

<i>ea ea ea</i>	<h1>Revista</h1>	<i>ea ea ea</i>
<h2>Tecnológico = Industrial</h2>		
publicada por la		
Asociación de Ingenieros Industriales		
<i>ea ea</i>	Barcelona, Noviembre de 1917	<i>ea ea</i>

Datos relativos a los motores monofásicos de colector del ferrocarril Pamplona - Aoiz - Sangüesa⁽¹⁾

1.^a parte. — Teoría simplificada.

MOTOR LATOUR.—Es un motor en serie, al que se han añadido unas escobillas en circuito corto, situadas a 90° de las de la corriente principal (en los motores bipolares). Su esquema es por lo tanto el de la fig. n.º 1, en la que *aa* son las escobillas de la corriente principal, que es la que pasa por el inductor, a las que llamaremos escobillas de excitación, y *bb* son las escobillas de circuito corto.

Arranque. — (2) La corriente del estator (inductor) produce un campo vertical Φ_x , la del rotor (inducido) produce otro que anula en cada instante al del estator. El devanado de excitación del mismo produce un campo Φ_y horizontal.

El diagrama de los flujos *en el espacio* es el de la fig. 2. El flujo resultante en el rotor se obtiene componiendo el opuesto al del

(1) Nuestro distinguido compañero D. Carlos Laffitte, director del ferrocarril eléctrico de Pamplona-Aoiz-Sangüesa, nos ha remitido un interesante estudio sobre los motores especiales empleados en la tracción eléctrica, trabajo que además de ser de suma actualidad, va avalado con la firma de un compañero dedicado hace tiempo a esta rama de la ingeniería que está al frente de una de las primeras explotaciones ferroviarias de esta índole existentes en España.

(2) En todo lo que sigue se desprecian las resistencias ohmicas y las pérdidas por histéresis, corrientes Foucault y rozamientos motores bipolares.

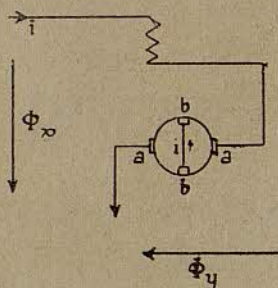


Fig. 1^a

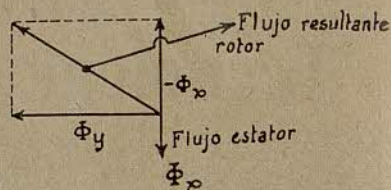


Fig. 2^a

estator con el horizontal debido a I . Si el número de vueltas y el de circuitos derivados es el mismo en el rotor y en el estator, el diagrama de las intensidades *en el tiempo*, es el de la fig. 3.

- I = intensidad en el estator y en el rotor en la dirección.
- $-I$ = intensidad en el rotor en la dirección bb .

Esto resulta inmediatamente de la fig. 2.

La corriente es evidentemente *daswatiada*, porque en el arranque no hay gasto de energía.

La corriente del devanado bb no influye en el par, porque no la corta el flujo inductor; (1) este es por lo tanto idéntico al de un motor en serie ordinario a igualdad de intensidad.

Marcha.—La rotación del rotor en el campo horizontal producido por I , produce una f. e. m. en fase con esta y una corriente I'_2 retrasada de la misma 90° (circuito inductivo sin resistencia,) (2) Esta corriente se superpone a la estática y crea un campo a 90° de I (todo esto en el tiempo); su posición en el espacio es vertical. Este campo Φ_x y el Φ_y debido a I , dan lugar a un campo giratorio.

En la fig. 4 se ven los flujos y las corrientes que los producen;

I' es la corriente resultante en el circuito bb .

(1) La dirección del flujo cortado o abrazado por el conjunto de un devanado es la del que cortan o abrazan las espiras medias entre escobillas; así el devanado bb abraza el flujo I_x que tiene la misma dirección que el abrazado por dichas espiras. Basta fijarse para comprenderlo en que esta misma dirección es también la del flujo propio del devanado bb (véase fig. 6).

(2) Sean e y e' las f. e. m. inducidas y de auto-inducción; se tiene

$$e + e' = 0 \qquad e - h \frac{di}{dt} = 0 \qquad c = h \frac{di}{dt}$$

Lo mismo que en el arranque, el par es idéntico en marcha al del motor en serie y por la misma razón.

Llamemos ahora E_r y E_i a las f. e. m. producidas por Φ_x y E'_r E'_i a las producidas por Φ_y .

La dirección de estas f. e. m. está indicada en la fig. 5.

Para ver qué f. e. m. corresponden a cada circuito, fijémonos en lo siguiente:

El devanado en cc corta al flujo Φ_y y abraza al Φ_x , de modo que hay que considerar las f. e. m. E_r y E_i . Según el teorema de Kirchoff $E'_r + E_i = 0$ ó $E_i = -E'_r$; pero observemos que esta



Fig. 3ª

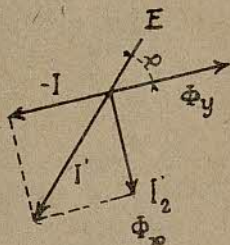


Fig. 4ª

f. e. m. E'_r no puede aparecer más que en el inductor, puesto que en el devanado en circuito corto no entra directamente la corriente. Ahora bien, el devanado de excitación corta a Φ_x y abraza a Φ , de modo que las que aparecen en el mismo son E_r y E_i .

Llamemos ahora E_k a la diferencia de potencial en los terminales del motor; esta será igual a la suma geométrica de las f. e. m. debidas a la rotación e inducción. (1)

Esta suma geométrica está indicada en la fig. 7, para el caso en que $E_i > E_r$, es decir, para velocidades pequeñas. Para grandes velocidades se tiene la fig. 8, en la que se ve que cambia el sentido de ω . E_k representa en las dos figuras la diferencia de potencial en los terminales del motor.

(1) Sean e_k e_i e_r y e'_r los valores instantáneos de la diferencia de potencial E_k y de las f. e. m. E_i E_r y E'_r ; se tiene:

$$e_k + e'_i - e_r - e'_r = 0$$

El signo de las f. e. m. de rotación es contrario al de e_k en virtud del principio de la conservación de la energía $e_k = e_r + e'_r - e'_i$.

De las figuras se deduce

$$\operatorname{tg.} x = \frac{E_i - E_r}{E'_r}$$

Si

$$E'_i = E_r, \quad x = 0$$

ahora bien:

$$\frac{E'_i}{E_r} = \frac{\Phi_y n}{\Phi_x n_r}$$

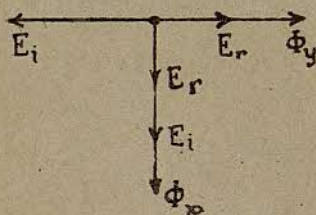


Fig. 5ª

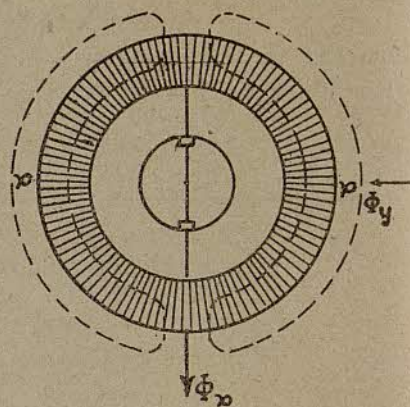


Fig. 6ª

en la que n es la velocidad de rotación del campo giratorio y n_r la del motor; (1) pero hemos visto antes que $E'_r = -E_i$ o lo que es lo mismo

$$-\Phi_y n_r = -\Phi_x n \quad \text{o} \quad \frac{\Phi_y}{\Phi_x} = \frac{n}{n_r}$$

luego

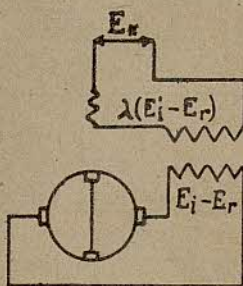
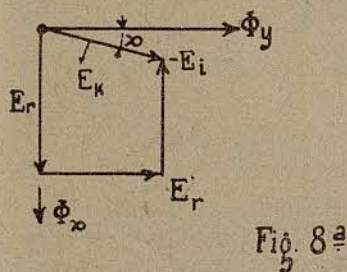
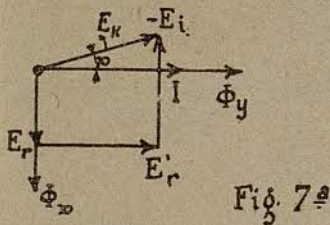
$$\frac{E'_i}{E_r} = \frac{\Phi_y n}{\Phi_x n_r} = \left(\frac{n}{n_r}\right)^2$$

La compensación completa exige $x = 0$ cos $x = 1$; entonces $E'_i = E_r$, $n = n_r$ y $\Phi_y = \Phi_x$ lo que nos dice que *en el sincronismo el campo giratorio es circular y el factor de potencia igual a la unidad*. La f. e. m. resultante es entonces E'_r , que como hemos visto aparece en el estator de modo que toda la energía se absorbe entonces al paso de la corriente por el estator.

(1) En vueltas por segundo: n frecuencia de la corriente.

MOTOR WINTER EICHBERG.—Difiere del anterior en que se intercala en el circuito de excitación un transformador, cuya relación de transformación es variable. La fig. 9 representa esquemáticamente este motor.

Sea λ la relación de transformación del transformador de excitación. El diagrama de este motor es el de la fig. 10; que comparado con el del motor Latour (fig. 7), se vé que Φ_y se toma en sentido contrario, (para tener en cuenta la influencia del transforma-



dor en serie); además en vez de E_r y E'_i hay que tomar en este caso λE_r y $\lambda E'_i$.

La fig. 11 representa el diagrama para velocidades grandes (corresponde a la fig. 8 para el motor Latour).

Estudiemos ahora las condiciones de compensación.

Para este motor se tiene $\text{tg. } x = \frac{\lambda(E'_i - E_r)}{E'_r}$ y como antes

$$\frac{E_i}{E_r} = \frac{\Phi_y n}{\Phi_x n_r}$$

Además ahora

$$\frac{E'_r}{\lambda} + E_i = 0 \quad \text{o} \quad E'_r = -\lambda E_i$$

que equivale a

$$\frac{\Phi_y}{\Phi_x} = \lambda \frac{n}{n_r} \text{ por tanto } \frac{E'_i}{E_r} = \lambda \left(\frac{n}{n_r} \right)^2$$

La compensación exige como antes $E'_i = E_r$ pero esta condición se traduce ahora en la de $\lambda = \left(\frac{n_r}{n} \right)^2$ de modo que para cada valor de la velocidad de rotación hay un valor de λ , con el cual se obtiene $\cos x = 1$. Esto permite, variando la relación de transformación del transformador de excitación, obtener un buen factor de

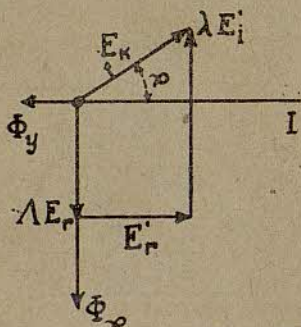


Fig. 10^a

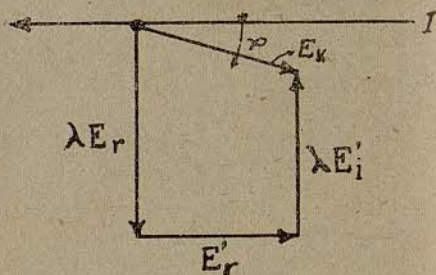


Fig. 11^a

potencia a distintas velocidades, y es una ventaja de este motor. La condición para que el campo giratorio sea circular es

$\lambda = \frac{n_r}{n}$; esta condición se concilia con la anterior si $\lambda = 1$ y $n_r = n$ que es el caso del motor Latour a la velocidad del sincronismo.

ESTUDIO DE LA CONMUTACIÓN

La condición de una buena conmutación es anular la variación de flujo de las bobinas puestas en circuito corto por las escobillas, o lo que es lo mismo, la fuerza electro motriz resultante en las mismas.

En el motor Latour es fácil de comprobar que esto ocurre a la velocidad del sincronismo, porque entonces el campo giratorio es

circular y gira sincrónicamente con el motor. Para velocidades distintas del sincronismo, existen dos f. e. m. en las bobinas en cuestión: una de rotación y otra de inducción, que llamaremos respectivamente e_r y e_i ; la primera (refiriéndonos a las bobinas del devanado en circuito corto) es producida por Φ_x y la segunda por Φ_y ; sus valores son

$$e_i = C^{te} \times n_e \times n \Phi_y, \quad e_r = C^{te} \times n_e \times n_r \Phi_x$$

n_e = número de espiras de las bobinas en circuito corto; la f. e. m. resultante es $e_i - e_r = C^{te} n_e (n \Phi_y - n_r \Phi_x)$ y teniendo en cuenta que $\frac{\Phi_x}{\Phi_y} = \frac{n_r}{n}$ resulta

$$e_i = e_r = C^{te} n_e \left(n - \frac{n_r^2}{n} \right) \Phi_y$$

Para $n_r = n$ la f. e. m. es cero, como ya lo habíamos previsto, y según sea n_r menor o mayor que n , domina la f. e. m. de inducción o de rotación.

Para obtener con este motor una buena conmutación en el devanado en circuito corto, vemos que conviene adoptar n_e lo menor posible, es decir, igual a 1; además, conviene reducir Φ_y y Φ_x , lo cual puede conseguirse sin disminuir la potencia del motor, adoptando un gran número de conductores para el devanado del rotor; éste está limitado por el ancho de las delgas del colector, que no debe bajar de 4 mm.

En el devanado de excitación, la conmutación es perfecta a todas las velocidades; en efecto, aquí se tiene para las bobinas conmutadas

$$e_i = C^{te} n_e \Phi_x n \quad e_r = C^{te} n_e \Phi_y n_r$$

y como sabemos que $\Phi_x n = \Phi_y n_r$; queda demostrada la compensación.

En el motor Winter Eichberg tenemos las relaciones (para el devanado en circuito corto)

$$e_i = C^{te} \times n_e \times n \Phi_y \quad e_r = C^{te} \times n_e \times n_r \Phi_x$$

como antes; pero aquí se tiene $\frac{\Phi_y}{\Phi_x} = \lambda \frac{n}{n_r}$ de modo que

$$e_i - e_r = C^{te} n_e \left(n - \frac{n_r^2}{\lambda n} \right) \Phi_y$$

y para que $e_i - e_r = 0$ basta que $\lambda = \left(\frac{n_r}{n} \right)^2$ que es la condición que hemos visto que hacía $\cos x = 1$. En este caso puede obtenerse la conmutación perfecta para cada velocidad (en el devanado a circuito corto) variando la relación λ . Veamos lo que entonces ocurre en el otro devanado.

En este se tiene (bobinas conmutadas)

$$e_i = C^{te} n_e \Phi_x n \quad e_r = C^{te} n_e \Phi_y n_r \text{ (como el motor Latour);}$$

además se tiene ahora

$$\Phi_y n_r = \Phi_x \lambda n$$

de modo que $e_i - e_r = C^{te} n_e (1 - \lambda) \Phi_x n$

si $\lambda = \left(\frac{n_r}{n} \right)^2$ (valor que compensa las f. e. m. en las bobinas conmutadas en corto circuito), se tiene

$$e_i - e_r = C^{te} n_e \left[1 - \left(\frac{n_r}{n} \right)^2 \right] \Phi_x n$$

vemos que al compensar las bobinas conmutadas del devanado en circuito corto dejan de estarlo las de excitación que lo estaban en el motor Latour.

Adoptemos un valor de λ intermedio entre 1 y $\left(\frac{n_r}{n} \right)^2$; sea

$\lambda = \frac{n_r}{n}$; hemos visto que para este valor de λ el campo giratorio es circular, es decir, que la f. e. m. resultante es la producida por la rotación en un campo de velocidad $(n_r - n)$.

La f. e. m. resultante es entonces:

para las bobinas en corto circuito $e_r = C^{te} n_e \Phi_y (n_r - n)$

para las bobinas de excitación $e_r - e_i = C^{te} n_e \Phi_x (n_r - n)$.

La conmutación es siempre perfecta en el sincronismo (1).

(1) Estos valores pueden también deducirse sustituyendo el nuevo valor de λ en la igualdad anterior que da $e_i - e_r$

Como vemos, en el motor Winter Eichsberg se puede hasta cierto punto mejorar la conmutación a distintas velocidades en el devanado en circuito corto haciendo variar λ ; sin embargo, es a costa de que deje de ser perfecta en el otro devanado, a pesar de lo cual es conveniente, como decimos, dentro de ciertos límites.

EXPRESIÓN DEL PAR

MOTOR LATOUR.—Hemos dicho ya que el par es independiente del flujo Φ_x , de modo que en él sólo intervienen el Φ_y , debido a la corriente de excitación del rotor y la corriente I del estator.

La expresión del par es $P = C^{te} \times \Phi_y \times I \times N_c$.

N_c = número de conductores del inductor.

Pongamos ahora Φ_y en función de E_k ; para ello se tiene

$$E_k = \sqrt{E_r'^2 + (E_r - E_i')^2}$$

y $E_r' = K n_r N_c \Phi_y$

$$E_r = K' n_r N_c \Phi_x = K' \frac{n_r^2}{n} N_i \Phi_y$$

$$E_i' = K' n N_i \Phi_y$$

N_i = número de conductores del inducido.

De las relaciones anteriores se deduce

$$\Phi_y = \frac{E_k}{n \sqrt{N_i^2 K'^2 \left[1 - \left(\frac{n_r}{n} \right)^2 \right]^2 + N_c^2 K^2 \left(\frac{n_r}{n} \right)^2}}$$

y

$$C = \frac{C^{te} E_k I N_c}{n \sqrt{N_i^2 K'^2 \left[1 - \left(\frac{n_r}{n} \right)^2 \right]^2 + \left(N_c K \frac{n_r}{n} \right)^2}}$$

Vemos que el par es proporcional a los kilovolt-amperios y no a los kilowatios.

El par de arranque es ($n_r = 0$)

$$C_a = C_1^{te} \frac{E_k I N_c}{n N_i}$$

es proporcional a los kilovolt-amperios e inversamente proporcional a la frecuencia.

En el sincronismo se tiene ($n_r = n$)

$$C_1 = C_2^{te} \frac{E_k I}{n}$$

por lo tanto ocurre lo mismo que en el arranque.

MOTOR WINTER EICHSBERG.—Para este motor se deduce siguiendo la misma marcha

$$C = \frac{C^{te} E_k I N_c}{n \sqrt{\left[N_i K' \lambda \left(1 - \left(\frac{n_r}{n} \right)^2 \right) \right]^2 + \left(N_c K \frac{n_r}{n} \right)^2}}$$

En el arranque se tiene

$$C_a = C_1^{te} \frac{E_k I N_c}{\lambda n N_i}$$

de modo que el par de arranque aumenta al disminuir λ .

En el sincronismo tendremos

$$C_1 = C_2^{te} \frac{E_k I}{n}$$

El par es independiente de λ .

En este motor se puede actuar para regular el par motor, y por lo tanto la velocidad sobre la tensión de alimentación y sobre la relación λ . En el motor Latour la regulación se efectúa actuando sobre la tensión de alimentación.

2.^a parte

DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LOS MOTORES

MOTORES LATOUR.—Estos motores son capaces de desarrollar una potencia horaria de 60 HP a 600 voltios con corriente mono-

fásica a 25 períodos. Son tetrapolares y a la velocidad del sincronismo giran a 750 revoluciones.

El devanado del estator es repartido y presenta el mismo aspecto que el de los motores de inducción, estando el núcleo formado por chapas superpuestas, como el de todos los motores monofásicos.

El devanado del rotor es en bucle (devanado en cantidad) y tiene por tanto dos pares de escobillas de excitación y otros dos de circuito corto; cada sección consta de una sola espira, a fin de obtener una buena conmutación, y para ello ha sido necesario adoptar un gran número de delgas de ancho reducido (324 delgas de 4 mm).

La conmutación de estos motores es excelente a todas las cargas y velocidades, siendo insignificante el consumo de escobillas.

Los motores que nos ocupan son del tipo cerrado, efectuándose el enfriamiento a través del inductor y de las tapas del motor. El rotor tiene una ranura de ventilación que determina una circulación de aire en el interior del motor.

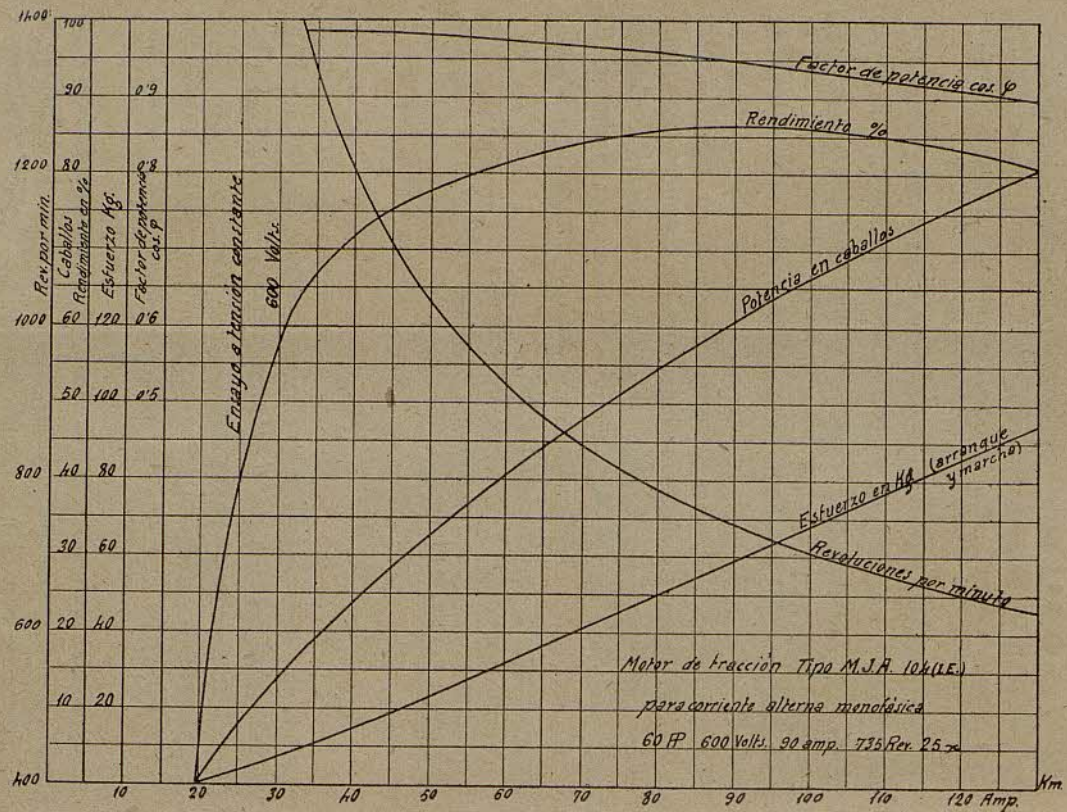
La lubricación de los cojinetes del inducido se efectúa por medio de anillos, como en los motores fijos; los cojinetes de suspensión tienen engrase de mecha.

Otros datos.

Relación de transmisión de los engranes.	19/89
Velocidad del tren en el sincronismo.	28,5 km. p. h.
Id. máxima en horizontal.	55 km.
Diámetro del colector.	420 mm.
Entrehierro.	2 mm.

Curvas del motor.—Sólo tenemos las curvas a tensión constante (600 voltios). Estas presentan gran analogía con las de los motores en serie de corriente continua, lo cual se explica fácilmente, apoyándose en la teoría simplificada antes expuesta.

En las curvas se ve también que $\cos \varphi = 0.95$ para la velocidad del sincronismo; la teoría da $\cos \varphi = 1$; pero como hemos dicho, es sólo aproximada.



Curvas del motor Latour.

Regulación.—La regulación para el arranque y la marcha se efectúa por medio de un auto transformador de relación de transformación variable. En el primer punto la tensión secundaria es de 300 voltios y aumenta de 50 en 50 hasta 650 en el punto octavo, que es el directo a la línea cuando los motores trabajan en la baja tensión. En la alta, la tensión primaria es de 6000. Hemos representado en la fig. 12 las conexiones correspondientes al segundo punto del regulador; 8 y 7 son las conexiones del transformador con el regulador para el punto indicado. Como se ve, la conexión entre los motores y el transformador se establece a través de una bobina con núcleo de hierro, dispuesta de modo que no ofrece autoinducción a la corriente que va del transformador al motor y sí a la del circuito corto entre los puntos 7 y 8 del transformador.

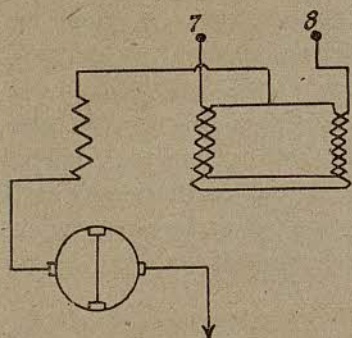


Fig. 12^a

MOTORES WINTER EICHSBERG.—La potencia horaria de estos motores es de 80 HP y son también tetrapolares.

La disposición del estator es análoga a la de los anteriores; el rotor tiene un devanado ondulado en serie y sólo necesita por tanto dos escobillas de excitación; las de circuito corto son cuatro. Cada sección tiene en estos motores cuatro conductores en vez de dos en los anteriores; el número de delgas del colector es de 221 y su ancho cerca de 6 m/m. Estas circunstancias no son tan favorables para la conmutación como las del motor que antes hemos descrito, pero están compensadas con el empleo del transformador en serie de relación de transformación variable y con el de los polos auxiliares que veremos más adelante.

La conmutación es en estos motores buena para velocidades comprendidas entre el arranque y 1,25 de la de sincronismo. Para velocidades mayores se presentan las chispas en el colector.

La conservación de los colectores exige mayor cuidado que en

el otro motor, debido a que la materia aislante empleada en los mismos es más dura que el cobre y queda saliente al cabo de un cierto tiempo de funcionamiento; lo que obliga a rebajarla periódicamente con un aparato especial. El desgaste de escobillas fué muy grande en un principio, pero se ha conseguido reducirlo reformando la disposición de los porta-escobillas y adoptando una presión adecuada de estas sobre el colector (0,5 kg. por cm.²).

Estos motores no están completamente cerrados, sino que tienen entradas y salidas de aire para la ventilación del colector y del interior del inducido. Esta última se efectúa gracias a un ventilador montado en el eje del motor y aquella merced a unas paletas colocadas en el inducido del lado del colector, que desempeñan también el oficio de ventilador. Esta última ventilación tiene la ventaja de dar salida al polvo de carbón a que da lugar el funcionamiento del motor, que de otro modo se depositaría sobre las bobinas, perjudicando a su aislamiento.

Ha sido preciso disponer filtros de aire en las entradas del mismo, porque el polvo las obstruía pronto y anulaba la ventilación.

Con la ventilación mecánica se consigue un aumento de importancia en la potencia del motor en servicio permanente. La potencia horaria en cambio aumenta poco, por lo que es más adecuada al servicio de ferrocarriles que al de tranvías.

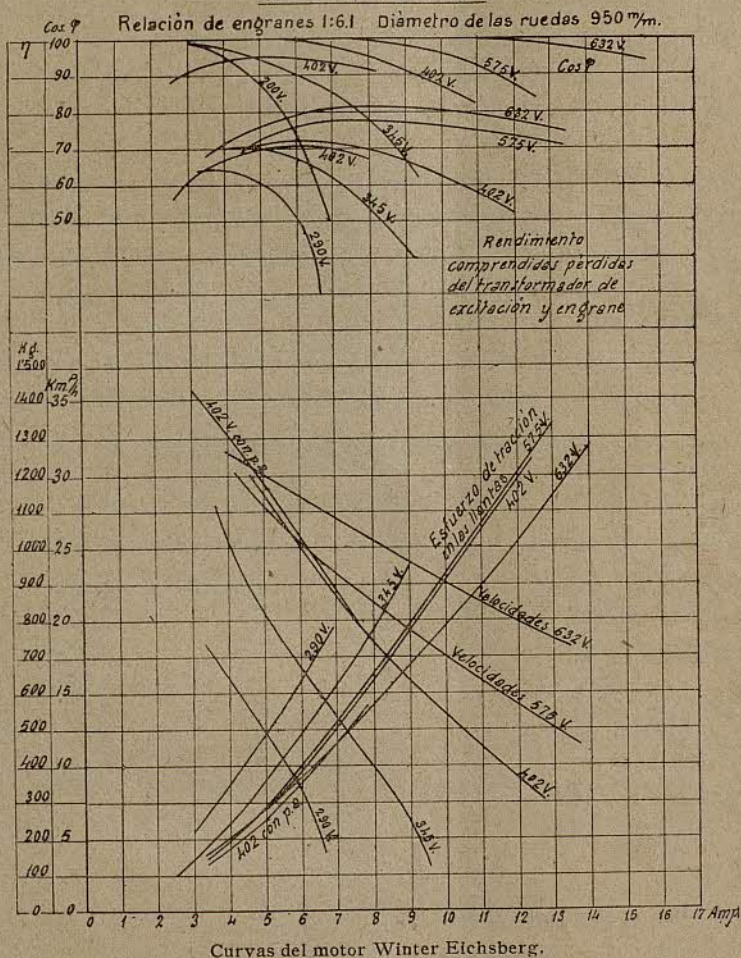
La lubricación de todos los cojinetes de este motor es por almohadillas; el aceite sucio sale al exterior, evitándose así el que perjudique a los aislamientos.

Otros datos

Relación de transmisión de los engranes.	15/92	
Velocidad del tren en el sincronismo.	22	km. p. h.
Id. máxima en horizontal	38	»
Diámetro del colector.	420	m/m.
Entrehierro.	25	»
Peso del motor completo	1750	kg.

Curvas del motor.—El adjunto gráfico representa las características del motor a distintas tensiones y con valores de λ variables. Las curvas son análogas a las del motor Latour y en ellas se

W. E. 39. (A.E.G.)
6000 Volt. 25 Periodos



ve claramente la influencia de λ que hemos hecho resaltar en el estudio teórico de este motor. El valor de λ es = 0.45 en las curvas 1.^a, 2.^a y 3.^a que corresponden al arranque y a la marcha a pequeña velocidad. En las curvas 4.^a y 5.^a, $\lambda = 1.25$; estas son las curvas que corresponden a la marcha a gran velocidad.⁽¹⁾ Antes

(1) Estas curvas son las de la parte inferior de la figura que bajan de izquierda a derecha.

hemos hecho observar que la conmutación se efectúa sin chispas hasta una velocidad $= 1.25$ de la de sincronismo y $\lambda =$ también a 1.25; la teoría expuesta explica esta coincidencia.

La influencia del aumento de λ en la reducción del par, se ha explicado ya y se ve bien en las curvas 3.^a y 4.^a.

Regulación.—La regulación en estos motores se efectúa actuando (como en los anteriores) sobre la tensión por medio del transformador principal y variando además la relación del transformador de excitación. Las tensiones de los distintos puntos del regulador son

I	II	III	IV	V
300	360	420	540	600

Los valores de λ son como hemos dicho 0,45 para los puntos I, I y III y 1,25 para los IV y V.

I

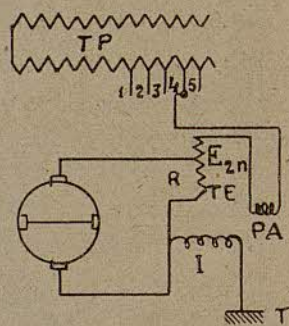
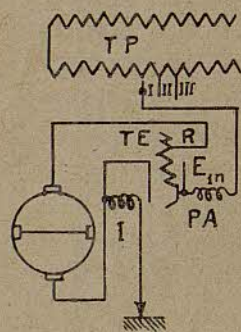


Fig. 13.^a

TP = Transformador principal.
 TE = id. excitación.
 I = inductor.
 PA = Polos auxiliares.
 T = Tierra.

En la fig. 13 representamos las conexiones de un motor con el transformador principal y el de excitación correspondiente a los distintos puntos del regulador.

CARLOS LAFFITTE.

Director del ferrocarril de P.-A.-S.

Pamplona, Noviembre 1917.

De la nacionalización de las fuerzas hidroeléctricas

La potencia utilizable en los saltos de agua es una riqueza nacional de extraordinaria importancia para la consecución de nuestra independencia económica y de nuestra capacidad de vida y de defensa. La energía mecánica o la eléctrica, desarrolladas en las instalaciones hidráulicas o hidroeléctricas, representan un enorme ahorro de carbón; y, en algunos casos, la energía eléctrica puede proporcionar medios de defensa no alcanzables por los procesos térmicos ordinarios. Por ejemplo, la fabricación de ácido nítrico y nitratos sintéticos (para explosivos y para abono de la tierra respectivamente), la del aluminio, la de muchas aleaciones de hierro utilizadas en la fabricación de aceros especiales para artillería, herramientas indispensables, etc., etc. De la importancia de estos problemas y de la consideración que merecen son prueba los folletos del señor don J. Urrutia, del señor Gallego y los dos últimos míos.

El transporte de la energía hidroeléctrica a los distintos puntos de consumo se hace mediante líneas de transmisión tendidas especialmente, y por lo tanto no exige movilización de material alguno, no estando expuesto a interrupciones como sucede, por aglomeración de vagones o peligros de navegación, con el transporte del carbón, en estos tiempos de guerra. Por ello resulta una energía más autónoma, más independiente de la situación exterior que la proporcionada por el carbón, etc. Gracias a ella no se ha interrumpido la vida industrial de Cataluña y se ha evitado un pavoroso conflicto.

Conviene pues que, al lado de la intensificación en el arranque de carbones, el Estado se preocupe del aprovechamiento de nuestros saltos de agua. Y surge la cuestión: ¿conviene la nacionalización de nuestras fuerzas hidráulicas, de nuestras empresas hidroeléctricas? Claro que, en principio, la nacionalización es siempre conveniente, como lo es la de todos nuestros elementos de produc-

ción; pero hay que tener en cuenta que para nuestra actual independencia *tiene aún más interés el pronto aprovechamiento de nuestros saltos*. Desde luego no debería permitirse que ninguna línea de transmisión cruzara nuestras fronteras, salvo en el caso especial de que resultara beneficioso a los intereses nacionales (por ejemplo, para la electrificación de la tracción en los túneles transpirenáticos); pero cuando compañías extranjeras producen y consumen fuerza en España, no podemos objetar el peligro de la enajenación de una fuente de riqueza nacional como cuando permitimos a compañías extranjeras que exporten minerales de cobre, etc. sin beneficiar ni transformar. En nuestro caso el país sólo pierde los beneficios que obtiene el capital extranjero.

El peligro de las sociedades hidroeléctricas extranjeras es pues menor que el de dejar en manos extrañas nuestra industria minera y nuestros transportes (cuyas líneas no sirven siempre a los intereses nacionales). Y en vista de la poca iniciativa y acometividad de los capitales españoles, *es preferible la admisión de capitales extranjeros que la paralización del desarrollo de nuestros aprovechamientos hidráulicos*. La intervención del Estado más bien tiene interés para la protección de las industrias ulteriores que puedan servir a los intereses nacionales: por ejemplo, deben merecer más atenciones las industrias como la del ácido nítrico y los nitratos sintéticos, que las fábricas que utilicen la energía eléctrica para obtener productos necesarios a alguna nación extranjera, pero no indispensables para la vida, la defensa o la elevación de nuestra economía nacional.

Pero dos razones abogan, por otra parte, por la intervención del Estado en las futuras empresas hidráulicas. 1.º Su posible utilización para electrificar ferrocarriles estratégicos e industrias indispensables para la defensa nacional. (No obstante, en Italia, las empresas metalúrgicas alemanas, como la importantísima de los hermanos Manessmann, han prestado gran utilidad al país con solo nacionalizarlas al estallar el conflicto con los imperios centrales). 2.º En vista de que los capitales españoles son demasiado temerosos y los extranjeros, que hasta ahora habían secundado en parte estas empresas, después de la guerra quizá deban invertirse en la reconstitución de sus respectivos países,

para activar nuestros aprovechamientos hidráulicos sería de utilidad la intervención del Estado

La actual Ley de caducidad de las concesiones cuando no se construyen los saltos en plazos determinados, en la forma en que está promulgada, ocasiona generalmente una *prolongación desmesurada del periodo de tramitación de las concesiones*.

La contribución a los saltos no explotados perjudicaría injustamente precisamente a los iniciadores de nuestro progreso hidráulico; pues los proyectos verdaderamente serios (y esto debería exigirse para otorgar las concesiones) resultan caros; y los capitales podrían después acudir cuando los concesionarios hubiesen perdido ya la concesión de un proyecto oficial de aprovechamiento, y podrían aprovechar a este último sin ningún gasto, a no ser que se les obligara a pagar el proyecto. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los saltos no se explotan no por culpa de los concesionarios sino por timidez del capital indispensable, pues *el valor de las concesiones comparado con el coste de las construcciones e instalaciones es relativamente insignificante y no puede suponerse que resulte un impedimento para la realización de los negocios*.

El problema podría resolverse de otra manera. El Estado podría garantizar un interés para el capital de construcción e instalación durante un periodo fijado de antemano, a cambio de una amortización o reversión de los saltos en favor del Estado. Y como los saltos construídos han sido destinados a aplicaciones determinadas y por lo tanto resultaría irrealizable la incautación de los mismos por el Estado, con lo que aparecerían graves perturbaciones, éste podría cobrar sus derechos en forma de una contribución por caballo útil impuesta al concesionario.

Debería estudiarse detenidamente cuál debe ser el interés que garantice el Estado, sobre qué capital de instalación (yo creo sólo sobre obras e instalación de tuberías forzadas), duración de la protección, plazo de la amortización o de la contribución.

En muchos países los saltos son del Estado y éste los arrienda a los mejores postores. A veces construye y arrienda la fuerza ya producida.

En conjunto creo que podremos concretar, para nuestro caso, las siguientes conclusiones:

I.—El Estado no debe conceder los saltos de agua sin que se presenten proyectos de aprovechamiento verdaderamente estudiados, con todas las nivelaciones y planos necesarios.

II.—La tramitación de las concesiones no podrá detenerse por ningún motivo. Deberá fijarse un plazo máximo, por ejemplo, de un año.

III.—El Estado garantizará un interés fijado de antemano sobre las obras de construcción del salto, instalación de tuberías, etc. (detalles a determinar), a las compañías españolas que quieran explotarlo.

IV.—A cambio del interés, que el Estado concederá durante un período de tiempo prefijado, se fijará un plazo máximo improrrogable para la terminación de las obras de construcción y un plazo máximo para la reversión de la concesión.

V.—Se entiende que el Estado, al llegar la época de reversión, en vez de tomar posesión de los saltos, cobrará una contribución por caballo. Esta contribución podría quizás redimirse de una vez.

VI.—Antes de terminar fechas, números y condiciones para la aplicación de estos preceptos, el Estado debería abrir una información y resolver según lo que de ella resulte.

VII.—El Estado debería proceder a formar una estadística de los saltos aprovechables no denunciados, y de no convenirle construirlos por su cuenta, debería otorgar su concesión, *en las condiciones previstas, al primer postor español*.

VIII.—Estas disposiciones no deben afectar a las compañías que tienen ya saltos construidos, o en construcción.

IX.—En cuanto a los actuales concesionarios que tengan saltos sin construir, deberán aplicarse los anteriores preceptos, pero podría dárseles la libertad de acogerse a la protección de interés tal como hemos determinado, o de conservar su libertad pagando contribución inmediata fuertemente progresiva hasta que se terminara la construcción. Después podrían sólo satisfacer las contribuciones ordinarias. Los actuales concesionarios extranjeros podrían continuar gozando de la antigua ley de plazo fijo, sin la actual ventaja de la posible detención de la tramitación, o bien pa-

gar estas contribuciones progresivas, pero no podrán disfrutar de la protección por garantía de interés.

X.—No se permitirán líneas de transmisión que atraviesen las fronteras. Admitiendo estas conclusiones, las cosas quedarían como sigue:

1.º Los concesionarios que tienen obras terminadas como en construcción podrán continuar gozando de la ley actual.

2.º Los concesionarios españoles que no hayan empezado las obras podrán escojer entre

a) Acojerse a la ley actual, debiendo emprender y terminar las obras dentro de los plazos fijados por la ley actual. En ningún caso se permitirá la detención de la tramitación.

b) Conservar la concesión de los saltos sin construir, pagando una contribución fuertemente progresiva hasta la terminación de las obras, en cuyo momento quedarán en la misma forma que los propietarios de los saltos actualmente construidos.

c) Acojerse a la ley de protección de interés, con la obligación de la reversión o pago de contribución al Estado después de un plazo prefijado.

3.º Los concesionarios exranjeros que no tengan empezadas las obras sólo podrán acojerse a las condiciones a) y b) del párrafo 2.º.

4.º Los demandantes que tengan saltos en tramitación, tendrán la obligación de situarse en las condiciones 2.ª o 3.ª (según se trate de nacionales o exranjeros) antes de la terminación de un año (plazo máximo admitido para la tramitación de la concesión).

5.º Los saltos pedidos más tarde y los concedidos por el Estado después de la estadística se acojerán sólo al párrafo c) de 2.º, o deberán pagar un canon continuo, elevado y progresivo.

JOSÉ BARTOMEU GRANELL.

NOTICIAS

LA TERMINACIÓN DEL PUENTE DE QUEBEC.—Hace cosa de un año⁽¹⁾ nos ocupamos por segunda vez en esta Revista del Puente de Quebec, colosal obra de ingeniería, cuya construcción ha ofrecido muchas vicisitudes, desde la caída de los cantilevers, ocurrida en 30 de Agosto de 1907, hasta la del tramo parabólico central, acaecida en el verano de 1916, cuando se elevaba desde el río hasta su posición definitiva. La causa del último accidente fué, según expusimos, la ruptura de un soporte de acero intermedio que formaba parte de una doble articulación que se interpuso entre una de las vigas transversales de suspensión y el extremo de una cercha. Esta forma de suspensión, que había sido utilizada a la vez para el transporte del tramo sobre gabarras desde el lugar donde se montó hasta el emplazamiento definitivo y para la elevación, fué desechada en vista de sus malos resultados y sustituida por apoyos bajos, consistentes en placas de acero con una cuña intermedia de acero al níquel, cuya superficie ligeramente redondeada permitía pequeñas oscilaciones, suficientes durante la elevación del tramo y que no ofrecían en cambio los peligros de las dobles articulaciones anteriores. Verdad es que éstas habían sido establecidas más bien para el transporte fluvial del tramo sobre gabarras, que lo sostenían por sus extremos, pero en el caso actual se emplearon gabarras trabadas entre sí con fuertes arriostrados y se apoyó el puente no por sus extremos, sino a lo largo del mismo.

La operación total se llevó, pues, a cabo, del modo siguiente: Montado el tramo parabólico sobre un andamiaje establecido sobre el río tres millas y media más arriba del emplazamiento definitivo, se le dejó apoyar sobre cuatro vigas transversales cortas, una para cada extremo de cercha principal, que descansaban sobre los extremos del andamio. Separando la parte central de éste, se introdujeron debajo las gabarras que habían de transportar el tramo y se le dejó descansar sobre ellas, llevando suspendidas las vigas transversales citadas. Al llegar debajo de su emplazamiento, se fijaron dichas vigas a unas cadenas de suspensión por medio de pasadores y se empezó la maniobra de elevación en la misma forma de antes; es decir, elevando con gatos hidráulicos montados sobre los cantilevers las cadenas de suspensión, fijándolas a una traviesa fija y bajando luego los gatos para emprender una nueva carrera. Los gatos eran en número de ocho, dos por extremo de cercha y su potencia era de 1000 ts. cada uno, con una carrera de 60 cm., de modo que para recorrer la altura total de 45 m. desde el río hasta los cantilevers, hubo que hacer 75 maniobras, lo cual exigió varios

(1) Véase número de Octubre de 1916.

días. Durante esta maniobra, la suspensión iba atirantada transversalmente para evitar los efectos del viento y estos atirantados se iban cambiando a medida que el tramo iba subiendo. Llegado por fin el tramo parabólico a la altura de los cantilevers, se colocaron los pasadores de enlace y quedó montada la parte principal de esta colosal obra, que pronto deberá abrirse a la circulación.

LOS BUQUES DE CEMENTO ARMADO Y LA BOTADURA CON INVERSIÓN.—La revista «Engineering» ha publicado recientemente interesantes detalles sobre la construcción de un buque de cemento armado hecho en los astilleros de Porsgrund (Noruega), que además de consolidar la posibilidad práctica de esta clase de construcciones, ofrece curiosos detalles en cuanto a su botadura.

El *Beton I*, que así se llama la nueva embarcación, no es una pontona en forma de cajón de sección transversal rectangular, como la mayoría de embarcaciones de cemento construidas hasta ahora, sino que presenta la forma airosa de un buque de marcha rápida. Sus dimensiones principales son 30 m. de eslora, 6 m. de manga y 3,630 m. de puntal máximo y su estructura general es la de un buque de hierro o madera, con la particularidad de que estos materiales han sido sustituidos por cemento armado, del cual están formadas la quilla, las cuadernas y los baos, así como el casco y cubierta. El espesor de las paredes es de 5 cm. y las cuadernas tienen una altura variable desde 60 cm. en el centro hasta 25 cm. en los lados, con un espesor uniforme de 15 cm., estando espaciadas entre sí a 1 m. entre planos medios.

La construcción se llevó a cabo con gran rapidez, lo cual puede considerarse como una de las mayores ventajas de estos buques en cualquiera época, además de la circunstancial que pueden tener en ciertos países escasos en hierro en la época actual. Para ello se empezó por montar la cimbra del buque, que se construyó invertido, cimbra que debía seguirle durante la botadura, invirtiéndose en esta operación y en el encofrado total unas seis semanas, que según los constructores podrán ser en lo sucesivo para buques iguales reducidas a tres. La colocación del hormigón en los moldes fué obra de dos días, después de lo cual se le dejó fraguar durante otras tres semanas, de lo cual se deduce que en unas seis semanas se puede empezar y acabar un casco de este tipo. El número de hombres empleado durante la colocación del hormigón fué de 60. La cimbra se hizo bastante robusta y bien dispuesta para poder ser desmontada después y utilizada en otra construcción igual.

La construcción del buque invertido obedeció a la mayor facilidad de moldear el hormigón, cosa que habría sido muy difícil con la quilla abajo. Para hacer flotar el buque en posición normal, se recurrió a un artificio muy sencillo, que puede utilizarse para buques de todo género. Consiste en dividir el casco por medio de tabiques horizontales y verticales a lo largo del mismo en cuatro compartimientos, y una vez botado quilla al aire, dejar entrar agua

en los superiores, con lo cual el casco pierde estabilidad y da la vuelta hasta que el mayor peso le obliga a tomar su posición normal. Se agotan entonces los compartimientos llenos que han quedado abajo y la operación está terminada.

La construcción de buques de cemento armado está desarrollándose en varios países, puesto que además de Noruega, parece que van a construirse también en Dinamarca, y se ha dicho igualmente, sin que de ello respondamos, en España. El mismo Lloyd inglés se ha preocupado del asunto y acaba de aprobar los planos para la construcción de buques de 500 ts., cuya inscripción en el Registro de una entidad tan formal, vendrá a ser como la consagración del sistema.

LA PROPULSIÓN ELÉCTRICA DE LOS BUQUES. — Después de los ensayos hechos en el buque carbonero «Júpiter», la marina de guerra americana parece resuelta a adoptar la transmisión eléctrica en sus grandes buques, solucionando de esta manera el problema de combinar turbinas de vapor de gran velocidad con hélices a poco número de revoluciones. Así parece que han de ir equipados los enormes acorazados rápidos del último programa, cuyas turbinas desarrollarán cerca de 200.000 caballos y por este sistema se ha dispuesto la transmisión del «California», en construcción en el arsenal de Nueva York. Este buque desplaza 32.000 toneladas y su velocidad prevista es de 22 nudos, exigiendo una potencia de unos 37.000 caballos sobre los ejes de las turbinas. Su equipo motor comprende dos turbinas de vapor, que mueven otras tantas generatrices y la corriente engendrada pasa a cuatro electromotores acoplados a las cuatro hélices y sirve además para las excitatrices y máquinas auxiliares de todo género. Las generatrices son alternadores bipolares y los electromotores pueden funcionar a voluntad con 24 o con 36 polos, consiguiéndose de esta manera velocidades distintas, según que se trate de marcha de crucero o de marcha rápida. El cambio de marcha es además por este medio sumamente sencillo.

El gasto de vapor garantido para el «California», comprendiendo la cantidad total necesaria para las turbinas principales y los auxiliares, es de 6,6 kg. de vapor seco a 17,5 kg. por cm.², por caballo-hora efectivo cuando el buque marcha a 10 nudos y de 5,03 kg. para la marcha a 19 nudos.
