

전동차 상용제동전자밸브 특성변화가 제동체결에 미치는 영향에 관한 연구

Study on the effect of full service electric vehicles brake valve characteristic changes in the braking signed

최낙경*, 김정국*[†], 구정서*

Nakkyong Choi*, Jungkook Kim*[†], Jeongseo Koo*^{**}

Abstract. A vehicle brake system performs a very important role when operating a vehicle, thereby if a failure occurs in any vehicle brake system, it will cause some serious problems against a vehicle's safe operation. Especially in normal operation conditions, in case of a full service brake equipment which is used in normal brake system, it has a great effect to stop a vehicle to a target location by an early operation state or operation delay. In that case, it causes an operation jarring of system to be linked signaling system, platform safety gates, etc. It makes a great problem to passengers's being got on and off. In this study, it can be learned how to be operated a solenoid valve in any energy state for normal brake service by analyzing full service brake equipment controlling air flow to brake system, the deterioration and pollution of the solenoid valve coil, the association between the trait change of component, and the application time of the brake, and it shows how to maintain and repair the vehicle brake system properly.

초 록 전동차 제동장치는 차량운행 시 안전에 매우 중요한 역할을 하기 때문에 어느 하나라도 고장이 발생하면 안전운행에 심각한 문제를 야기 시킬 수 있다 특히 정상적 운행상태에서 일상적인 제동에 사용되는 상용제동장치(Full Service Brake Equipment)의 경우 동작지연 또는 조기 동작 상태에 따라 열차가 목표지점에 정지하는데 매우 큰 영향을 끼치고 그럴 경우 신호장치, 승강장 안전문 등 연계 시스템 동작 부조화를 유발하여 승객 승,하차 및 열차운행에 막대한 지장을 주게 된다. 본 연구에서는 브레이크 장치에 공기 흐름을 제어하는 상용제동 전자밸브(solenoid valve) 코일의 열화 및 오염, 부품의 특성변화와 제동체결 시간과의 연관성을 분석하여 정상적인 제동을 위해서는 상용전자밸브가 어떠한 에너지 상태에서 동작되어야 하는지에 대해 알아보고 적절한 유지보수 방법을 제시 하였다.

주요어: 철도차량제동장치, 상용전자밸브, 솔레노이드, 동작상태, 코일전류 값, 시간

1. 서 론

철도차량 제동은 크게 전동기를 발전기로 작동시켜 운동에너지를 전기에너지로 변환, 회수하여 제동력을 발휘하는 회생제동과 전기신호에 따라 전기지령을 공기압으로 변환하여 공기의 가·감에 의해 제동을 수행하는 공기제동으로 나뉘어 진다. 도시철도 차량의 상용제동의 제동 제어 기능은 무인, 자동운전의 경우와 운전자의 제동조작에 의한 수동운전 등은 제동지령 계통이 다를 뿐 지령이 전달되면 동일한 기능 및 제어방식으로 제동이 작동된다. 상용제동 출력은 자동열차제어장치(ATC/Automatic Train Control)의 속도신호에 의해 자동열차 운전장치(ATO/Automatic Train Operational) 제어지령에 따르며 열차가 주행 중 회생제동과 공기제동을 병용하여 사용하다가 정지 점 도착 신호에 의해 제동전자제어장치(ECU/Electronic Control Unit)는 공기제동을 동작시켜 열차가 정지하게 된다 본 연구에서는 최종적으로 열차를 정지

점에 정확하게 멈추게 하는 공기제동장치의 여러 실행 조건 중에서도 일상적으로 사용하는 상용제동장치의 상용제동 전자밸브 코일 성능 변화가 제동체결 시간에 어떠한 영향을 끼치는지 실험을 통하여 분석하고 그 결과를 토대로 공기제동장치 점검방안을 마련하였다. 상용제동 전자밸브 코일 전류 값이 일정 범위 내에서 동작하였을 때 제동체결 시간은 적절하게 유지됨을 알 수 있었고 이를 토대로 유지보수 범위를 결정하면 정비업무 시간 단축에 도움이 될 것으로 판단된다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도안전학과(cnk@smrt.co.kr)

* 한국철도기술연구원

** 서울과학기술대학교 철도전문대학원 교수

2. 본 론

2.1 운전모드별 상용제동 수행절차

2.1.1 무인 및 자동운전

무인, 자동운전의 제동지령은 ATC 속도지령 범위 내에서 ATO의 운전제어 명령에 따라 TCMS(Train Monitoring System)와 ECU, 견인제어장치 등을 통하여 각 차량의 제동수행계통을 처리한다. 상용제동은 동력차의 회생제동과 공기제동을 병행하여 사용하며 회생동작 중에 열차속도와 모타의 주파수가 도착 전 일정수준에 도달하면 회생제동은 종속상태로 되고 ECU는 공기제동 개시명령을 내리게 된다

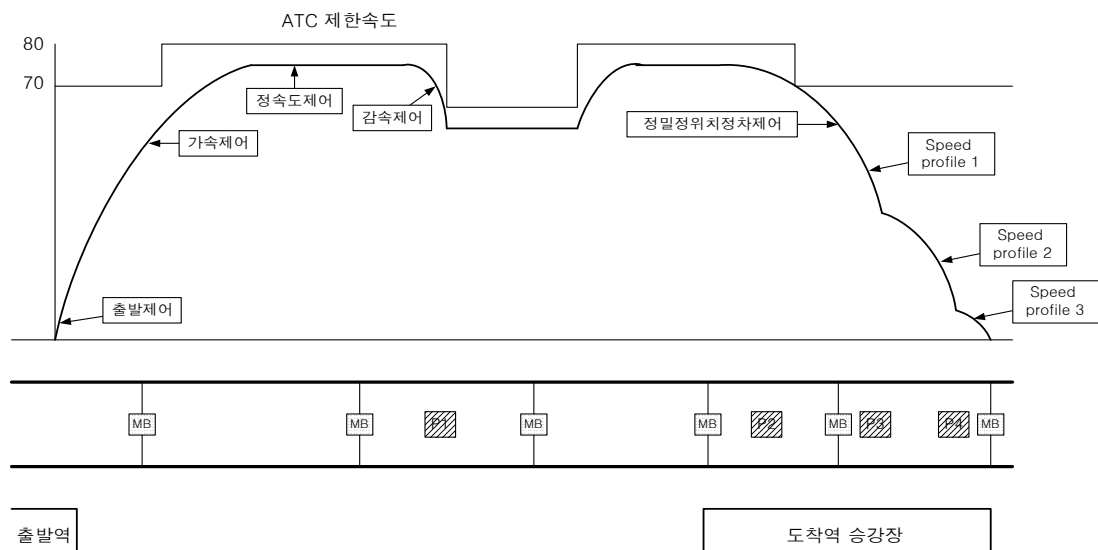


Fig. 1 Speed profile precision braking

2.1.2 수동, 비상, 기지운전

수동, 비상, 기지운전의 제동지령은 ATC 속도지령 범위 내에서 운전자의 주간제어기 조작 신호명령에 따라 TCMS(Train Monitoring System)를 통하여 무인 및 자동운전과 동일하게 각 차량의 제동수행계통에 따라 제동을 수행한다.

2.2 공기제동장치

2.2.1 상용제동 수행절차

열차는 회생제동과 공기제동을 병행하여 주행하다가 모터 Rotor 주파수가 13.7Hz(속도 9Km/h)가 되면 제동전자제어장치(ECU)는 회생종속 신호 후 공기제동을 개시하게 되며 제동 전자제어장치(ECU)의 제동지령이 상용제동 전자밸브에 주어지면 전류의 양을 공기로 변환하고 중계밸브에서 공기량을 증폭한 다음 제동실린더에 전달되어 제동을 체결한다

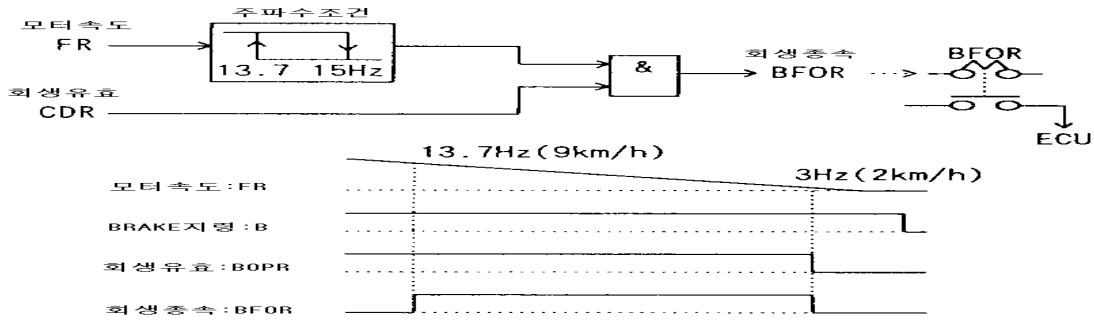


Fig. 2 1 Regenerative subsidiary signal

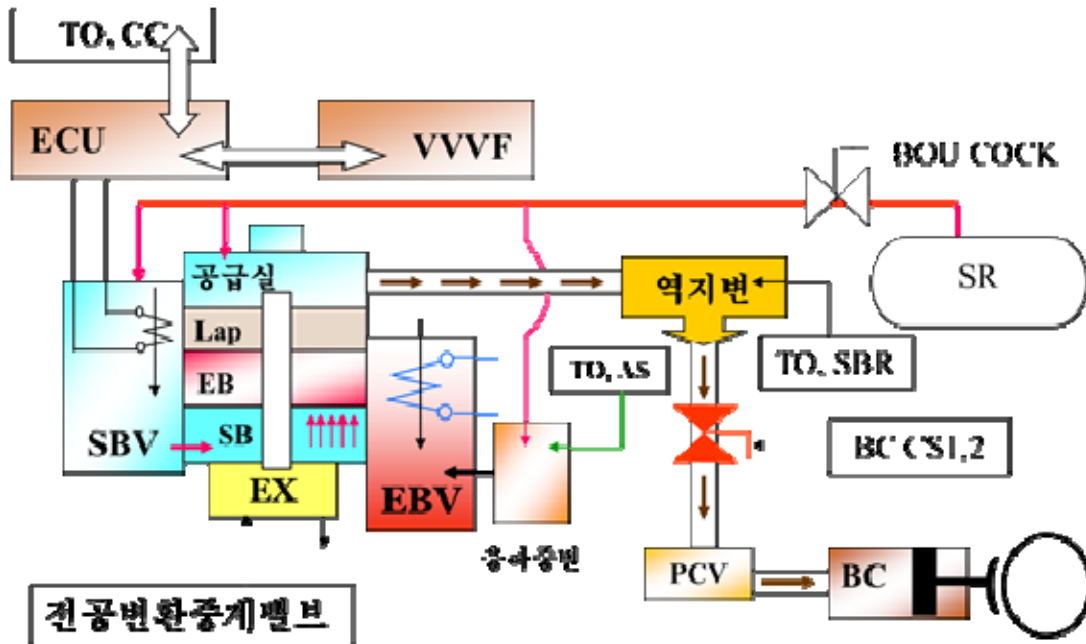


Fig. 3 Full service braking process

2.2.2 상용제동 전자밸브 동작원리

공기제동을 수행하는 상용제동밸브, 비상제동밸브, 전공변환중계밸브 등은 유사한 작동원리를 갖고 있는 솔레노이드 밸브이다. 솔레노이드 밸브는 코일에 전기에너지를 인가 함으로써 운동에너지로 변화시키는 장치로 코일과 자성물질을 합쳐 솔레노이드라고 한다. 코어로 구성된 솔레노이드 코일에 전기를 통전시키면 자기장이 형성되고 코일에 끼워져 있는 자성물질이 순간 이동하게 되면서 밸브의 유로를 막고 있던 급기, 배기밸브를 자력으로 올리거나 내려 밸브의 유로를 여는 구조이다.

7호선 전동차의 경우 상용제동 전자밸브의 정상적인 공기공급 전류 값은 260 ~ 345 mA에서 동작된다. 다선 전동차의 경우 상용제동 전자밸브의 정상적인 공기공급 전류 값은 260 ~ 345 mA에서 동작된다.

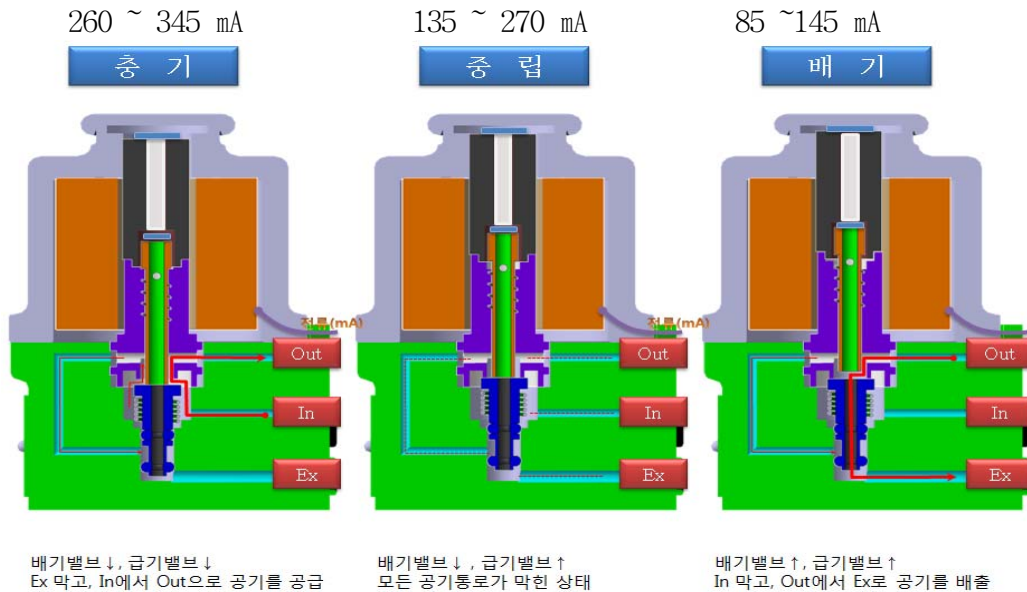


Fig. 4 3-Full service brake valve(solenoid valve) air supply structure

2.2.3 상용제동 전자밸브의 공기공급 수행절차

상용제동 전자밸브(SBV)는 제동제어장치(ECU)의 전류 값에 의해 제어되며 제어공기1(AC1)을 생성하여 중계밸브의 AC1실 가압하면 AC1이 중계밸브의 샤프트밸브를 밀어 올려 BC압력을 생성하여 제동실린더에 공기를 전달, 제동을 체결한다. 이 때 상용제동 전자밸브를 구성하고 있는 부품의 열화, 스프링의 탄성저하 등이 발생하여 동작이 원활 하지 못할 때 상용제동 전자밸브에서 중계밸브로 공기를 공급하기 위해서는 상용제동 전자밸브 동작전류 값은 커지게 되고 제동체결 시간은 지체하게 된다

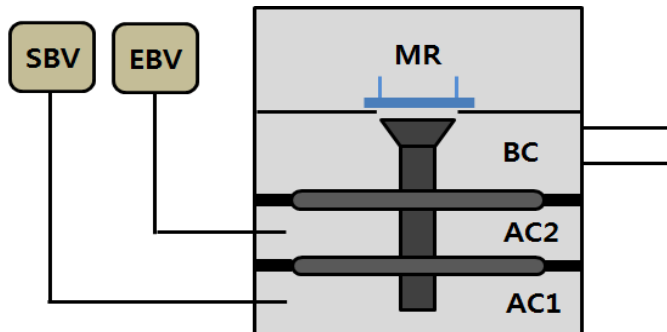


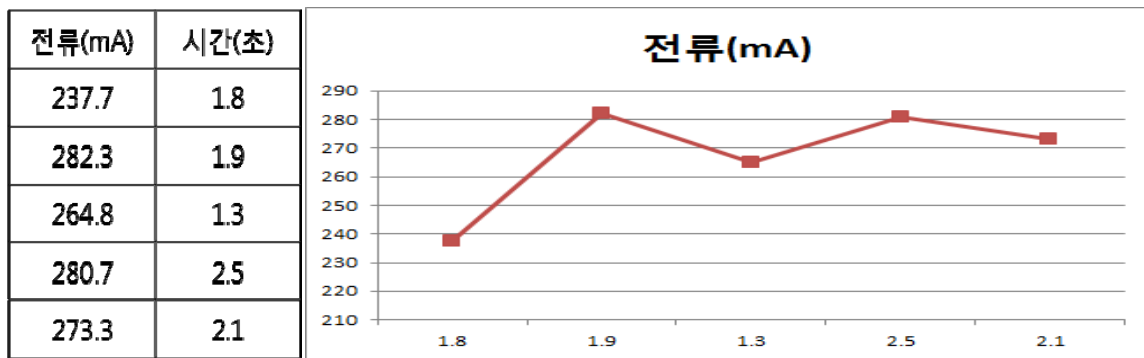
Fig. 5 3 Full service brake equipment air supply process

2.3 상용제동 전자밸브 동작 전류 값과 제동공기 공급 연관성 실험

2.3.1 상용제동 전자밸브 동작실험

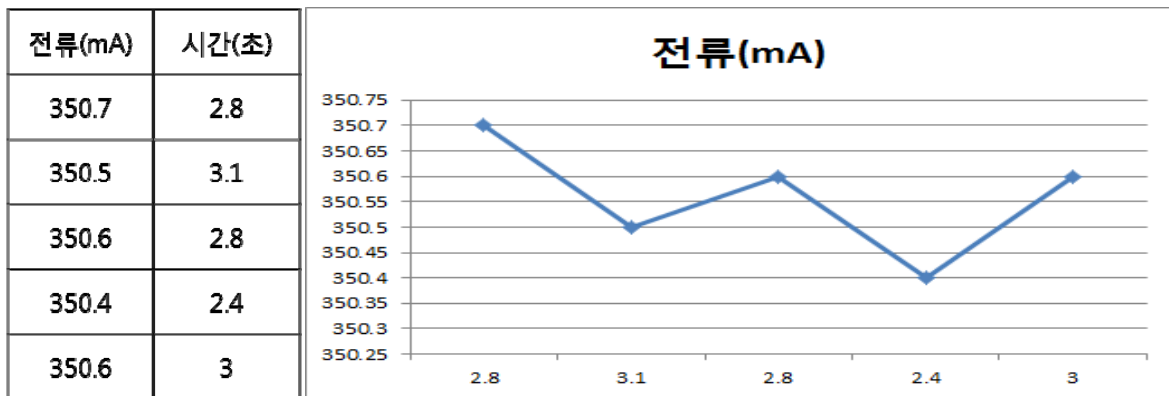
상용제동 전자밸브에서 공급되는 공기가 중계밸브 통해 공기제동 실린더를 동작시키는 속도가 빠르거나 지체될 경우 열차는 정지 점에 정위치 정차 하기 어렵다. 일상적으로 상용제동 전자밸브가 중계밸브에 공기를 공급하는 시간은 주간제어기 제동위치 B7에서 2초 이내가 적정하나 부품의 이상으로 동작불량이 발생 했을 경우 동작전류 값은 커지고 공기 공급시간은 늦어 지게 된다. 공기제동을 수행하는 인자는 여러가지가 있지만 그 중에서도 상용제동 전자밸브의 동작전류 값과 공기공급 시간의 연관성을 시험하여 제동체결에 끼치는 영향에 대해 분석하였다

Table. 1 Full service break valve operating current & time - (good)



B7 동작양호 상태

Table. 2 Full service break valve operating current & time - (bad)



B7 동작불량 상태

2.3.2 동작실험 결과

적정 공기제동력을 얻기 위한 데이터 확보를 위해 그림과 같이 실험결과를 얻었다. 상용제동 전자밸브 충기 동작전류 값이 250mA이상일 때 공기공급 시간은 2초이내로 동작함을 알 수 있었고 350mA 이상일 경우 공기공급시간은 2초를 초과하여 제동이 지연됨을 알 수 있었다

3. 결 론

최종적으로 열차를 정지 점에 정확하게 멈추게 하는 공기제동 장치에서 일상적으로 사용하는 상용제동장치의 상용제동 전자밸브 부품 특성변화가 제동체결 시간에 어떠한 영향을 끼치는지 실험을 통하여 분석하였다. 상용제동 전자밸브의 공기공급 전류가 260mA~345mA일 때 공기 공급 시간은 2초 이내로 적정하였으나 동작전류 값이 상승 할 경우 제동체결 시간이 증가함을 알 수 있었다. 공급전류 값이 증가함은 상용제동 전자밸브 내부 부품의 이상으로 저항이 증가하였고 그로 인해 공기공급 시간도 늦어진 것으로 보인다. 공기제동 체결 조건으로는 여러 인자가 있지만 제동상태가 불량 할 경우 우선 상용제동전자밸브의 전류 값을 측정하여 전류 값이 기준 범위 이내이면 상용제동 전자밸브가 아닌 다른 장치에서 원인을 찾고 전류 값이 기준 범위를 벗어 났다면 상용제동 전자밸브가 이상이 있는 것으로 판단하여 점검함으로써 정비범위와 시간을 단축하는데 도움이 되리라 본다

참고문헌

- [1] 7호선 전동차 정비치침서 제동장치
- [2] 서석철(2010) A study on the controls of precise position stop in Rapid Transit Trains.
- [3] 이 동(2013) A study on the Seoul metro line2 train information to improve the position stop
- [4] 조승완(2006) 제어밸브 설계를 위한 솔레노이드의 전자기장 해석.

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper -Template 작성일: 2016.09.17)