

Los dinamos receptores, idénticos á los generadores, transmiten cada uno directamente la fuerza motriz á un árbol general que pone en movimiento los compresores de aire, las máquinas del alumbrado eléctrico y un taller.

Por medio de poleas de diámetros en la relación de 2 á 1 mueven el árbol general con velocidad de 300 vueltas por minuto, y éste, también por medio de poleas de diámetros convenientes, hace que los compresores de aire trabajen con la de 180 vueltas al minuto.

Admitiendo una pérdida del 5 por 100 en todas estas transmisiones, quedan $361,67 \times 0,85 = 343,58$ caballos de vapor para mover los compresores, taller y alumbrado eléctrico.

Los compresores, del tipo Burckhardt y Weiss, son de la casa Burckhardt y C.^a, de Basle, que también suministró algunos para los grandes túneles alpinos.

Constan de una bomba de aspiración y compresión directa cuyo pistón, de 300 milímetros de diámetro, tiene una excursión de 200 milímetros. Para evitar la elevación de temperatura que aminora el trabajo útil de la compresión, hay camisas envolventes de los cilindros por las que circula agua fría.

Dando 180 vueltas por minuto, el volumen engendrado por el pistón es de $0,200 \times 0,300 \times 180 = 10,8$ metros cúbicos, y como producen nueve metros cúbicos de aire á la presión normal, la relación es de $\frac{9}{10,8} = 0,83$, muy superior á la que suelen dar la generalidad de los compresores.

Cada dos compresores forman un grupo, uniéndose por medio de bielas los extremos de sus émbolos á dos manivelas acunadas á 180° , de uno y otro lado de la polea que enlaza el grupo con el árbol motor.

Esta disposición, ya usada en el túnel de San Gotardo, da gran regularidad al trabajo.

(Se continuará.)

CÁLCULO DE LA PARADA DE UN TREN

EN LOS DOS CASOS DE LLEVAR FRENOS CONTINUOS AUTOMÁTICOS DEL SISTEMA

CLAYTON Ó FRENOS DE TORNILLO SERVIDOS

Deberes del servicio que desempeñamos en el ramo de ferrocarriles, nos han obligado á determinar por cálculo los elementos de la parada de un tren de viajeros dado por su composición, descendiendo á la velocidad

de 60 kilómetros por una pendiente de 0,005 y curva de 900 metros de radio, en los dos casos de llevar frenos continuos automáticos por el vacío, sistema Clayton, ó frenos ordinarios de tornillo servidos.

Entendemos que ha de ofrecer algún interés, si bien sea escaso, el dar á conocer á los lectores de la REVISTA el procedimiento que hemos seguido en nuestros cálculos.

FÓRMULAS DE SEGUÉLA.—(*Annales des Mines*, 1882.)

Bases.—1.^a El coeficiente de rozamiento de las zapatas con las ruedas varía con la velocidad según las siguientes fórmulas deducidas de las experiencias de Galtón:

$$f_1 = 0,330 - 0,0106 v,$$

siendo v la velocidad del tren en metros por 1''.

2.^a El mismo coeficiente varía con la duración de la aplicación de las zapatas, según la siguiente fórmula basada en las mismas experiencias:

$$f'_1 = f_1 \left(1 + \frac{t}{40} \right)$$

siendo t el tiempo en segundos que dura la aplicación.

3.^a La acuñación ó calado de la rueda no debe obtenerse, lo que se logra haciendo que la relación x entre la presión sobre las zapatas Q producida por el cilindro del freno y el peso total del tren sea, si f_3 = coeficiente de adherencia

$$x = \frac{Q}{P} = \frac{f_3}{f_1} \left(1 - \frac{t}{40} \right)$$

condición que puede satisfacerse prácticamente con los frenos autorizados por la Real orden de Noviembre de 1888.

Cálculo de la parada.—La ecuación general de la fuerza retardatriz F en un tren, cuya masa es m , es

$$F = m \frac{dv}{dt}$$

$\frac{dv}{dt}$ = aceleración.

La fuerza retardatriz de un freno es

$$F = P_1 x f'_1$$

siendo P_1 el peso enfrenado.

Igualando estos valores

$$P_1 x f'_1 = m \frac{dv}{dt}$$

y para que no haya acuñación se ha de verificar

$$P_1 f'_1 x = P_1 f_3$$

ó bien

$$P_1 f_1 x \left(1 - \frac{t}{40}\right) = P_1 f_3 \left(1 - \frac{t}{40}\right)$$

de donde, sustituyendo

$$P_1 f_3 \left(1 - \frac{t}{40}\right) = m \frac{dv}{dt}$$

ó integrando

$$t - \frac{t^2}{80} = \frac{m}{P_1 f_3} (v - v_0) \quad (1)$$

siendo v la velocidad inicial.

La masa m del tren tiene por valor

$$m = \frac{P}{g}, \text{ siendo } g = 9,81.$$

A este valor debemos agregar el de la fuerza de inercia de las ruedas, que es $\frac{P}{g} = \frac{K^2}{R^2}$, siendo p el peso de los ejes con sus ruedas y $\frac{K^2}{R^2}$ un coeficiente experimental = 0,50; y por último, para tener en cuenta el perfil de la vía, se agrega $\pm i$ en milímetros por metro, correspondiendo el signo positivo á las pendientes y el negativo á las rampas.

El valor de m será

$$m = \frac{P + 0,50p}{g} \pm Pi; \quad i = 1 \text{ kilogramo por } \frac{m}{m} \text{ y tonelada.}$$

La velocidad al cabo del tiempo t es, deducida la fórmula (1)

$$v_c = \frac{f_3 P_1}{m} \left(\frac{t^2}{80} - t + \frac{mv}{f_3 P_1} \right) \quad (2)$$

y el espacio recorrido en un momento de la parada será

$$e = \frac{f_3 P_1}{m} \left(\frac{t^2}{3 \times 80} - \frac{t^2}{2} + \frac{mv}{f_3 P_1} t \right) \quad (3)$$

El esfuerzo H máximo con el freno automático por el vacío se obtiene á los 2,5" (Congreso de Bruselas 1885); de modo que, si yendo en marcha se comienza por hacer actuar los frenos y cerrar después el regulador, puede contarse solo ese tiempo como perdido.

Aplicación.—La composición y peso del tren sometido al cálculo es la siguiente:

	Kilogramos.
Máquina.	29.600
Ténder.	22.700
Furgón de cabeza.	7.800
Nueve coches de viajeros.	72.200
Furgón de cola.	7.600
	139.900
Peso de los viajeros y equipajes.	20.100
PESO TOTAL.	160.000
Peso detrás del eje delantero de la máquina.	9.200
Diferencia ó sea el peso que se supone enfrenado con el freno continuo.	150.800
Peso de cada eje montado.	900

El coeficiente de adherencia $f_s = \frac{1}{7} = 0,14$.

La velocidad del tren á 60 k. por hora es $v = 16^m,66$ por 1".

Despejando t en la ecuación (1) resulta, si $v_0 = 0$

$$t = 40 \pm \sqrt{\frac{80^2 - 4 \times 80 \frac{m}{P_1 f_s} v}{2}}$$

cuyas dos raíces son imaginarias, si se tiene

$$v > \frac{20P_1 f_s}{m}$$

lo que limita la aplicación de la fórmula. Este límite es

$$v = \frac{20P_1 f_s}{m}$$

para el que las dos raíces son $t = 40''$.

En el tren citado dada la velocidad, la masa y peso, que debía ir enfrenado, se verifica esta condición si $f_s = 0,10$, caso en el que

$$t = 40'' \quad v_0 = 0, \quad e = 220^m$$

$$\text{Si} \quad v < \frac{20f_s P_1}{m}$$

las dos raíces se separan del límite $t = 40''$; la positiva aumentando con las disminuciones de la velocidad y de la masa del tren ó con los crecimientos del peso enfrenado y del coeficiente de rozamiento, cosas contrarias á la realidad y á la ecuación fundamental, mientras que la raíz negativa se ajusta á ellas, y por tanto, es la que debe tomarse. Aplicando el coeficiente ordinario $f_s = 0,14$, la ecuación (1) da

$$\begin{aligned} t &= 19'' \\ \text{la (2) } v &= 0 \\ \text{y la (3) } e &= 135^m. \end{aligned}$$

Los resultados que anteceden no son más que aproximados, porque, ni las fórmulas sobre el coeficiente de rozamiento se ajustan exactamente á las experiencias de Galtón, ni son función de la presión sobre las zapatas, que queda reemplazada por el coeficiente de adherencia, ni tienen en cuenta las resistencias propias del tren. Sin embargo, pueden admitirse en tesis general.

PARADA MÍNIMA TEÓRICA

Fórmula de Burggraaff modificada por Marié (*Ann. Industrielles* 1883),
(*Revue generale des chemins de fer* 1879)

$$e = 0,06 \frac{v^2}{f} \text{ siendo}$$

e = distancia recorrida en horizontal

v = velocidad en metros por 1''

$$f = \begin{cases} 0,23 & \text{en tiempo excepcionalmente bueno,} \\ 0,21 & \text{en buen tiempo y empleando arena,} \\ 0,14 & \text{en tiempo ordinario,} \\ 0,07 & \text{en tiempo muy malo.} \end{cases}$$

PARADA MÁXIMA TEÓRICA

Según las experiencias de Galtón, los frenos producen en su aplicación un minimum cuando se calzan las ruedas. Y como el coeficiente de resbalamiento sobre el carril es 0,05 á la velocidad de 60 kilómetros por hora, este será el valor de f mínimo.

Aplicando esta fórmula á la velocidad de 60 kilómetros por hora y suponiendo que las resistencias propias del tren comprendan la influencia de una pendiente de 0,005, el tren no puede parar antes de:

72^m en tiempo excepcionalmente bueno,

77^m en buen tiempo y empleando arena,

118^m en tiempo ordinario,
 237^m en tiempo muy malo,
 ni después de 332^m en el caso de resbalamiento.

Las resistencias medias correspondientes á estos casos teóricos creadas por el freno continuo y el tiempo invertido en las paradas respectivas son, deducidas de las fórmulas generales de los teoremas de fuerzas vivas y cantidades de movimiento, las siguientes:

Coefficientes.	Distancias recorridas.	Resistencias medias.	Tiempo.
f 0,23	$e = 72$ metros.	$F = 33.376$ kilogs.	$t = 8'',72$
f 0,21	$e = 79$ »	30.474 »	9'',55
f 0,14	$e = 118$ »	20.316 »	14'',27
f 0,07	$e = 237$ »	10.158 »	28'',65
f 0,05	$e = 332$ »	7.256 »	40'',10

Lo que supone que la presión sobre las zapatas sería $\frac{F}{f} = 145.115$ kilogramos por término medio; y como de varias experiencias con el freno automático por el vacío (Inglaterra, Midland, 1882, y Lancashire and Yorkshire 1884), se deduce que la resistencia media está con la máxima en la relación de 1 : 1,33, la presión sobre las zapatas sería

$$\frac{F \text{ máx.}}{f} = 193.000 \text{ kilogramos.}$$

La presión que sobre las zapatas debe llevar el tren en las condiciones de montaje ordenado por el Gobierno español para el freno automático por el vacío, ha de ser próximamente:

Máquina á 0,30 de su peso.	$\frac{F}{f} =$	8.880
Ténder á 0,60 »		13.620
Coches á 1 »		107.700
TOTAL.		130.200

El esfuerzo medio que con esta presión se crea para la relación indicada en los casos expuestos y los resultados obtenidos son:

Coefficientes.	Distancias recorridas.	Resistencias medias.	Tiempos.
$f = 0,23$	$e = 107$ metros.	$F = 22.517$ kilogs.	$t = 13''$
0,21	117 »	20.559 »	14'',14
0,14	175 »	13.706 »	21'',21
0,07	351 »	6.853 »	42'',42
0,05	492 »	4.875 »	59'',42

resultados que se aproximan á los de las fórmulas de Seguela para el coeficiente ordinario 0,14, que hemos adoptado en ellas.

APLICACIÓN DIRECTA DE LA ECUACIÓN DE FUERZAS VIVAS Y DE LOS
COEFICIENTES DE GALTÓN

El trabajo que desarrolla un tren en un momento determinado, es igual á la mitad de la fuerza viva, es decir,

$$\frac{mv^2}{2}$$

siendo $m = \frac{P}{g}$.

Si este trabajo se trata de anular por las variaciones de la velocidad, al valor de $\frac{P}{g}$ habrá que agregar la fuerza de inercia de las ruedas, igual para cada eje á la mitad de su peso y el de las ruedas. Para el tren se multiplicará por el número de ejes. El valor de m nos es, por tanto, conocido.

$v =$ á la velocidad del tren en metros por 1'', que es otro de los datos.

Tenemos, pues, los elementos necesarios para determinar el trabajo.

Para pasar de la velocidad v á la v_1 , se necesita consumir un trabajo, que viene dado por la expresión

$$\frac{m(v^2 - v_1^2)}{2}$$

Se gasta una parte de este trabajo en las resistencias propias del tren y en la producida por el freno, resistencia de la que hay que descontar, en nuestro caso, la acción de la pendiente.

(Se continuará.)

MADRID: 1892.

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE GREGORIO JUSTE.

Calle de Pizarro, número 15, bajo