

무인운전 전동차 ATC 설계를 위해 필요한 차량 성능 자료에 대한 고찰

곽호승* 김재기** 이기철***
Hong, Gil Dong Hong, Gil Dong Hong, Gil Dong

ABSTRACT

Kimhae light subway started complete unmanned operation electromotive car starting construction. It stepped on the first step which approaches at time of the unmanned operation electromotive car there is a possibility of doing.

During the 30 years, the electromotive car market of domestic developed. Finally we will start into a plan and a production for the initial commerce operation.

The Canada unmanned operation electromotive car which we are advancing, It means becomes the good example in the relation technical experts

1. 서론

김해경전철이 완전 무인운전전동차 착공을 시작하면서, 이제 우리나라도 무인운전 전동차의 시대로 접어드는 첫발을 디뎠다고 할 수 있다.

약 30년 동안 급속한 발전을 하여온 국내의 전동차 시장에서도 무인운전 전동차는 처음 상업운행을 위하여 설계 및 제작에 들어갈 예정이어서, 당사가 현재 진행하고 있는 캐나다 무인운전 전동차의 설계 사례를 설명하여, 관련 기술자들에게 좋은 초석이 되었으면 한다.

현재 국내의 많은 노선에 보급되어 있는 전동차가 ATC/ATO운전을 할 수 있도록 되어 있다. 하지만 아직 국내에는 승객의 안전을 위하여 모든 전동차에 기관사가 탑승하여 있으며,

* 곽호승 (주)로템, 제품전기팀, 주임연구원

E-mail : bigguy@rotem.co.kr

Tel : (031)460-1086

Fax : (031)460-1789

** 김재기 (주)로템, 제품전기팀, 책임연구원

*** 이기철 (주)로템, 제품전기팀, 수석연구원

직접 차량의 가감속을 제어하지 않을 지라도 출발전 전방 및 차량의 상태를 확인하여 출발 Button을 눌러져야 차량이 진행할 수 있도록 되어있다.

또한 일부 노선에서는 차량의 운행시 안전사고가 발생하면, 신속한 대처를 위하여 차량내에 운전자를 두어 혹 발생할 수 있는 안전사고에 대처하고 있는 차량도 있다.

하지만, 캐나다 전동차의 경우, 차량이 기지에서 출발전 Test, 기지에서 출발지점까지 이동, 차량출발, 다음역정차, 출입문 통제, 차량 가/감속도 제어 그리고 차량 귀환에 이르기 까지 모든 과정을 무인으로 실행할 수 있도록 설계되어 있어 차량 및 승객의 안전을 위한 Safety 설계가 우선되어 져야 한다.

또한 무인운전에서 ATC가 차량의 가감속을 정확히 제어하면서 차량의 안전을 보장하기 위하여서는 ATC가 차량의 각 System의 동작특성 및 반응시간등을 사전에 정확히 파악되어야 하며, 차량 설계자는 이 정보를 정확히 통보하여 주어야 한다.

따라서 본 논문에서는 무인운전 전동차 설계를 위하여 ATC 제작사 또는 설계자가 차량 설계에 요구하는 자료의 종류와 각각의 의미에 대하여 알아본다.

2. 본론

2.1 차량 Performance Data

ATC가 차량을 제어하기 위하여 차량측에 요구하는 가장 중요한 자료 중 하나로 차량 성능자료(Performance Data)가 있는데, 주로 다음과 같은 자료가 필요하다.

1. 차량 편성
2. 차량길이 및 편성길이
3. Wheel 직경
4. Train Performance Curve or Table
5. Runaway Acceleration Curve
6. Train Brake Performance Curve or Table
7. 차량 중량
8. 상용제동률
9. Full Service Brake Rate
10. Guaranteed Emergency Brake (EB) Rate
11. Propulsion Cut-off Time Delay under Emergency Brake Conditions
12. EB Reaction Time
13. Longitudinal Jerk Limit
14. Full Service Brake (FSB) Reaction Time
15. Normal Service Brake Reaction Time
16. Train Rolling Resistance formulae and parameters

17. Maximum Acceleration Rate
18. Minimum trackwheel adhesion coefficient
19. Power or Brake Transfor Function
20. Dynamic/Friction Brakes Blending Time
21. Acceleration and deceleration response time to motoring and brake demand change
22. Antenna Location Drawing showing the location of the antenna on the vehicle.
23. Tachometer Location
24. Slip/Slide control system characteristics
25. Maximum collision speed to maintain coupler integrity
26. Train Identification, VOBC Identification and Car Unit Identification

2.2 차량 편성, 차량길이

무인운전에서 ATC장치는 차량의 추진력과 제동력을 제어하여야 하며, 차량이 역에 집입하였을 경우, 정확하게 정해진 정차위치에 정지하도록 차량의 추진 및 제동장치에 제어 명령을 전달하여야 한다. 또한 차량이 Platform에 정차시 차량의 전두부와 후두부의 위치를 선택하기 위하여서는 지상에서 신호를 주는 지상자의 위치나 지상에서 신호를 발생시킬 위치를 정확하게 파악하여야 한다.

따라서, ATC는 각 차의길이 및 편성 길이에 대한 정확한 정보를 요구한다. 본 정보는 일반차량의 ATC 시스템에서도 요구하는 자료임.

2.3 Wheel 직경

ATC가 차량의 속도를 제어하기 위하여, 추진 및 제동명령을 하달함과 동시에 현재 차량의 속도를 계산하여, 현재 차량이 운행중인 구간의 제한속도와 현재 차량의 속도를 비교하고, 차량이 제한속도 이상으로 과속하지 않도록 제어를 한다. 이때 ATC가 차량의 속도를 검지하는 방법은 Wheel 측에 Tachometer라는 속도 Sensor를 부착하여, 축의 회전속도를 가지고 차량의 속도를 계산한다. 정확한 차량의 속도를 측정하기 위하여서는, New Wheel일 경우와 Wheel이 달아서 작아졌을때에 대한 Wheel의 Size를 정의하여 주어야 한다.

2.4 Train Performance Curve or Table

차량의 중량 (공차, 만차)에서 전압/전류 변화에 따른 차량의 속도 및 가속도의 상태를 ATC가 파악할 수 있는 자료를 전달하여야 한다. 그래야 ATC는 차량의 중량을 파악하여, 차량을 가속시 정당한 가속력을 낼 수 있는 추진명령을 추진장치에 전달할 수 있다.

2.5 Runaway Acceleration Curve

무인운전 차량의 경우, 추진장치 고장시 전방의 차량이나, 구간 마지막의 안전지대에 차량이 충돌하는 것을 방지하기 위하여, Runaway Acceleration Curve를 ATC에 전달하여야 한다. ATC는 본 정보를 가지고, 차량이 각 속도에서 고장이 발생할 경우 타력으로 차량이 운행하는 거리와 비상제동 체결 후 차량이 운행하는 거리를 계산하며, 계산결과에 따라 차량의 운행속도 및 차간 거리를 정하게 된다.

2.6 Train Brake Performance Curve or Table

차량의 중량에 따른 제동 감속도율을 가지고 ATC는 차량의 중량의 변화에 따라 제동력을 달리하도록 명령할 수 있다. 이는 또한 ATC가 차간거리를 제한하기 위한 변수로도 사용된다.

2.7 차량 중량

각 정의(AW0, AW1, AW2, AW3)별 중량은 각 Project 별로 정의되어진다.

2.8 상용제동률 또는 Full Service Brake Rate

비상제동이 아닌, 일반제동 명령을 지시하였을때, 회생제동과 공기제동이 낼 수 있는 값이며, ATC에는 최대 상용제동력인 Full Service 제동력을 제동하면 될 것으로 판단 된다.

2.9 Guaranteed Emergency Brake (EB) Rate

약어로 GEBR이라고 하기도 한다. GEBR은, 비상제동인가 시 차량의 어떠한 고장이 발생하여도 차량에서 보증할 수 있는 비상제동 감속도로서, ATC에서 차량이 최악의 경우를 고려하여 차간 거리를 계산할 때 이 GEBR값을 가지고 계산한다. GEBR은 , 차량의 고장, Rail 상태의 불량 발생하였을 때도 보증이 되는 제동 감속도를 말한다.

2.10 Propulsion Cut-off Time Delay underEmergency Brake Conditions

비상 제동을 인가할 경우, 차량은 추진을 제거하고 제동력을 인가하게 된다. 이때 ATC가 추진이 멈추는데 까지 걸리는 시간을 가지고, 비상제동이 인가 되기전에 차량이 움직이는 거리를 계산한다.

2.11 EB Reaction Time

비상제동이 명령이 떨어진 후, 실제 비상제동이 구현되어 차량의 감속도가 비상제동 감속도에 이를때까지의 시간으로, 비상제동이 인가되기 전까지의 차량의 운행거리를 계산하는데 사용한다.

2.12 Longitudinal Jerk Limit

추진이나, 감속시 승객의 승차감을 높이기 위하여 Jerk Control을 하는데, Jerk Control은 차량의 가속 및 감속 반응 속도를 늦추는 역할을 함으로 ATC에서 차량의 추진및 제동명령 실패점 계산등에 사용한다.

2.13 Full Service Brake (FSB) Reaction Time

상용제동 명령시 상용제동 최대까지 도달하는 시간. 제동반응시간 및 제동의 정상적인 동작 여부를 확인하는데 사용한다.

2.14 Normal Service Brake Reaction Time

"2.13"과 동일사항.

2.15 Train Rolling Resistance formulae and parameters

차량의 종류마다 다른 공식이 적용되며, 시행청과 차량의 형상에 따라 합의된 공식을 제출하면 됨.

2.16 Maximum Acceleration Rate

차량이 낼 수 있는 최대 가속도값으로, 차량의 운행시간 단축이 필요할 경우나, 차량의 기동시 사용 함.

2.17 Minimum trackwheel adhesion coefficient

지상의 Rail상태 변화하는 마찰계수 중 최소값. 각 Project의 경험치를 제동업체에 의뢰하여 제출할 수 있음.

2.18 Power or Brake Transfor Function

ATC나 운전자의 Mascon 조작에 따라 추진 또는 제동이 배는 추진력이나 감속력의 비율로 interface 협의에서 정의하게 된다.

2.19 Dynamic/Friction Brakes Blending Time

실제 전동차에서 사용하는 제동은 회생제동과 공기제동을 같이 섞어서 사용하는 혼합제동을 사용한다. 따라서두개의 제동이 각각 어떻게 동작하는 지를 ATC가 이해하면, 차량의 Safety 확보가 좀더 용이할 것이다.

2.20 Acceleration and deceleration response time to motoring and brake demand change

차량은 항상 추진/제동을 빈번하게 반복하고 있으며, 추진장치는 추진에서 제동으로 변환하기 위해서는 추진을 삭제하고, 내부 충전된 전하를 방전시킨 후에 제동에 돌입할 수 있게 된다. 따라서 전자장치로 차량을 정확하게 제어하기 위해서는 이와 같은 부분이 사전에 정확하게 전달되어야 한다.

2.21 Antenna Location Drawing showing the location of the antenna on the vehicle.

본 사항은 ATC가 지상으로 부터 신호를 받기 이해서는 Antenna와 지상자의 거리가 적당한 거리를 유지하여야 하는데, 이 부분을 상호 Interface 확인하기위한 정보이다.

2.22 Tachometer Location

단순 Interface 정보.

2.23 Slip/Slide control system characteristics

차량이 Slip/slide 등이 제어되는 상태를 파악하여야 차량의 속도를 정확히 계산할 수 있음.

2.24 Maximum collision speed to maintain coupler integrity

차량의 Coupling 속도를 계산하기 위하여 필요한 정보임

2.25 Train Identification, VOBC Identification and Car Unit Identification

고장 추적등을 위한 상호 약속 임.

3. 결론

상기의 많은 정보들은 기존의 ATC(유인운전)에서도 상호 확인을 하였던 사항이지만, 무인 운전에서는 비상상태를 고려한 GEBR의 값을 매우 중요한 변수중의 하나이다. 상기의 내용은 ATC 설계를 위한 전문적인 내용보다는, 철도차량에 처음입문하는 기술자가 쉽게 파악할 수 있는 내용을 기록하였으며, 좀더 진보된 기술습득의 기반이 되었으면 한다.