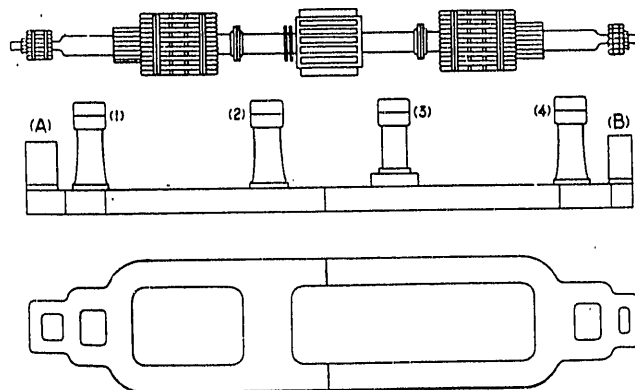


# Grupos generadores modernos

Para responder a las necesidades creadas por la electrificación de los ferrocarriles franceses, la «Compagnie P. L. M.» acaba de recibir, de la «Compagnie Française Thomson-Houston», de sus talleres de Saint-Ouen, tres grupos motor-generadores, para la subestación de alimentación del trozo de línea, ya electrificada, entre las estaciones de Culoz y Modane. La electrificación se ha hecho en corriente continua a 1 500 voltios; en la zona electrificada se dispone de energía eléctrica, en forma de corriente alterna trifásica, en transportes a 50 000 voltios, 50 períodos, generada en los saltos de los Alpes.

Así, pues, los grupos han sido proyectados de manera que puedan corresponder a las condiciones de trabajo, en una red alimentada por corriente alterna, teniendo además en cuenta que los trenes marchan en el descenso en recuperación; por esta causa se descartó desde el primer momento la idea de emplear conmutatrices.

Cada grupo se compone de un motor de corriente alterna, que acciona dos dinamos acopladas, por medio de platillos, a dicho motor, cada una a uno de los extremos del árbol; en los otros dos extremos



Figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>

libres de los árboles de las dinamos van los inducidos de las dos excitatrices, que se destinan, respectivamente, a excitar el motor, las dinamos del grupo, y la excitatriz del motor. La disposición de los inducidos y acoplamientos, así como el rotor del motor, se indica en la figura 1.<sup>a</sup>.

## Disposiciones de montaje

El conjunto de inducidos y rotor del motor, que constituye un solo árbol, va soportado sobre un zócalo común de fundición, dividido en dos partes, para facilitar el transporte. En él se apoyan cuatro cojinetes, que soportan el árbol en la disposición que se indica (fig. 2.<sup>a</sup>). El cojinete [3], en vez de apoyarse directamente en el zócalo, como los demás, se apoya sobre un larguero, que puede deslizar a lo largo del zócalo; esta disposición permite desmontar el rotor del motor sin tener necesidad de desmontar los inducidos de las dinamos, pues el entrehierro (9 mm) permite un juego suficiente para desplazar su eje; además, el espacio que queda libre cuando

se quita el cojinete [3], es lo bastante para que salga el rotor del estator, una vez que los platillos del acoplamiento han sido quitados y el estator desplazado en el sentido del árbol. Los cojinetes tienen su apoyo sobre una superficie constituida por una zona

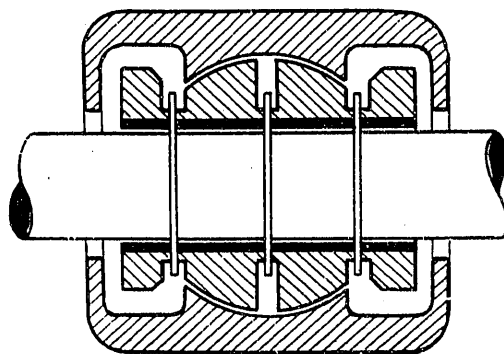


Fig. 3.<sup>a</sup>

esférica, lo que permite un juego elástico perfecto, impidiéndose de este modo calentamientos que podrían deteriorar el metal anti-fricción; esta disposición se ve en el croquis (fig. 3.<sup>a</sup>). Los cojinetes tienen engrase por anillos, en número de tres; además de refrigeración por medio de circulación de agua. Como dato curioso, citaré la cantidad de aceite que se introdujo en los cuatro para los ensayos del grupo, que ascendió a 265 litros, no notándose variación apreciable en los niveles al cabo de quince días de marcha.

Las coronas inductoras, en las dinamos, están divididas siguiendo un diámetro horizontal, en dos partes, para facilitar el montaje y el transporte, dado que su diámetro exterior es de 2,40 metros.

Tanto las dinamos como el motor son máquinas abiertas con ventilación; los ventiladores en las dinamos están constituidos por una serie de paletas roblonadas a un disco fijo al eje, colocado del lado interior de la dinamo; los colectores tienen amplios conductos que los atraviesan, así como el inducido, lo que asegura una perfecta ventilación. En el motor, los ventiladores consisten en paletas fijas a la masa del rotor.

La marcha de la corriente de aire es del extremo del eje (entrada) al lado del ventilador (salida); de este modo, la excitatriz se halla ventilada por aspiración. En cuanto al motor, sus ventiladores, colocados en cada lado del rotor, le proporcionan suficiente refrigeración.

Las excitatrices tienen su corona inductora cubierta por un costado (extremo del eje); en este casquete se halla el único cojinete, así como los portaescobillas, que pueden decalarse haciendo deslizar su soporte sobre la corona inductora, que se apoya en el zócalo por medio de un pedestal (fig. 2.<sup>a</sup> A y B).

## Características eléctricas

### Motor

Es un motor síncrono de 10 polos, tensión de trabajo 3 000 voltios, 50 períodos, 660 amperios a ple-

na carga. Está dispuesto para arrancar, en caso necesario, en asíncrono, para lo cual se halla provisto de caja de ardilla.

La velocidad de giro del grupo y, por tanto, del motor, es de 600 vueltas por minuto.

En servicio normal deberá arrancar en síncrono por medio de un transformador reductor de tensión, que reducirá el voltaje a 1 000 voltios, y, una vez que se haya puesto en marcha, se aumentará la tensión conectando el motor sobre la línea de trabajo a 3 000 voltios y poniendo fuera de circuito el transformador auxiliar. La excitación se hace por medio de la excitatriz del grupo, y se hace llegar la corriente del rotor por intermedio de cuatro escobillas que se apoyan sobre dos anillos.

Para el servicio del grupo se han suministrado, además, dos transformadores trifásicos, uno de 50 000/3 000 voltios y otro de 3 000/1 000 voltios para el arranque. Las conexiones en el estator del motor son en estrella.

Sobre la excitación hay un reostato en serie que permite regularla; cosa necesaria, teniendo en cuenta que el motor marcha en alternador cuando los trenes descienden en recuperación. La excitación en marcha normal es de 245 amperios, carga normal de la excitatriz.

### Dínamos

Son máquinas de excitación separada, en número de dos, como se indicó; tienen idéntica disposición, salvo alguna diferencia en lo que respecta a las coronas inductoras.

Estas dínamos generan la corriente a 750 voltios y suministran en plena carga 1 333,33 amperios; van conectadas en serie y, por tanto, la línea de alimentación recibe una corriente de 1 500 voltios, 1 333,33 amperios, en distribución de un solo hilo. La conexión eléctrica entre las dos dínamos y sus diversos devanados se indica en el esquema de montaje eléctrico (figura 8.<sup>a</sup>).

Las dínamos tienen ocho polos inductores en serie y ocho polos de conmutación en serie con el inducido; también tiene una espira *compound* devanada sobre las masas polares de los inductores, y, para con-

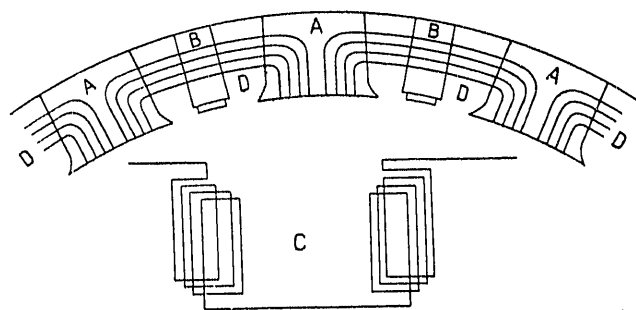


Fig. 4.ª.—A, polos del campo; B, polos de conmutación; C, esquema de la disposición de las espiras de compensación; D, espiras de compensación.

trarrestar el flujo transversal, se han dispuesto devanados de compensación que consisten en cuatro espiras que abarcan dos masas polares en sus mitades más próximas y otras cuatro la restante y la siguiente; de modo que los lados de las espiras paralelas a las espiras del inducido van introducidos en ranuras practicadas en las expansiones polares,

quedando sus otros dos lados al exterior (fig. 4.<sup>a</sup>).

Los devanados inductores se excitan por medio de la corriente producida por la excitatriz que va montada en el extremo del árbol; los circuitos de excitación están en paralelo sobre las bornas de di-

### -GRUPO-

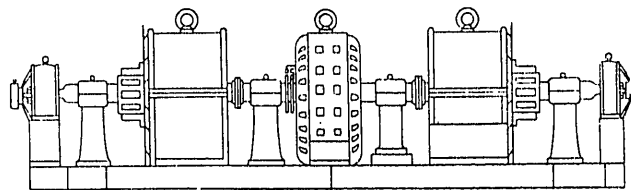


Fig. 5.ª

cha excitatriz y están provistos de su correspondiente reostato de regulación montado en serie en cada circuito.

La dínamo del lado de tierra está dispuesta de modo que su corona inductora pueda decalarse con respecto a la del lado de línea, para lo cual, en lugar

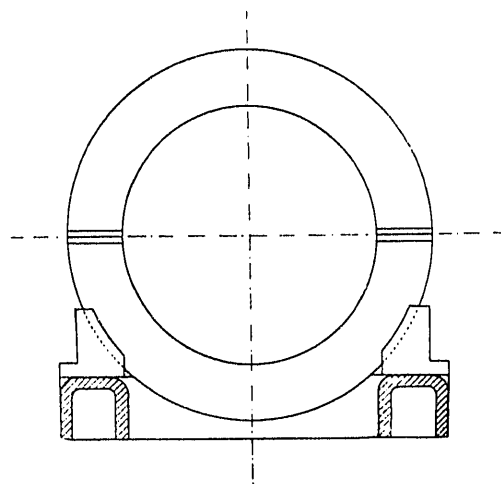


Fig. 5.ª bis

de estar fija por medio de pernos al zócalo, se apoya sobre unas deslizaderas semicirculares fijas al basamento. Se ha adoptado esta disposición para contrarrestar el efecto que se produciría si hubiera un decalaje entre las espiras de los inducidos, que en el mismo instante pasan bajo el polo inductor del mismo nombre; esto daría lugar a que las tensiones sobre las escobillas, en cada una de las dínamos, no fueran exactamente iguales, y como se hallan conectadas en serie, la suma de las tensiones variaría en los pasos sucesivos de las diferentes espiras, produciendo una corriente cuya tensión no sería constante. Por esta razón se adoptó la disposición indicada, y en los ensayos que efectuamos sobre el grupo, obteniendo las curvas de tensión en bornas de cada una de las dínamos por medio del oscilógrafo, después de decalar la corona, hemos llegado a hacer que fueran exactamente superponibles. La disposición para el decalaje de la corona se ve en las figuras 5.ª y 5.ª bis.

Los colectores están constituidos por 360 delgas, y cada máquina tiene uno solo del lado de la excitatriz. Hay ocho portaescobillas, en cada uno de los cuales van 10 escobillas que abarcan dos delgas; son de aluminio fundido y van fijados a la pantalla pro-

tecnica que separa el colector del resto de la dinamo. Esta pantalla está constituida por ocho sectores circulares, que en conjunto forman un círculo completo, y va fijada a una corona que desliza en una acanaladura practicada en la inductora, lo

En uno de los extremos del árbol se ha dispuesto un interruptor, accionado por la fuerza centrífuga que interrumpe la corriente de la bobina de sostén del disyuntor de línea, abriendo, por tanto, éste cuando la velocidad del grupo llega a 640 vueltas

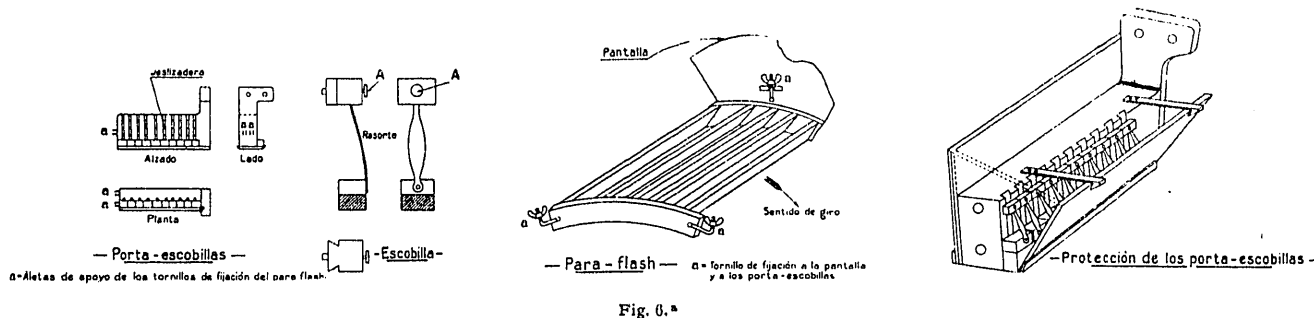


Fig. 6.a

que permite decalar las escobillas cuando sea necesario. Para lo cual, por medio de un tornillo sin fin que, accionado por una manivela, se apoya sobre un sector dentado fijo a la pantalla, se varía la posición

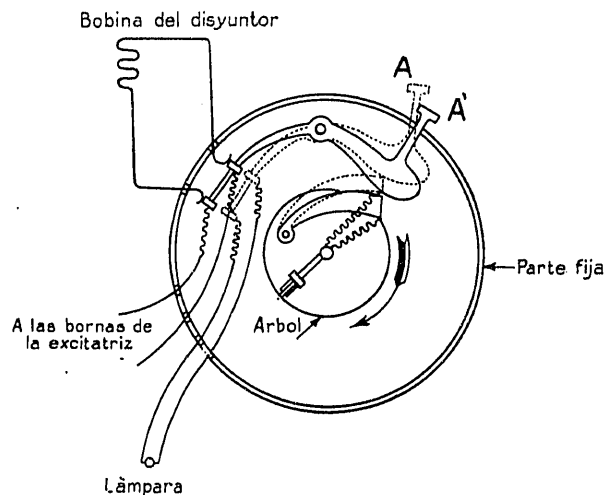


Fig. 7.a

de las escobillas. La pantalla protectora está constituida por un comprimido de amianto barnizado; todos los tornillos de fijación que hay sobre la pantalla se hallan cubiertos de caperuzas de *compound*, para evitar los arcos entre el colector y la masa. Los portaescobillas van enteramente encerrados en cajas formadas por láminas aislantes fácilmente desmontables. Asimismo, el colector va protegido del *flash* por medio de una cubierta aislante dividida en ocho partes, que se fijan a la pantalla y a cada portaescobillas; estas protecciones son también de amianto comprimido y barnizado (fig. 6.a).

Los portaescobillas (fig. 6.a) van provistos de ranuras por donde deslizan las cabezas de las escobillas, que se fijan por medio del pasador de presión A, que se mantiene comprimido por medio de un resorte a los taladros que lleva la deslizadera, pudiendo obtenerse de este modo una presión variable de las escobillas sobre el colector.

Todos los terminales entre los diferentes devanados en las dinamos salen por la parte inferior, y las conexiones entre ellos se han hecho por medio de barras de cobre fijadas con tornillos. El orden de conexiones entre las dos dinamos se ve claramente en el esquema de montaje

por minuto; al mismo tiempo, una lámpara dispuesta en el cuadro se enciende, indicando que la línea deja de ser alimentada por el grupo (fig. 7.a). La corriente que sirve para excitar la bobina de sostenimiento del disyuntor se toma de la excitatriz de las dinamos. La pieza fijada al árbol se desplaza bruscamente por la acción de la fuerza centrífuga, cuando se llega a una velocidad de 640 vueltas por minuto; venciendo la resistencia del resorte, choca con la otra pieza móvil y la coloca en la posición indicada de puntos. Para volver a la posición primitiva y poder cerrar el disyuntor basta apretar el botón A a fondo hasta que ocupe la posición A'. El resorte es graduable por medio de un tornillo. El disyuntor de línea tiene también reglaje de máxima intensidad, para evitar que el grupo soporte sobreintensidad.

### Excitatrices

Ya hemos dicho que hay dos, una en cada extremo del árbol. La destinada a la excitación del motor síncrono es una dinamo de excitación separada alimentada por la corriente de la otra excitatriz; además, tiene devanado *compound* en serie con el inducido y polos de conmutación en número de seis, siendo éste también el número de polos inductores. Su tensión es de 110 voltios, y en carga normal da 245 amperios. Como particularidad de esta excitatriz, es de notar el devanado *compound*, a más del que tiene en serie con el inducido, que se halla devanado sobre los inductores y recorrido por la co-

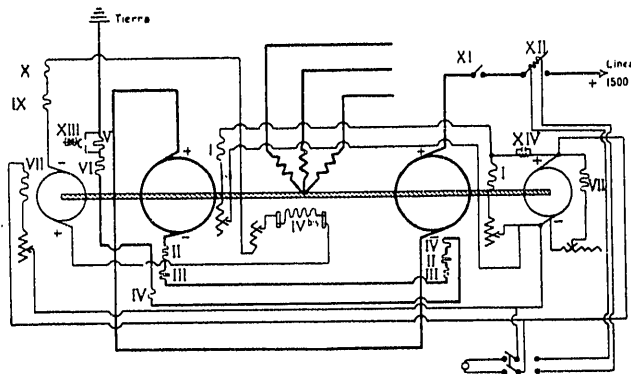


Fig. 8.a.—I, excitación separada de las dinamos; II, devanados de conmutación; III, ídem de compensación; IV, espira *compound*; IV bis, excitación del motor síncrono; V, devanado *compound* de la excitatriz; VI, devanado *anticompound* de la misma; VII, excitación independiente de la excitatriz del motor; VIII, excitación *shunt* de la excitatriz de las dinamos; IX, espiras *compound* de la excitatriz del motor; X, devanado de conmutación; XI, interruptor; XII, disyuntor; XIII, *relais* de la corriente de retorno; XIV limitador de tensión.

corriente total de las dinamos del grupo; está constituido por dos series de espiras devanadas un cierto número de ellas en el sentido aditivo y las restantes en el sustractivo, considerando el caso en que el grupo marcha en generador. El número de espiras aditivas es doble que el de las sustractivas, de modo que el flujo inductor positivo será el mismo que el que producirían las espiras sustractivas en valor absoluto. En el esquema se ve que las espiras aditivas están dispuestas para ser cortocircuitadas por medio de un contactor de corriente de retorno; esto se verifica en el caso en que los trenes, marchando en recuperación, devuelven la corriente a la línea; entonces el *relais*, accionando el contactor, pone en cortocircuito las espiras aditivas, y la excitación pasa a ser anticompunder en la excitatriz, disminuyendo su corriente y, por tanto, la excitación del motor síncrono.

La excitatriz común a las dinamos es una máquina *shunt* de 125 voltios y 100 amperios en carga normal; no ofrece ninguna particularidad interesante.

Haré observar que, para evitar una posible sobreexcitación en las dinamos del grupo, el circuito de excitación está protegido por un limitador de tensión que, en caso necesario, corta la corriente sólo en las excitaciones de las dinamos.

Los reostatos empleados en la regulación de todas las excitaciones del grupo son del tipo llamado «automáticos», pues van accionados cada uno por un pequeño motor, que marcha regulado por las alteraciones de la línea; así, en los descensos de tensión, el motor actúa aumentando la excitación de la dinamo. Estos motores accionan los ejes de los reostatos por medio de un tornillo sin fin, y tienen una disposición que hace que el motor se pare cuando los reostatos se hallan en el primero o último de sus contactos. Los reostatos pueden también ser accionados a mano por medio de una manivela.

Los ensayos de aislamiento de los diversos devanados del grupo, así como su tiempo de duración, fueron los siguientes:

5 000 voltios, 50 períodos los inducidos de las dinamos, durante cinco minutos.

2 600 voltios, 50 períodos los inductores, durante cinco minutos.

3 500 voltios, 50 períodos los polos de conmutación, espiras de compensación y compund.

10 000 voltios, 50 períodos durante dos minutos los devanados del estator del motor síncrono.

Como cifra curiosa citaré la intensidad soportada por los dos inducidos de las dinamos en serie, durante el ensayo que hicimos en cortocircuito; puesto en marcha el grupo en régimen normal, por medio de un disyuntor automático cuyo cierre provocaba el cortocircuito, se efectuó esta operación diez veces en un minuto, registrándose en el oscilógrafo la curva de intensidad, cuya ordenada máxima medida representaba 15 000 (quince mil) amperios. La duración del cortocircuito fué de ocho centésimas de segundo.

Para terminar, indicaré los pesos de los principales elementos del grupo:

| Elementos                          | Peso por unidad | Peso total  |
|------------------------------------|-----------------|-------------|
| Zócalo.....                        | 7 000 kgs       | 7 000 kgs   |
| Inducido de dinamo con su eje..... | 6 400 »         | 12 800 »    |
| Corona inductora.....              | 8 000 »         | 16 000 »    |
| Portaescobillas y pantalla..       | 1 000 »         | 2 000 »     |
| Estator del motor síncrono..       | 10 500 »        | 10 500 »    |
| Rotor con su eje.....              | 10 000 »        | 10 000 kgs. |
| Ventiladores de la dinamo..        | 700 »           | 1 400 »     |
| Ventiladores del motor.....        | 400 »           | 800 »       |
| Cojinetes 1 y 4.....               | 460 »           | 920 »       |
| Idem 2.....                        | 1 200 »         | 1 200 »     |
| Idem 3.....                        | 1 400 »         | 1 400 »     |
| Excitatriz del motor.....          | 1 750 »         | 1 750 »     |
| Idem de las dinamos.....           | 600 »           | 600 »       |
| Peso total del grupo.....          |                 | 66 370 kgs  |

Las pérdidas totales del grupo por rozamientos, histeresis, corrientes de Foucault, etc., ascienden a 62,3 kw, lo que da como energía necesaria para la marcha del grupo

$$2 \times 750 \times 1\,333,33 \div 1\,000 = 2\,062,225 \text{ kw,}$$

lo que da un rendimiento del grupo de 96,8 por 100.

Gonzalo H. JÁUDENES  
Ingeniero de Caminos

Ex agregado en los talleres de la Cie. Thomson-Houston (París)

## EL DINERO (1)

### II

#### El sofisma bancario

Se declara paladinamente: los billetes de papel moneda valen porque hay una reserva de oro o plata, por la cual serán cambiados, con sólo la voluntad de hacerlo, por parte de los tenedores del billete. ¡Falso completamente! Los billetes de Banco jamás serán cambiados, en masa, por el depósito garantizador. Este caso hipotético de voluntad de los tenedores, o no llega o, aunque llegue, no produce el re-

sultado que se anuncia. El depósito enterrado—sacado con esfuerzo baldío de las minas—seguirá siempre en su tumba, y su oficio es únicamente psicológico: sirve para trastornar nuestros pensamientos.

La demostración de esta afirmación he solido hacerla con esta parábola: Se dice que en las bodegas de cada Banco nacional hay un tesoro en garantía de nuestros billetes. Yo no he visto el tesoro; tampoco tú, lector, probablemente; algunas contadas personas, una docena, por ejemplo, saben continuamente de él, por ciencia propia; los demás, por referencia. Supongamos ahora que unos científicos ladrones, audaces y habilidosos en extremo, por un

(1) Véase el número 2 49, página 211, de la REVISTA.