XXV Congresso de Iniciação Científica da Unicamp

18 a 20 Outubro Campinas | Brasil

Modelagem da cunha de fricção e seu efeito sobre a dinâmica do truque de vagões de carga nacionais.

Matheus L. Silva*, Auteliano A. Santos Jr., Leonardo B. Baruffaldi.

Resumo

O truque de três peças é a estrutura padrão para o suporte e suspensão de vagões de carga em países como Estados Unidos, Rússia e Brasil. Seu formato geral foi pouco alterado desde sua introdução há cerca de 150 anos. Isso se deve ao fato de ser um projeto robusto e de baixo custo de fabricação e manutenção. Apesar disso, modelos matemáticos suficientemente confiáveis para a modelagem desse tipo de suspensão ainda estão sendo desenvolvidos. Especial atenção é dada à modelagem da cunha de atrito (ou de fricção), peça responsável pela maior parte da dissipação de energia mecânica na suspensão a partir de atrito seco. Por causa das características não-lineares do atrito seco, as equações de movimento que modelam o comportamento da suspensão tornam-se de difícil resolução e aparecem fenômenos como o stick-slip (adesão-escorregamento), bifurcação da resposta e caos. É conhecido que as interações de contato causam e amplificam o fenômeno conhecido como hunting. Já o stick-slip contribui com o aparecimento de deformações locais, no fenômeno conhecido por freeting. O presente trabalho tem por objetivo a aplicação de diferentes modelos de atrito na formulação do contato entre a cunha de fricção e as superfícies do truque de forma a avaliar o efeito da aplicação de cada modelo na dinâmica do truque ferroviário.

Palavras-chave:

Ferrovias, dinâmica de veículos, simulação.

Introdução

O presente trabalho tem como meta o desenvolvimento de um modelo dinâmico multicorpos de uma suspensão de vagão de carga do tipo *Barber*. Serão aplicados diferentes modelos de atrito de forma a avaliar o seu efeito sobre a dinâmica do truque como um todo.

Resultados e Discussão

Foi considerada a representação plana de um quarto da suspensão secundária de um truque de três peças do tipo *Barber*. Partiu-se das hipóteses de que as superfícies da cunha e lateral e cunha e travessa estão em contato permanente e de que as cunhas se movem simetricamente, o que gera três restrições cinemáticas. Aplicando-se as leis de *Newton* e utilizando as restrições, chega-se à seguinte equação, que modelo o comportamento vertical da travessa:

$$\ddot{y}_t \left[\frac{m_t}{4} \Lambda + m_c \left(\Pi + \frac{h_3 \Gamma}{h_1} \right) \right] + y_t (K_1 \Pi + K_2 \Lambda) + (w_c + w_t - K_1 y_{lc} - \Lambda K_2 y_{lt}) + \ddot{y}_l \left(\frac{m_t}{4} \Lambda + m_c \right) = 0 \quad (1)$$

Os parâmetros Λ e h_n são definidos de acordo com o modelo de atrito utilizado e pela geometria da suspensão. Já Π e Γ dizem respeito à geometria da suspensão secundária. O deslocamento vertical da lateral foi assumido como diretamente acoplado ao distúrbio vertical da via e foi modelado como uma função senoidal. Na figura 1, são apresentados os resultados para uma simulação com distúrbio de via de amplitude de 11mm e de frequência de 2,42Hz, equivalente a uma velocidade de 32Km/m. Foi utilizado o modelo de atrito estático-dinâmico. Nota-se que o sistema apresenta o fenômeno de adesão-escorregamento (*stick-slip*), caracterizado pelos patamares nas curvas de posição e velocidade relativas da travessa. Quando há a adesão, não há deslocamento relativo e a travessa se move junto com a lateral, ocorrendo deformações locais nas superfícies em contato. Com a utilização do modelo de Coulomb-Amontons, observou-se que os patamares são menores,

ou seja, o sistema permanece menos tempo no regime de adesão.

Figura 1. Comportamento vertical da travessa.

Conclusões

O modelo proposto cumpriu seu principal objetivo: mostrar o aparecimento e o desenvolvimento do fenômeno de adesão-escorregamento. O conhecimento das condições que favorecem o aparecimento desse fenômeno é de fundamental importância para a indústria ferroviária, possibilitando uma melhor previsão dos desgastes na suspensão do trem e, assim, dando mais segurança e robustez à operação.

Agradecimentos

Agradeço ao prof. Dr. Auteliano por ter me orientado nesse projeto e ao prof. Msc. Leonardo por estar sempre disposto a me ajudar com eventuais dúvidas. Agradeço, ainda, ao programa PIBIC do SAE-Unicamp por fornecer as condições necessárias ao desenvolvimento deste trabalho.

Baruffaldi, Leonardo Bartalini. Aplicação do método da complementaridade linear para a modelagem de cunhas de atrito de vagões ferroviários. Campinas, Brasil, 2010.

KAISER, A.B.; CUSUMANO, J.P.; GARDNER, J.F. Modeling and dynamics of friction wedge dampers in railroad freight trucks. *Vehicle Syst. Dyn.*, v. 38, n. 1, p. 55-82, 2002.

DOI: 10.19146/pibic-2017-78307

XXV Congresso de Iniciação Científica da UNICAMP