia del perfil de la línea.

El equipo está previsto para realizar un día el manejo automático de la locomotora cuando se instalen los circuitos de vía apropiados.

Características de la locomotora

Velocidad máxima:	140 Km/h
Velocidad continua:	30,6 Km.h
Esfuerzo continuo:	27,5 t.
Esfuerzo de arranque:	36 t.

Los motores de tracción a corriente continua son de un tipo especial que tienen las características siguientes:

potencia continua:	370 KW
tensión en régimen continuo:	640 V
corriente en régimen continuo:	580 A.
Velocidad máxima de rotación:	2.960 r.p.m.

Con el fin de suprimir los escalones de las conexiones, los contractores y las resistencias necesarias para realizarlas, los polos principales están constituidos por dos enrollamientos uno en serie alimentado con la corriente principal y otro enrollamiento auxiliar independiente. (fig. 1).

El flujo del polo auxiliar varía de $+\phi 2$ a $-\phi 1$ en función de la velocidad de rotación del motor de tal manera que el flujo total varía de $\phi 1 + \phi 2$ al arranque, correspondiendo a una sobreexcitación del motor en relación al pleno campo normal con el flujo $\phi 1 - \phi 2$ a la velocidad máxima. Este flujo corresponde a un campo debilitado. La curva característica esfuerzo-velocidad y esfuerzo-corriente de los motores de tracción aparece en la figura 2.

El peso total de la locomotora del tipo CoCo es, en servicio, de 120 t, y la velocidad máxima de 140 Km/h; será apta al servicio mixto mercancías-viajeros.

2.2. Locomotoras eléctricas

La primera línea de la red belga fue electrificada en 1935 entre Bruselas y Amberes, en 3.000 V continua. Sólo fué después de la guerra que el esfuerzo de electrificación fué proseguido, conservando la misma alimentación de la catenaria. Alemania estaba ya electrificada, antes de la segunda guerra mundial en 1500 V - $16 \frac{2}{3}$ Herz.; Francia y Holanda parcialmente electrificadas en 1500 V continua, cuando hace alrededor de 15 años, apareció el 25.000 V. a 50 Herz. adoptado en Francia. Hay que notar que una parte de la red de los ferrocarriles del Bajo-Congo Katanga (Congo-Kinshasa) fue electrificada en 25.000 V a 50 Herz. y que las locomotoras construidas en Bélgica por la « Brugeoise et Nivelles » en la parte mecánica y los « A.C.E.C. » en la parte eléctrica, han sido las primeras equipadas de motores de tracción-serie trabajando a 50 Herz. en una época en la cual los rectificadores secos no habían todavía hecho su aparición.

Actualmente la red europea está electrificada en

15.000 V $16 \frac{2}{3}$ Herz.
25.000 V 50 Herz
3.000 V continua
1.500 V continua.

Se ha adaptado la estación de Luxemburgo, capital del Gran Ducado del mismo nombre, situada entre Bélgica, Alemania y Francia, para recibir tanto las locomotoras a 3000 V continua, que vienen de Bélgica, que las locomotoras a 15.000 V - $16 \frac{2}{3}$ Herz. de Alemania y 25.000 V - 50 Herz. de Francia.

Las locomotoras eléctricas recientemente entregadas o en proyecto para la red belga responden a tres criterios:

- 1° aumentar las capacidades de tracción
- 2° responder a los imperativos del servicio internacional
- 3° aumentar las velocidades y las potencias para la nueva generación de máquinas de tracción.

Estudiaremos dos locomotoras entre las más recientes:

2.2.1. Locomotora tipo 126

La carga máxima admisible por eje es de 24 t. sobre la red Belga en las líneas principales. La locomotora eléctrica BoBo, la más pesada, tiene 94 t. con 23,5 t. por eje y desarrolla 2360 ch. Admitiendo un coeficiente de adherencia de 0,25, el esfuerzo de tracción máximo que esta locomotora puede desarrollar es del orden de 23,5 t.

Para reducir la carga por eje y, en consecuencia, las solicitaciones de la vía, se puso en servicio hace algunos años, la locomotora BoBo tipo 126 de 82 t. El coeficiente de adherencia llega a 35 %, es decir una mejora de 36 % con relación a las locomotoras precedentes. El esfuerzo de tracción máximo llega a 29 t., la potencia desarrollada 3070 ch.

En condiciones atmosféricas determinadas, el esfuerzo de tracción máximo que una locomotora de bastidores puede desarrollar está limitado por el eje menos cargado.

Esto resulta de la ecuación del equilibrio de fuerzas de una locomotora que desarrolla un esfuerzo de tracción Z , ecuación que es esencialmente función de las características geométricas de la locomotora.

La figura 3 representa las cargas de los bastidores y de los ejes en función de los esfuerzos y de las características geométricas para una locomotora BoBo.

Z = esfuerzo de tracción

b = altura de punto de tracción del bastidor hasta la vía

H = altura del aparato de tracción hasta la vía

e = distancia entre los ejes de un bastidor

E = distancia entre los gorriones del bastidor

para reducir la descarga del eje d al mínimo, es preciso que $b = 0$ y la ecuación se reduce al levantamiento del bastidor principal: $d = \frac{Z}{4} \frac{H}{E}$.

Se obtiene este resultado descendiendo el punto de empuje del bastidor al nivel de la vía.

Los bastidores son del tipo monomotor, los dos rotores están unidos mecánicamente y encerrados en una carcasa única. Esta solución ha sido adoptada, dado que la línea está alimentada a 3.000 V y que la tensión máxima admisible por rotor no debe depasar 1500 V. Un tren de engranajes solidaria las ruedas del bastidor.

El empuje del bastidor principal se efectúa por medio de barras cuyo punto de acción se sitúa al nivel de la vía.

Para neutralizar el efecto del levantamiento del bastidor principal, los inducidos están acoplados en serie en cada bastidor y en paralelo entre bastidores individuales, la corriente en el bastidor delantero es inferior al bastidor trasero a causa de la descarga del bastidor de delante.

El control de la corriente se efectúa corcircuitando los inductores del bastidor trasero.

El conjunto de estas medidas tiene por efecto colocar la locomotora en las condiciones óptimas para desarrollar el esfuerzo de tracción máximo con relación al peso adherente.

En rampas de 16 mm/m, las locomotoras de 94 t. de concepción convencional son capaces de remolcar 650 t. La locomotora tipo 126 de 82 t. es capaz de remolcar 800 t., es decir, un aumento de la carga remolcada de 23 % con una reducción de peso de más de 11 %.

2.2.2. Locomotora tipo 150

Las locomotoras tipo 150, tritensión BoBo, de un peso adherente de 77,7 t. han sido especialmente construidas para llevar los trenes internacionales entre Amsterdam y París, vía Bruselas. El trayecto en Holanda

es de 149 km en tensión continua 1500 V, en Bélgica, el recorrido es de 158 km en 3000 V continua y en Francia la línea de 233 km. está alimentada en 25 KV, 50 Herz.

La potencia de la locomotora es de 3560 H.P. y la velocidad máxima de 150 Km/h. A estas locomotoras siguió una serie tipo 160, cuadrifusión, capaz de efectuar igualmente los servicios internacionales en Alemania, en una tensión de 15 kV $16 \frac{2}{3}$ Herz.

Estas locomotoras han sido concebidas, por las mismas empresas, para la parte eléctrica y para la parte mecánica, que la locomotora precedente.

La locomotora es de concepción clásica salvo que tiene la facultad de poder alimentarse por tres tensiones diferentes.

Los acoplamientos de los motores de tracción y de los auxiliares están indicados respectivamente en las figuras 5, 6, 7 para una alimentación en 3 KV, 1,5 KV y 25 KV.

En 3 Kv continua, los motores de tracción están alimentados en serie-paralelo, en 1,5 KV continua; su alimentación se hace en paralelo y en 25 KV, 50 Herz.; los motores están alimentados a través de un transformador.

La modificación de la alimentación de los motores de tracción se hace en marcha, durante el paso de la frontera y una sección neutra está intercalada en la centenaria para separar las dos tensiones.

Esta modificación de la alimentación no puede depender del reflejo del conductor y, por ello, un sistema indicador de la tensión manda las modificaciones de acoplamiento y de alimentación,

Corresponde al esquema de la figura 8.

La tensión de 25 KV a 50 Herz. no puede pasar por el desconector de seguridad que alimenta en corriente continua y tampoco la tensión continua a 3 KV o 1,5 KV no puede pasar el por circuito de alimentación de la corriente alterna.

El sistema indicador de tensión está constituido por un transformador en serie Tf con un condensador C en paralelo con una resistencia W que alimenta como potenciómetro el relé que indica la corriente continua Rcc. El secundario del transformador alimenta del relé que indica la corriente alterna RCA.

Si la línea está alimentada en corriente continua, el primario del transformador juega como resistencia muerta y el relé Rcc está alimentado por el potenciómetro.

En corriente alterna, el secundario del transformador está alimentado y actúa sobre Rca y el Rcc no está alimentado. Estos relés ordenan de un modo selectivo las commutaciones de los desconectores de corriente continua y de corriente alterna con el fin de evitar toda alimentación incorrecta.

2.2.3. *Desarrollo de una locomotora de gran potencia y gran velocidad*

Una locomotora muy potente y muy rápida es necesaria para responder a los servicios interiores e internacionales durante los próximos años.

Actualmente las líneas recorridas por los servicios internacionales lo son a 140/160 Km/h, y, dentro de algunos años, el límite de los 200 km/h será alcanzado y excedido. Las cargas remolcadas aumentan y sobrepasan 700 t. en el servicio de viajeros internacional. La incorporación de la tracción central en Europa, dentro de algunos años, permitirá aumentar el peso de los trenes de mercancías de 4000 y 5000 t.

La locomotora que se estudia tendrá las características siguientes:

locomotora cuadrifusión:

3000 V y 1500 V continua
25 KV - 50 Hz y 15 KV- $16 \frac{2}{3}$ Hz.

	220 Km/h pudiendo aumentarla a 250 km/h
tipo:	CoCo
esfuerzo medio de arranque a la llanta:	32 t.
esfuerzo a la llanta a 160 km/h:	12 t.
esfuerzo a la llanta a 200 km/h:	9 t.
potencia a la hora:	5100 Kw o 7000 ch.
pantógrafos:	3
peso en servicio:	117 t.
motores de tracción:	6 completamente suspendidos
suspensión de los carros:	
	{ de doble efecto
primario	{ columnas-guías
	{ resortes helicoidales
	{ amortiguadores sonoros
	{ pendular
secundario	{ resortes helicoidales
	{ amortiguadores hidráulicos

La forma general de la locomotora ha sido estudiada para circular a gran velocidad y reducir la onda de choque con el fin de poder cruzarse dos trenes de gran velocidad sin provocar torbellinos peligrosos. El estudio se efectúa sobre maquetas ensayadas en el Instituto Aerodinámico, situado cerca de Bruselas, y con ensayos realizados recorriendo una línea de la red a 200 Km/h.

La locomotora se compone de tres unidades de tracción independientes, cada unidad de tracción soportando dos motores alimentados:

en corriente continua: por dos cortadores con thyristores entrelazados

en corriente alterna: por puente asimétrico de thyristores y diodos.

Los mismos thyristores y diodos están commutados para servir en cortadores y en puente asimétrico.

El principio de mando es el siguiente: (fig. 9).

Un interruptor H corta la tensión continua en impulsiones rectangulares, de donde le viene el nombre de cortador dado al interruptor electrónico H. Este cortador está constituido por un sistema de thyristores y de diodos. Se comprende fácilmente (fig. 10) que si T_e es muy pequeño, la tensión U de los motores puede ser muy débil, lo que permite arrancarlos sin utilizar resistencias. A medida que la velocidad de los motores crece, se puede hacer variar T_e para mantener constante la corriente de arranque. El cortador se comporta como un transformador de tensión pero en corriente continua.

$$\text{Si } \frac{T_e}{T} = B, U \text{ motor} = B U_a.$$

Hemos indicado en la figura 11, el esquema equivalente del circuito a 3 KV continua. Una bobina de protección y condensadores de amortiguamiento protegen los thyristores de la catenaria. Th y D representan el cortador propiamente dicho. El circuito del encendido de los thyristores principales está representado por los grupos Th 2 y D2, un circuito oscilador regula el periodo, los diodos D1 polarizan en sentido inverso los thyristores principales. Los diodos D3 cierran el circuito de los motores de tracción y se les llama diodos de escape; durante la interrupción del circuito principal, la energía magnética acumulada en las bobinas de los motores se transforma en energía eléctrica y el circuito se cierra a través D3.

Los esquemas 11 y 12 representan unicamente los circuitos principales de los dos motores de tracción. Cada grupo de thyristores y de diodos está representado por un elemento. Los esquemas están reproducidos tres veces

sobre la locomotora dado que hay 6 motores de tracción. Un sistema comuta las combinaciones de diodos y de thyristores, para pasar de 3 KV continua a 1,5 KV continua.

En corriente alterna, los mismos thyristores y diodos, utilizados como cortador en corriente continua, se montan en puente asimétrico de thyristores y de diodos para alimentación de los motores de tracción. El esquema equivalente está indicado en la figura 12.

Es posible de este modo liberarse del reostato tradicional en corriente continua. La tensión catenaria está definida, en corriente continua con un valor nominal, las variaciones admitidas se elevan a $\pm 20\%$ alrededor de ésta. Estas variaciones tienen una repercusión sobre las dimensiones de los motores y su potencia. Es posible por las nuevas técnicas corregir las variaciones de la tensión de la catenaria y alimentar los motores de tracción a su tensión nominal, o sea 900 V. Los motores serán alimentados por una excitación serie a 25% y por una excitación independiente como en serie por el 75% restante.

Cada unidad de tracción lleva un cortador auxiliar, precedido en corriente alterna de un puente rectificador a diodos y de una célula de filtrado. Los motores a corriente continua en baja tensión de los ventiladores así como el compresor y el cargador en las baterías están conectados sobre los cortadores.

El mando de la locomotora se hará según el sistema de velocidad prefijada.

2.3. Locomotoras de maniobra: Diesel-hidráulicas

Amberes, que es el cuarto puerto del mundo después de Nueva-York, Londres, y Rotterdam, es el centro más importante de separación y de formación de trenes de mercancías del país.

Las cargas remolcadas llegan a 2000 toneladas, y además los cambios de ramas pesadas de un punto a otro del puerto, sobre distancias superiores a 10 km obligan a la utilización de locomotoras de maniobras pesadas y potentes.

Al principio de la dieselización, la potencia de estas locomotoras era del orden de 550 ch; llega ahora a 750 ch. Las últimas locomotoras construidas o en pedido tienen las características siguientes:

Tipo de locomotora:	C 3 ejes acoplados
transmisión:	hidráulica con inversor reductor, falso eje y bielas
velocidad máxima:	60 km/h
peso adherente:	60 t.
esfuerzo al arranque:	20 t.
velocidad continua:	12 km/h
esfuerzo a la velocidad continua:	10,8 t.

Menos la transmisión hidráulica importada de Alemania, todos los constituyentes de la locomotora son belgas.

Ciertas vías secundarias han sido cedidas a sociedades locales, la explotación de los trenes de viajeros suprimida y sólo el servicio de trenes de mercancías continúa, a poca velocidad, para reducir el gasto de mantenimiento de la vía.

Estas locomotoras convienen perfectamente para este servicio, lo que justifica igualmente una potencia relativamente elevada.

El número de locomotoras de este tipo y de esta potencia es superior 150 unidades.

Los motores Diesel de 750 ch. han sido construidos por la Sociedad Cockerill lo mismo que los reductores inversores.

Las otras partes mecánicas han sido construídas por la Brugeoise et Nivelles y los Talleres Belgas Reunidos (A.B.R.)

Conclusión

El programa de estudios e investigaciones en el campo de las locomotoras Diesel y eléctricas responde a los próximos desarrollos de la red ferroviaria belga que no es sino un caso particular de las redes europeas.

Dos tendencias se hacen sentir simultaneamente: por un lado, la reducción del número de líneas explotadas o su simplificación para reducir el coste de explotación de la red. En el caso de simplificación de una línea, el servicio de viajeros está asegurado por autobuses y el servicio de trenes de mercancías a velocidad reducida puede hacerse con locomotoras de maniobra potentes; por otro lado, las líneas principales ven aumentar su tráfico y las velocidades acrecentarse, necesitando de este hecho la creación de un material de tracción que responda al aumento cuantativo y cualitativo de las líneas.

Los constructores de locomotoras se esfuerzan para responder a esta evolución de la explotación ferroviaria.

3. MATERIAL AUTOMOTOR

Las redes ferroviarias europeas están concebidas, o bien como redes en mallas, o bien como redes estrellas. Esto resulta de la distribución geográfica de los grandes centros urbanos.

Alemania, por ejemplo, es el prototipo de la red en mallas. Los intercambios de tráfico se hacen entre los diferentes centros industriales y económicos; su distribución es más o menos uniforme en todo el país.

Francia, por el contrario, es el prototipo de la red estrella, la capital tiene una población y representa un centro de actividades económicas muy superiores a toda otra ciudad del país.

La red belga es esencialmente en estrella y está centrada sobre la capital; las uniones entre las grandes ciudades se hacen, lo más frecuentemente, pasando por Bruselas. Por otra parte, la pequeña superficie del país, junto con la alta densidad de la población tiene por efecto reducir las distancias entre los centros urbanos de 30 a 50 km.

Una fracción importante del tráfico de viajeros tiene un carácter suburbano, alta densidad de tráfico con una punta importante por la mañana y por la tarde. Las líneas electrificadas están explotándose, en su mayor parte, con ramas automotrices acoplables, y cada unidad está constituida por dos coches; en función de la densidad del tráfico, la composición de sus ramas varía entre 1 y 4 unidades.

El autovía con propulsión Diesel está poco desarrollado en Bélgica. No se emplea más que para servir las líneas secundarias de poco tráfico.

El material automotor está standardizado desde hace varios años y los únicos desarrollos recientes conciernen el mando de los motores de tracción por thyristores, lo que permite la supresión de las resistencias de arranque según un principio análogo al desarrollado para las locomotoras de gran potencia en proyecto.

Ramales de metro a manejo automático están en proyecto en previsión de la construcción del metro de Bruselas que ha comenzado hace varios años.

4. VAGONES

4.1. Material para viajeros

Los desarrollos del material para viajeros se manifiestan en dos direcciones: los servicios internacionales y los servicios interiores.

En el servicio interior, el primer objetivo, que fue logrado después de la segunda guerra mundial, fué la supresión completa de los vagones de madera y su reemplazo con material metálico, para aumentar la seguridad en caso de accidente. Este movimiento había comenzado hace alrededor de 40 años. Los primeros vagones metálicos eran pesados y la tara variaba entre 45 y 50 t. La relación carga útil — tara que era, a la época, del orden de 0,15.

Para reducir el precio de coste de la explotación y aumentar para la misma potencia de tracción las cargas útiles remolcadas y la velocidad, la tara ha sido aligerada respectando de todos modos los imperativos de la seguridad. La tara se situó actualmente en cerca de 30 t., es decir, una reducción de un tercio con relación a los primeros vagones. Esto ha podido obtenerse calculando el conjunto chasis y carrocería como una caja independiente, utilizando muchos aliados ligeros para los accesorios interiores, los marcos de las ventanillas, el soporte de los asientos etc., y también las materias sintéticas modernas como fórmica para el acabado interior.

La utilización de los bastidores Schlieren ha aumentado el confort de los pasajeros y permite velocidades elevadas del orden de 160 km/h.

En el servicio internacional, los últimos años han visto un desarrollo acelerado de las líneas internacionales con los Trans Europ Express o T.E.E. que unen actualmente las principales ciudades de Francia, Alemania, Holanda, Italia, Suiza y España por una red de ramales de primera categoría, equipados con todo el confort deseado, aire acondicionado, teléfono, bar, restaurante y cuya velocidad comercial media supera en muchos casos los 120 km/h.

Al principio, los ramales eran del tipo autovía Diesel hidráulico o Diesel eléctrico pero la extensión de la electrificación ha permitido la construcción de ramales de coches tirados por locomotoras de tres o cuatro corrientes.

Cuando las distancias varían entre 500 y 800 km, este sistema de transporte hace mucha competencia a la aviación, dadas las pérdidas de tiempo que resultan de los recorridos entre las ciudades y los aeropuertos y las formalidades de embarque y desembarque. La industria belga participa activamente a la fabricación de coches para los T.E.E. El acabado exterior en largos « tramos » es de acero inoxidable. Este material está en servicio en los ejes Holanda — Bélgica, Francia y Holanda, Bélgica-Suiza.

La misma sociedad ha vendido el material para los viajeros de la red del B.C.K. en el Congo-Kinshasa, también en acero inoxidable y que se inspira, en el punto de vista del confort, del material T.E.E.

El aumento de la velocidad más allá del 160 km/h, necesita renovar la concepción del material rodante. En efecto, la utilización de las vías existentes, incluso mejoradas, no permite la toma de las curvas a gran velocidad sin perjudicar la comodidad de los pasajeros, el radio de las curvas y el peralte de las vías no pueden ser sistemáticamente modificados sin retrazar una nueva línea como los Japoneses la han realizado sobre el Tokaido.

El aumento sistemático de las velocidades hacia los 200 Km/h y más allá todavía, obliga a renovar la concepción de los coches; la suspensión pendular, que permite a la caja de inclinarse en las curvas es una de las soluciones que se está estudiando actualmente y que permitirá conservar las cualidades de comodidad a velocidad muy elevada.

4.2. Material para mercancías

El material para mercancías había sido desaventajado hasta hace poco tiempo en la modernización del equipo. Muchos son los vagones cuya edad es superior a los 40 años.

Si una red ferroviaria está obligada a transportar viajeros, incluso con pérdidas, como consecuencia de la noción de servicio público, el transporte

de mercancías sufre la competencia de los transportes por carretera y la falta de especialización del material rodante aumenta fuertemente el precio de coste de la explotación.

Los países europeos han decidido recientemente, equipar de la tracción central el parque de viajeros y mercancías. Este sistema que debe, por otro lado, permitir el acoplamiento con los vagones de la Europa del Este que tienen el sistema ruso, será un dispositivo de tracción integral acoplado también los conductos del aire y los cables eléctricos.

Si los coches de viajeros han sido estudiados desde hace varios años para recibir el sistema de tracción central, los viejos vagones necesitarían modificaciones profundas del chasis. Diremos también que el coste de la transformación y del montaje de la tracción central es superior en término medio a 2000 U.S. \$ por vagón y excede el valor actual de cada uno de ellos. La utilización de este nuevo sistema se adapta perfectamente a los vagones con bastidores giratorios, pero provoca un empuje lateral sobre los vagones con dos ejes y facilita el descarrilado.

Esta situación no existe sólo en Bélgica sino también de un cierto modo en todos los países europeos, lo que obliga a la modernización de modo acelerado del parque de vehículos de mercancías según un doble aspecto: reemplazar los vagones viejos por vagones modernos de mayor capacidad, y especializar el material de transporte de modo de adaptarlo a las necesidades del mercado y ganar o por lo menos conservar un tráfico que de otro modo pasaría a la carretera.

El programa de renovación de los vagones de la S.N.C.B. comprende 25.000 unidades; el coste de compra así como la adaptación a la tracción central sobre el material reutilizable es del orden de 500 millones de US \$. Esto permite de situar el esfuerzo que la red está obligada de hacer en pocos años, para modernizar el parque del material rodante.

La industria, por su parte, debe hacer un esfuerzo particular para el desarrollo tecnológico de vagones especializados; estos últimos son de una necesidad vital para los países fuertemente industrializados.

Damos a título de ejemplo algunas realizaciones de la industria belga en este sector:

- Transporte de mercancías bajo temperatura controlada
- transporte de automóviles
- transporte de cargas pesadas, sobre plataformas sobrebajadas (por ejemplo los transformadores)
- transporte de fluidos bajo alta presión — la presión del ensayo es de 28 kg/cm² y la presión de servicio 14 kg/cm²,
- transporte de fluidos con manto protector de alto aislamiento y eventualmente sistema de calefacción.

4.3. « Containers »

El reproche fundamental que el utilizador hace al transporte ferroviario en la necesidad de romper las cargas con las manipulaciones sucesivas de los productos a transportar; estas manipulaciones representan riesgos si el producto es frágil y además cuestan extremadamente caras a la red ferroviaria.

Un transbordo equivale, en precio de coste a 100 km. de recorrido cuando el recorrido medio de un vagón de mercancías, es inferior a esta distancia en Bélgica. Un transbordo no pagable a la red ferroviaria representa tanto gasto como 100 km de recorrido representa de pagos.

Para reducir los gastos de transporte y de manipulación, las redes ferroviarias han seguido el camino trazado por los armadores, y utilizan progresivamente los «containers» para el transporte de mercancías. Como ellos habían creado la Sociedad Interfrigo para el transporte de productos a

temperatura controlada, la Sociedad Transcontainer ha sido fundada para asegurar el transporte por containers sobre vagones planos especializados.

No es suficiente con disponer del material rodante para el transporte; es preciso que los dispositivos de manutención, tanto móviles como fijos, vengan a completar el parque de material rodante de tal modo que permita la manutención y que reduzca el precio de coste.

Las sociedades de material ferroviario han debido renovar su programa de fabricación y diversificarlo en este sentido. La sociedad « La Brugeoise et Nivelles » que ha construido los vagones especializados de los que acabamos de hablar se ha especializado igualmente en la construcción de la manutención de « containers ».

- Grua pórtico para la manipulación de « containers » al término de la Sociedad Nacional de los Ferrocarriles Belgas en Amberes.
- Carro elevador de « containers » de una capacidad de elevado de 30 t.

5. MATERIAL DE SENALIZACION Y DE CONTROL DE LAS ESTACIONES

5.1. Introducción

Las instalaciones fijas, de las que se trata en este capítulo, comprenden los equipos de control del movimiento de los trenes, la señalización y el mando de las cabinas de señalización de las grandes estaciones, el mando de los pasos a nivel. Todas estas instalaciones han evolucionado fuertemente en el transcurso de los años.

Las extensiones de las redes, el aumento de las velocidades y de la densidad del tráfico, la complejidad de las grandes estaciones han obligado a las redes ferroviarias a vigilar continuamente la seguridad del tráfico. Los primeros sistemas de señalización y de control eran mecánicos con cerrosjos en los cambios.

A este tipo de cabina rudimentaria que necesitaba la multiplicación de los puestos de trabajo, han sucedido las cabinas electro-mecánicas; los cambios y las señales estaban accionados por motores eléctricos pero las seguridades estaban siempre efectuadas por pestillos mecánicos.

El paso siguiente, que está todavía en aplicación, consiste en la utilización de la técnica « todo con relés », que permite reemplazar los accionamientos y seguridades mecánicas por los eléctricos. Los pupitres de control óptico permiten al indicador tener una imagen de la situación en la zona que él controla. Los mandos de los itinerarios y de los cambios de vía pueden incorporarse en los cuadros luminosos según la repartición geográfica de los órganos de mando.

En ciertos casos, la regulación de una línea entera está confiada a un solo puesto central aunque la longitud de la línea pueda llegar a varios centenares de kilómetros. Las transmisiones a distancia se hacen por línea aérea o por cable, utilizando impulsiones o frecuencias codificadas con o sin onda portadora.

Como consecuencia de la centralización que la técnica « todo con relés » será la primera en permitirla, y dado el aumento del tráfico, tales instalaciones han llegado a ser muy complejas. Las salas de los relés, contando varios centenares de éstos, son muy grandes y los numerosos contactos que ellas protegen necesitan la presencia permanente de personal especializado en su cuidado.

Hay que añadir que las piezas en movimiento son causas posibles de averías con consecuencias perturbadoras para el tráfico. Los A.C.E.C., que desde hace años, tienen una división especializada en el sector de la señalización, han efectuado una nueva etapa creando las funciones lógicas de una cabina de estilo « estático ».

5.2. Principio del mando de estaciones

Según el tipo de estaciones:

estación de viajeros

estación de mercancías

estación de triado y de formación, el puesto de señalización varía.

Daremos nuestra atención a la estación de viajeros.

Las operaciones en una estación se resumen a un cierto número de movimientos, cada uno de ellos autorizado por la indicación de una o varias señales. Esta autorización está subordinada a la verificación de un cierto número de condiciones:

- compatibilidad del itinerario con los otros que se están ejecutando;
- control de la posición de los desvíos a efectuar y de los desvíos de protección, así como el control de su cerrado;
- liberación completa del itinerario a recorrer;
- prohibición de todo movimiento incompatible;
- cerrado de los pasos a nivel, autorización de un puesto vecino o toda otra condición local.

Cuando una señal ha sido pasada debe cerrarse para evitar la presencia de un segundo tren sobre el mismo itinerario.

En una estación moderna, esto necesita la presencia de:

- señales luminosas autorizando los movimientos;
- desvíos a maniobra eléctrica permitiéndolos movimientos;
- circuitos de detección de trenes, ya sea por circuitos de vía o por contactos de railes al contado de los ejes.

Todo movimiento en una estación puede efectuarse del exterior de la estación hacia el andén, o bien del andén hacia una dirección exterior a la estación. Las direcciones están personalizadas por el nombre de la estación importante que precede o sigue en la línea. Los andenes están personalizados por un número.

De esto derivan las nociones de grupo de « dirección » y de grupo de « andén ».

Para realizar un itinerario es preciso que los desvíos estén en la debida posición y asegurados. Se trata tanto de los cambios de vía del itinerario como de los de protección. Además, las señales que autorizan el camino deben estar abiertas; la posición de las señales está subordinada a la posición de los desvíos del itinerario que se desea hacer recorrer al convoy.

A las nociones de base de « dirección » y de « andén » se añaden las de « desvío » y « señal ». Estas cuatro nociones de base constituyen los cuatro grupos principales.

Para standardizar al máximo los circuitos impresos se ha utilizado la técnica llamada de « circuitos geográficos ». Esta técnica consiste en reunir en grupos standardizados las funciones propias a cada uno de los grupos enumerados más arriba. Estos grupos están compuestos de circuitos impresos de dimensiones standardizadas y enchifables. Sobre estos están montados todos los elementos necesarios para asegurar las funciones pedidas. Su cableado ha sido normalizado teniendo en cuenta el mayor número de repeticiones de las funciones lógicas. La ventaja de la realización modular está completada por la reunión « geográfica » de estos grupos entre ellos según la disposición en el terreno.

5.3. Grupos lógicos

Todo grupo lógico tiene por misión:

- recoger las informaciones que salen del cable « geográfico »
- tratar las informaciones resolviendo las ecuaciones lógicas
- transmitir sobre el cable « geográfico » los resultados de las ecuaciones.

Existe un número elevado de cajas que aseguran cada una de las funciones de un grupo o de un sub-grupo. Expondremos en este momento los cuatro grupos de base: « Dirección » « andén » « desvíos » y « señales ». Los tres primeros están incorporados en el circuito « geográfico », el cuarto grupo « Señal » se acopla al grupo « dirección » o « andén » del cual depende.

5.3.1. Grupo Dirección : « D »

El grupo « D » recibe informaciones del pupitre de mando. Cambia informaciones con el grupo « andén » pasando por el grupo « Desvíos ». Envía informaciones al T.C.O. (Cuadro de control óptico) y al grupo « Señales » si todas las condiciones de seguridad están cumplidas:

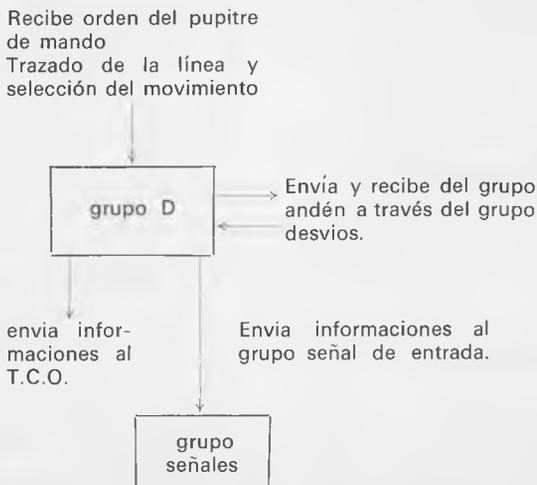
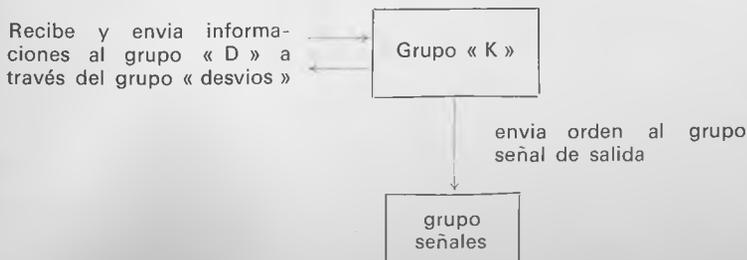


Diagrama bloque de un grupo « D ».

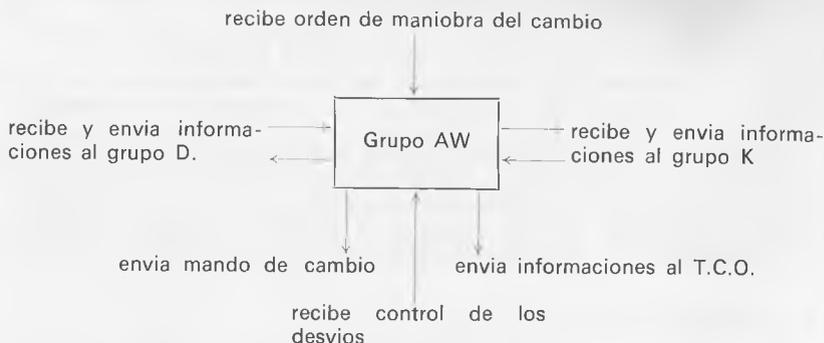
5.3.2. Grupo « andén » K

El grupo « K » cambia informaciones con el grupo « D » pasando por los grupos « Desvíos » relacionados.

Envía una información al grupo « señales » de la señal de salida si todas las condiciones de seguridad están cumplidas.



5.3.3. Grupo « Desvios » AW



El grupo AW

- cambia informaciones con el grupo D
- cambia informaciones con el grupo K
- recibe el orden para el accionamiento del desvío
- envía la orden para la ejecución del cambio
- recibe la orden del control después de que la operación del cambio fue ejecutada
- envía una información al T.C.O.

5.3.4. Grupo « señales » S

Este grupo no está incorporado en el circuito « geográfico » pero se une al grupo dirección o andén del que depende. Realiza las condiciones lógicas necesarias al apagado de la luz roja y al encendido de las otras luces.

5.4. Ejemplo del uso

Hemos representado en la fig. 13 la disposición geográfica de diversos grupos de mando y de control de los que sólo los grupos « Andén » « Dirección » y « Desvíos » se han indicado en el diagrama.

Si un tren se presenta en D (M) debe ser recibido en K III, las informaciones de control avanzarán del grupo D (M) hacia K III por el cable geográfico pasando por AW1-AW2-AW3-AW4-AW10-AW11 y volverán al grupo D (M) por otro par de cables geográficos.

El camino en ese momento se manifiesta en blanco sobre el T.C.O. así como la pedal M.

El indicador podrá, en el momento oportuno, apoyar sobre el botón E en la columna de la dirección M y al nivel de los grupos ésto se traducirá por el envío, a la entrada del grupo DM de una señal hacia el grupo S que corresponde al grupo M. Las señales permiten tomar este itinerario si todos los circuitos de vía del camino están libres y si todos los desvíos corresponden bien a la dirección necesaria. El tren puede entrar en la estación.

A medida que el tren recorre el itinerario, los circuitos de las vías pasarán en el T.C.O. del blanco al rojo, y una vez terminado el movimiento el itinerario se anula. Sólo el circuito de la vía del andén CV 111 queda al rojo, indicando que el tren está en el andén.

Para aliviar la explicación no hemos descrito los grupos complementarios como los que son necesarios para los circuitos de vía y la indicación del itinerario al T.C.O.

5.5. Elementos lógicos

Existen tres tipos de elementos:

1. los elementos lógicos de potencia débil a 25.000 Herz. que son los elementos de seguridad
2. los elementos lógicos de potencia media a 2700 Herz, especialmente desarrollados para el mando de los pasos a nivel.
3. los elementos de mando y control de potencia.

Los elementos 1 y 2 no se diferencian nada más que por el tamaño.

5.5.1. Elementos lógicos de seguridad

Un elemento lógico está constituido esencialmente de un circuito magnético que comprende un transformador bobinado sobre un toroide de ferrita cuya tensión de salida puede anularse saturando al toroide, fig. 14,

Se distinguen varios tipos de elementos:

a) elementos *reposo*

Este está normalmente en estado de paso, uno o dos circuitos de mando saturan el toroide para impedir a la tensión de salir.

b) elemento *trabajo*

Este está normalmente saturado por un imán permanente. El o los enrollamientos de mando i_1 a i_2 quitan la saturación del toroide con la corriente y permiten el envío de la señal por el secundario del transformador.

c) elemento *coincidencia*

Este es análogo al elemento reposo. Los dos circuitos de mando dan flujos de saturación en oposición. Si las corrientes i_1 r i_2 son iguales o nulas, la tensión aparece en los bornes de e2. Si $i_1 \neq i_2$, el toroide se satura y el elemento no transmite nada.

d) elemento *incompatibilidad*

Si se conectan en serie los enrollamientos primarios de dos elementos de trabajo, se impide la transmisión simultánea de una orden dada por dos elementos incompatibles.

5.5.2. Elementos lógicos de potencia

Los elementos de potencia sirven al accionamiento de los circuitos exteriores y son de tres tipos.

a) Inductancia saturable.

Dos núcleos magnéticos están juntados lateralmente y provistos de 3 enrollamientos según la fig. 15.

Los enrollamientos 1 y 2 con igual número de espiras están unidos en serie a la carga R a accionar.

La corriente continua de mando 3 es suficiente para saturar los núcleos magnéticos. En el caso de saturación, toda la tensión V está aplicada a la carga. En el caso contrario, la corriente de mando es nula y V es depreciable.

La inductancia saturable se comporta como un elemento *trabajo*.

b) Amplificador magnético.

Este conjunto tiene los mismos elementos que la inductancia saturable, salvo que los circuitos 1 y 2 están montados en reacción, lo que tiene por efecto, la inversión de la característica de magnetización (fig. 16).

El amplificador magnético se comporta como un elemento *reposo*.

La tensión en los bornes del circuito de carga es débil si la corriente de mando es nula, y máxima cuando ésta llega a un cierto valor. Asociando una inductancia saturable y un amplificador magnético, se realiza un contacto inversor.

c) Transformador diferencial (fig. 17)

Este es análogo a un elemento de coincidencia. Los dos enrollamientos de mando están recorridos.

- o bien por dos corrientes características de las condiciones cuya presencia simultánea quita la saturación del transformador.
- o bien por una corriente a controlar y otra de referencia.

En el secundario se recoge con el transformador no saturado una tensión susceptible de accionar otros elementos con ferritas, o bien, una variable lógica para circuitos con transistores.

5.6. Conclusión

Los elementos lógicos desarrollados por los A.C.E.C. y que encuentran su empleo natural en las cabinas de señalización se utilizan también en:

- el control automático del manejo de los trenes por relación bilateral tren — central con un cable puesto en la vía;
- los equipos estáticos de mando y de control de los pasos a nivel;
- el mando automático permanente de la parada de los trenes delante las luces rojas por inducción;
- la regulación de las transmisiones de las locomotoras Diesel-eléctricas por circuitos lógicos. Este último sistema está generalizado sobre las locomotoras Diesel-eléctricas construidas recientemente.

Los desarrollos en el dominio de los circuitos lógicos estáticos responden a la evolución de la explotación cada vez más compleja de las líneas principales de las grandes estaciones. Los aumentos de la velocidad y de la densidad del tráfico exigen una evolución paralela de la rapidez de las operaciones de las maniobras, aunque asegurando una mayor seguridad.

6. CONCLUSIONES

El conjunto de los ferrocarriles europeos — y Bélgica no es una excepción — están atravesando un período de cambio. Después de la segunda guerra mundial, las redes han debido reequiparse «diesalizando» y electrificando las líneas con gran densidad de tráfico, sin modificar fundamentalmente, ni la infraestructura ni los principios de explotación. Durante los últimos años, dos factores han deteriorado la situación financiera de los ferrocarriles europeos:

1. la concurrencia cada vez más fuerte de la carretera, de los canales y de la aviación que se han desarrollado respectivamente por la creación de autopistas, de redes aéreas muy densas y la modernización de las vías navegables.
2. El aumento de los sueldos y del nivel de vida han tenido como efecto llevar el presupuesto mano de obra al 75 % del precio de coste, pudiendo considerarlo como carga fija.

Si el tráfico de viajeros es deficitario desde hace muchos años, las pérdidas eran compensadas por las recaudaciones del tráfico de mercancías. Actualmente no es así.

Incumbe a la industria de material ferroviario en estrecha colaboración con las redes, encontrar las soluciones para aumentar la productividad de los ferrocarriles.

Infraestructura

Una modificación profunda de la infraestructura se impone. En primer lugar hay que abandonar las líneas marginales y utilizar para el tráfico de viajeros las carreteras existentes. Esta modificación se está efectuando en Bélgica desde hace varios años. El tráfico de mercancías restante se hace por líneas cuya explotación esta simplificada para reducir al mínimo las cargas fijas del personal.

Concentrar sobre las líneas principales el máximo de tráfico, acrecentar la velocidad de los trenes de mercancías para aumentar el caudal de las líneas y poder automatizar la explotación gracias a las técnicas modernas, tanto en las estaciones de formación y triaje, como sobre las mismas líneas.

Durante este artículo hemos indicado con algunos ejemplos cómo los circuitos lógicos estáticos pueden utilizarse para mejorar la explotación de las redes. Esto constituye un primer paso hacia el manejo automático de los trenes con control centralizado de una línea completa con un solo puesto de mando.

Al disponer de una infraestructura adecuada el ferrocarril se presta idealmente a la automatización. En la línea japonesa del Tokaido, que ha estado concebida en función de una explotación moderna, el presupuesto mano de obra no representa nada más que el 7 % del coste de explotación. Sin embargo, las cargas de la inversión son muy elevadas; más de tres veces el presupuesto precitado.

Coches de viajeros

Los servicios entre ciudades con distancias medias comprendidas entre 500 y 800 km, para los cuales la red europea se presta idealmente, está explotado actualmente por enlaces rápidos y confortables, concurrentes de las carreteras y del avión, y el número de los servicios existentes aumenta uniformemente.

Para los servicios interiores un aumento paralelo de la velocidad y del confort, y de la frecuencia de los enlaces suburbanos ponen al ferrocarril belga en una situación más favorable en la concurrencia con el transporte por carretera.

Vagones de mercancías

El aumento de la productividad debe manifestarse con la puesta en servicio de vagones especializados, perfectamente adaptados al transporte, y en particular, una utilización creciente de « containers » deberá reducir la mano de obra de manutención y transbordo.

La utilización de la tracción central, además de reducir la mano de obra de las estaciones y, hay que añadir, la supresión de una actividad generadora de muchos accidentes de personas, deberá permitir el aumento de las cargas remolcadas. Trenes de 4.000 y 5.000 t. recorreran las redes europeas.

Los servicios T.E.E.M. afectados a las mercancías se desarrollan paralelamente al servicio TEE viajeros existente desde hace varios años.

Material de tracción

Cualquiera que sea el modo de tracción Diesel o Eléctrica, una evolución paralela se impone: aumento de las velocidades en servicio viajeros y mercancías con, como corolario, un aumento de las potencias.

La tracción de los trenes de mercancías pesados de 4000 y 5000 t. necesitará esfuerzos continuos del orden de 30 t para los cuales una nueva generación de locomotoras Diesel-eléctricas y eléctricas está preparándose.

La generalización de la regulación de la potencia por circuitos lógicos estáticos preparará estas locomotoras para el manejo automático utilizando circuitos de vía apropiados.

En cualquier sector de sus actividades, la industria del material ferroviario belga prepara, en colaboración con la red de la S.N.C.B. el ferrocarril del mañana.

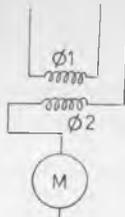


fig 1

Caractéristiques : effort_vitesse
effort_courant

Características: esfuerzo_velocidad
esfuerzo_corriente

effort de traction en tonnes
esfuerzo de traccion en
tonelada

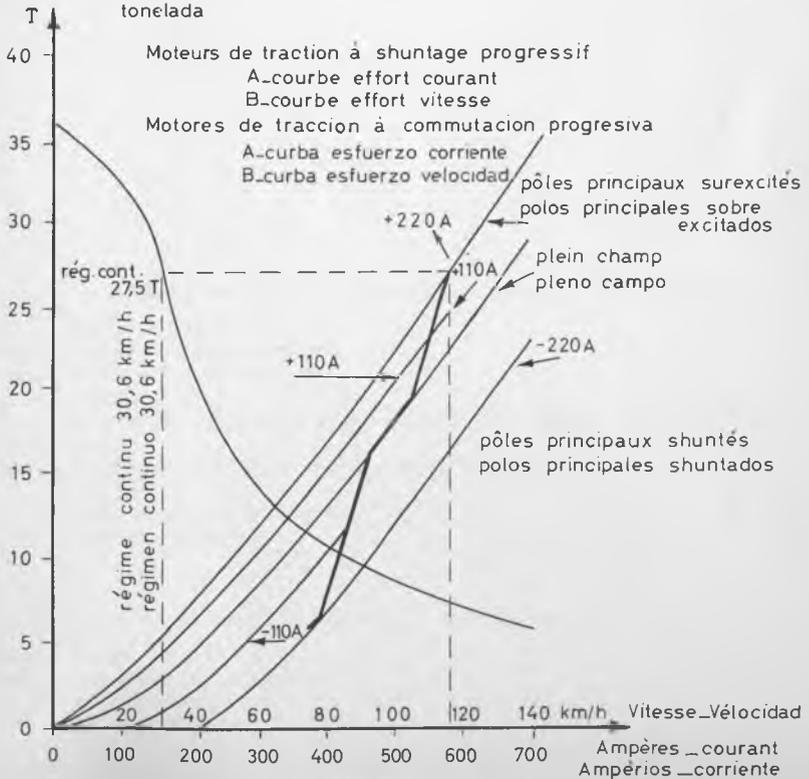
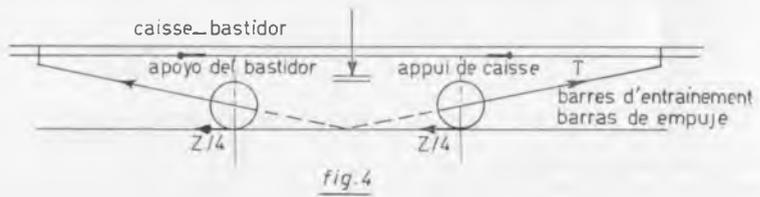
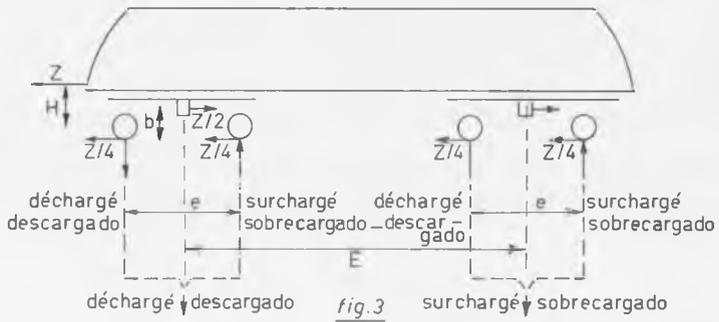


fig. 2



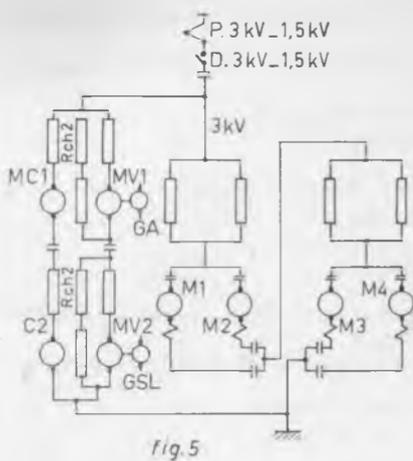


Fig. 5. — Esquema del circuito de potencia y auxiliar en 3 KV continua.

- | | |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------|
| M1 a M4 | motor de tracción |
| MC1-MC2 | motor del compresor doble |
| MV1-MV2 | motor del ventilador |
| GA | dinamo auxiliar |
| GSL | dinamo de alimentación de los motores del ventilador para la bobina de alisado. |
| Rch1-Rch2 | radiador de calefacción de los puestos de mando |
| P | pantógrafo |
| D | desconectador de protección |
| R1-R2 | bloques rectificadores. |

FIG. 5. — Schéma du circuit de puissance et auxiliaire en K continu

- | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| M1 à M4 | moteur de traction. |
| MC1-MC2 | moteur du compresseur double. |
| MV1-MV2 | moteur du ventilateur. |
| GA | dynamo auxiliaire |
| GSL | dynamo d'alimentation des moteurs de ventilateur par la self de lissage. |
| Rch1-Rch2 | radiateur de chauffage des postes de conduite. |
| P | pantographe |
| D | disjoncteur de protection. |
| R1-R2 | blocs redresseurs. |

FIG. 6. — Esquema del circuito de potencia auxiliar en 1,5 KV continua.

M1 a M4	motor de tracción
MC1-MC2	motor del compresor doble
MV1-MV2	motor del ventilador
GA	dínamo auxiliar
GSL	dínamo de alimentación de los motores del ventilador para la bobina de alisado.
Rch1-Rch2	radiador de calefacción de los puestos de mando.
P	pantógrafo
D	desconectador de protección
R1, R2	bloques rectificadores.

FIG. 7. — Esquema del circuito de potencia y auxiliar en 25 KV y 50 Herz.

M1 a M4	motor de tracción
MC1-MC2	motor del compresor doble
MV1-MV2	motor del ventilador
GA	dínamo auxiliar
GSL	dínamo de alimentación de los motores del ventilador para la bobina de alisado.
Rch1-Rch2	radiador de calefacción de los puestos de mando
P	pantógrafo
D	desconectador de protección
R1, R2	bloques rectificadores.

FIG. 8. — Sistema de indicación de la tensión de la catenaria.

P	pantógrafo 3 KV-1,5 KV y 25 KV
SCC	seccionador de corriente continua
SCA	seccionador de corriente alterna
DUR	desconectador ultra-rápido en C.C.
Disj.	desconectador de seguridad en C.A.
Tf.	transformador
W	resistencia potenciométrica
C	condensador
RCC	relé indicador de corriente continua
RCA	relé indicador de corriente alterna
RTN	3 KV relé de tensión nula
RTN	1,5 KV relé de tensión nula

FIG. 6. — Schéma du circuit de puissance et auxiliaire en 1,5 KV continu.

M1 à M4	moteur de traction
MC1-MC2	moteur du compresseur double.
MV1-MV2	moteur de ventilateur.
GA	dynamo auxiliaire.
GSL	dynamo d'alimentation des moteurs de ventilateur par la self de lissage.
Rch1-Rch2	radiateur de chauffage des postes de conduite.
P	pantographe.
D	disjoncteur de protection.
R1, R2	blocs redresseurs.

FIG. 7. — Schéma du circuit de puissance et auxiliaire en 25 KV à 50 Herz.

M1 à M4	moteur de traction.
MC1-MC2	moteur de compresseur double.
MV1-MV2	moteur de ventilateur.
GA	dynamo auxiliaire.
GSL	dynamo d'alimentation des moteurs de ventilateur par la self de lissage.
Rch1-Rch2	radiateur de chauffage des postes de conduite.
P	pantographe.
D	disjoncteur de protection.
R1, R2	blocs redresseurs.

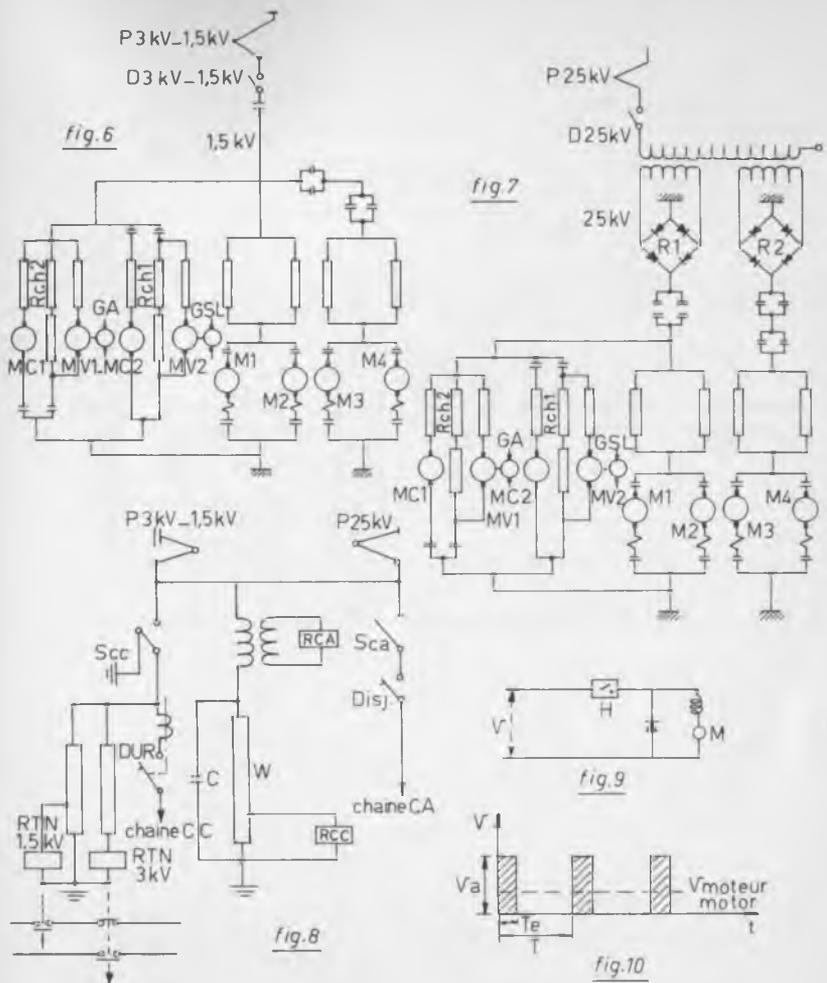


Fig. 8. — Système de détection de la tension de la caténaire.

- P pantographe 3 KV-1,5 KV et 25 KV.
- SCC sectionneur de courant continu
- SCA sectionneur de courant alternatif
- DUR disjoncteur ultrarapide à CC
- Disj. disjoncteur de sécurité à CA
- Tf transformateur
- W résistance potentiométrique
- C capacité
- RCC relais de détention du courant continu
- RCA relais de détention du courant alternatif
- RTN 3 KV relays de tension nulle
- RTN 1,5 KV relays de tension nulle

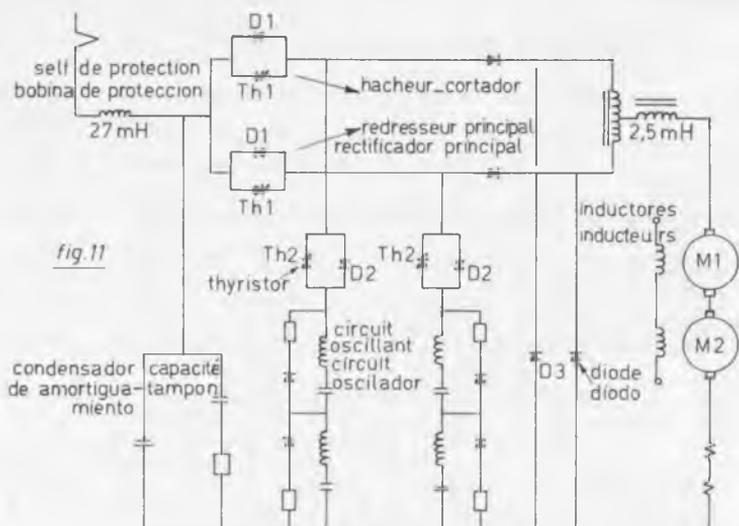


FIG. 11. — Schéma équivalent 1/3 locomotive à 3 KVcc.

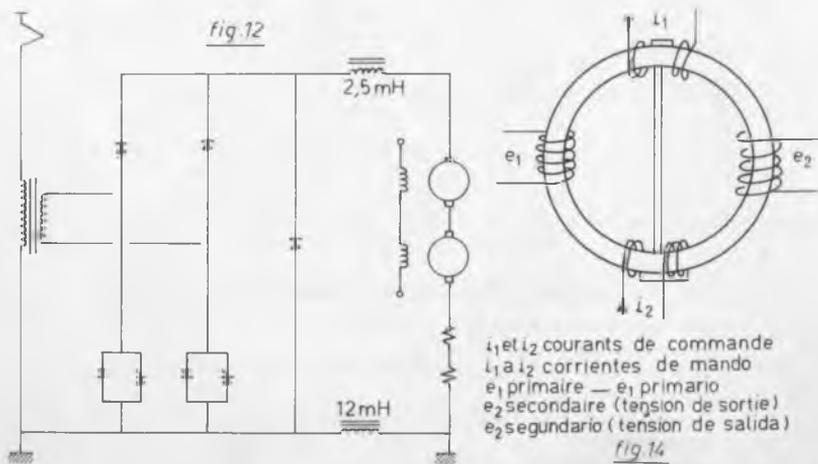


FIG. 12. — Schéma équivalent 1/3 locomotive à 15 KV ca 16 2/3 Hz ou 25 KV ca 50 Hz.

SCHEMA BLOC
ESQUEMA BLOQUE

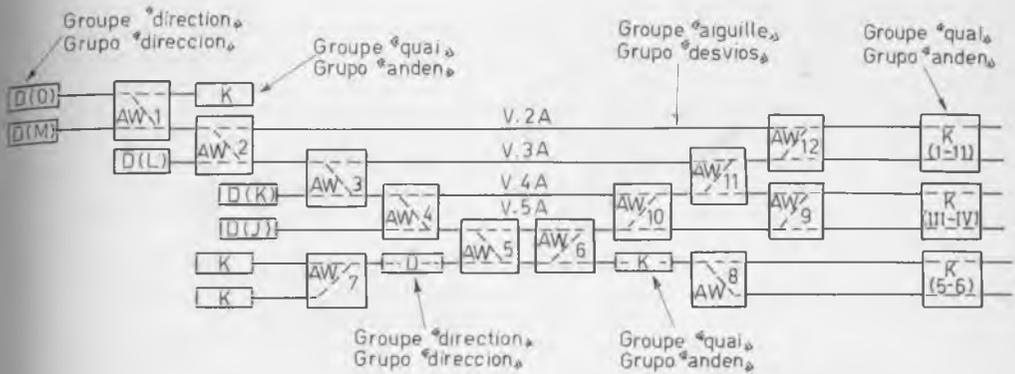


fig 13

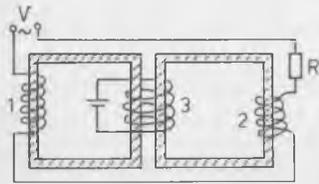


fig 15

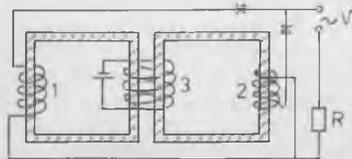


fig 16

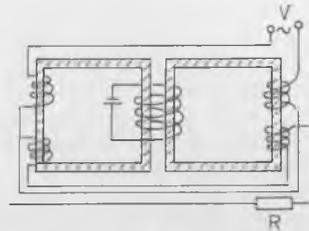


fig 17