

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THỜI GIAN GIÃN CÁCH CHẠY TÀU HỢP LÝ CHO CÁC TUYẾN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

METHOD OF CALCULATION REASONABLE TRAIN'S INTERVAL FOR URBAN RAILWAY LINES

TS. Nguyễn Duy Việt – Bộ môn Tín hiệu Giao thông

KS. Trịnh Văn Mỹ – Bộ môn Tín hiệu Giao thông

Tóm tắt:

Phân tích các tình huống trong công tác chạy tàu, đưa ra các công thức tính giãn cách chạy tàu cho tình huống đặc trưng, mô phỏng để có được kết quả là có thể rút ngắn giãn cách thời gian giữa hai đoàn tàu nhằm đảm bảo an toàn và cải thiện công tác chạy tàu: nâng cao năng lực thông qua, tốc độ chạy tàu, làm tốt hơn chất lượng vận chuyển.

Bài báo này giới thiệu một phương pháp mới để rút ngắn giãn cách thời gian chạy tàu cho việc điều khiển chạy tàu ở nơi có mật độ lớn và một số phương pháp khống chế tốc độ chạy tàu.

Abstract:

Analyzing situations in train operation, giving the train's interval formula for typical situation, simulating to take results can shorten the interval between trains to ensure safety and improve train operation: capacity, operation speed, transport quality.

The paper introduces a new method to shorten the time interval between trains in high density lines and some operation control methods.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vận tải đường sắt hiện đại, ngày càng nhiều tuyến đường sắt đòi hỏi chạy với tốc độ cao và mật độ chạy tàu lớn. Với các thành phố lớn, các tuyến đường sắt nội đô đòi hỏi mật độ chạy tàu quá lớn sẽ có một vấn đề nghiêm trọng là nhiều khi các đoàn tàu sẽ phải chờ lâu tại ga.

Đã có một số phương án, ví dụ xây dựng mới tuyến đường sử dụng bốn đường (4 đường chạy tàu song song). Điều đó sẽ gặp trở ngại bởi vì cần có một tổng mức đầu tư lớn, thời gian xây dựng lâu và cần nguồn nhân lực lớn. Một giải pháp nữa được đưa ra là tăng số lượng toa xe hoặc sử dụng toa xe 2 tầng và chạy tàu với mật độ cao, nhưng nếu làm như thế tốc độ của đoàn tàu sẽ bị giảm tương đối.

Chính vì vậy hướng nghiên cứu có tính khả thi là xem xét lại quan niệm về đảm bảo giãn cách an toàn chạy tàu, nâng cao khả năng của hệ thống tín hiệu sẽ rút ngắn giãn cách thời gian chạy tàu, làm cơ sở để nâng cao tốc độ và mật độ chạy tàu trên tuyến đường.

II. NỘI DUNG

Phương pháp khống chế tuyệt đối

Như đã biết, các tuyến đường sắt đô thị thường là các đường đôi và mỗi đường chủ yếu tổ chức chạy tàu theo một hướng. Để xem xét rút ngắn thời gian giãn cách chạy tàu trong các tuyến có mật độ lớn có thể phân thành các trường hợp:

- Hai đoàn tàu chạy đuổi liên tục và thông qua ga. Trường hợp này, không phải mất thời gian dừng tại ga, và cả hai tàu đều có thể chạy với tốc độ cho phép.

- Hai đoàn tàu chạy đuổi và có dừng lại trên cùng một đường trong ga. Trường hợp này, cả hai tàu đều phải giảm tốc độ, phải mất một khoảng thời gian dừng tại ga là t_s , và mất một thời gian để tăng tốc đến tốc độ cho phép.

- Hai đoàn tàu chạy đuổi, đoàn tàu chạy sau vượt đoàn tàu chạy trước. Trường hợp này, chỉ có đoàn tàu phía trước là phải giảm tốc, và mất thời gian dừng tại ga cũng như thời gian tăng tốc lên tốc độ cho phép.

Khi xem xét làm cách nào có thể rút ngắn thời gian giãn cách chạy tàu trên toàn tuyến, phải lựa chọn phương án có thời gian giãn cách dài nhất trong các trường hợp này. Như thế thì trường hợp thứ 2 sẽ được lựa chọn vì thời gian giãn cách chạy tàu của nó là lớn nhất. Sử dụng phương pháp mô phỏng để tính toán thời gian giãn cách chạy tàu sử dụng công thức (1) dưới đây [3]. Trong đó, v_m/β là thời gian từ lúc tàu bắt đầu phanh cho đến khi dừng lại hoàn toàn, và $\sqrt{\frac{2 \times (l_a + l_b + l_T)}{\alpha}}$ là thời gian cần để chạy một khoảng cách tương đương với tổng các giãn cách an toàn cộng với chiều dài của cả hai đoàn tàu.

$$\tau = \frac{v_m}{\beta} + \sqrt{\frac{2 \times (l_a + l_b + l_T)}{\alpha}} + t_s + t_c \quad (1)$$

Trong đó:

v_m : Vận tốc khi đoàn tàu tới gần ga;

α : Gia tốc dương của tàu (gia tốc tăng tốc);

β : Gia tốc âm của tàu (gia tốc hãm);

l_a : Chiều dài an toàn theo hướng gửi tàu;

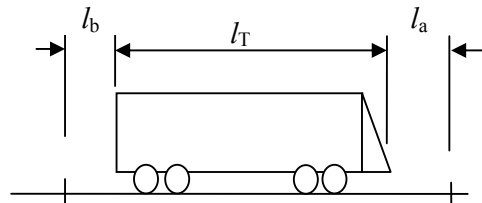
l_b : Chiều dài an toàn theo hướng đón tàu;

l_T : Chiều dài của đoàn tàu;

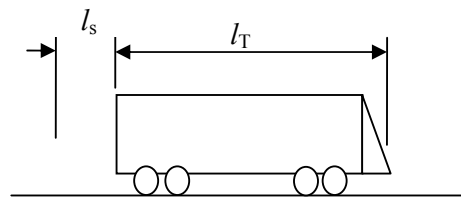
l_s : Chiều dài an toàn theo hướng đón tàu (trường hợp dừng khẩn cấp);

t_c : Thời gian trễ;

t_s : Thời gian dừng tại ga.



Hình 1. Đoàn tàu dừng tại ga



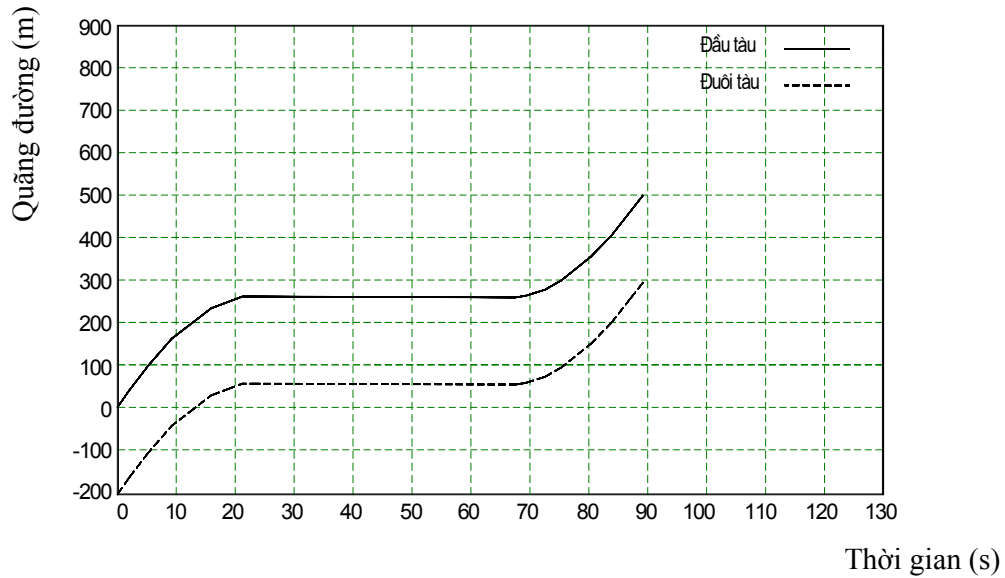
Hình 2. Đoàn tàu dừng khẩn cấp

Bảng 1: Thông số đầu vào

Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
v_m	75km/h	l_T	200 m
α	3km/h/s (0.833m/s ²)	l_s	50m
β	3km/h/s (0.833m/s ²)	t_c	3s
l_a	20 m	t_s	40s
l_b	20 m		

Giả sử lấy các thông số như ở bảng 1, thay các chúng vào công thức ta tính được thời gian giãn cách chạy tàu là 92 giây.

Kết quả mô phỏng như trong hình 3, với trục tung là khoảng cách (m), trục hoành là giãn cách thời gian, có thể nhận thấy rằng đoàn tàu cần 25 giây từ khi bắt đầu hãm đến lúc dừng hoàn toàn. Sau thời gian dừng 40 giây, đoàn tàu cần 24 giây để chạy được quãng đường 240m, tương đương với tổng chiều dài của giãn cách an toàn ($l_a + l_b$) và chiều dài của đoàn tàu (l_T). Tổng thời gian từ khi bắt đầu quan sát đến khi kết thúc là 89 giây. Do đó, nếu cộng thêm 3 giây do trễ thì tổng thời gian là 92 giây. Giá trị này trùng với giá trị tính toán lý thuyết.



Hình 3: Đặc tính thời gian giãn cách của 1 đoàn tàu vào ga và dừng trên ga bằng phương pháp khống chế tuyệt đối

Nguồn: Tomonori Shibata, Koichirou Shida, Hideji Fujikawa and Shinichi Yamada, “Development of signaling safety system for realizing high density and high speed train operation”

Với phương pháp này đoàn tàu phía sau không được phép vào ga cho đến khi đoàn tàu phía trước đã rời ga và chạy được với quãng đường bằng tổng các giãn cách an toàn cộng với chiều dài của đoàn tàu. Do đó giãn cách tối thiểu trong trường hợp này giữa 2 đoàn tàu là 240m cộng với chiều dài đường chạy đón gửi trong ga. Trong nguyên tắc này, nó xem như là đuôi của đoàn tàu phía trước vẫn chiếm dụng đường ga nhưng có thể thực chất là nó đang rời đường ga, do đó có một khoảng cách không cần thiết giữa 2 đoàn tàu khi đoàn tàu phía sau chuẩn bị vào ga.

Phương pháp khống chế tương đối

Vị trí của đoàn tàu phía sau sẽ được tính toán dựa trên giả thiết là đoàn tàu phía trước đang dừng. Thực tế là đoàn tàu phía trước không dừng lại lập tức mà nó chạy một quãng đường nữa mới dừng hẳn. Phương thức khống chế tốc độ tương đối được dựa trên cơ sở này và dựa trên tốc độ của đoàn tàu phía trước. Công thức tính toán giãn cách chạy tàu được đưa ra như trong công thức (2) [3]. Trong đó, $\frac{v_m}{2} \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\beta_c} \right)$ là thời gian cần thiết để cả 2 đoàn tàu dừng lại hoàn toàn, và $\frac{l_T + l_s}{v_m}$ là thời gian để chạy một khoảng cách tương đương với tổng giãn cách an toàn và độ dài của tàu.

$$t_{ri} = \frac{v_m}{2} \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\beta_c} \right) + \frac{l_T + l_s}{v_m} + t_c \quad (2)$$

Trong đó:

β : Gia tốc hãm của tàu phía sau;

β_c : Gia tốc hãm lớn nhất của tàu phía trước trong trường hợp phanh khẩn cấp;

v_m : Vận tốc lớn nhất của 2 đoàn tàu.

Chúng ta không thể áp dụng (2) vào giả thiết của chúng ta vì 2 đoàn tàu không dừng và chạy đuổi liên tục. Hơn nữa, việc ứng dụng của phương pháp khống chế tốc độ tương đối bị giới hạn vì nó chỉ có thể được ứng dụng trong trường hợp thứ nhất. Trong bài báo này ta chỉ tập trung vào phương pháp giảm giãn cách có hiệu quả cho trường hợp thứ 2.

Điều đáng quan tâm nhất là làm thế nào để không xảy ra va chạm giữa các đoàn tàu. Để phòng ngừa sự va chạm giữa các đoàn tàu, chúng ta sử dụng một điểm chuẩn để đảm bảo và duy trì khoảng cách và giãn cách an toàn, chúng ta gọi là “điểm 0”.

Vị trí của điểm 0 được xác định theo công thức (3), trong đó $\frac{v_m^2}{2} \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\beta_c} \right)_s$ là khoảng cách cần thiết để cho cả 2 đoàn tàu dừng lại. Đoàn tàu phía sau được phép vượt qua điểm này với giãn cách bình thường, giãn cách này được xác định theo công thức (4).

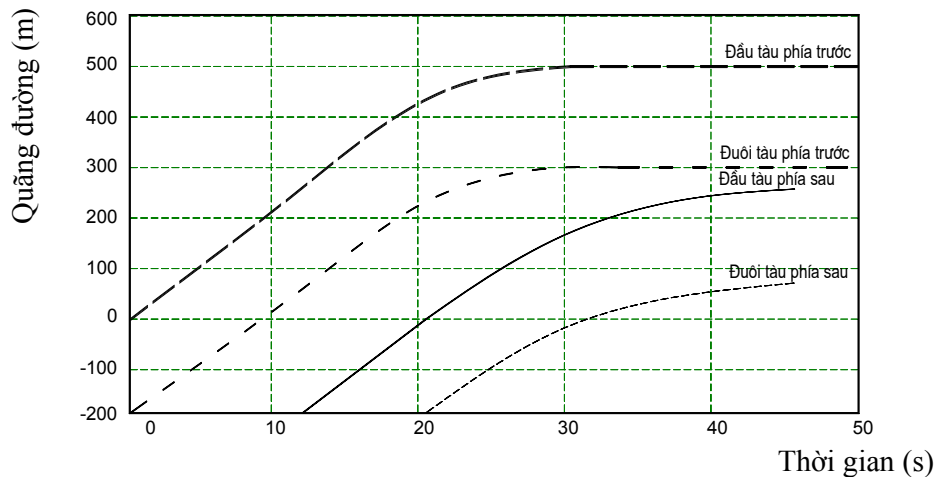
$$S_n = \frac{v_m^2}{2} \left(\frac{1}{\beta} - \frac{1}{\beta_c} \right) + l_T + l_s \quad (3)$$

$$t_n = \frac{S_n}{v_m} \quad (4)$$

Trong đó:

S_n : Khoảng cách cần thiết giữa 2 đoàn tàu;

t_n : thời gian giãn cách cần thiết.



Hình 4. Tính toán thời gian giãn cách bằng phương pháp không chế tương đối (trường hợp khẩn cấp)

Nguồn: Tomonori Shibata, Koichirou Shida, Hideji Fujikawa and Shinichi Yamada, “Development of signaling safety system for realizing high density and high speed train operation”

Trong công thức (3), β_c được giả định là 6 km/h/s (1.667m/s^2) như một giá trị ngưỡng an toàn. Để chứng minh, chúng ta thực hiện mô phỏng sử dụng công thức (3) và (4). Giả sử đoàn tàu phía trước đột ngột giảm tốc với gia tốc hãm là 6 km/h/s (1.667m/s^2) và dừng lại. Kết quả mô phỏng được chỉ ra như trong hình 4.

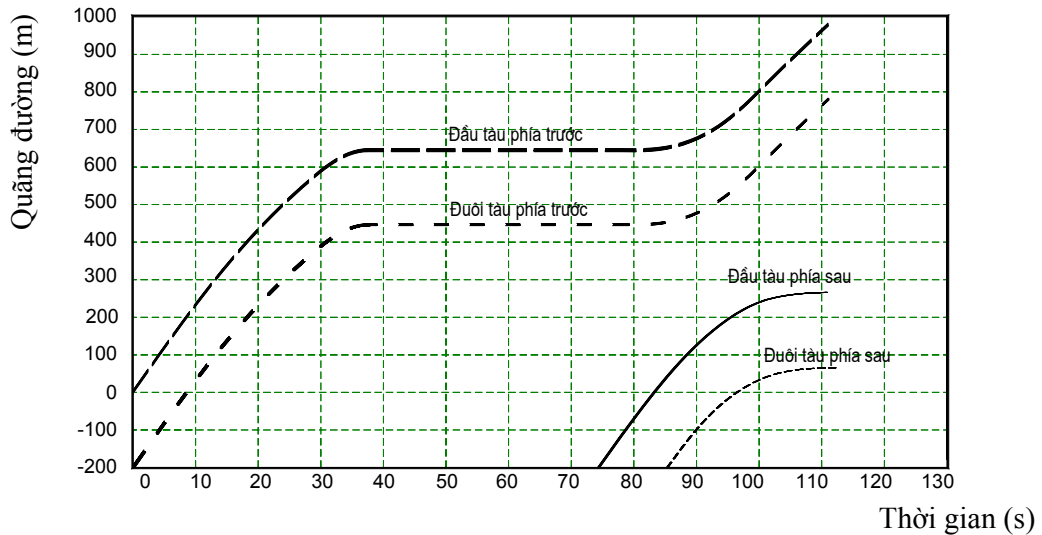
Từ kết quả mô phỏng nhận thấy rằng, khoảng thời gian đoàn tàu phía trước được chạy với tốc độ cho phép khi tới gần ga, sau khi vượt qua “điểm 0” là 18s (vị trí cách điểm 0 là 375m). Thời gian này được tính toán sử dụng công thức (4). Sau đó đoàn tàu hãm khẩn cấp với gia tốc 6km/h/s (1.667m/s^2), đầu của đoàn tàu dừng tại vị trí cách “điểm 0” là 505m. Thêm vào đó, đoàn tàu phía sau sẽ chạm tới “điểm 0” sau 21 giây sau khi đoàn tàu phía trước vượt qua điểm này và bắt đầu giảm tốc với gia tốc 3km/h/s (0.833m/s^2). Cuối cùng, đầu của đoàn tàu sau sẽ dừng tại vị trí cách “điểm 0” là 260.4m. Khoảng cách giữa 2 tàu (đuôi đoàn tàu phía trước đến đầu đoàn tàu phía sau) là 44.6m

Cho thấy rằng có thể rút ngắn được giãn cách chạy tàu mà không xảy ra va chạm, thậm chí trong trường hợp khẩn cấp. Do đó, với phương pháp này có thể đảm bảo an toàn cho mọi trường hợp.

Phương trình tính toán giãn cách thời gian cần thiết cho trường hợp cả hai đoàn tàu dừng lại ở cùng một đường ga theo công thức (5) dựa trên các công thức (3) và (4), trong đó t_n được tính bằng công thức (4), và $\sqrt{\frac{2 \times (l_a + l_b + l_T)}{\alpha}}$ là thời gian cần để chạy một quãng đường tương đương với tổng các giãn cách an toàn cộng với chiều dài của hai đoàn tàu.

$$\tau_{rs} = t_n + \sqrt{\frac{2 \times (l_a + l_b + l_T)}{\alpha}} + t_s + t_c \quad (5)$$

Trong trường hợp thông thường, đoàn tàu phía trước giảm tốc với gia tốc 3km/h/s (0.833m/s^2). Để không xảy ra va chạm giữa các đoàn tàu ta lấy giá trị ngưỡng $\beta_c = 6\text{km/h/s}$ (1.667m/s^2) và thay vào công thức (3), (4) và (5) (với các thông số như bảng 1) ta được $\tau_{rs} = 86 \text{ s}$.



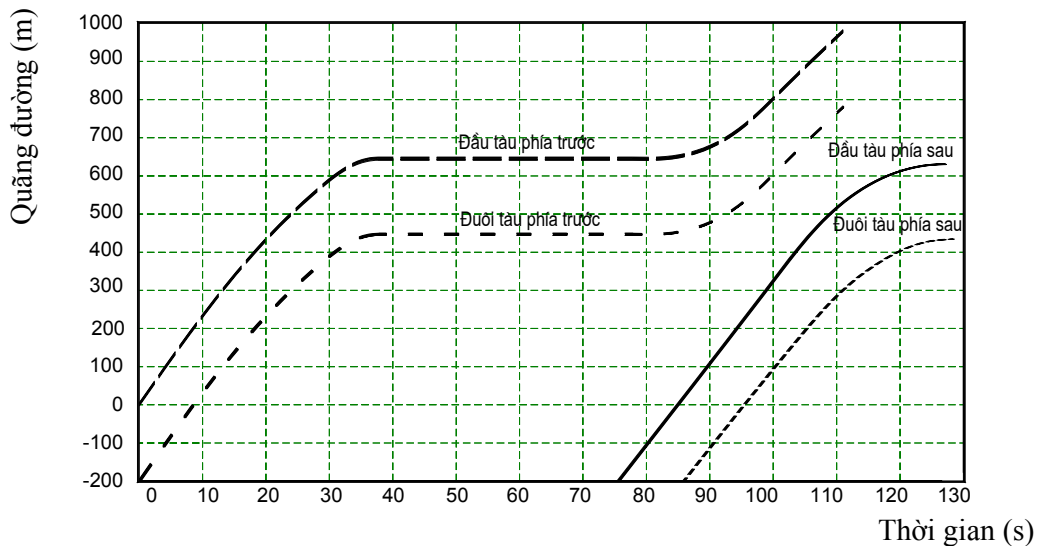
Hình 5. Tính toán thời gian giãn cách bằng phương pháp điều khiển tương đối (trường hợp bình thường)

Nguồn: Tomonori Shibata, Koichirou Shida, Hideji Fujikawa and Shinichi Yamada, “Development of signaling safety system for realizing high density and high speed train operation”

Hình 5 là kết quả mô phỏng dựa trên các công thức (3), (4), và (5). Nhận thấy rằng, giá trị τ_{rs} bằng với thời gian mà đoàn tàu phía sau vượt qua điểm 0, nhưng đoàn tàu dừng tại vị trí cách đường ga là 375m. Vì chúng ta lấy giá trị gia tốc hãm trong trường hợp khẩn cấp, khoảng cách này tương đương với khoảng cách tính được theo công thức (3).

Đoàn tàu phía sau giữ khoảng cách an toàn sử dụng công thức (3) và (4) để tránh va chạm với đoàn tàu phía trước dừng tại ga. Nhưng mặt khác, đoàn tàu phía sau có thể chạy với tốc độ cho phép khi tới gần ga với thời gian được tính toán như công thức (4) khi nó xác nhận được là đoàn tàu phía trước sẽ rời ga.

Kết quả mô phỏng theo giải pháp này được mô tả như hình 6, so sánh với hình số 5 ta thấy rằng sau khi đoàn tàu vượt qua điểm 0 nó vẫn được chạy với tốc độ cho phép và dừng tại đường ga (hình số 5 thì đoàn tàu phải dừng tại vị trí cách đường ga 375m) do đó giãn cách chạy tàu giảm còn 86s mà chắc chắn không xảy ra va chạm với đoàn tàu phía trước đã rời ga.



Hình 6. Tính toán thời gian giãn cách bằng phương pháp điều khiển tương đối (trường hợp cải tiến)

Nguồn: Tomonori Shibata, Koichirou Shida, Hideji Fujikawa and Shinichi Yamada, "Development of signaling safety system for realizing high density and high speed train operation"

Phương pháp khống chế tốc độ tương đối được cải tiến này cho phép đoàn tàu phía sau có thể đi vào ga khi xác nhận được đoàn tàu phía trước đang rời ga. Do đó rút ngắn được giãn cách chạy tàu và vẫn đảm bảo không xảy ra va chạm giữa các tàu.

III. KẾT LUẬN

Phương pháp khống chế tuyệt đối không cho phép đoàn tàu phía sau vào cùng 1 đường ga với đoàn tàu phía trước cho đến khi đoàn tàu phía trước chạy được một quãng đường bằng tương đương với tổng các giãn cách an toàn và chiều dài của cả 2 đoàn tàu. Với phương pháp này, có trường hợp đuôi của đoàn tàu phía trước vẫn chiếm dụng đường ga nhưng thực tế là đoàn tàu đang rời ga vì thế có một khoảng cách không cần thiết giữa 2 đoàn tàu.

Để loại bỏ sự không cần thiết này, phương pháp khống chế tốc độ tương đối được cải tiến, cho phép đoàn tàu phía sau có thể đi vào ga khi xác nhận được đoàn tàu phía trước đang rời ga. Do đó rút ngắn được giãn cách chạy tàu. Cụ thể là rút ngắn được 6 giây từ 92 giây xuống 86 giây. Nói cách khác, phương pháp khống chế tốc độ tương đối có thể cho phép chạy tàu với mật độ 42 đoàn tàu/giờ so với 39 tàu/giờ nếu ứng dụng phương pháp khống chế tuyệt đối. Điều này sẽ thực sự có ý nghĩa đối với các tuyến đường sắt nhẹ tại các đô thị có mật độ chạy tàu lớn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E.Toyoda, "Making Railways Appealing in the future", Journal of SIC& vo1.32, no.7, July 1993, pp.531-537.
- [2] Y.Hasegawa, " Future Train Control System", Journal of SICE, vo1.32, no.7, July 1993, pp.538.
- [3] Tomonori Shibata, Koichirou Shida, Hideji Fujikawa and Shin-ichi Yamada, "Development of signaling safety system for realizing high density and high speed train operation", 0-7803-3026-9/95 \$4.00 © 1995 IEEE
- [4] Tính toán và mô phỏng giãn cách chạy tàu cho đường sắt đô thị, TS Nguyễn Duy Việt – Trịnh Văn Mỹ, Tạp chí Khoa học GTVT số 32-11/2010■