

전동차의 제동장치 개발 동향

Trend of Brake System for Electric Multiple Unit

이재안* 박영훈** 은정일***
Lee, Jae-An Park, Young-Hoon Eun, Jung-Il

ABSTRACT

The manual brake device which was comprised of wood block and lever for pushing wood block was used for the first time in the mine zone of 14th century in Germany.

The theory of triple valve which was developed for automatic air brake system in 19th century by George Weistinghouse is used generally until now.

The air brake system installed in Electric Multiple Unit is developed to compact and modular design and this have been considered to chief element proves the technology of the railroad vehicle.

This paper describes the tendencies of Air supply system, Break control system and Bogie break equipment which are major points of the air brake system of EMU

1. 서론

제동시스템을 갖춘 초창기 차량은 14C경 독일의 광산지대에서 적용되었고 외관상 광산에서 레일 위를 달리는 작은 트럭형태였다. 그러나 나무 블럭을 차륜에 미치는 레버형태의 수동 제동장치(Manual Device)는 차량의 중량 및 속도 증가에 따라 제동력이 부족 해 지게 되었다.

19C 중반 미국의 조지 웨스팅하우스(George Weistinghouse)에 의해 개발된 공기 제동 장치(Air Break System)는 당시 고안된 삼동변(Triple Valve)의 원리가 최근까지도 약간의 변경만으로 사용 될 정도로 많은 궤도 차량의 제동장치에 보편적인 SYSTEM으로 적용되고 있다.

20C 후반부터 적용된 전동차(Electric Multiple Unit)의 제동장치는 전기적인 제어 시스템 및 솔레노이드 밸브가 사용되며 더 효율적인 제동시스템을 제공하였고, COMPACT하고 MODULE화된 방향으로 발전을 거듭하고 있으며, 이는 철도 차량의 기술력을 입증하는 주요한 요소 중의 하나로 고려되고 있다.

이에 전동차(EMU) 제동장치를 구성하는 공기 공급 장치(AIR SUPPLY SYSTEM), 제동 제어 장치(BRAKE CONTROL SYSTEM), 대차 제동 장치(BOGIE BRAKE EQUIPMENT)을 중심으로 한 최근의 제동 장치 개발 동향을 고찰 해 보고자 한다.

* 책임저자 : (주)로템 기술연구소 주임연구원

** (주)로템 기술연구소 수석연구원

*** (주)로템 기술연구소 연구원

2. 본론

2.1 제동제어장치 (BRAKE CONTROL SYSTEM)

최근의 전동차(EMU)의 제동장치는 최근의 자동운전과 무인운전의 추세에 맞도록 자동운전을 제어하는 자동운전(ATO)장치의 지령에 Linear하게 연동되어 제어될 수 있는 아날로그 지령 제어를 기본으로 하고 있다.

또한, 제동력의 발생에서도 마찰재의 소모를 발생시키는 공기제동보다는 각종 전기제동의 극대화를 통하여 요구 제동력 만족을 시킬 수 있는 시스템으로 설계되고 있다.

최근의 제동장치의 개발 방향은 제동제어장치의 MODULE화와 COMPACT화를 기본으로, 보다 정확한 정위치 정차 성능을 발휘 및 고효율, 고성능의 제동장치를 구현하는 방향으로 진행되어 승강장 도어 System(Platform Safety Door System) 등과 원활한 연동 작용이 될 수 있도록 하는데 초점이 맞춰지고 있다.

2.1.1 제동제어장치의 개발 동향

일반적인 제동제어장치의 기본적인 구성은 제동제어기(CONTROLLER), 전공변환밸브(EP CONVERTER), 응 하중 밸브(LOAD WEIGHT VALVE)등으로 구성되어 있으며, 그 외에 제어에 사용되는 각종 압력센서 류 및 압력측정구동이 설치되어 하나의 제동제어장치 모듈로 구성된다.

이런 모듈 형 설계는 운영 시 가장 점검이 많이 되는 제동제어관련 각종 밸브 류 및 장치를 한 곳에 모아 설치함으로써 정비성의 향상을 목적으로 하고 있다.

전동차(EMU)의 제동제어장치는 일반적으로 차량 당 제동제어를 기본으로 한다. 즉, 각각의 차량 마다 제동제어 장치가 한 SET씩 설치되어 차량마다 측정된 응 하중(LOAD WEIGHT)에 따라 제동지령을 만족할 수 있는 제동력 제어를 각각 하도록 하는 것이다.

보통 경량전철(LRV)에서도 차량 당 제동제어를 기본으로 하지만, 관절대차를 적용하는 차량의 경우 대차 당 제동제어를 적용하는데, 정위치 정차 신뢰성 향상을 위해 일부 전동차(EMU)에서 이를 적용하기도 한다.

대차 당 제동 제어시스템은 대차마다 제동제어장치를 설치하여 제동체결, 완해의 반응시간 향상 및 제어장치 고장 시 타 장치에 의한 제동력 보상의 용이성 등으로 제동제어의 신뢰성을 높여주는 제어방식으로 동일한 제동제어장치를 차량 당 두 대를 설치해야 하기에 설치 공간 협소로 더욱 COMPACT화된 제동제어장치가 필요로 하게 되었다.

그림1은 최근에 대차 당 제어 시 사용되는 COMPACT화된 제동제어장치의 예로써 제동제어기와 각종 밸브 류 등이 별도의 형태로 단지 한 모듈 내에 취부 되던 기존의 형태를 벗어나 제동제어기, 각종 제어용 밸브 및 센서 류 등의 조합으로 구성된 하나의 COMPACT BOX로 모든 제동제어기능이 가능하도록 개발 및 적용되고 있다.

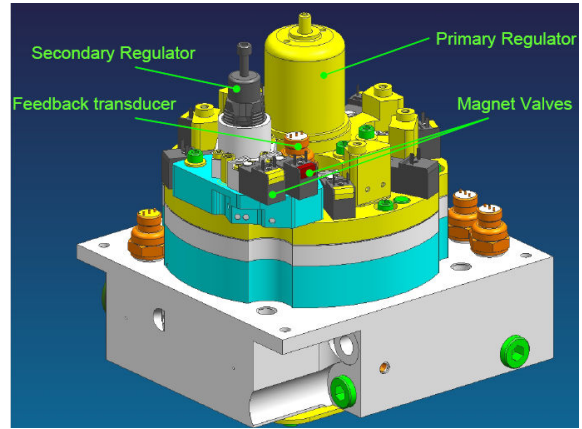


그림1. 대차 당 제어 시 사용되는 COMPACT화된 제동제어장치

2.1.2 혼합제동 제어 방식

전동차(EMU)의 제동방식은 일반적으로 공기제동과 전기제동으로 나뉘며, 마찰재의 소모를 최소화 할 수 있도록 전기제동 사용을 극대화하여 목표 제동력을 만족시킬 수 있는 혼합제동이 사용된다.

혼합제동의 제어는 일반적으로 제동제어장치에서 수행하나, 운행 중 제동제어장치 고장 시 제동력 부족의 발생이 불가피하다는 단점을 가지고 있다. 그러나 최근에는 자동운전 및 무인운전을 위해 적용되는 종합제어장치(TCMS)의 설치로 전체 차량의 TOTAL BLENDING이 가능해 졌고, 혼합제동의 제어자체도 제동제어장치가 아닌 종합제어장치(TCMS)에서 수행하는 방식이 사용되기도 한다.

이 방식은 한 대의 제동제어장치의 고장 시 모든 차량의 정보를 수신하고 있는 종합제어장치(TCMS)에 의해 다른 모든 차량의 제동제어장치에서 부족한 제동력 보상이 가능하다는 큰 장점을 가지고 있지만, 제동지령이 추가된 종합제어장치(TCMS)를 거쳐 전달이 되게 되어 자동운전 시 시간지연이 불가피하게 된다.

이를 해결하는 방법으로 최근의 발달된 네트워크 및 PLUG & PLAY 기술을 이용하여 아예 제동제어장치 자체적으로 통신하여 TOTAL BLENDING을 적용하고 제동관련해서는 모두 제동제어장치에서 제어하는 방식이 적용되기도 한다.

2.2 공기 공급 장치 (AIR SUPPLY SYSTEM)

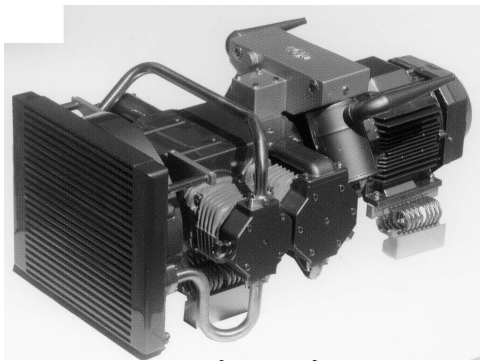
전동차(EMU)에서는 특수목적 이외에는 일반적으로 압축공기를 제동동력으로 사용하게 되는데, 편성을 구성하는 열차마다 한 대의 고장을 대비하기 위하여 2 SET이상의 압축공기 공급 장치를

설치하게 된다.

압축공기를 발생시키는 공기압축기에는 산업용과 동일하게 여러 가지 방식이 있지만, 철도 차량에서는 일반적으로 피스톤 식과 스크류 식의 공기 압축기가 사용된다.

피스톤 식은 주기적인 압축과정을 거치게 되므로 구조가 간단하고 유지보수성이 편리한 장점에도 불구하고, 진동 및 소음이 가장 큰 단점으로 지적되어 왔고, 이에 대한 개선으로 정비성은 조금 불편하지만, 연속적인 압축과정을 가지는 스크류 공기압축기도 많이 사용된다.

두 가지 방식 모두 압축성이 강한 공기에 비압축성의 오일을 혼합하여 압축공기를 발생시키고 압축된 공기에서 압축을 위해 혼합된 오일을 제거하는 방식을 사용하고 있다. 이는 곧 압축 공기 내 오일 및 습기의 제거정도에 따라 얼마나 깨끗한 압축공기를 제동관련기에 공급할 수 있는지 여부를 결정 하는 것이고, 이 오일을 제거하기 위해 공기건조기, 유 분리기 등 기타 장치를 설치하여 압축공기 공급 장치를 구성하게 되는 것이다.



<피스톤 식>



<스크류 식>

그림2. 피스톤식과 스크류 식 공기압축기 예

공기 제동에서 필요한 압축공기를 공급하는 공기 압축기는 다른 산업 기기와 마찬가지로 고효율, 유지보수의 편의성, 경량화 등에 중점을 두고 발전하고 있다. 최근에는 환경에 대한 관심이 높아지면서 친환경적인 측면에 대한 부각이 커지는 것 또한 특징이라고 할 수 있다.

이러한 욕구를 만족시키며 철도차량 분야에서 상용화 율을 높여가고 있는 대표적인 예가 OILLESS TYPE의 PISTON 공기 압축기이다. 기존에도 윤활유를 필요로 하지 않는 TYPE의 공기 압축기가 적용되기는 하였지만 실린더와 피스톤 고체 마찰부위 등의 소음, 피스톤의 왕복운동 등으로 인한 기계진동이 SCREW TYPE에 비하여 높아 다수의 대중이 이용하는 철도 차량에 적용하는 것에는 한계가 있어 주로 대용량의 기관차등에만 한정적으로 쓰이는 정도였다.

하지만 방진고무, 최소 마찰 설계, 피스톤의 밸런싱 등의 발전 된 기술을 바탕으로 이 부분에 대한 문제가 해결되면서 전동차(EMU)에서의 OILLESS TYPE의 적용이 확대되어 가고 있다.

OILLESS TYPE의 소음, 진동에 대한 개선은 상용 차량에 적용되어진 제품들을 통해 확인 할 수 있으며 SCREW식 압축기에 비해 진동 전달율은 약 65% 감소, 소음은 유사한 수준(1m에서 74~75dB)으로 유지하고 있다.

위와 같이 기존의 단점을 개선한 OILLESS TYPE의 압축기를 적용하여 얻을 수 있는 장점은 다음과 같이 정리 할 수 있다..

첫째, 오일 적용의 압축기에서는 필수적이었던 오일의 공급이 불필요함으로 오일의 주기적인 공급과 확인 절차가 필요 없으며 이는 누수, 교체 주기 등에 의해 보충, 교환되던 오일의 소모가 없음으로 폐유를 발생하지 않는다. 이는 소모품(오일) 비용을 절감 할 수 있으며 금액으로 환산 할 수 없는 환경보호 측면에서도 유리하다. 또한 오일내의 응축수 발생방지를 위해 최소 가동율을 30%이상 유지가 필요하던 OIL TYPE과는 달리 오일을 사용하지 않음으로 5%이상의 가동율에서도 충분히 성능을 발휘 할 수 있음으로써 고장발생률이 저하되게 된다.

둘째, 제품의 경량화와 유지보수에 유리하다.

유분 분리기, OIL FILTER등의 부수 장치가 제거됨으로 OILLESS TYPE의 압축기는 기존 대비 30~40%의 중량을 줄일 수 있으며, 제품의 단순화, 모듈화의 측면에서 유리하다.

제품의 단순화, 모듈화는 유지보수의 편의성과도 연관되며 점검 주기 및 점검 항목도 기존에 비하여 단순화 되었다. 물론 OILLESS TYPE의 압축기도 벨브, 크랭크 축등의 기계적 마모부품이 있으나 교체, 점검 주기가 짧은 제품이 아니므로 전체적으로는 유지보수 비용에서 40%, 서비스 비용에서 70%의 절감 효과를 나타내고 있다.

2.3 대차 제동 장치 (BOGIE BRAKE EQUIPMENT)

전동차(EMU)에서 실제 제동을 발생시키는 장치는 일반적으로 대차에 취부되며 필요에 따라 답면제동장치, 디스크 제동장치, 휠 디스크 제동장치, 트랙 브레이크등의 형태로 구성된다.

일반적으로 마찰재를 이용하는 장치에서는 제동제어장치에 의한 정확한 제동제어도 중요하지만, 최종적으로 제동 작용을 하는 마찰재의 마찰계수 관리가 관건이 되고 있다. 답면제동장치는 구조가 간단하지만, 휠의 곡면과 마찰재의 마찰에 의한 제동체결방식이므로 열발생에 따른 차륜으로의 열 전달양이 크고 이는 곧 마찰계수의 변화를 발생시켜 정밀 제동 제어시 취약한 요소로 작용할 수 있다. 디스크 제동장치나 휠 디스크 제동장치의 경우 고가이고 구조가 복잡하며 더 많은 설치공간이 필요하지만, 평면의 디스크와 마찰재의 마찰에 의한 제동체결방식을 적용하여 열발생이 적고 더욱 정밀한 제동제어가 가능하다.

이에 일반적인 전동차(EMU)의 경우 이 두 가지 방식을 혼용하여 적용하거나, 디스크 제동장치 방식을 사용하고 있다.

디스크 제동장치 방식 적용시 사용되는 디스크는 차축의 중간이나 휠의 측면에 설치하게 되는데, 일반적으로 주철계열을 사용하게 된다.

그러나 최근에는 디스크를 알루미늄 재질로 적용하여 열발생을 극소화시키는 방식이 일부 사용되고 있고, 그림3에서 알 수 있듯이 열전도율이 좋아 마찰제동시 열발생에 의한 Spot이 주철계열보다 거의 없는 것을 확인할 수 있으며, 이에 따라 마찰재 소모도 획기적으로 절감할 수 있게 된다.

이런 알루미늄 디스크는 초기 설치비용이 고가이긴 하지만, 이로 인한 장점으로 마찰계 소모 절감 및 정밀 제동제어가 가능하여 LCC측면에서는 더욱 유리하다.

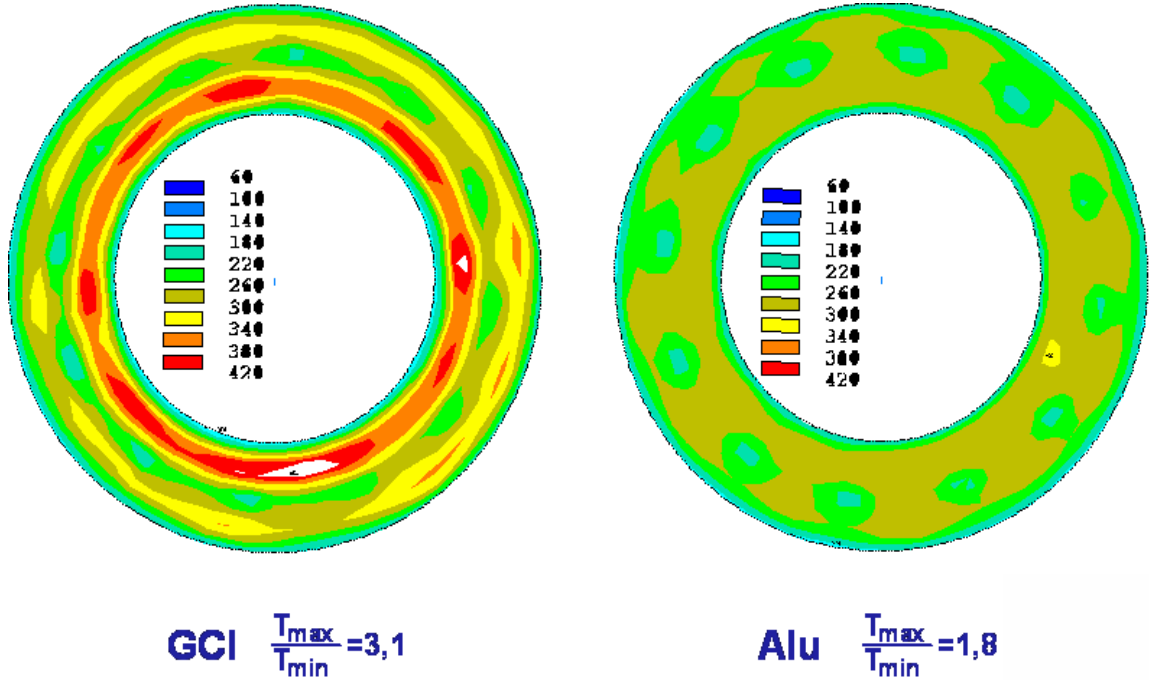


그림3. 재질별 휠 디스크 열발생 비교 예

2.4 결론

이상에서 전동차(EMU)용 제동장치를 구성하는 제동제어장치, 공기 공급장치, 대차제동장치의 기술 개발 동향에 대해 살펴보았고, 최근 기존의 기술을 더욱 발전시켜 고 효율, 저 유지보수 비용, 친 환경성을 지향하는 새로운 형식의 제품들이 개발되고 있음을 알 수 있다.

제동제어장치는 MODULE화 및 COMPACT화라는 방향으로 신규 제품 및 기술이 개발되고 있고, 압축공기 공급장치의 경우 공기압축기에서 그동안 필수적이었던 오일을 사용하지 않는 OILLESS 방식으로 유지 보수비용 절감 및 친환경적인 제품이 적용되고 있다.

또한, 대차제동장치도 각 장치의 COMPACT화 및 유지보수 향상을 위한 알루미늄 디스크 적용등 전반적으로 COMPACT하고 MODULE화 되며 유지보수성 개선 및 친환경적인 전동차(EMU) 제동장치가 개발 및 적용되는 추세라 할 수 있다.

참고문헌

1. "Japan Railway & Transport Review No.20", JRTR