



고속전철용 견인전동기 개발

이 기 호, 윤 종 학, 김 근 응
(대우중공업 철차연구소)

1. 서 론

고속전철용 견인전동기는 고속전철의 속도와 견인력을 결정하는 핵심적인 부품이며, 산업용 전동기보다 더 높은 내진성과 내구성이 요구되며, 크기와 무게의 제한 등을 고려한 설계가 요구된다.

고속전철용 견인전동기는 초기의 직류직권전동기가 주류를 이루었으나 근래에 와서 전력전자와 반도체의 급속한 발전으로 중량당 출력이 높고, 유지 및 보수 등이 용이한 교류전동기를 많이 사용하고 있다.

국내에서는 고속전철용 견인전동기에 대한 보유기술이 없으며, 경부고속전철의 경우 설계기술이나 원천기술이 아닌 제작, 시험기술에 국한 되어 있기 때문에 한국형 고속전철개발사업에 독자적인 견인전동기를 해석·설계하여 앞으로 고속전철에서의 수요에 대비하고자 한다.

2. 고속전철용 견인전동기 기술동향

경부고속전철 입찰제안서를 기본으로 한 TGV-K, ICE, 신간선의 특성을 비교검토했던 결과를 바탕으로 각국의 고속전철용 견인전동기의 설계동향을 파악한다.

2.1 전기적 특성

고속전철용 견인전동기는 프랑스에서 처음으로 브러쉬리스 견인전동기를 최초로 사용함으로써 교류전동기가 실용화가 되었다. 그리고 일본과 독일에서 유도전동기를 채택하여 사용하고 있으며 최근에 프랑스의 TMST에서도 유도전동기를

채택하여 사용하였다. 이에따라 경량화, 고효율, 고회전, 낮은 유지보수비용 등의 유리한 점이 있다. 표 1은 각 차량의 견인전동기에 대한 전기적 특성을 나타낸다.

표 1 각 차량의 견인전동기에 대한 전기적 특성

구 분	TGV-K	ICE	신간선
형 식	동기 전동기	유도 전동기	유도 전동기
출 력	1,130[kW]	1,250[kW]	300[kW]
전 압	1,149[V]	2,050[V]	1,430[V]
전 류	696[A]	415[A]	155[A]
역 륜	80.3[%]	82[%]	85[%]
효 율	96[%]	96[%]	92[%]
상 수	3	3	3
최고속도시 전동기회전수	4,000[rpm]	4,032[rpm]	3,825[rpm]
절 연	Class 200	Class F	Class H
무 게	1,525[kg]	2,010[kg]	400[kg]

2.2 기계적 특성

전동기의 중량을 줄이기 위하여 프레임이 없는 구조와 용접 구조물 형태로 제작되고 있으며, 강제통풍 방식을 채택하여 전동기 내부의 팬공간을 줄일 수 있다. 표 2는 각 차량의 견인전동기에 대한 기계적 특성을 나타낸다.

표 2 각 차량의 견인전동기에 대한 기계적 특성

구분		3V-K	ICE	신간선
프레임 종류		용접 구조물	프레임이 없음	용접 구조물
회전자		▶ dovetail fitting 구조에 의해 Pole조립	▶ 바 재질 : 고등급 황동	▶ 바 재질 : 구리
	▶ 축 : 단조품	▶ 엔드링 재질 : 구리	▶ 쉬링크 링 재질 : 내열성 강	▶ 엔드링 재질 : 고강도 황동
베어링	구동축	롤러 베어링 (오일 윤활)	절연 롤러 베어링 (그리이스 윤활)	롤러 베어링 (오일 윤활)
	반구동축	▶ 롤러 베어링 (그리이스 윤활) ▶ Thrust 볼 베어링 (그리이스 윤활)	절연 볼 베어링 (그리이스 윤활)	롤러 베어링 (그리이스 윤활)
통풍방식	강제 통풍	강제 통풍	강제 통풍	

3. 견인전동기의 전자기적 개념설계

3.1 인버터를 고려한 전동기설계

고전압, 고출력의 농형 유도전동기의 가변속 구동시 전기강판과 도체에 추가적인 손실 발생에 대한 고려한 설계를 한다.

3.2 전기장하와 자기장하

인버터 소자의 차단능력을 고려해 인버터시스템 설계자와 긴밀한 협조하에 최대한으로 소형·경량화를 이루는 방향으로 전동기를 설계한다.

3.3 슬롯조합

정격 역률, 최대 토크, 고조파 토크 영향, 손실, 전자기 소음 등을 고려하여 적절한 선택을 한다.

3.4 코아재질

가격, 전동기특성, 손실, 온도상승 등에 대한 최적의 core 선택을 한다.

3.5 바와 엔드링

전동기 특성 및 열적인 특성, 진동나 충격에도 견딜수 있는 기계적인 특성 고려한 설계를 한다.

3.6 절연설계

발열량의 적절한 분산구조와 내열성 한계내에서 유지, 전동기의 단위 체적당의 용량 증가와 수명을 연장하는 최적 설계를 한다.

3.7 고속전철용 견인전동기 설계 기준(예비)

차량시스템의 기구적 특성 검토를 통하여 전동기의 용량과 정격을 산정한 결과이다.

- 형 식 : 3상 농형 유도전동기
- 극 수 : 4극
- 정 격 : 1,150 kW, 2,184 V, 372 A, 145 Hz, 4,300 rpm
- 토 오 크 : 2,600 Nm (기동시 7,000 Nm)
- 목표질량 : 1,430 kg
- 목표외관치수: 898×725×672 (L×W×D)
- 최고속도 : 4,300 rpm

4. 고속전철용 견인전동기 설계 제원 및 특성

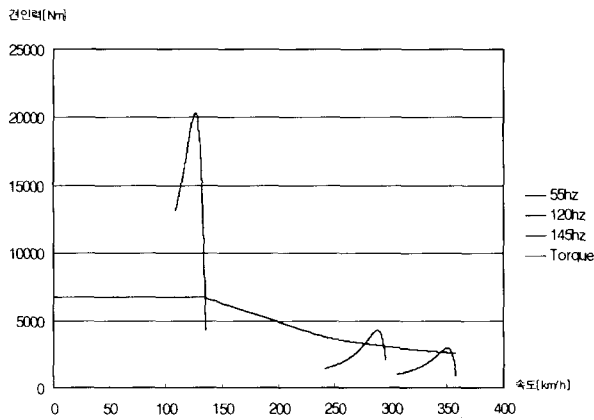
고속전철용 견인전동기 설계 기준(예비)에 따른 전동기 설계 제원과 설계 특성을 나타낸다.

4.1 설계 제원

형 식		고속전철용 3상 농형 유도전동기	
고정자 권선	슬롯당 도체수	10 EA	
	소선치수/가닥수	3.5(w)×1.8(h) / 4EA	
	병렬회로수	2	
	Coil Pitch	# 1 - # 13	12 / 15
회전자 권선	동바	크기	9.4/5.8 × 30
		재질	크롬동
	End Ring	폭/높이	25.0(w) × 40(h)
		재질	Copper + Cr + Zr
고정자 철심	외 경 / 내 경	φ 670 / φ 400 mm	통풍 hole 포함
	슬롯 수	60	철심재질 S-23
회전자 철심	외경/내경	φ 400 / φ 150 mm	
	슬롯 수	52	사다리꼴
	공극길이	2.2 mm	
	철심장	430 mm	

4.2 설계특성

[특 성]	단 위	특성치		
출력	[kW]	1160	1152	1147
전압	[V]	2184	2184	2184
전류	[A]	360	368	390
주파수	[Hz]	55	120	145
효율	[P.U]	0.957	0.952	0.945
역율	[P.U]	0.895	0.869	0.823
속도	[rpm]	1633	3,556	4291
정격/최대 토크	[N · m]	6,773/19,843	3,089/4,324	2,549/2,971
정격슬립/최대슬립	[%]	1.06/6.29	1.21/2.91	1.36/2.41
[회로정수]				
고정자 저항	[Ω]	0.0428	0.0428	0.0428
고정자 인덕턴스	[Ω]	1.005	0.999	0.998
회전자 저항	[Ω]	0.0410	0.0410	0.0410
회전자 인덕턴스	[Ω]	0.875	0.868	0.865
상호인덕턴스	[Ω]	34.95	33.43	31.8



5. 결 과

한국형 고속전철용 견인전동기 개발은 350(km/h)로 운전 가능한 3상 농형 유도전동기의 개발로써 차량시스템 및 주전력 변환장치와의 긴밀한 협조하에 전동기의 용량과 정격설정, 전자기적 개념 설계, 이를 바탕으로한 기본 설계를 하였다.

앞으로 예비설계한 전동기의 고조파, 열해석 등을 통한 검증 및 결과반영을 통하여 전기상세설계 및 기구설계, 절연물, 회전자 바 및 엔드링의 강도 및 특성연구 등의 부품개발, 시험설비, 전동기 철심용 금형제작을 할 예정이다.

〈 저 자 소 개 〉



이기호

1954년 1월 2일생. 1979년 2월 부산대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1979년~1981년 효성중공업, 1981년~1994년 삼성전기 선임연구원. 1994년~ 현재 대우중공업 철차연구소 책임연구원.



윤종학

1959년 11월 2일생. 1984년 2월 인하대 공대 기계공학과 졸업(학사). 1984년~ 현재 대우중공업 철차연구소 선임연구원.



김근웅

1965년 4월 25일생, 1988년 2월 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업. 1990년~1995년 이천전기(주) 주임연구원. 1995년~ 현재 대우중공업 철차연구소 주임연구원.