

Design of Motor Block Resistor for KTX

박 근 석* · 이 대 동** · 김 영 달*** · 정 종 안§ · 심 재 명†

(Keun-Seok Park · Dae-Dong Lee · Young-Dal Kim · Jong-An Jeong · Jae-Myung Shim)

Abstract - Domestic rail industry for the development of Korea High Speed Rail paid for high technology, imported to Korea. However, If technology based on conditions that are not equipped with relevant skills is received, there are limits to what it used to. so team of high speed railway began technical development. In this study, through the motor block resistant plan, the current block resistant identifies problems related to it, in order to improve the quality of the parts, secure the standards and guarantee their life span. The localization of the resistant is really possible thanks to the technical skills.

Key Words : KTX, Motor block, Resistor, Temperature calculation, Temperature test

1. 서 론

철도차량의 기술은 일반철도, 지하철 및 경전철 등 대중, 대량 교통수단의 종합설계 및 운영능력을 향상시키고 있다 고 할 수 있다.

최근 국내에 도입되어 운전되고 있는 우리나라 고속철도 (KTX, Korea Train eXpress) 차량은 20량 1편성으로 구성 되고, 현재 운행 중인 편성 수는 46편성으로 이 중 도입초기 제작된 12편성은 프랑스 수입품으로 구성되고, 34편성은 국 내에서 제작을 하였지만 철도 차량의 구성품은 거의 수입품 으로 구성되어 있는 실정이다[1-3].

열차동력원은 AC 25 [kV] 단상 60 [Hz]이고, 견인 동력과 전기 제동력은 각각 13,560 [kW]와 300 [KN]으로 구성되며 제동방식은 회생제동, 발전제동 및 공기제동을 혼용하고 있으며, 이 제동방식 중 회생제동, 발전제동 방식에 모터블록 저항기(Motor Block Resistor)가 사용되고 있고, 이 저항기를 일명 격자저항기로 부르고 있다[4].

모터블록은 철도차량부품의 주요 항목 중의 하나로 철도 차량의 구성품은 거의 수입에만 의존하고 있기 때문에 철도 차량구성품의 결함 발생시 운송되는 시간 및 행정적 소요시간 등으로 인해 신속한 A/S가 제한된다. 그러므로 철도 차

량 및 구성품에 대해 국내에서 고성능 제품을 개발하여 결함 발생시 원활한 유지보수가 이루어져 차량 성능 및 안정화 향상을 목적으로 국내 개발은 반드시 필요하다.

고속철도의 전기제동 회로는 평상시 회생에너지의 양에 따른 제동초과 통률제어로 전기 제동력을 확보하여 전기 에너지를 회생하는 회생제동을 사용하나, 비상제어 및 사 구간 등 모터블록에 입력한 전류치가 한도 치 이상일 때에는 발전제동으로 전환하여 발생하는 전기에너지를 격자저항기로 소비시키는 장치이다.

이 모터블록 저항기의 운행 중 문제점으로 대두되고 있는 저항선재 용손, 활곡, 프레임 손상 등이 일어나 발전제동 시에 발생하는 전기에너지를 원활히 소비하지 못하여 동작초과를 손상시키고, 나아가 견인용 인버터의 발열, 전력변환장치간의 연결 전선 및 부스바(Bus bar) 발열 등의 영향을 미치게 되어 전반적으로 과급되는 문제점이 발생되어지고 있다[5, 6].

따라서 본 논문에서는 모터블록 저항기 설계를 통하여 현재 운행 중에 있는 모터블록 저항기에 관련한 저항선재 용손, 활곡, 프레임 손상 등의 문제점을 파악하고, 부품 품질의 향상을 위한 안정적인 기능 확보와 수명을 보장 할 수 있는 기술력 확보에 주력하여 수입에만 의존하고 있는 철도차량용 부품 및 저항기 등의 국산화 개발은 부품 품질을 향상시키고, 수입 소요기간을 줄일 수 있어 유지보수가 원활히 이루어져 차량관리를 효율적으로 할 수 있고, 현재 사용되는 철도부품과 동등 이상의 제품을 개발하여 원활한 유지보수, 제품 단가 절감, 안정적인 기능 확보, 수명을 보장 할 수 있는 기술력 및 경제력 효과를 높이는 데 많은 역할을 할 것으로 사료된다.

* 준 회 원 : 한밭대학교 전기공학과 석사과정
 ** 정 회 원 : 한양대학교 전기공학과 박사과정
 *** 정 회 원 : 한밭대학교 전기공학과 교수 · 공박
 § 정 회 원 : 한국기계연구원 선임기술원
 † 교신저자, 정회원 : 한밭대학교 전기공학과 교수 · 공박
 E-mail : jmshim@hanbat.ac.kr
 접수일자 : 2010년 11월 16일
 최종완료 : 2011년 1월 25일

2. KTX용 모터블럭 격자저항기

2.1 고속철도의 견인 시스템 구성

그림 1은 고속철도의 전체 견인 시스템으로 추진용 주 전력변환장치는 사이리스터 컨버터, 평활 리액터, 인버터 제어기를 통해 2대의 3상 동기 전동기가 구동되고, 하나의 초퍼 회로와 2개의 역률보상회로로 구성되어 있다.

고속철도의 견인 시스템은 AC 25 [kV] 단상 60 [Hz]의 가선전압을 주변압기를 통해 단상 1800 [V]로 변환하고, 직렬로 연결된 사이리스터 컨버터를 통해 가변적으로 정류된다. 정류된 DC전원은 평활리액터를 통해 평활화 되고, 인버터 회로에 동력 전원을 공급하는 방식으로 하나의 인버터로 2대의 견인 전동기를 구동한다. 인버터의 제어는 저속에서 최대 스위칭 주파수 540 [Hz]로 운전하며 전동기의 속도증가에 따라 반주기의 펄스수를 감소시키며 최대속도에서는 단일 펄스 모드로 운전한다[7].

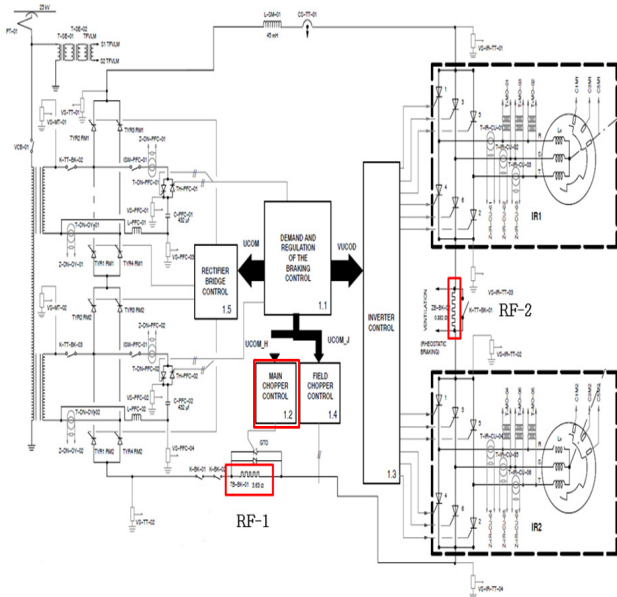


그림 1 고속철도의 견인시스템
Fig. 1 Traction system of KTX

2.2 격자저항기의 구조 및 기능

그림 1의 고속철도의 견인시스템에서 표현되고 있는 모터블럭 격자저항기는 고속철도 차량의 주 전력변환장치의 입력 단 직류링크에 설치되어 있다.

격자저항기는 컨버터의 타력식 인버터운전으로 평상시 회생제동과 연계되어 사용되며, 비상제동 및 사 구간, 전차선 전압 29 [kV]이상, 변압기 결함, 모터블럭에 입력된 전류치가 어느 한도 이상 시 발전제동을 사용하여 제동력을 확보할 수 있는 이중보호 시스템으로 구성되어 있다.

격자저항기의 역할은 초퍼장치를 통해 직류 단 전압을 안정화시키기 위해 사 구간에서는 발전제동을 수행하고 그 결과 전동기의 감속이 이루어져 그 역할을 담당하므로 제동저항으로 불리기도 한다[4].

그림 2의 격자저항기는 저항 선재가 격자로 배치되어 그림 2의 격자 저항기로 불리어지고 있으며, 저항 선재의 과발열시 활곡 현상을 방지하기 위해 저항기 바닥 및 격자 사이에 애자를 삽입하여 활곡 및 선재간의 접촉을 방지하였다.



그림 2 격자저항기 완제품
Fig. 2 Motor block resistor assembly

2.3 제동회로 제어 알고리즘

고속철도의 전원인 교류 가선은 변전 설비의 전력 공급 구간에 따라 필수적으로 사구간이 존재한다. 사 구간에서는 가선 전압이 공급되지 않으므로 가선으로의 회생이 불가능하다. 이러한 사 구간에서도 전기 제동력을 확보하려면 견인전동기로부터 발생하는 회생에너지를 저항을 이용하여 소비시키는 제동저항 기능이 필요하다. 그래서 저항제동 기능을 수행하기 위해 주 전력 변환장치는 그림 1과 같이 Main Chopper Control 회로를 가지고 있다. 제동저항 초퍼 회로는 제동저항과 초퍼 스위치로 구성된다[8].

제동초퍼 듀티를 결정하는 알고리즘의 블록도는 그림 3과 같다. 컨버터의 동작이 중지된 상태에서 인버터에 의해 제동 토크가 발생하면 DC-Link 전압은 회생에너지의 크기에 비례하여 상승하게 된다. DC-Link 전압의 상승을 억제하기 위해 초퍼 동작 기준 전압을 설정하고 실제 전압과의 차이에 따라 초퍼의 듀티를 결정한다. 그림 3의 $V_{chopref}$ 는 제동저항 모드에서 제동초퍼가 제어하는 DC-Link전압의 기준 전압과 현재 DC-Link 전압을 비교하여 V_{dcerr} 를 구하고 PI 제어기를 이용하여 제동초퍼의 듀티를 결정한다. PI제어기의 출력은 회생에너지의 크기에 비례하여 제동초퍼의 듀티를 자동으로 결정한다[4, 7].

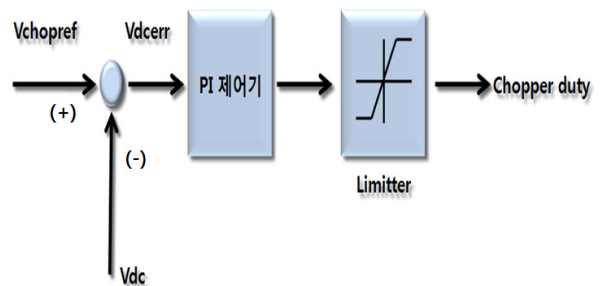


그림 3 제동회로 제어 알고리즘 블록도
Fig. 3 Algorithm block diagram for control of brake circuit

3. 격자저항기 설계

3.1 격자저항기 설계조건외 전기사양 및 접속 회로도

격자저항기 기술개발은 저항선재의 설계 및 제작, 절연애자와 판넬 설계 및 제작, 프레임 설계 및 제작과 연결부(BUS BAR)설계 및 제작의 단계에 거쳐 완성품 개발을 목표로 한국철도공사에서는 설계조건외 전기사양을 표 1과 같이 정리하였다.

저항선재 설계 및 제작을 위하여 설계조건외에 제시된 바와 같이 저항선재의 성분을 분석하고, 개발품이 수입품과 동등 이상의 성능을 갖도록 설계 및 제작하고자 아래와 같이 항목을 구분하고 그 결과를 나타내었다.

표 1 격자저항기 설계조건외 전기사양

Table 1 Electrical specifications of the resistors design conditions

구분	정격	
동작전압	2,850 [V]	
저항값	RF1	RF2
	3.3 [Ω]	0.81 [Ω]
용량	1,336 [kW]	291.6 [kW]
초퍼동작 듀티비	0.5 이내	
냉각방식	강제냉각, 2 [m/s]	
동작시간	최대 100 초	
저항선재	Ni - Cr 80/20	
온도상승	연속 8분 정격, 온도상승 600~630 [oC]	

격자저항기(RF1, RF2)의 접속회로도는 그림 4, 5와 같다.

그림 4의 격자저항기(RF1)는 6개의 0.55 [Ω] 저항을 직렬로 연결한 구성이고 합성저항은 3.30 [Ω]이며 그림 5의 격자저항기(RF2)는 0.55 [Ω] 6개를 직·병렬로 접속한 회로의 구성을 나타내며 합성저항은 0.81 [Ω]이다[8].

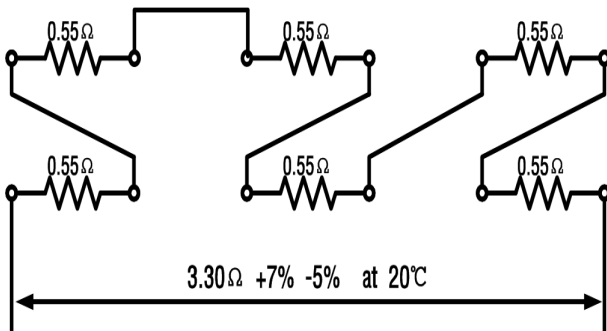


그림 4 격자저항기(RF1)의 접속회로도

Fig. 4 Motor block resistor(RF1)connection schematic

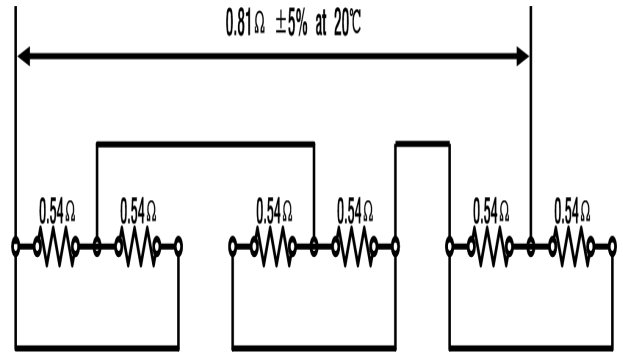


그림 5 격자저항기(RF-2)의 접속회로도

Fig. 5 Motor block resistor(RF2) connection schematic

3.2 성분분석을 통한 격자 저항기(RF-1)의 온도 상승치 예측

격자저항기의 RF-2는 저항기 냉각 및 모터블럭 내부 냉각을 위한 Ventilation송풍기 전압조정 등의 목적으로 사용하고, RF-1은 발전제동시 전기에너지의 소모 목적으로 사용되어지고 있으며 본 논문에서는 발전제동시 RF-1에 대한 온도상승에 대해서만 표현하였다. 격자 저항기 RF-1은 전기 특성상 발생한 전기에너지를 바로 소비되지 않으면 제동력을 가질 수 없기 때문에 주변 역행 차량이 없거나 가선의 전압이 안정되지 않은 경우 안정된 제동성능을 확보할 목적으로 사용되는 주 저항재로 0.55 [Ω]의 저항선재 Unit 6개를 직렬 연결하여 3.3 [Ω]의 합성저항으로 사용된다.

수입품의 저항선재 Ni/Cr/Fe 합금에서 용융점이 다소 낮은 Fe성분을 제외한 저항선재 Ni/Cr합금 80/20으로 적용하여 제작하고, 다음을 계산하였으며 표 2는 Ni/Cr의 물성표이고, 표 3은 계산식에 유도되어진 값이다.

격자저항기 설계조건외 전기사양의 동작전압과 저항기(RF-1)의 저항값을 적용한 전류값은 식(1)과 같다.

(설계조건외의 동작전압 : 2850 [V], RF-1 저항값 : 3.3 [Ω])

$$I_p = V / R = 2850 / 3.3 = 863.63[A] \tag{1}$$

$$Q = 0.24I^2RT \quad (I:전류, R:저항, T:시간[s])$$

$$= 0.24 \times 866.63^2 \times 0.55 \times 1 \tag{2}$$

$$Q = CMT(C:비열, M:질량, T:온도[°C]) \tag{3}$$

$$C = 0.2079 \times 0.8 + 0.1178 \times 0.2$$

$$M = \text{Density} \times \text{Volume}$$

$$\text{Density} = 8.85 \times 10^3 \times 0.8 + 7.09 \times 10^3 \times 0.2 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

$$\text{Volume} = 0.0005 \times 0.14 \times 0.561 \times 60 + (\pi \times 0.01^2 - \pi \times 0.0095^2) / 2 \times 0.14 \times 59 \text{ [kg/m}^3\text{]} = 2.48 \times 10^{-3}$$

$$M = 8.85 \times 10^3 \times 0.8 \times 2.48 \times 10^{-3} + 7.09 \times 10^3 \times 0.2 \times 2.48 \times 10^{-3} = 21.08 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

위의 식(2)을 식(3)에 적용하여 식(4)이 유도되었다.

$$Q = CMT(Q:99.138, C:0.1899, M:21.08)$$

$$99.138 \text{ [kcal]} = 0.1899 \times 21.08 \times T \quad (4)$$

저항 선재의 성분분석을 통해 냉각 송풍이 없을 경우 저항기의 온도상승은 식(4)과 같이 유도 되었고, 계산결과 값은 표 3과 같다.

표 2 Ni/Cr 물성표

Table 2 Ni/Cr Properties

구 분	비열 [cal/g °C]	비중 [g/cm ³]	비 고
Ni(니켈)	0.2079	8.85	Ni/Cr = 80/20
Cr(크롬)	0.1178	7.09	

표 3 계산 결과 값

Table 3 Calculation results

용량에 따른 열량	99.138 [kcal/s]
합성비열	0.1899 [cal/g °C]
온도 상승치	24.76 [°C/s]

3.3 격자 저항기(RF-1)의 표면 온도

아래의 식은 저항기의 표면온도를 11[°C] (284 [K])로 가정하여 송풍용 전동기의 송풍량 2 [m/s]와 저항 선재의 면적 등을 고려한 선재의 표면온도는 아래와 같이 계산된다.

저항기의 구조상 냉각 유체의 유동 면적은 유체가 이동되는 전면적을 적용한다.

동작 피크 전류는 식(1)과 같고, 설계조건 전기사양 중 초퍼회로의 동작 듀티값 a(0.5)를 적용한 정상동력(4M)시 저항기의 피크 손실은 식(5)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{peak loss} &= I^2 \times R \times a = 863.63^2 \times 3.3 \times 0.5 \times (1 - e^{-100/415}) / (1 - e^{-415/415}) \\ &= 416.9 \text{ [kW]} \end{aligned} \quad (5)$$

격자저항기의 용량에서 4개의 모터 블록에 6개의 저항기가 직렬 접속되어 있으므로 격자저항기 하나의 Unit당 손실은 식(6)과 같다.

$$\text{Unit loss} = 416.9 \div 4 \div 6 \approx 17.37 \text{ [kW]} \quad (6)$$

표 4 RF-1 저항기의 세부사항[10]

Table 4 Details of the resistor

Unit의 손실량	17.37 [kW]	27°C (300K)이하 공기의 물성치	
냉각 방식	강제냉각 2 [m/s]	$v = 16.84 \times 10^{-6} \text{ [m}^2\text{/s]}$	동점성
냉각 면적	9.9 [m ²]	$k = 0.0262 \text{ [W/m} \cdot \text{K]}$	열전도 계수 [W/m · K]
유체의 유동길이	0.14 [m]	Pr = 0.708	열확산 계수와 동점성의 비

유동길이를 고려한 Reynold 수(V : 유체의 유속, L : 유체의 유동길이, ν : 동점성)는 식(7)과 같다[9, 10].

$$\begin{aligned} Re &= \rho VL / \mu = VL / \nu = 2 \times 0.14 \times 2 \div 16.84 \times 10^{-6} \\ &= 33,254 \text{ (층류유동)} \end{aligned} \quad (7)$$

표 5 평판을 지나는 유동

Table 5 Passing the flow pattern for reputation

유동형태	Reynolds 수
층류유동	$Re_x \leq 5 \times 10^5$
천이유동	$5 \times 10^5 < Re_x < 10^6$
난류유동	$Re_x \geq 10^6$

표 5와 같이 층류유동으로 분류된 평판의 Nusselt 수는 다음의 식(8)과 같은 상관식이 주어진다[9, 10].

$$Nu_m = 0.680 Re_L^{1/2} Pr^{1/3} = 0.680 \times 33,254^{1/2} \times 0.708^{1/3} = 110.52 \quad (8)$$

평균 열전달 계수 h는 식(9)와 같이 표현되어진다.(h:열전달 계수, N_x:Nusselt 수, k:열전도계수, L:유체의 유동길이)

저항선재의 양면에 유체가 유동하기 때문에 유체의 유동 길이는 2배를 적용한다.

$$\begin{aligned} h &= N_x \times k \div L = 110.52 \times 0.0262 \div 0.14 \times 2 \\ &= 10.3 \text{ [W/m}^2\text{K]} \end{aligned} \quad (9)$$

평균 열 전달율 Q = hAΔT(Newton의 냉각법칙) 이므로 개발품의 격자저항기(30S)의 단면적 9.9m²을 적용한 저항기 온도차 ΔT 및 저항기 표면온도 Ts는 식(10) 및 식(11)과 같이 유도되어진다.

$$\begin{aligned} \Delta T &= Q \div (h \times A) = 17370 \div (10.3 \times 9.9) \\ &= 170.3 \text{ [}^\circ\text{C]} \end{aligned} \quad (10)$$

저항기 표면온도 Ts는 식(11)과 같이 표현되어진다.

$$T_s = T_a + \Delta T = 11 + 170.3 = 181.3 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (11)$$

수입품의 격자저항기(28S)의 단면적 9.27 [m²]를 적용한 저항기 온도차 ΔT 및 표면 온도 Ts는 식(12) 및 식(13)과 같이 유도되어진다.

$$\begin{aligned} \Delta T &= Q \div (hA) = 17370 \div (10.3 \times 9.27) \\ &= 181.9 \text{ [}^\circ\text{C]} \end{aligned} \quad (12)$$

$$T_s = T_a + \Delta T = 11 + 181.9 = 192.9 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (13)$$

그리고 격자 간격에 따른 구조적 온도 상승을 무시할 수는 없다. 격자 간격에 따른 주변영향을 α로 가정하면 α 범위는 온도 상승치의 5~15 [%]로 판단된다.

표 6 냉각 송풍 전동기 규격
Table 6 Standard ventilation motor

항 목	규 격	항 목	규 격
용 량	8.1 [kW]	전 원	3상 355 [V]
정 격 전 류	18.4 [A]	주 파 수	56 [Hz]
동 작 온 도	-25 [°C] / 40 [°C]	회 전 수	3,300 [rpm]
역 률	0.94	효 율	0.82

3.4 격자저항기 온도실험

격자저항기의 강제냉각은 현차상황과 동일한 조건을 유지하도록 냉각송풍전동기를 사용하고 온도 측정 포인트는 그림 8과 같이 현차 운행조건 중 저항체 용손이 가장 많이 발생한 저항선재 4곳을 측정하며 시험하였다.

냉각 조건은 송풍기를 이용한 강제 냉각으로 설계조건인 풍속 2 [m/s]를 적용하였다.

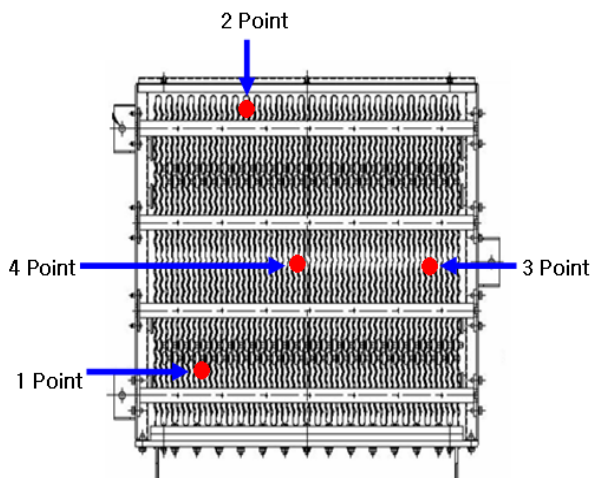


그림 6 온도 측정 포인트(주위온도 11[°C])

Fig. 6 Temperature measuring point
(Ambient temperature : 11 [°C])

온도측정방법은 현차조건상 고압전원, 강제냉각 및 취부 공간협소 등의 가혹한 조건으로 인해 센서 부착식의 타점 온도 기록계로 측정이 불가하여, 비접촉식 적외선 온도계로 측정하였다.

격자저항기의 수입품과 개발품의 동일한 조건하의 실험 결과는 표 7과 표 8로 나타내었다.

표 7 수입품 온도실험 결과 [°C]
Table 7 Imports temperature results

구 분	저항기 측정 Point			
	1	2	3	4
시간(분)				
15	245	172	216	209
20	231	176	196	213
25	241	170	212	208
30	238	176	208	211

표 8 개발품 온도실험 결과 [°C]
Table 8 Developments temperature results

구 분	저항기 측정 Point			
	1	2	3	4
시간(분)				
15분	245	191	175	215
20분	242	181	181	206
25분	244	184	180	212
30분	244	181	183	213

4. 결과분석

수입품과 개발품의 온도실험결과 평균값과 계산값을 표 9와 같이 비교 하였다.

표 9 온도 비교표(주위온도 : 11 [°C])
Table 9 Temperature comparison table

구 분	수입품 (28S)	개발품 (30S)	온도차
온 도 계산치	192.9 [°C]	181.3 [°C]	-11.6 [°C]
실 험 결과값	207.6 [°C]	204.8 [°C]	-2.8 [°C]

수입품과 개발품에 대한 구성 및 특성은 표 10과 같이 정리 하였다.

표 10 저항선재 비교표
Table 10 Resistor material comparison

항 목	수 입 품	개 발 품
저항선재 Element	Ni/Cr/Fe = 45/23/29	Ni/Cr = 80/20
저항선재	28 S 고유저항 : 약118 [μΩ]	30 S 고유저항 : 약108 [μΩ]
최고사용 온도	약 800 [°C]	약 1,100 [°C]
고온특성	내산화성 및 고온강도가 떨어짐	내산화성, 내열성, 내식성 등이 우수하고 고온성 발열체에 적합함
고 온 수명치	I 법 1,200 [°C] 가열, 냉각 수명치 약 100회	I 법 1,200 [°C] 가열, 냉각 수명치 약 300회 이상
온도 상승시 저항 변화율	500~600 [°C] 온도 상승시 1.15~1.17로 저항치 상승	500~600 [°C] 온도 상승시 1.019~1.011로 저항치 상승

모터블럭 저항기의 수입품과 개발품을 비교 분석하였을 때 수입품에 비해 낮은 온도를 갖는 개발품은 저항기의 용손과 활곡 현상 발생 가능성을 감소시켜 제품의 안전성을 확보할 수 있고, 모터블럭 저항기는 국산화 개발이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

적정온도 유지를 위한 방법은 저항기의 구성요소 및 주변요소 등을 통해 다음과 같이 확인할 수 있었다.

저항기의 내부 굽곡이 수입품 28S에서 개발품 30S로 증가하면서 저항선재의 사용은 7 [%]가 늘어나고, 면적은 6.8 [%]증가로 단면적 증가에 따른 냉각 면적 증가로 Newton의 냉각법칙으로 냉각효과의 타당성을 갖는다.

온도차 ΔT는 열전달 계수 h와 표면적 A와 반비례 관계에 의해 표면적 증가와 함께 선재의 표면온도는 감소하게 된 것을 식(10)에 의해 확인할 수 있다.

그리고 발전 제동시 격자저항기의 온도 절감을 위해서 냉각 유체의 유동길이를 조절하거나(냉각 표면적 조정), 블레이드 개량을 통한 냉각 유체량 및 송풍용 전동기의 유동 속도 V를 조절하여 N_x 를 조절하면 식(9)에 의해 열전달 계수 h가 증가하여 식(10)에 의해 ΔT는 감소한다.

아울러, 모터블럭의 제동회로 등을 분석하면 발전제동이 완료된 후 격자저항기에는 잠열이 존재한다. 이는 발전

시점에는 Ventilation용 송풍기가 동작하지만 발전제동이 완료된 후에는 동작하지 않는 것을 확인할 수 있었다.

발열된 격자저항기가 발전제동시에는 강제냉각으로 냉각이 되지만 발전제동 완료시에는 완전 냉각이 되지 않은 상태에서 실내 유체의 자연 대류에 의한 자연냉각임을 뜻한다. 선재의 표면온도를 살펴보면 발전 제동시 최초 저항 선재 표면온도에서 시작하여 온도 상승시 수입품은 $T_a(\text{잠열}) + 181.9 [°C] + a$ 로 상승함에 비해 개발품은 $T_a(\text{잠열}) +$

170.3 [°C] + a 로 상승한다. 예를 들어, 개발품의 최초 저항 선재의 표면 온도가 27 [°C]일 경우 170.3 [°C]가 추가되어 197.3 [°C]가 되지만, 발전 제동 후 저항 선재의 잠열 온도가 100 [°C]일 경우 270.3 [°C]가 된다.

그러므로 저항기의 냉각이 발전제동시 외에도 주기적인 냉각을 위해 별도의 냉각회로를 구성하면 저항기의 내부 온도 및 모터 블럭의 적정온도를 유지하게 되어 저항기 및 주변기기 등의 안정성 향상에 도움이 될 것이다.

5. 결 론

본 논문에서는 국내기술로 만들어진 고속철도에 사용되는 주 전력변환장치의 회로 구성과 설계조건에 따른 격자저항기의 용량을 계산하였다. 그리고 격자저항기의 성분분석, 구조분석 및 모의실험을 통해 저항선재의 표면온도를 계산하였고, 저항기의 발열로 인한 용손과 활곡을 방지하기 위한 방안을 제시하였다.

따라서 수입제품의 장단점을 보완하면 고품질 격자저항기의 국산화 개발이 가능하고, 현재 저항기에서 발생하는 문제점에 대하여 피드백 분석 및 개선을 통해 모터블럭 저항기 및 구성부품에 대한 품질 및 차량 안정화를 가져올 것으로 사료되어진다. 또한, 국산화 개발을 통해 자체 기술 경쟁력을 확보함으로써 수입품에 비교하여 경쟁력 있는 제품과 가격으로 대체수출효과에 기여할 수 있을 것으로 판단되어진다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 한밭대학교 교내학술연구비의 지원을 받았음.

참 고 문 헌

- [1] 송달호, "한국형 고속전철 개발과 발전 전망", 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 38-46, 2004.
- [2] 이원기, 박광복, "한국형 고속전철의 추진 및 제어 시스템 설계에 관한 연구", 한국철도학회 학술대회 논문집, pp. 576-588, 2000.
- [3] 노애숙, 정은성, 황광철, 최종목, 류홍제, 김용주 "한국고속전철용 주전력변환장치 개발 및 조립시험", 한국철도학회 학술대회 논문집, pp. 1013-1018, 2002.
- [4] 조성준, 이광주, 김태완, 우명호, 고영철, 김두식, "한국형 고속열차 주전력변환장치의 상용화 기술 확보에 관한 연구", 전력전자 학술대회 논문집, pp. 363-365, 2005.
- [5] 한영재 "고속전철 추진 및 전기제동 시스템의 고장진단과 성능평가" 홍익대학교 대학원 박사학위 논문
- [6] 조현욱, 김연중, 김태환, 장경현, 최종목, "고속전철용 보조전력변환장치 1,2군 동시 기동", 한국철도학회 학술대회 논문집, pp. 1620-1626, 2007.
- [7] 이은규, 이영호 송영신, 권선범, "고속철도 차량용 추진 제어장치의 전력변환장치 연구"
- [8] 권무혁 "고속열차용 모터블럭 격자저항기 설계에 관한

연구” 국립한밭대학교 산업대학원 석사학위 논문

[9] “공업열역학” 권영필, 김동혁, 김성훈, 김인찬, 김태권, 배대석, 이도형 공역

[10] “열전달” 진철호, 노홍구 공저

[11] 조성준, 정만규, 김두식, “고속열차용 추진제어장치의 기술” 전력전자학회 제14권 5호

저 자 소 개



박근석 (朴根碩)

1982년 4월 24일생. 2009년 한밭대학교 전기공학과 졸업. 2009년~현재 한밭대학교 대학원 전기공학과 석사과정.



李大東 (李大東)

1976년 12월 26일생. 2002년 우송대학교 전자공학과 졸업. 2004년 한밭대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년~현재 한양대학교 대학원 전기공학과 박사과정.



김영달 (金榮達)

1957년 11월 5일생. 1986년 대전공업대학 전기공학과 졸업. 1990년 충북대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 명지대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한밭대학교 전기공학과 교수.



정종안 (鄭鍾安)

1953년 9월 20일생. 1997년 한밭대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년 6월~현재 한국기계연구원 선임기술원.



심재명 (沈在明)

1951년 11월 13일생. 1976년 명지대학교 전기공학과 졸업. 1979년 동대학교 대학원 졸업(석사), 1992년 동대학원 졸업(박사). 1979~현재 한밭대학교 전기공학과 교수.