

Cálculo de los cambios de vía de donde eliminando m y n

(CONTINUACIÓN)

IV.—Cambios curvos.—Problema general.

Supongamos que las dos vías que enlazan los aparatos de cambio y cruce son curvas; llamemos vía principal ó directa á una cualquiera de ellas MPV (figuras 4.ª, 5.ª, 6.ª) y vía secundaria ó desviada á la otra MNT . Si tomamos por ejes coordenados la línea $B'H$ del carril de la vía directa que concurre al cruzamiento G , y la normal $B'Z$ que pasa por la punta de la aguja, la posición del cruzamiento estará determinada por las dos coordenadas del punto G , que llamaremos X , Y , y el ángulo de desviación ω de la vía directa.

Las figuras 4.ª, 5.ª, 6.ª, representan las disposiciones distintas que pueden presentarse, y para hacer aplicables las mismas fórmulas á todas ellas, convendremos en que los valores de r se cuenten positivamente desde B' en sentido

Del mismo modo, llamando m' y n' á las distancias $B'H$ y HG , y proyectando $B'HG$, tendremos:

$$\begin{aligned} X &= m' + n' \cos \omega \\ Y &= n' \sin \omega \\ h &= m' - n' \end{aligned} \quad (15)$$

de donde

$$X \sin \frac{\omega}{2} + Y \cos \frac{\omega}{2} + h \sin \frac{\omega}{2} \quad (16)$$

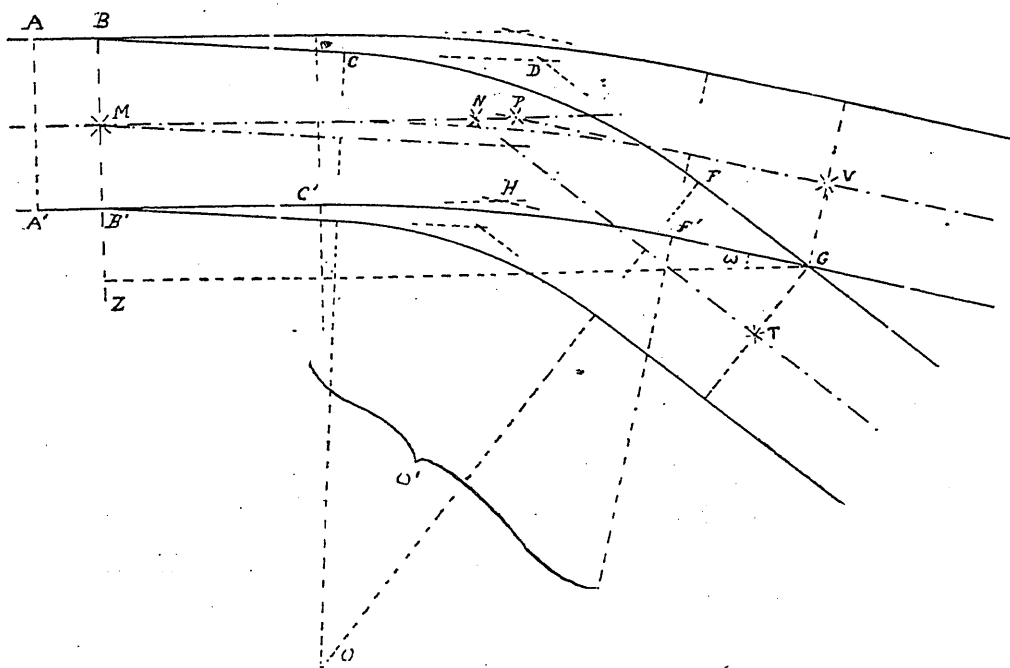


Fig. 4.ª

opuesto á BB' , y del mismo modo los valores positivos de ω corresponderán, á partir de $B'G$, al sentido opuesto al de $B'GB$.

La figura 4.ª corresponde al caso de ser positivos r y ω ; ambos se anulan al mismo tiempo y son siempre del mismo signo.

Las figuras 5.ª y 6.ª corresponden al caso de ser r y ω negativos, siendo ω mayor que α en valor absoluto en la figura 5.ª y menor en la figura 6.ª.

Los demás valores que entran en las fórmulas se entienden siempre positivos.

Llamando m , n á las distancias BD , DG de la vía desviada, obtendremos por proyección de BDG sobre los ejes coordenados

$$\begin{aligned} X &= m \cos \gamma + n \cos (\alpha + \omega) \\ l + \gamma &= m \sin \gamma + n \sin (\alpha + \omega) \end{aligned} \quad (13)$$

y suponiendo que la curva de enlace ocupa todo el lugar disponible entre los aparatos

$$h = m - n$$

Las ecuaciones (14) y (16) nos dan, para cada valor de ω , las coordenadas de la punta del cruzamiento que corresponden á la que llamaremos posición normal, en la cual no queda espacio perdido entra las curvas de enlace y los aparatos; para obtener estas coordenadas hagamos:

$$\begin{aligned} M &= \frac{h \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{r}{2} + \frac{l}{2} \cos \frac{\alpha+r}{2}}{\sin \frac{\alpha+r}{2}} \\ N &= \frac{h \sin \frac{\alpha}{2} \sin \frac{r}{2} - \frac{l}{2} \sin \frac{\alpha+r}{2}}{\sin \frac{\alpha+r}{2}} \\ P &= \frac{h \cos \frac{\alpha}{2} \sin \frac{r}{2} - \frac{l}{2} \cos \frac{\alpha+r}{2}}{\sin \frac{\alpha+r}{2}} \end{aligned} \quad (17)$$

$\rho = \infty$, $r_0 = r$; cuando $\tan \omega = \tan \alpha - \tan \gamma$, β es igual a 1, $\rho_0 = r$, y $r_0 = \frac{r}{2}$.

Si ω toma valores negativos crecientes, y ρ_0 es negativo y disminuye, r_0 aumenta (fig. 6.^a) hasta el valor $\beta = -1$, en cuyo caso $r_0 = \infty$ y la vía desviada es recta; á partir de aquí, se hace negativo como ρ_0 y disminuye (fig. 5.^a)

Hay un valor intermedio, el llamado cambio simétrico, cuando (fig. 6.^a) el punto G equidista de B y B' ; entonces, $\rho_0 = -r_0$ y

$$\frac{r}{1 + \beta} + \frac{r}{\beta} = 0$$

de donde

$$\frac{1 + 2\beta}{\beta(1 + \beta)} = 0$$

ó bien

$$\tan \omega = \frac{1}{2} (\tan \gamma - \tan \alpha)$$

Supongamos que se adoptan como radios de enlace dos cualesquiera r , ρ , distintos de las correspondientes á la po-

y eliminando m , n , entre ésta y las (13), tendremos

$$X_2 \sin \gamma = (l + \gamma_2) \cos \gamma - c \sin (\alpha + \omega - \gamma) - r (1 - \cos (\alpha + \omega - \gamma)) \quad (25)$$

lugar geométrico de las posiciones en las que la curva arranca del aparato de cruce.

Estas dos ecuaciones (24) y (25) representan dos rectas paralelas á BD y DG , y el espacio comprendido entre las dos abarca todas las posiciones de la punta del cruzamiento que para el valor dado de ω son compatibles con el radio r .

Del mismo modo obtendremos para el radio ρ los lugares geométricos

$$X \sin \omega = \gamma \cos \omega + b \sin \omega + \rho (1 - \cos \omega) \quad (26)$$

$$\gamma = c \sin \omega + \rho (1 - \cos \omega)$$

que representan otras dos rectas paralelas á $B'H$, HG (figuras 4.^a y 7.^a) las cuales abarcan para el valor dado á ω las posiciones compatibles con el radio ρ .

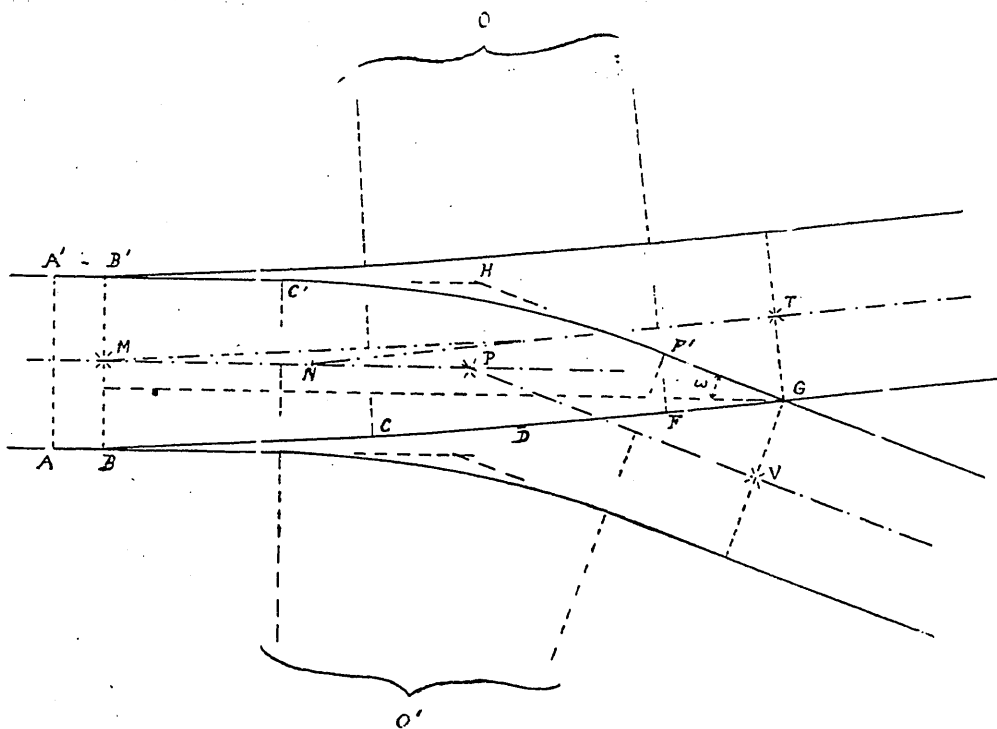


Fig. 6.^a

sición normal. El lugar geométrico de las posiciones de la punta del cruzamiento, para las cuales la curva de enlace arranca del aparato de cambio, se obtendrá, para cada valor de ω , haciendo

$$m = b + r \tan \frac{\alpha + \omega - \gamma}{2}$$

y eliminando luego m , n , entre esta ecuación y las (13), de donde

$$X_1 \sin (\alpha + \omega) = (l + \gamma_1) \cos (\alpha + \omega) + b \sin (\alpha + \omega - \gamma) + r (1 - \cos (\alpha + \omega - \gamma)) \quad (24)$$

del mismo modo, haciendo

$$n = c + r \tan \frac{\alpha + \omega - \gamma}{2}$$

Cuando los radios son precisamente los normales, las cuatro rectas límites pasan por el punto G ó posición normal correspondiente al valor de ω .

Para otros radios cualesquiera, las rectas A y A' se cortan en un punto M , posición del cruzamiento correspondiente á un radio r sin espacios perdidos; el lugar geométrico de los puntos M , se obtiene eliminando r entre las ecuaciones (24) y (25) y coincide con la (14); es, pues, una recta que pasa por G y es bisectriz de A y A' . Del mismo modo las rectas B y B' se cortan en un punto N , cuyo lugar geométrico es la recta (16), bisectriz de B y B' , que también pasa por G .

Cuando los dos radios elegidos son inferiores á los normales, las cuatro rectas limitan un espacio dentro del cual podrá encontrarse la punta del cruzamiento. Si, por el contrario, los radios son mayores, las rectas límites serán divergentes para valores de ω comprendidos entre $-\alpha$ y $+\gamma$

y sólo se podrán, por consiguiente, emplear radios mayores que los normales cuando ω positivo sea mayor que γ ó negativo sea mayor que α .

Entre dichos valores $-\alpha$ y $+\gamma$ los radios normales son, pues, radios máximos, como en los cambios rectos.

ANTONIO PRIETO Y VIVES.

(Continuará.)

FERROCARRILES

(CONCLUSIÓN)

Con el vapor saturado las condiciones son completamente distintas. Para reducir á un mínimo las pérdidas por condensación, es preciso que las dimensiones de los cilindros sean lo menores posible, lo que obliga á exagerar las admisiones; esta diferencia entre el vapor saturado y el vapor recalentado constituye la superioridad de este último. Esta superioridad reconocida en las aplicaciones del vapor recalentado á las locomotoras del Estado prusiano, es la que ha conducido al aumento progresivo de los cilindros. La «característica» C de las locomotoras prusianas de simple expansión con vapor recalentado se expresa por la fórmula

$$C = \frac{d^2 l}{DR}$$

en la que

d = diámetro de los cilindros en centímetros.

l = longitud de la carrera en centímetros.

D = diámetro de las ruedas motoras.

R = peso adherente en toneladas.

Varía entre 26 y 36 y es mucho más elevada que la característica habitual y aun posible de las locomotoras de vapor saturado. La presión en la caldera es de 12 kilogramos por centímetro cuadrado. La sencillez de construcción y el aumento del rendimiento en las piezas del mecanismo, sin perjuicio de su duración, á pesar de la limitación de la carga por eje á 16 toneladas, las examinaremos más adelante; compararemos al propio tiempo los resultados con los del sistema compound combinado con un recalentado moderado.

No está de más indicar que los inconvenientes previstos por muchas personas competentes que provendrían de las piezas del mecanismo al trabajar continuamente con vapor fuertemente recalentado, no se han producido.

Ninguna de las dificultades prácticas que caracterizan el período experimental ha sido observada en el gran número de locomotoras (más de 1.000) de este género que están en servicio sobre las líneas del Estado prusiano. Los defectos de importancia secundaria se han corregido por completo, y desde hace seis años se ha llegado á tipos de émbolos, de cajas de distribución y de cajas de estopas, reconocidos como perfectamente durables á las más altas temperaturas del vapor. Se ha logrado también evitar las dificultades para el engranado, gracias al empleo de aceites cuyo grado de inflamabilidad es suficientemente elevado, combinado con un método sencillo de engranado á presión.

Economía de combustible y de agua.

La economía de combustible debida á la supresión de la condensación en los cilindros es, por término medio, de un 25 por 100, si se compara una locomotora de vapor recalen-

tado de simple expansión con una locomotora de vapor saturado, también de simple expansión y del mismo peso, y del 15 al 20 por 100, si la comparación se hace con una compound de dos ó cuatros cilindros. La economía de agua es mucho mayor en la generalidad de los casos, porque es preciso gastar más combustible para la producción de un kilogramo de vapor recalentado que para la de un kilogramo de vapor saturado. Cuanto mayor sea la proporción de humedad que contenga el vapor saturado, mayor será la economía de combustible y de agua. Esta economía en el consumo de agua, debida á un fuerte recalentado, permite recorrer etapas mucho mayores sin necesidad de tomar agua; este punto es de una importancia especial en las locomotoras-ténderes. Además, las calderas de vapor recalentado necesitan lavados menos frecuentes, y la presión de marcha menos elevada es favorable para un mayor tiempo de servicio. Por este mismo motivo, el campo de empleo de la importante clase de locomotoras ténderes puede ensancharse notablemente. Estas cifras relativas á la economía de combustible y de agua son medios prudenciales que pueden ser notablemente excedidas cuando se establece la comparación con locomotoras de vapor saturado, á las que se fuerza para que produzcan el mismo trabajo que la locomotora de vapor recalentado.

Por otra parte, hay circunstancias en las que no puede alcanzarse esta economía, pero estas excepciones no tienen lugar más que cuando los maquinistas son inexpertos en el empleo del recalentado ó cuando el servicio de trenes es incompatible con la realización de esta economía, como, por ejemplo, en los servicios suburbanos ú otros servicios locales, donde las paradas son muy frecuentes. Sin embargo, aun en estos casos la economía de combustible puede ser, por lo menos, del 15 por 100.

Para la apreciación práctica de la economía de una locomotora, la base más racional la da el consumo de combustible. Si nos limitáramos á comparar solamente los consumos de vapor, no se tendría en cuenta el grado de humedad del vapor saturado ni la temperatura del vapor recalentado. Esas cifras sólo tienen valor cuando se refieren al vapor saturado seco, á una presión determinada. Las mismas dificultades se presentan si se compara directamente el número de calorías necesarias para un trabajo determinado, por ejemplo, para un caballo-hora indicado. En efecto, para la locomotora de vapor saturado, este número sólo puede obtenerse partiendo de hipótesis más ó menos arbitrarias acerca de la cantidad de agua del vapor. Para la locomotora de vapor recalentado la determinación de este consumo depende de la elección de un valor medio para C_p .

Para las necesidades prácticas del servicio de las locomotoras, se deberá, pues, tomar como base de comparación los consumos de combustible. Se han dado reglas para la determinación *à priori* de la economía posible; pero todas parten de la hipótesis de que la economía aumenta proporcionalmente al recalentado, mientras que en realidad, según la experiencia del autor, la economía no empieza á manifestarse de un modo apreciable hasta un recalentado, por lo menos, de 50° C., para aumentar después rápidamente.

Doble expansión y recalentado.

El empleo del vapor fuertemente recalentado en la locomotora de dos cilindros de simple expansión bajo la forma actual, trae consigo un incremento tan grande de potencia, que los aumentos necesarios en el esfuerzo de tracción y en