

### 차세대 도시철도 직접구동전동기 개발

김길동, 오세찬, 이장무, 이한민, 박현준  
한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원, 한국철도기술연구원

## A Study on Development of Direct Drive Motor for Advanced Urban Transit System

Gildong Kim, Sehchan Oh, Changmu Lee, Hanmin Lee, Hyunjune Park  
KRII, KRII, KRII, KRII, KRII

**Abstract** - Due to the demand for high-output motors in the limited space between the wheels in an electric train, self-ventilating traction motors have been used for many years. periodical disassembly maintenance is necessary to remove the small quantities of dust that enter the motor from the open-air ventilation. Reducing this burden, as well as increasing efficiency and reducing noise, would benefit the next generation of motors To address these needs, KRII is developing a fully enclosed type traction motor, a fully enclosed type traction motor with outer fans, a high-efficiency permanent-magnet synchronous motor and a direct-drive motor(DDM)as traction motors for the next generation of trains.

### 1. 서 론

현재, 도시철도용 구동 시스템은 감속장치를 이용하여 차축(차륜)에 동력을 전달하는 이른바 평행 카르단(Cardin) 방식이 주류이루고 있다. 유도전동기는 소형·경량화를 실현하기 위해 외부 공기를 주동전기 내부에 넣어서 냉각하는 개방 통풍 방식을 사용하고 있다. 그러나 메인 터런스 프리, 전동기효율, 에너지절약, 낮은 소음, 소형경량에 대한 요구가 높아지고 있다. 따라서 이러한 요구에 대응하는 차세대 직접 구동식 주전동기DDM(Direct Drive Motor) 개발을 진행하고 있다. DDM 전동기는 차축에 일체화되므로 인하여 감속장치가 필요 없으므로 전동기의 회전수는 현재 전동기의약1/7이 되기 때문에, 베어링의 부담과 모터의 소음이 줄어들 수 있다. 그러나 모터의 회전력(Torque)은 7배

가 필요하다. 그러므로 종래의 유도전동기에서는, 이 회전력을 확보하기 위해 외형이 대형화 되어 차축에 끼워 넣는 것이 어려웠다. 그런 이유로, 소형에서 보다 큰 토크를 얻을 수 있는 영구자석동기전동기를 적용하는 것으로 하였다. 이 영구자석 전동기는 회전자의 발열이 적고, 에너지 효율이 좋아 에너지 절약을 도모하는 것 외에, 전폐 차냉 방식으로 개발하기 때문에 전동기 내부 청소도 불필요해 유지보수비용을 줄일 수 있다. 따라서 여기에서는, 직접구동시스템 및 전동기의 특징에 대해 소개하고자 한다.

### 2. 직접 구동 방식의 종류와 특징

기존의 전동차 구동방식은 주전동기의 축 출력이 직접 차륜에 전달하는 것이 아니라, 기어 박스를 통하여 동력 전달하고,(간접 구동 방식). 직접 구동방식은 차륜과 전동기를 일체화하여, 주전동기 축 출력을 직접 차륜에 전달하는 것으로, 표1에 나타난 것과 같은 특징이 있다. 즉 직접 구동방식은, 동력 전달 장치의 설치 스페이스, 중량, 소음, 전달 손실, 보수 등의 문제를 없애, 매우 심플한 구동 시스템을 실현하고자 한다. 이것에 따라 대차 자체도 간단한 구조로 할 수 있다.

차륜 일체형 주전동기는 하절량 경감을 위해 차축에 직접 연결하는 것을 피하고 완충스프링 통해서 차축에 결합하는 구조로 하여 그림1과 같은 시스템으로 설계하고 그림2와 같이 제작하였다.

표1. 직접 구동 방식의 특징

이점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주전동기의 설치 공간을 필요로 하지 않는다.(간단한 대차 구조가 된다)</li> <li>· 동력 전달 장치가 불필요(무보수, 저소음, 고효율)</li> <li>· 저상화가 용이</li> <li>· 차량의 경량화가 가능</li> </ul>
과제	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주전동기에 가해지는 충격이 크다.</li> <li>· 회전수가 낮기 때문에, 높은 토크가 요구된다.</li> </ul>

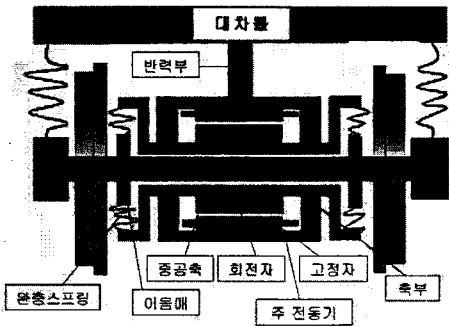


그림1. 직접구동시스템 구조

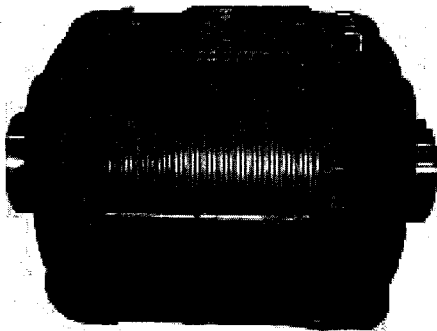


그림2. 직접구동전동기

### 3. DDM 전동기 구조

#### (1) 주전동기 (PMSM)

매입형 영구자석전동기는 자석이 Rotor core 내부에있어 Stator권선에서 발생하는 열의 영향을 직접적으로 받지 않으므로 온도상승에 대한 감자가능성이 적어 열악한 환경에서도 운전이 가능하고, 킬리턴스 토크를 적절히 이용함으로써 전동기 속도-출력 특성을 개선할 수 있는 전동기를 개발하여 그림 3에 보여주고 있다. 주전동기 성능을 표-2에 표시하였다. 기존의 유도전동기에서 성능을 전폐형 DDM 전동기에서 실현하는 것을 목표로 하여, 연속정격 200kW, 1시간정격 220kW를 목표로 하였다.

표2. 직접구동전동기성능

구동방식	직접구동방식
정격	200kw/220kw(1시간)
최대토크	12,359Nm,(0~320rpm)
최고회전수	884rpm
냉각방식	전폐자기냉각
영구자석	Nd-Fe-B계
자석배치	내부매입구조
위치검출방식	레졸버
질량	1200kg

#### (2) 영구자석

소형·대출력화 때문에, 자석은, 고자속밀도에서 내열성과 내구성에 우수한 Nd-Fe-b계(Neodymium-철-Boron) 자석을 채용하였다.

#### (3) 충격완화구조

직접 구동하는 것에 의해, 모터는 차축과 동일한 축 상으로 설치하기 때문에, 스프링 하중량이 증가한다. 이 스프링 하중량 증가에 의한 궤도로의 영향을 억제하기 위해, spring type 넣어, 동적인 아래의 질량을 억제 가능한 구조

로 하였다.

#### (4)전폐구조

회전자의 발열이 유도전동기와 비교하여 대폭으로 절감되는 이점과 선단부의 회전각에 센서가 없는 Sensor-Less구조로 하였고, 심플한 전폐자기냉각 구조로 하였다.

#### (5)냉각구조

전폐구조에서는, 전동기 전체 온도상승이 균일화 되는 경향이 있어, 축 받침대 주위에는, 공기층을 오게 하여 고온의 기내 공기로부터의 열을 차단하는 것과 동시에 회전 팬을 이용하여 신선한 공기를 들어오게 하는 냉각구조로 하였다.

#### (6)Zero속도까지 전기Break 제어

유도전동기용 속도검출기(pulse Generator)는 저속에서 정밀도가 낮아 제어수행에 어려움이 있어 공기제동방식을 수행하므로 분진 및 소음이 발생하였으나, DDM전동기는 레줄바 방식을 사용하여 제로속도까지 전기제어가 가능하다.

### 4.결론

차세대 직접 구동전동기 시스템의 개발에 관해서, 주전동기의 기본 구조와 특징, 개발사양 등 효과에 대해서 설명하였다. 국내최초로 직접 구동방식을 개발함으로써 인하여 견인 전력량을 줄일 수 있고, 저소음화가 가능하고, 냉각방식이 개선되므로 인하여 유지보수성을 기존대비 약3배연장이 가능할 것으로 판단되고, 향후 DDM전동기에 대한 시험 제작 시험 결과를 정리하여 평가결과를 소개하고자 한다.

### References

- [1]Development of main circuit system using direct drive motor, 2002, JR east technicalreview no1.
- [2]S.Inarida et al., "Train traction systems for passenger comfort and easier maintenance,"Hitachi review 50, pp.134-138. dec 2001
- [3]Robert K. Winters, " The world's Power and Transportation Industries",April 2000.
- [4]Hugh M. M. Anderson, James P. Lo Gerfo, CFA., " Energy Technology Industries overview" June 2000.
- [5]M. Bork, R. Blissenbach, G. Henneberger "Identification of the loss distribution in a transverse flux machine", Department of Electrical Machines, Aachen Institute of Technology, D-52056 Aachen, Germany.
- [6]Prof. G Henneberger and Mr. R. Blissenbach, "Transverse Flux Motor with Efficiency for a Direct Drive of an Electric Vehicle", Aachen Institute of Technology (RWTH), Germany.