

철도차량용 전동기의 과제

윤 승진[○], 이 인우, 성 기대, 하 현성, 노 철웅
효성중공업 주식회사 기술연구소

The Development of A.C. Induction Motor for Electric Railway
Rolling Stock

S. J. YUN[○], I. W. LEE, G. D. SUNG, H. S. HA, C. W. NOH
HYOSUNG INDUSTRIES CO.,LTD. R & D Dept.

Abstract

The Development of A.C. Induction Motor for Railway Rolling Stock.

The traction motor is designed as 4-pole induction motor with self ventilation. The winding insulation is throughout of materials of class C. The rotor is designed as a squirrel rotor with copper bar and casting. The rotor speed is detected by means of a pulse generator. The newer traction motor have no casting(frame). Punched-in holes make up the air duct and transfer the heat losses in complete. Maximim motor rpm is higher due to rotor construction. New is the entry of water-cooled traction motors in urban, However the water cooling design in - unfortunately - not applicable in traction motor

1. 서 론

최근 철도차량중에서 전기를 수전하여 운행하는 차량은 지하철, 경전철, 고속전철등을 대표적 예라 들수 있다. 이들의 차량 시스템은 반도체 기술의 발전에 힘입어 제어시스템을 포함하는 전장품의 기술이 급속히 변화되어 보다 쾌적하고 안락하며 Maintenance free화 되고 있다. 지하철의 예로보면 추진시스템이 VVVF Inverter 제어방식으로의 변화에 따라 주전동기로 사용되던 직류전동기에서 교류유도전동기로 변화되고 있으며 유럽 및 일본등지에서는 실용화하여 널리 이용되며 유도 주 전동기(AC Traction Motors)를 채택한 고속열차의 개발이 완료되는등 새로운 교통수단으로서 각광을 받고 있으나 국내는 선전메이커의 제품을 도입한 서울 지하철의 과천선 및 분당선에 '94년부터 도입되기 시작하였다. 국내에서도 서울 4호선이 이은 대구시, 부산시, 인천시등에서 VVVF방

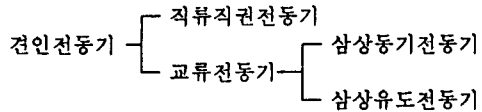
식의 차량으로 도입, 운행 예정으로 차량 제작사 및 전장품 공급자들간에 많은 연구 개발이 진행되고 있다.

본 고에서는 선진국의 연구개발 현황 및 유도전동기를 견인전동기로서 채용 되기까지의 이력을 살펴봄으로써 국산화의 가능성 및 향후 기술의 발전을 예측하고자 한다.

2. 전기철도차량용의 특성

2.1 견인전동기

철도차량에 사용되는 전동기를 견인전동기라고 하며 다음과 같이 구분할 수 있다.



전기철도 차량용 견인전동기로는 직류직권전동기가 주류를 이루었으나 근래에 와서는 전력전자 및 반도체 소자의 급속한 발전으로 출력이 좋고 중량이 가벼우면서 높은 회전력을 얻을 수 있을 뿐만아니라 보수등이 용이한 교류전동기를 사용하는 추세이다.

- 넓은 속도 범위에 걸쳐서 고효율로 사용될 것.
- 속도제어가 용이할 것.
- 기동시 비교적 작은 입력으로 큰 인장력을 낼 수 있을 것.
- 병렬 운전시 부하의 불평등이 적을 것.
- 중량이 가벼우며 유지보수가 간단할 것

2.2 견인 전동기로서의 유도전동기

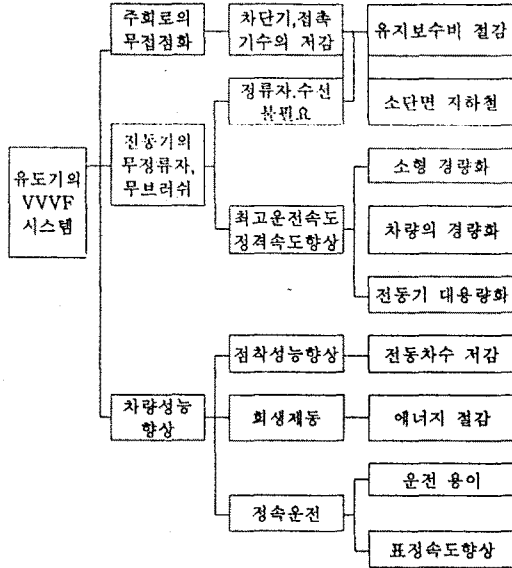
고속철도차량의 견인전동기로서는 프랑스가 Brushless 견인전동기를 최초로 사용하므로써 교류전동기가 실효성을 갖게 되었으며, 그 후 일본 및 독일에서 삼상유도전동기 시스템을 견인전동기로 채택하였다.

교류전동기는 직류전동기에 비해 경량화, 고출력, 고회전, 낮은 보수비용등의 장점이 있다.

과거에는 유도전동기를 사용하였을 때 인버터측에 설치된 싸이리스터를 Turn-Off 시키기 위해서는 반드시 전류회로를 별도로 설치했으나 전력전자 및 제어공학의 발달로 대용량 GTO가 사용됨

에 따라 구조를 단순화 할 수 있게 되었다.
 유도전동기는 한개의 인버터로 여러개를 병렬운전을 할 수 있으므로 동력배열이 분산식(EMU)인 지하철의 경우는 유도전동기 방식을 적용하고 있으며 최근에는 고속철도차량에도 채택, 실용화되고 있다 유도전동기를 채용한 시스템의 주요특징은 표 1과 같다.

표 1 유도전동기 채용방식의 특징



3. 국내의 견인 유도전동기

3.1 서울 지하철의 견인주전동기 사양

서울 4호선(과천선)에서 운행중인 견인전동기의 사양은 일본의 전동기메이커에서 제작되어 운행중인 제품으로 유도기로서 처음 채용된 것으로 수전 시스템으로 인한 지하철 시스템의 문제점(사구간, 소음, 운전조작등)이 발생되기도 하였다. 주형프레임구조로 마그네틱에 의한 치차로 회전을 검출하고 있다.

- (1) 형식 : 농형 3상 유도 전동기
- (2) 연속정격 : 200kW, 1100V, 130A, 2,055rpm, 70Hz
- (3) 절연계급 : H중 이상
- (4) 최대 회전수 : 6,350rpm
- (5) 적용규격 : JIS E 6102

3.2 대구지하철의 견인전동기 사양

상업운전은 이루어지고 있지 않으나 Type Test 및 조합시험등은 마치고 토목 건설이 완료되는 즉시 현차시험이 이루어질수 있도록 차량 시스템은 제작이 완료되었다. 유럽의 차량기술이 도입된 기종으로 프레임이 없고 서울 지하철보다 절연성이 우수한 제품으로 평가되고 있다. 전동기 차체에 풍풍 필터가 취부됨으로서 구조 및 냉각 시스템 또한 우수한 제품으로 평가되고 있다.

- (1) 형식 : 농형 3상 유도 전동기
- (2) 연속정격 : 250kW, 1127V, 150A, 190rpm, 64.2Hz

- (3) 절연계급 : 200
- (4) 최대 회전수 : 5,800rpm
- (5) 적용규격 : IEC 349

3.3 타도시의 지하철용 견인유도전동기

부산 2호선의 경우 차량제작사는 선정되었으나 견인 전동기에 대한 세부 사양은 정해지지 않고 있다. 대구선과 같은 기종으로 결정될 것으로 예측되며 인천시의 경우도 마찬가지이다. 수도권 광역전철망 및 위성 도시간 통근용 경전철이 검토되고 있으며 차량사를 중심으로 도입의 타당성부터 시제품에 이르기까지 활발한 연구가 진행되고 있다.

4. 연구개발 동향

4.1 전철의 역사

전철의 시조라 할 수 있는 전기를 동력으로 한 차량은 독일의 지멘스사에 의해 도입되었다. 1879년 DC150V, 3Hp의 직류전동기를 탑재한 3량의 객차를 가진 18인승으로 시속 12km로 운전되었다. 전차선을 갖는 시조도 지멘스에 의한 1881년 베를린에서 적용되어 전력을 수전하여 오늘의 전철의 모양을 갖추었다. 현재의 팬터그래프가 등장한 것은 1910년이었다.

4.2 유럽의 연구동향

최초의 전철시스템이 도입되었던 지역으로 차량 시스템의 개발 역사도 매우 오래되어 그 기술개발 내용도 다양하며 가장 선두를 달리고 있다. 고효율화, 소형화, 경량화면에서 우수하며 특히 기초소재 및 물성의 발달로 인하여 차량의 기술발전에 많은 공헌을 하고 있다. 경전철, 교외선, 고속전철등 많은 차량 시스템이 있으며 No Frame, Water-Cooled, Skewed Cast Aluminum(대형기종) 등 많은 실용화 연구가 진행되고 있다.

4.3 일본의 연구동향

일본의 철도 역사도 100여년의 이력을 지니고 있으며 고속철도등도 차체 개발로 완성하여 그 기술력은 상당히 우수하다. MT비의 저감에 꾸준한 연구를 하고 있으며 알루미늄 프레임은 완료되었고 No Frame, 최고속도 향상등에 대한 연구가 진행되고 있다.

4.4 국내의 연구개발

차량사를 중심으로 외국사와의 기술제휴를 통한 국산화를 진행하고 있으며 철도와 관련된 연구조합 및 전동기 제조회사도 대단한 관심을 기울이고 있다. 지하철 변전설비, 제어 시스템을 포함하는 전장품 및 보조기기에 대하여 국산화를 이룩하고 우리나라의 고유 모델로 발전시키도록 힘써야겠다.

당사는 80년대초 서울 2호선의 견인전동기를 제작한 이래 유도기형식의 견인전동기를 개발하고 있다. 서울의 모델인 과천선 기종에 대한 처너품이 완성되었고 대구선에 적용되는 신규 모델을 제작하고 있다. 주요 연구내용은 다음과 같다.

- (1) 주전동기는 차량진동에 대한 기계적 안정성 및 코일단의 절연보장

(2) 동일 인버터로 복수 전동기를 제어하는 경우이므로 전동기 스태트 토크 특성의 안정화

(3) 고속 회전에 적합한 베어링부 설계 및 주, 배유시기 재 검토

(4) 외기 환경에 대한 배려

(5) 견인전동기의 온도상승의 원인으로 작용하는 손실 및 인버터 출력 파형에 포함되는 고조파 성분 고려.

(6) 반복인가 및 코로나 발생에 의한 절연 열화에 대한 절연 신뢰성 향상

(7) 인버터로 구동에 기인하는 전자 소음·진동의 증대 및 고속회전에 따른 통풍소음, 기계진동에 대한 배려

상기의 사항이 충족될시 우리나라의 환경에 적합한 견인전동기로 정착될 것이며 이를 위해 정부, 차량사, 철도 연구 조합 및 전장품 제작사간 유기적인 협력체계가 이루어져야 될 것이다.

참 고 문 헌

1) [かこ形誘導電動機の二次回路定数の 質定法] 電學論 111.7 (平3)

2) NEMA MG1. Part 17 (1993)

3) T.Ashikaga et al : [Ddrive System With 4 In-Wheel Motors for Electric Vehicle] 6th Annual Conference of IEEJ-IAS E.3-7 (1992)

4) '92 모-타 技術 シンポシウム (1992)