

PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE FRENADA.
COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE LA ENERGIA CINÉTICA DEL VEHÍCULO FERROVIARIO
DE ALTA VELOCIDAD

Por

Dr.Ing. Liviu Sevastian Bocii

1. Introducción

Frenada de los vehículos ferroviarios de alta velocidad se hace mediante unos sistemas de frenada la cuya acción esta dependiente de adherencia entre la rueda y carril (freno con disco, freno rotativo con corrientes Foucault, etc.) o independiente de adherencia (freno electromagnético sobre carril, freno lineal con corrientes Foucault, etc.). Para una mejor utilización del coeficiente de adherencia los vagones de viajeros de alta velocidad están previstos con una combinación de estos sistemas de frenada, es decir, un freno dependiente de adherencia (freno con disco) y un freno la cuya acción esta independiente de adherencia (freno electromagnético sobre carril).

Las principales condiciones impuestas a los sistemas de frenada para los vehículos ferroviarios de alta velocidad son las siguientes:

- Que asegure una frenada lene en los limites de las deceleraciones admitidas;
- Que asegure una frenada en unos espacios de frenada muy cortos;
- Que necesite unas fuerzas de accionamiento reducidas;
- Que presente seguridad en funcionamiento y una fiabilidad muy grande;
- Que sea simple desde el punto de vista constructivas y en el mismo tiempo barato;
- Que excluya la aparición del fenómeno de auto frenado.

Estas condiciones, a veces antagonistas, se pueden respetar por la optimización de los elementos de los sistemas de frenada tanto desde el punto de vista de los materiales utilizados como desde el punto de vista constructivo.

2. Análisis comparativa de los sistemas de frenada utilizados sobre los vehículos ferroviarios de alta velocidad. Parámetros principales

Una análisis comparativa de los sistemas de frenado para los vehículos ferroviarios de alta velocidad se puede hacer teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Coeficiente de fricción entre los elementos del acoplamiento de fricción del sistema de frenada;
- **Coeficiente de absorción** de la energía cinética del vehículo por los elementos del acoplamiento de fricción del sistema de frenada (ϵ_a);
- Espacio de frenada realizado por el vehículo (o el tren) de alta velocidad, previsto con los sistemas de frenada presentados;
- Deceleración del vehículo de alta velocidad;
- Temperatura de la superficie de fricción de los elementos del acoplamiento de fricción, obtenida a la frenada de parada utilizando los sistemas de frenada presentados;
- Usura de los elementos del acoplamiento de fricción.

3. Coeficiente de absorción de la energía cinética del vehículo ferroviario de alta velocidad (ϵ_a)

Coeficiente de absorción de la energía cinética del vehículo ferroviario [1], [2] esta dado por la siguiente relación:

$$\epsilon_a = \frac{E_{cf}}{E_c} \quad (1)$$

donde: E_{cf} – energía cinética del vehículo ferroviario que pueda ser disipada por la frenada de parada;

E_c – energía cinética total del vehículo ferroviario de alta velocidad.

Considerando una frenada de parada, en alineamiento y palier, y utilizando las expresiones establecidos para la energía cinética [] se obtiene la relación de definición del coeficiente de absorción:

$$\varepsilon_a = \frac{\frac{(1+\gamma) \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2} - 10 \cdot S_f \cdot R_t}{\frac{(1+\gamma) \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right)^2}{2}} = 1 - \frac{20 \cdot S_f \cdot R_t}{(1+\gamma) \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right)^2} \quad [\text{a dimensional}] \quad (2)$$

donde: $(1+\gamma)$ - factor que tiene en cuenta de las mesas en movimiento de rotación;

m - mesa del tren [kg];

V - velocidad del tren [km/h];

S_f - espacio de frenada [m];

R_t - resistencia total al adelantamiento del tren [daN].

Si sustituimos en (2) las expresiones del espacio de frenada S_f (3) y de la resistencia total al adelantamiento del tren R_t (4) obtendremos la expresión final del coeficiente de absorción de la energía cinética del tren de alta velocidad (5).

$$S_f = \frac{3,93 \cdot (1+\gamma) \cdot V^2}{g \cdot \mu_s \cdot \delta + r_t} + \frac{V \cdot t}{7,2} \quad [\text{m}] \quad (3) \quad R_t = a + b \cdot V + c \cdot V^2 \quad [\text{daN}] \quad (4)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_a = 1 - \frac{20 \cdot \left[\frac{3,93 \cdot (1+\gamma) \cdot V^2}{g \cdot \mu_s \cdot \delta + r_t} + \frac{V \cdot t}{7,2} \right] \cdot (a + b \cdot V + c \cdot V^2)}{(1+\gamma) \cdot m \cdot \left(\frac{V}{3,6}\right)^2} \quad (5)$$

Mediante la relación (5) se ha calculado el coeficiente de absorción de la energía cinética de un tren de alta velocidad conocido (la expresión de R_t conocida) [4] y en la figura 1 se ha representado la variación del dicho coeficiente con la velocidad ($V \in [0, 200]$ km/h).

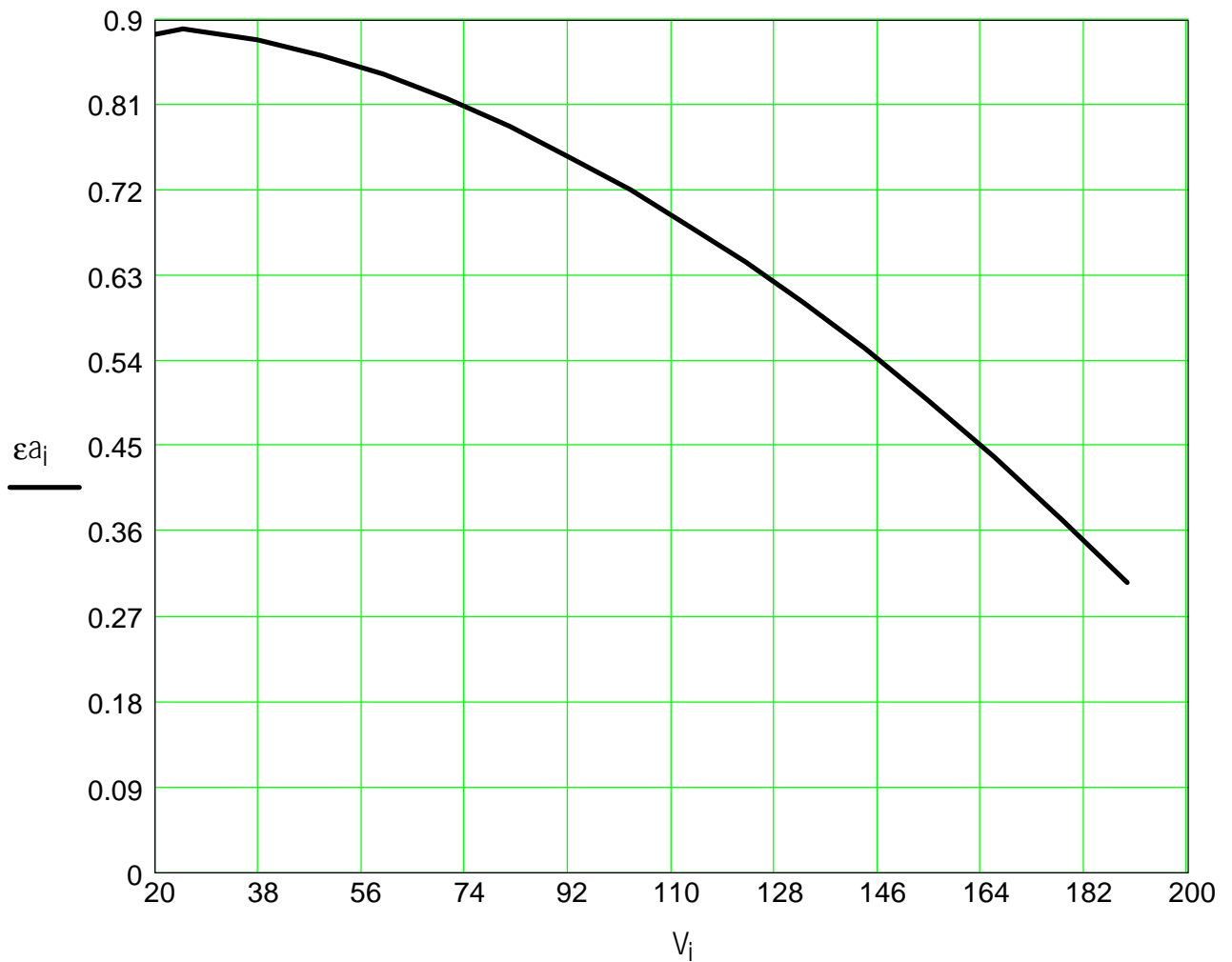


Fig. 1

4. Conclusiones

Analizando el diagrama de la figura 1 estamos observando una bajada del coeficiente de absorción de la energía cinética del tren de alta velocidad en el mismo tiempo con la subida de la velocidad. Esta forma de variación del coeficiente de absorción de la energía cinética del tren de alta velocidad esta justificada por la variación de la energía cinética con el cuadrado de la velocidad del tren.

El coeficiente de absorción de la energía cinética del tren (o vehículo) es muy importante en los cálculos de frenada, teniendo en cuenta que a cada nivel de energía le corresponde un poder de frenada que no tiene que adelantar el valor limite por eje de 1500 kW.

5. Bibliografía

- [1] Bocîi, L.S. -- "Contribuciones a la frenada de los vagones de viajeros de alta velocidad" Tesis doctoral, Timi^ooara 1997;
- [2] Bocîi, L.S. -- "Técnica de la alta velocidad. Sistemas de frenada para los vehículos ferroviarios de alta velocidad" Edición Mirton de Timi^ooara, 1999, 184 paginas
- [3] Gimenez , C.F. -- "Contribución al estudio de los parámetros que definen el frenado mecánico de vehículos ferroviarios " A.I.T no.9 , abril 1976;
- [4] Guiheu , C. -- "La résistance a l'avancement des rames TGV – PSE. Bilan des études et des résultats des mesures " Revue Générale des Chemins de Fer , enero 1982;
- [5] Gunnar , D. -- " Stresses an Cracks in Brake Discs" Transactions of Machine Elements Division, Lund Technical University, Sweden 1976;
- [6] Kasiske , H. -- "Reisezugwagen für den Hochgeschwindigkeitverkehr" Schienenfahrzeuge nr. 1 /1990;
- [7] Kniffler, H. -- "Zugförderung und Fahrzeugpark der DB für höhere Geschwindigkeiten " Eisenbahntechnische Rundschau , 1968;
- [8] Lankes , P. -- " Die neue Generation: Der ICE 2 " Eisenbahntechnische Rundschau nr. 4, septembrie 1994;
- [9] Raison , J. -- " Les matériaux de freinage " Revue Générale des Chemins de Fer , iulie / august 1991;