

## 열차특성을 고려한 열차운전곡선계산

°박순기, 김양모\*

\*충남대학교 전기공학과

### A Computation of Train Operation Curve Using the Train Characteristics

°Soon Gi Park and Yang Mo Kim\*

\*Chung-nam National University

#### Abstract

In this paper, the program for the train operation from the train characteristics and motion equation is presented. By the decision of the operation condition, the computation system for train operation(CSTO) can be developed successively. As some applications, the computation examples of the rheostatic- and the inverter-train are demonstrated.

#### 1. 서론

본논문에서는 속도-견인력곡선, 브레이크성능 등을 포함한 각종 차량정보와 경사, 곡선을 포함한 선로데이터로부터 운동방정식을 계산하고 어떤 운전상태로부터 주어진 정보를 고려하여 다음 운전상태를 계산하는 운동방정식의 계산모듈을 만들고자 하며 열차의 운전에서 발생하는 문제를 세분화하여 해석함으로써 주어진 조건내에서 열차운전이 이루어질 수 있도록 운전곡선을 계산하는 프로그램(CSTO: Computation System for Train Operation)을 제시하고자 한다.

#### 2. 열차운전곡선계산

열차를 하나의 질점으로 보아 그 운동을 시간에 관해 나타내면

$$W \frac{dv}{dt} = T - (R + B) \quad (1)$$

$$\frac{ds}{dt} = V \quad (2)$$

이 되고 이 운동방정식으로 부터 열차의 운동을 계산할 수 있다.

단, R : 총 열차저항, T : 견인력, B : 브레이크력

W : 열차의 중량

t : 시간, s : 거리, v : 속도

그런데 열차의 운전은 다음의 세가지 상태로 크게 구분되어진다. 즉,

구동의 경우 B = 0

탄력운전의 경우 T = 0, B = 0

제동의 경우 T = 0

이다

#### 3. 시뮬레이션 프로그램

##### 3.1 시뮬레이션 프로그램 개요

아래 그림 1과 같이, 처음에 열차의 운전은 어떤 일정속도까지는 가속만으로 시간기준 운동방정식으로 계산하고 그때의 속도, 거리, 시간 등의 운전상태를 열차조종모듈에 전달하고 그 값을 통해 탐색공간내에서만 움직이는 운전추론기관에 의해 다음의 운전상태를 결정하고 정의된 정수형 매개변수의 값을 갖는 신호(구동 : 0, 탄력운전 : 1, 제동:2)를 거리기준 운동방정식 모듈에 전달하게 되고 그 신호를 받은 거리기준 운동방정식 계산모듈은 모든 데이터를 활용에 계산을 완료하고 계산된 값을 열차조종모듈에 전달하고 다시금 열차조종모듈은 다음의 운전상태를 결정하여 신호를 거리기준운동방정식 계산모듈에 전달한다. 이러한 과정은 증점처리서브루틴에서 계산된 브레이킹 적정거리에 들게되면 열차조종모듈의 운전추론기관은 브레이킹을 위한 규칙을 이용하여 신호를 거리기준운동방정식의 계산모듈에 전달함으로써 목표지점에서 열차가 정지를 하게 된다. 그리고 운전거리, 운전시간, 운전평균속도, 전력소비량과 운전선도를 출력한다.

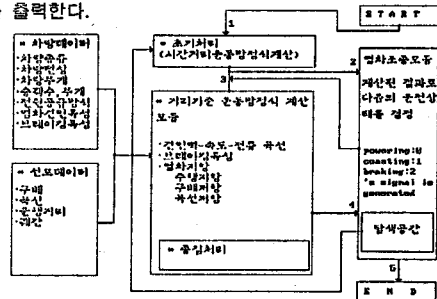


그림 1. CSTO의 계산 과정 개략도

### 3.2 차량특성

시뮬레이션에 사용된 직류전동기 차량의 견인특성은 그림 2와 같다.

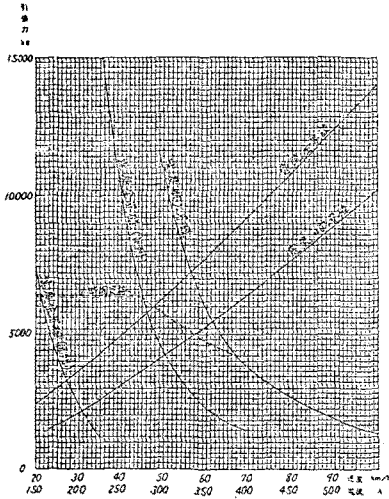


그림 2. 직류식 전동차량의 견인특성

차량에 관련된 데이터는 다음과 같다.

- 동력차 : 30 t/량 1량
- 부수차 : 객차 30t/량 1량
- 승객 : 300명, (60kg/인)
- 전원방식 직류 1500볼트
- 직류전동기
- 브레이크력 2.7 km/h/s

한편 유도전동기를 사용한 차량의 견인특성과 브레이크 성능은 그림 3과 그림 4와 같다.

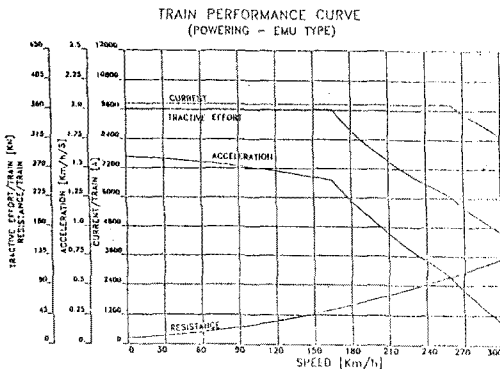


그림 3. 교류식 전동차량의 견인특성

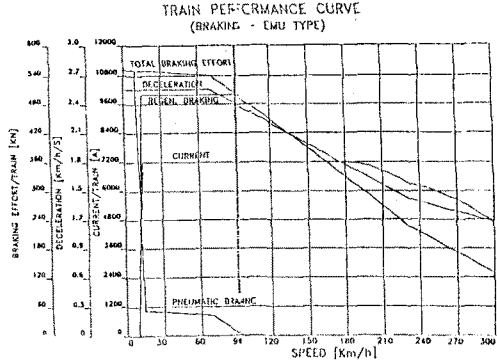


그림 4. 교류식 전동차량의 브레이크특성

그와 관련된 차량 데이터는 아래와 같다.

- 동력차 : 120 t/량 1량
- 부수차 : 객차 120 t/량 5량
- 승객 : 300명, (60kg/인)
- 전원방식 교류 1430볼트
- 유도전동기

### 3.3 대상구간

시뮬레이션을 위하여 구간은 1435mm에서 다음과 같은 경사와 커브를 갖는 노선을 설정하였다.

#### 종 류 1

경사, 곡선 : 전 구간에 존재 없음

#### 종 류 2

경 사 : 구간 1 - 1.5km( 10 % )  
 구간 1.5 - 2km( -5 % )  
 구간 3.4 - 5km( 6 % )

곡 선 : 구간 1.1 - 1.5km( 600 kg/ton )  
 구간 2.25 - 3km( 400 kg/ton )

#### 종 류 3

경 사 : 구간 1 - 1.5km( 10 % )  
 구간 1.5 - 2km( 40 % )  
 구간 3.4 - 5km( 6 % )

곡 선 : 구간 1.1 - 1.5km( 300 kg/ton )  
 구간 2.25 - 3km( 400 kg/ton )

## 4. 시뮬레이션 결과

3.2에서 사용한 2 종류의 열차와 3.3에서 정의한 3종류의 노선에 대한 시뮬레이션 결과를 다음에 표시했다. 그림 5는 3km주행시의 결과이고 그림 6-9는 6km주행시의 속도-거리, 시간-거리특성을 함께 나타내었다.

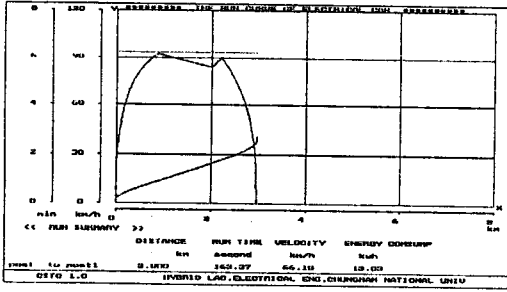


그림 5. 노선종류 1인 경우, 3000m 주행시

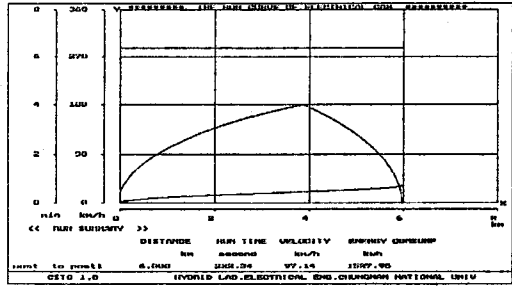


그림 9. 노선종류 1인 경우, 6000m 주행시

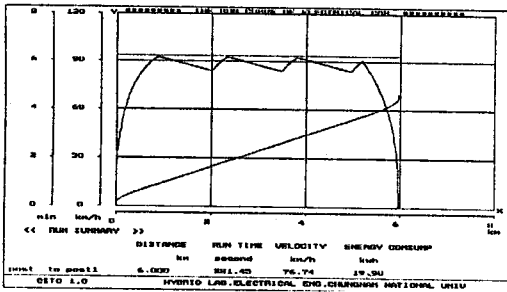


그림 6. 노선종류 1인 경우, 6000m 주행시

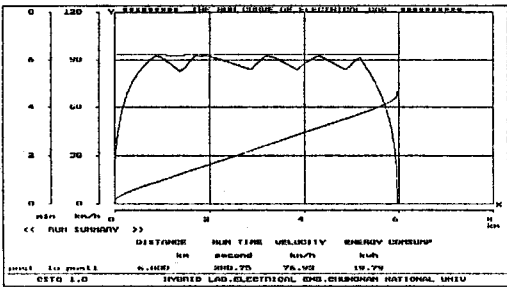


그림 7. 노선종류 2인 경우, 6000m 주행시

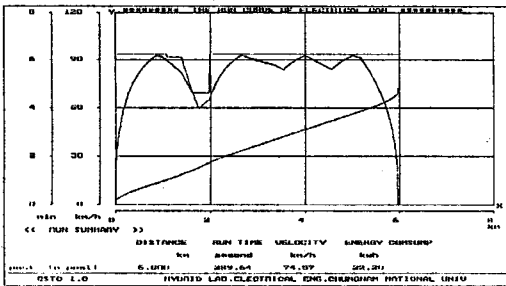


그림 8. 노선종류 3인 경우, 6000m 주행시

### 5. 결 론

CSTO는 하드웨어적인 성능의 향상과 더불어 여러가지 기능을 부가함으로써 실용화의 방향으로 진전되고 있다. 그러나 CSTO의 개발에 있어서는 일반적 과학계산과는 달리 인간-기계 인터페이스 요소를 내포하고 있기 때문에 인간의 표준판단을 단순프로그램화하는 것만으로는 선로조건이나 차량성능의 변경에 효과적으로 대처하지 못하였고 오히려 프로그램의 비약적인 증대나 비현실적인 운전을 초래하여 왔다.

본 논문에서는 최소운전시간도달이라는 목적을 달성하기 위하여 운전이 가능한 탐색공간내에서 열차가 움직이며 접하게 되는 문제를 세분화하여 기술하고 각 부문제에 대한 계산방법을 제시함으로써 전체의 운전이 목적에 부합되도록 하였고 차량성능이나 선로변경에 따른 계산방법의 변화나 알고리즘의 재조립문제를 해결하고자 했다.

### 참고문헌

- [1] Nobukazu Inada, Sumio Koga, "Development of the program system for train performance computation", 鐵道技術研究報告No. 9 32, 1974
- [2] 李鍾得, 鐵道工學, 노해출판사, 1993
- [3] 飯田 眞, "鐵道工學, 電氣書院
- [4] 고속전철기술조사전문위원회, "고속전철기술현황"2호, 대한전기학회, 1992
- [5] B. G. Buchanan, Edward H. Shortfiffe, Rule-Based Expert Systems, Addison-Wesley, 1984
- [6] Horowitz, Ellis, "Fundamentals of computer algorithms", 1978