

直流電氣鐵道시스템의 電力 SIMULATION

○ 金 良 模

(忠 南 大) ·

A Power Simulation of DC Electric Railways.

Kim Yang-Mo

(Chung-nam Nat'l Univ.)

1 序 論

軌道交通시스템의 計劃 및 運用에 있어서는 시스템 전체의 稼働를 定量的으로 파악하는 것이 중요하고 계획 및 運用을 지원해 줄 소프트웨어의 体系化가 필요하다. 최근 回生能力을 지닌 制御車의 도입과 인버터기능을 포함한 變電設備施設 등 광범위한 발전을 이루어 왔고 이러한 軌道시스템에 대한 전력면에서의 평가와 개발을 위해 상세한 電力 Simulation 技法이 필요하게 되었다.

이에 본 자료에서는 直流電氣鐵道시스템에 있어서의 電氣시스템의 線形化 모델과 列車의 特性 및 列車運行시스템의 모델화를 통한 전력계산이 가능한 알고리즘을 소개하고 Simulation 의 한 예를 보인다.

2 基本 모델

2.1 變電所

최근 電氣鐵道用 變電所는 사이리스터 整流器, 回生 인버터 등 고도의 制御機能을 갖게 되었다. 이와 같이 고도화 제어기능을 지니게 됨에 따라 전력계산에 응용하기 위하여는 일의 차수의 線形化 작업이 가능토록 하여야 한다. 특히 ฟู라이징 등 電力蓄積 裝置를 포함하고 있는 시스템에 대하여도 수개의 직선으로 그 특성을 나타낼 수 있으므로 적절한 선형화에 의해 전력계산이 가능하다.

2.2 列車 모델

列車는 主電動機의 制御方式에 따라 cam 車와 矽 石車로 分類되고 열차전성에 따라 그 특성도 달라진다. 運轉狀態는 力行, 惰行, 브레이크, 停止의 4개의 모드로 구분되는데 補機 등의 電力을 고려하지 않는다면 惰行과 停止의 運轉狀態는 主電動機가 전기적으로 電氣시스템과 연결되어 있지 않아 電力에 영향을 미치는 것은 4개의 運轉모드중 力行과 브

레이크 (回生車를 포함하는 電氣系統) 만으로 볼 수 있고 抵抗制禦車인 경우에는 力行만이 고려의 대상이 된다. 이 둘 力行과 回生브레이크시의 列車를 전력계산에서는 電流源으로 취급할 수 있으며 특히 최근 많이 보급된 矽石車에는 回生브레이크時 pantagraph 電壓의 過上昇을 막기 위하여 回生電流를 抑制하는 機構가 실비되어 있어 이러한 回生電流制限特性도 함수화하여 취급하여야 한다.

2.3 電氣계통 모델

電氣系統은 어느 정도의 인덕턴스도 포함하고 있지만 대체로 전력계산을 함에 있어서 抵抗成分으로 작용한다고 볼 수 있고 이 抵抗成分으로 인한 電壓降 下로 列車의 pantagraph 電壓이 결정된다. 直流電氣鐵道시스템에서는 變電所에서 上行線과 下行線의 電壓이 같은 타이포스트로 구성되어 있고 요크음 矽石제어차가 運行되고 있는 시스템에서는 電氣系統의 손실을 줄일 수 있는一括電氣방식이 논의되고 있어 우송하는 列車運行 simulation 에서 얻어지는 열차의 位置와 運轉모드로 부터 電氣回路를 구성할 수 있고 電氣방식의 차이에 따라 각 방식을 適用할 수 있는 알고리즘開發이 필요하다.

3 Simulation 技法

3.1 列車運行 Simulation

列車의 notch 曲線, 列車運行 다이어, 路線情報 등의 데이터에 의해 列車의 駅間運行狀態를 계산할 수 있다. 임의의 시간에서의 열차의 運轉狀態, 열차의 위치, pantagraph 를 통해 흐르는 열차의 전류를 계산할 수 있고 이것을 列車運行 Simulation 이라 하고 電力計算 Simulation 과의 관계를 나타내면 그림 1 과 같다.

3.2 電力計算 Simulation

Simulation 을 위한 프로그램의 flow chart 는 그

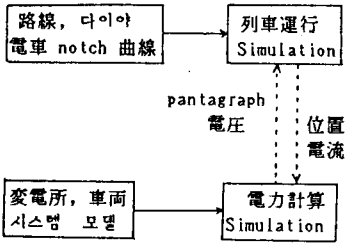


그림 1. 運行과 電力 Simulation 關係

$$AGA'e = AGV_s - AJ_s$$

$$j = GV + j_s - GV_s$$

단, V : 枝電壓

j : 枝電流

A : 接統行列

G : 컨덕턴스行列

A' : A의 轉置行列

e : 節点電壓

V_s : 變電所送出電壓

j_s : 力行 또는 回生電流

림 2 와 같다. 기본적으로는 각 시각에 있어서의 列車運行프로그램으로 부터 列車의 位置, 電流狀態를 파악하여 순간순간의 回路方程式을 풀고 回路에 존재하는 制約條件에서 判別하여 그때의 전력을 결정하고 回路網가치가 변화하는 경우 되풀이 계산에 의한 計算을 행하고 時間을 進형시킨다.

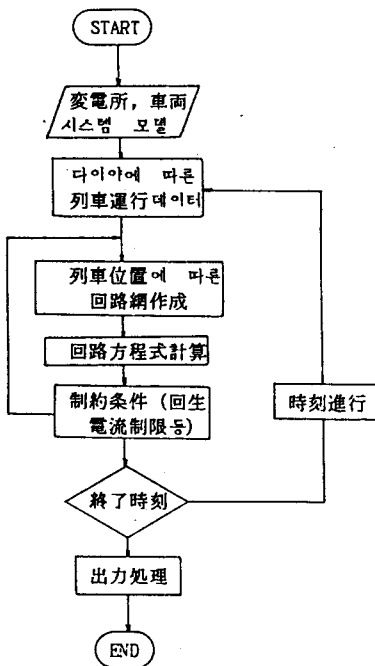


그림 2. 處理프로그램의 FLOW CHART

3.3 回路方程式計算

주어진 네트워크로 구성된 等價回路에서 變電所 및 列車의 電流源을 節点으로 하고 節点과 이들이 연결되어 있는 饋線선으로 枝를 만들어 다음과 같은 回路方程式으로 부터 각 節점의 電壓 및 電流를 구한다.

4 計算例

그림 3 과 같은 모델路線에 대해 列車의 運轉에 일정한 運轉余裕時間을 주어 走行시켰을때의 計算結果를 나타내었다. 列車의 種類 및 編成 등에 관한 것은 表와 같고 그림 4 는 變電所 送出電壓 및 電流를 나타내고 그림 5, 그림 6 은 각 列車의 pantagraph 전압과 전류를 나타낸다. 특히 pantagraph 電壓의 過上昇으로 인한 回生電流 制限範圍를 直線으로 나타내었다.

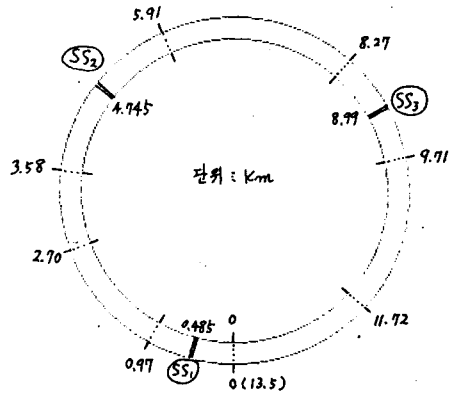


그림 3. 計算에 사용된 모델路線

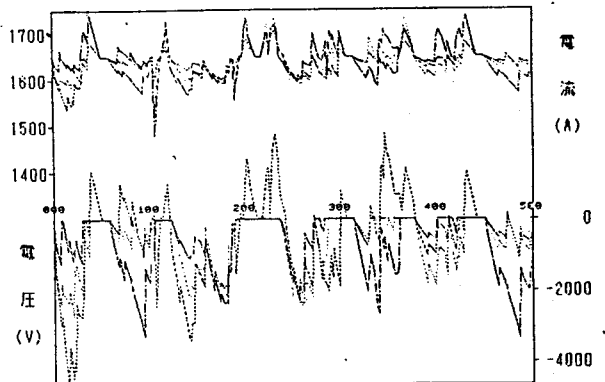


그림 4. 變電所送出電壓 및 電流

表 列車에 대한 諸元

種類	電機子制御列車
編成	6M4T(100% 乗車率)
重量	460 ton
電流	力行: 580A/unit 回生: 1050A/unit
最高速度	100 km/h
ブレーキ	減速度: 2.7 km/S/S
運転方法	1 回の 力行-惰行-ブレーキ

参考文献

- (1) SADA, MASASHI, YOSHIYUKI: "An Application of Computer Simulation for Electric Power Plans of Newly Constructed Railway", The Tran. of the Institute of KIN KI Railways, pp37-44, 1980
- (2) 笠原: 運転電力シミュレーション, 近畿電鉄研究所研究集, 第10号, pp31-38, 1980. 3
- (3) 曾根, 久須美: 電氣鐵道における電システムの展望, 電氣学会電氣鐵道研究会, RAT-83-1, pp1-7, 1983
- (4) 片岡: 軌道交通システム電力シミュレータ, 電氣学会システム制御研究会, SC-81-24, pp63-72, 1981

5 結 言

현재 서울과釜山에 地下鐵이 建設되고 있고 高速電氣鐵道の 建設이 計劃되고 있다. 電氣鐵道の 新線 計劃에 있어서 반드시 고려되어야 할 것이 電力消費라 할 수 있고 이것의 評價는 Simulation에 의해 행해지는 것이 보통이다. 精確한 評價 基準이나 Simulation의 体系가 확립되어 있지 않으나 앞으로 보완함으로써 本 電力計算 Simulation 手法이 조금이라도 보편이 될 것을 기대해 본다.

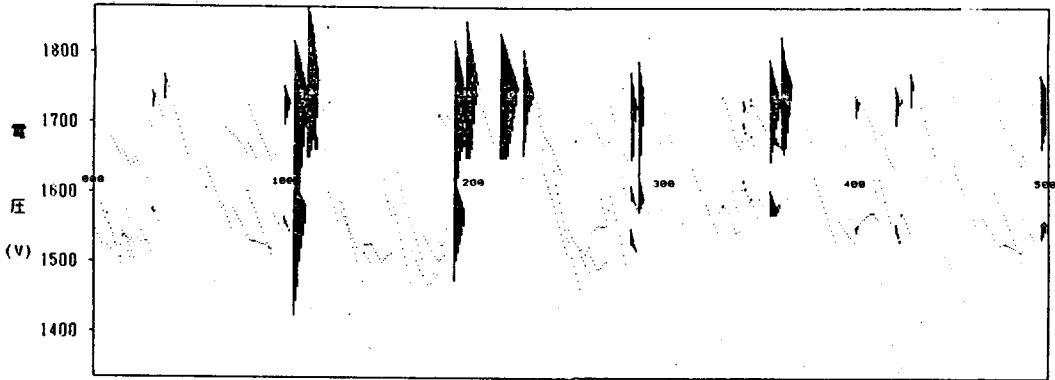


그림 5. 各 列車의 Pantograph 電圧

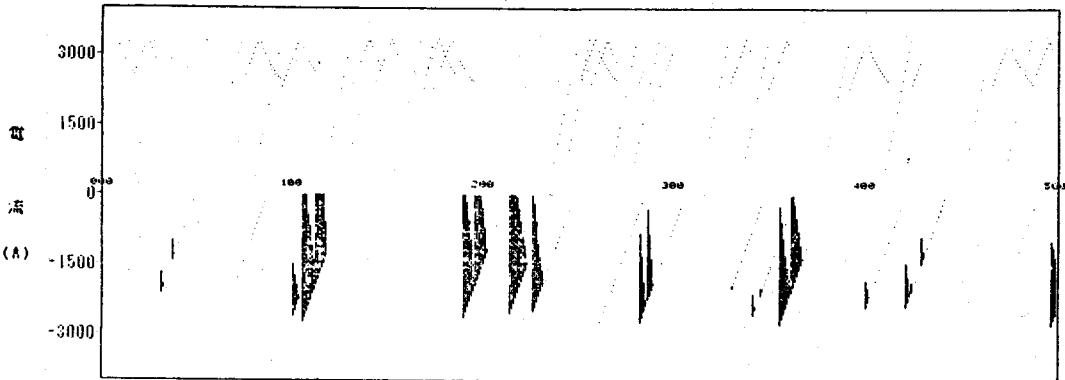


그림 6. 各 列車의 Pantograph 電流