

고속전철의 공조환기시스템

유 경 훈
한 국 생 산 기 술 연 구 원
선 임 연 구 원

1. 머리말

현재 전세계적으로 운행중인 고속전철을 표 1에 수록하였는데, 표에 보다시피 일반적으로 주행속도가 200km/h 이상인 경우에 고속전철로 인식되고 있다. 한편, 200~350km/h 수준의 고속으로 운행되는 고속전철에 적용되는 환기시스템은 기존의 100km/h 근방에서 주행하는 일반 철도차량의 환기시스템에 적용되는 기술과는 달리, 고도의 기술적 문제점들을 안고 있다. 즉, 우리나라와 같이 산악지대가 많은 경우에 열차가 터널을 돌입할 때 발생하는 압력변동에 따른 이명현상 발생 및 실내환경오염 가능성, 고속주행에 따른 진동, 소형경량화 등이 그것이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 우선 고속전철의 구조가 기밀구조로 구성되어야 하고 압력변동이 환기장치, 공조장치, 덕트 등을 통하여 차내에 영향을 미치지 않도록 하기 위한 압력완화장치와의 연계가 필수적으로 요구된다.

따라서, 고속전철 객차내의 쾌적성을 확보하기 위해서는 차체가 완전한 기밀구조를 이루는

것이 이상적이나 현실적으로 불가능하기 때문에 현재 사용되고 있는 고속전철의 환기시스템에 대해서, 본 고에서는 상기의 관점에서 고속전철로 대표되는 프랑스 고속전철 TGV와 일본 고속전철 신간선의 공조환기시스템의 기술적 수준을 살펴보고 최근 프랑스로부터 국내에 도입된 경부고속전철 TGV와 현재 범정부차원에서 국가적으로 개발추진중인 350km/h급 한국형 고속전철의 경우도 검토하고자 한다.

2. TGV의 공조환기시스템

프랑스 국철(SNCF)의 최초의 공조환기 설비는 Paris-Nice, Paris-Bruxelles-Amsterdam, Paris-Toulouse와 Paris-Strasbourg간의 TEE 열차에 1954년부터 설치되었다. 1976년에 시작된 TGV의 차량도 역시 중간의 객차용과 양단의 동력차의 2개의 운전실용으로 공조환기 설비가 설치되었다.

2.1 객차의 공조환기설비

이것은 다음과 같은 기능을 가지고 있다. 즉,

표 1. 세계의 고속전철 현황

고속전철	소속	운행구간	제작사	최고속도 (km/h)	궤간 (mm)	전기	기타
TGV PSE	SNCF (French National Railways) (프랑스)	파리-동부(리용)	Alsthom Transport (프랑스)	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz	·프랑스고속전철 제1세대 ·TGV(Train a Grande Vitesse): 고속기차
TGV Atrantique	SNCF (프랑스)	파리-서부 파리-남부	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC1.5kV	TGV-A 325호는 515.3km/h의 속도 기록
TGV Duplex	SNCF (프랑스)	파리-동부	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC1.5kV	2층 기차
TGV La Poste	SNCF (프랑스)	파리-동부	Alsthom Transport	270	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC1.5kV	우편물운반용
TGV Reseau	SNCF (프랑스)	프랑스-벨기에	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC1.5kV ·DC3kV	TGV-A의 개량형
TGV NG	SNCF (프랑스)	모든 LGV(고속철도 구간)	Alsthom Transport	360	1435 (표준궤)	-	-
Eurostar	·BR(영국) ·SNCF (프랑스) ·SNCB (벨기에)	런던-파리-브뤼셀	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC750V ·DC3kV ·DC1.5kV	영국-프랑스 사이 50km 해저터널 통과
Thalys PBA, PBKA	SNCF (프랑스)	파리-브뤼셀-암스테르담, 파리-브뤼셀-켈른-암스테르담	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·AC15kV/16.7Hz ·DC3kV ·DC1.5kV	-
AVE	RENFE (스페인)	마드리드-세빌라	Alsthom Transport	300	1435 (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·DC3kV	AVE(Alta Velocidad Española): Spanish High Speed
X2000	SJ (스웨덴)	스톡홀름-Göteborg	Adtranz Signal	210	-	·AC15kV/ 50Hz	Tilt 기술 적용: 일반 철도에서 고속주행 기술
Arlanda Express	ALC(Arlanda Link Consortium) (스웨덴)	스톡홀름공항-스톡홀름 시내	Alsthom Transport	200	1435 (표준궤)	·AC15kV/ 50Hz	-
Finland Tilting Trains	RHK (핀란드)	헬싱키-Turku	-	220	1,524	·AC25kV/ 50Hz	Tilt 기술 적용

고속전철	소속	운행구간	제작사	최고속도 (km/h)	궤간 (mm)	전기	기타
ICE 1, 2	DB(Deutsche Bundesbahn) (독일)	뮌헨-뉘셀도 르프-베를린 -프랑크푸르 트 독일전역	Siemens Transporta- tion Systems (독일)	280	1435mm (표준궤)	·AC15kV/ 50Hz	ICE(InterCity Express) 도시 간 고속기차
ICE 3	DB (독일)	-	Siemens Transporta- tion Systems	300	1435mm (표준궤)	·AC15kV/ 50Hz	-
신간선 0계, 100계	JR Central, JR West (일본)	토카이도선(동 경-오사카), 산요선(오사카 -하카타)	-	220(0계, 100계) 230(100계)	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 60Hz	JR: Japan Railways
신간선 200계	JR East (일본)	토호쿠선(동경 -모리오카), 조에츠선(동경 -니가타)	-	240, 275	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz ·AC25kV/ 60Hz	-
신간선 300계	JR Central, JR West (일본)	토카이도선, 산요선	-	270	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 60Hz	-
신간선 400계	JR East (일본)	토호쿠선,야마 가타선(후쿠시 마-야마가타)	-	240	1435mm (표준궤)	·AC20kV/ 50Hz ·AC25kV/ 50Hz	-
신간선 500계, 700계	JR Central, JR West (일본)	토카이도선, 산요선	-	300(300계, 산요선), 285(700계, 산요선),270 (공통, 토카 이도선)	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 60Hz	-
신간선 E1, E2, E3, E4	JR East (일본)	토호쿠선(공 통), 조에츠선, 호쿠리쿠선(나 가노-타카사 키, E2),아키타 선(모리오카- 아키타, E3)	Alsthom Transport	240(E1,E4), 275(E2,E4)	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 50Hz(공통) ·AC25kV/ 60Hz(E2) ·AC20kV/ 50Hz(E3)	-
KTX	KORAIL (한국)	서울-부산	Alsthom Transport	300km/h	1435mm (표준궤)	·AC25kV/ 60Hz	경부고속전철

환기, 난방, 냉방, 제어이다.

(1) 환기

그림 1은 표 1에 기술한 TGV-A(TGV Atrantique)의 객차의 공기의 순환을 나타내고 있다. 표 2의 강력냉방의 경우, 창문 아래의 차량

표면의 외부흡입구를 통해 1200m³/h의 신선공기와 객실 내부 중앙 바닥면에 접한 순환공기 흡입구를 통해 들어오는 1500m³/h의 내부 순환공기가 차체 아래에서 혼합되며 이 혼합공기는 필요에 따라 차체 하부에 설치되어 있는 공

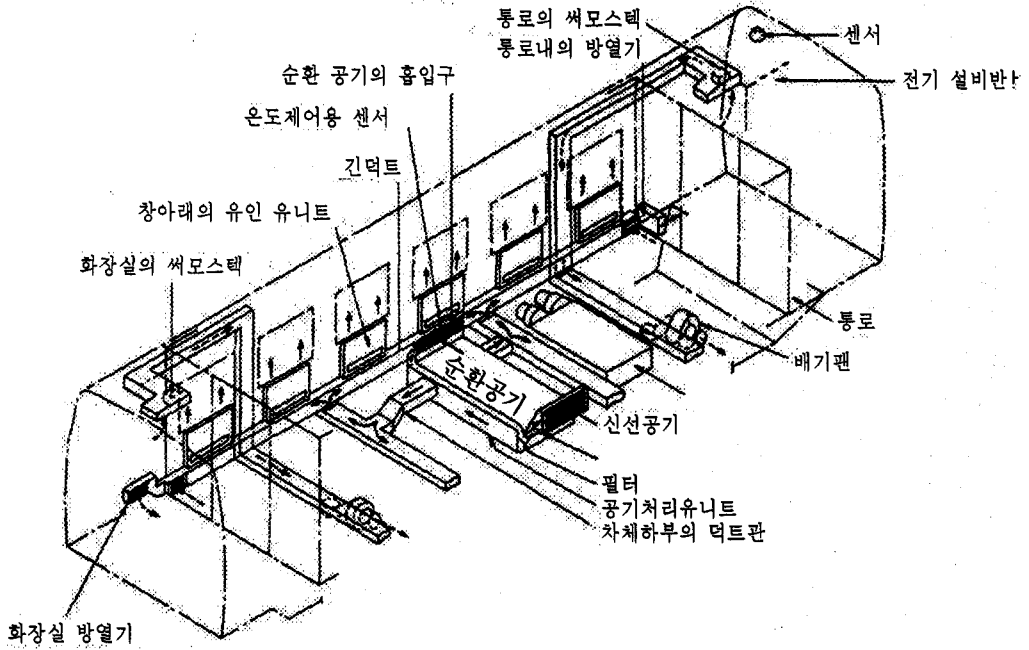


그림 1 TGV-A의 객차내의 기류 및 공기분배시스템

표 2. TGV-A의 환기량

	환기속도	급기량(m ³ /h)	신선외기량(m ³ /h)
18℃이하의 예열	저속	1,800	0
난방 또는 보통 냉방	저속	1,800	1,200
강력 냉방	고속	2,700	1,200

기처리 유니트(Air Handling Unit)에서 객실내 냉난방을 위해 가열되거나 냉각처리된 후, 공기분배 덕트망에 의해 객실 내부로 운반되어 12개의 창문 하부에 위치한 슬리트 상의 급기구로부터 분출되어 총 2700m³/h의 공기가 객실내 공간으로 확산된다. 이와 같이 객실내로 확산된 공기중 1500m³/h의 공기는 순환공기로

객실내부 중앙바닥면에 접한 양쪽 벽면에 위치한 순환공기 흡입구를 통해 빠져나가 신선외기와 혼합되어 혼합공기를 형성하며, 신선외기에 해당되는 나머지 1200m³/h의 공기는 통로와 화장실에서 흡입되어 차체 밑으로 운반된 후 밖으로 완전히 배출된다. 이와 같은 방법에 의해 기류가 지나치게 빠르거나 지나치게

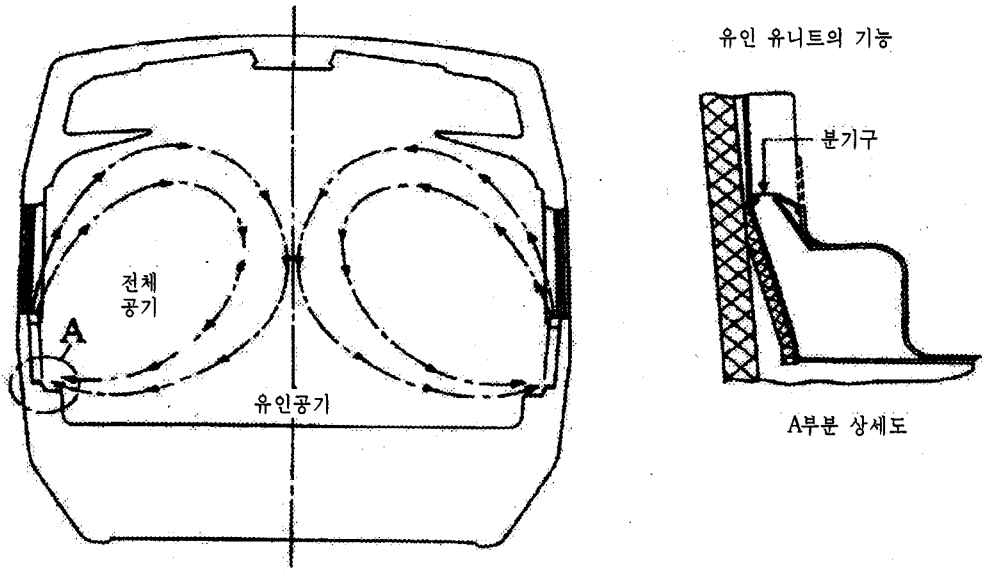


그림 2 TGV-A 객실내의 기류의 개요

게 큰 소음 레벨에 의해 불편감을 일으키는 일 없이 객실의 공간 전체에 온도가 균일하도록 한다.

그림 2는 TGV-A 객차에서 독특하게 채용하고 있는 객실 내부의 공기의 흐름을 나타내고 있다. 공기분배 덕트망에 의해 객실 내부로 공급된 $2700\text{m}^3/\text{h}$ 의 급기는 12개의 창문 하부에 위치한 유인 유니트를 통해 창 하부의 급기구로부터 분출되어 실내로 확산된다. 이것은 분출 공기의 힘에 의해 저압의 부분을 만들어 내는 시스템으로서, 이것에 의해 객실의 급기구의 공기 유인을 조장해서 객실 내부 공기

전체의 혼합을 확보하여 실내의 온도를 균일하게 한다. 유인유니트는 첫번째의 유인울에 의해 작동된다. 즉, 이 유인울은 TGV-A의 경우에는 1차 처리공기 $2700\text{m}^3/\text{h}$ 에 대한 유인유니트 흡입구를 통해 유인되는 공기 유량의 비율이다.

TGV-A 객차 공기처리장치의 최대 처리공량은 $2700\text{m}^3/\text{h}$ 이며 신선외기량 $1200\text{m}^3/\text{h}$ 는 4분마다 객실내의 공기를 완전히 바꿀 수 있는 분량에 해당한다. 실제로 배기량은 신선외기량보다 약간 적다. 이것에 의해 실내를 정압으로 유지하고, 외기의 침입을 막을 수 있다.

(2) 난방

열량의 공급은 다음과 같이 행해진다.

1) 객실에 대해서는 1500V의 고압직류전원이 50Hz의 교류 전원에서 공급되어 외기와 순환공기를 받아들이는 중앙식 난방기로 행해진다.

2) 통로와 부속실, 화장실과 화물실에 대해서는 객실로부터의 배기와 380V로 공급되는 방열기로부터의 배출공기에 의한다.

난방 능력은 R2, R3, R5, R9 타입에 대해서는 30 kW, R1, R4, R10에 대해서는 34 kW이고 통로용으로는 2×2kW, 화장실용으로는 1 kW이다. 이 능력은 -20℃의 외기 온도의 경우에 실내를 21℃에 유지할 수 있는 경우이다.

(3) 냉방

냉기의 제조는 튜브로 구성된 증발기로 행해지고 팬(fan)이 부착되어 있다. 여기에서는 급기로부터 필요한 열량을 채취하면서 냉매가 액상에서 기상으로 변화한다. 그러므로, 급기는 증발기의 출구에서 냉각된 상태이다. +50℃ 증발기에서 나와서 +50℃로 응축기에 유입된다는 온도 조건에서의 증발기의 열교환 능력은 R1~R3, R5~R9에 대해서는 28.5 kW, R4와 R10에 대해서는 32.5 kW이다.

설비는 다음과 같이 구성된다. 제 1 집합으로서 그림 3과 같이 응축기 그룹이 있고, 이는 압축기, 최대풍량 13,500 m³/h에서 냉각된

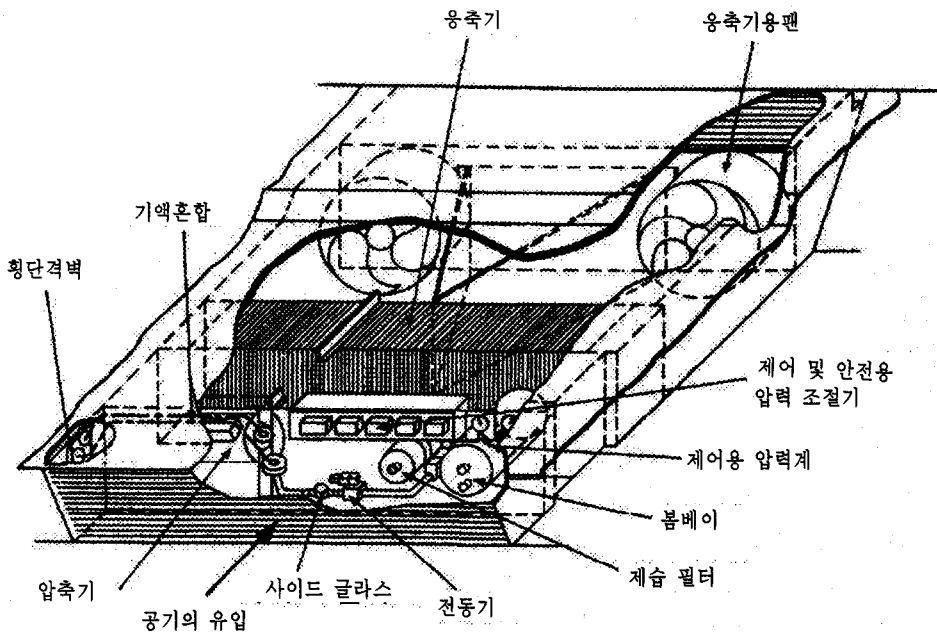


그림 3 TGV-A의 응축유닛

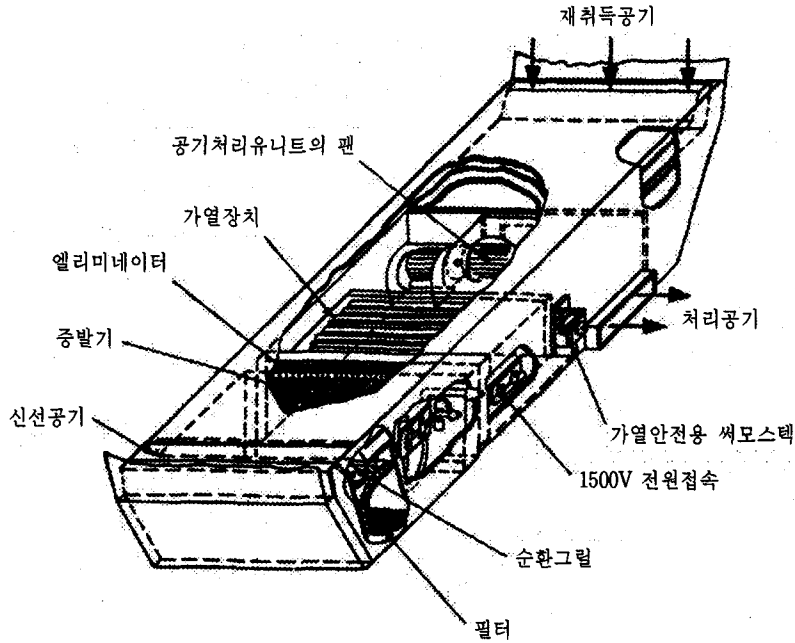


그림 4 TGV-A의 공기처리 유니트

공기를 보내는, 모터가 부착된 팬을 구비한 응축기·수액기와 설비 기능을 유지하는 데 필요한 제어조정장치(제습필터·압력 조절기·압력계·전자팽창밸브)이다. 제 2 집합으로서는 그림 4와 같이 공기처리 유니트라고 불리는 것이며, 여기서는 고압 공기의 환기(에어 필터와 모터가 부착된 필터)와 가열을 위한 장치뿐만 아니라 증발기와 그 부속품(감압기·액면계·분배기)가 있다.

압축기는, 6기통의 밀폐식이다. 그것은, 흡입 압력에 의한 능력 조정자동제어 시스템을 구비하고 있고, 2 기통의 그룹에 의하는 토출 및 흡입의 왕복 운동을 하면서 냉방 능력을 차량

의 필요 냉방 능력으로 조정한다. 압축기의 모터와 응축기의 팬의 모터는 비동기형으로 3상 380V에서 작동한다. 증발기와 응축기의 2개의 열교환기는 알루미늄 재질의 핀(fin)을 부착한銅 재질의 튜브로 만들 수 있다. 공기처리 유니트의 팬과 모터는 2속도의 비동기형으로서 3상 380V용이다. 사용하고 있는 냉매액은 프레온 R22(CHClF₂)이다.

(4) 제어

온도 제어는 외기·취출공기·환기·통로·화장실 등의 여러 가지 센서의 정보를 입력할 수 있는 객차의 컴퓨터로 수행된다. 컴퓨터는 이러한 정보를 처리하여 난방, 냉방, 혹은 난방도

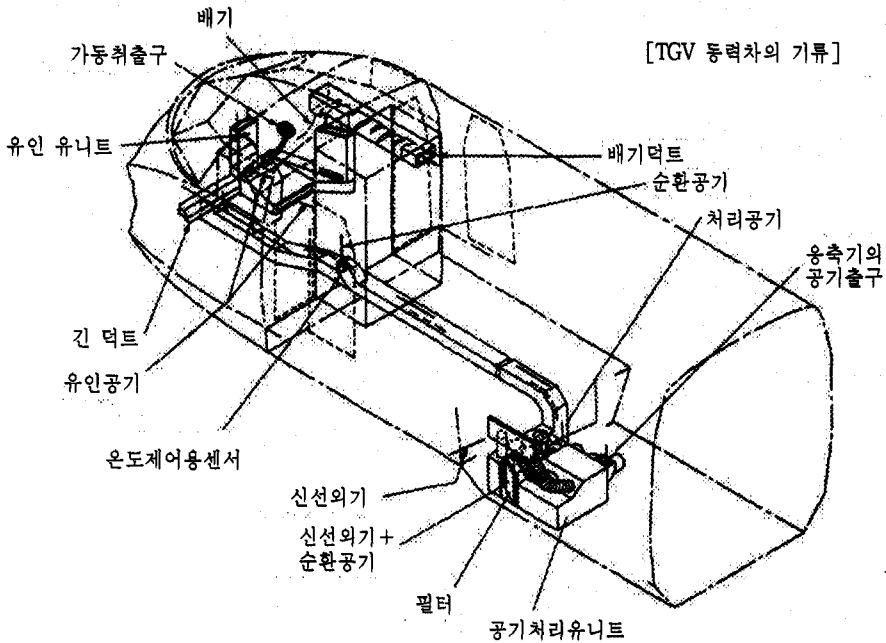


그림 5 TGV-A의 동력차내의 기류 및 공기분배시스템

냉방도 없는 환기만의 기능을 지시한다. 가열량 또는 냉각열량의 공급은 외기 온도와 취출 온도 사이에서 정상적인 평형을 유지하도록 조정된다. 실내 온도는 객실의 실제 온도나 설정치에 의해 나타나는 차이와 승객으로의 적절한 열량 공급을 고려하면서 조정된다. 제어는 외기 온도가 -20°C 부터 $+15^{\circ}\text{C}$ 의 사이에서 변화할 때 실내 온도를 21°C 로 일정하게 유지시킨다. 외기 온도가 15°C 이상일 경우는 실내 온도는 조금 높히고 외기 온도가 35°C 인 경우에 대해서는 26°C 를 기대할 수 있다. 이 온도 상승은 일사량이 많은 역의 플랫폼에서 기다리고 있었던 승객이 객차에 들어갈 때 승객이 “히트

쇼크”를 받는 것을 방지한다.

2.2 동력차의 공조환기설비

그림 5는 TGV-A의 동력차의 운전실 공조설비의 개략도를 나타내고 있다. 기능은 이미 객차용에서 언급한 것과 동일하다. 그러므로 원리는 동일하며 여러파라미터들의 값만이 변한다.

(1) 환기

총풍량은 $600\text{m}^3/\text{h}$ 이고 이중에서 $60\text{m}^3/\text{h}$ 는 외부부터 취득한 신선외기이고 $540\text{m}^3/\text{h}$ 는 내부로부터 취득한 순환공기이다. 확산은 전면과 측면의 창의 높이와 운전수인 발의 높이에서

행해진다. 순환 공기는 하부흡입구로부터 흡입되고, 배기는 운전실의 상부흡입구로부터 흡입된다.

(2) 난방

난방은 380V 공급전압의 6kW의 능력의 공기 재열기로 행해진다.

(3) 냉방

냉방은 압축기, 응축기와 필수부속품을 포함하는 증발기내의 냉매액의 증발에 의해 행해진다. 증발기의 열교환 능력은 5kW이다.

(4) 제어

순환공기 계통에 설치된 온도 센서는 운전실의 열적 이미지를 주고, 난방이나 냉방 기능의 시퀀스(sequence)를 개시한다. 포텐서미터기는 차장의 의도에 의해 16~26℃ 사이의 목표 온도를 표시할 수 있다.

3. 신간선의 공조환기시스템

3. 1 특징

신간선의 공조환기장치는 여러 형식에 의해 분류될 수 있지만 최고속도 200 km/h 이상의 고속주행 때문에 열차가 터널에 돌입할 때 발생하는 압력변동에 의한 이명현상을 방지하고, 차 밖의 압력변동이 환기장치, 공조장치, 덕트 등을 통해 차내에 영향을 미치는 현상을 줄이는 구조를 고려하고 있는 기본적인 특성을 가지고 있다. 고속철도가 터널내부를 주행시 공기의 압축성질에 의해서 압축파가 발생하며 이러한 압축파는 터널출구 부분에 미기압파라 불리는 충격파를 발생하며 이러한 압력변동의 양이 클 경우 승객들은 귀의 이명현상을 비롯한

불쾌감을 느낄 수 있다. 충격소음을 일으키는 미기압 및 이명현상 등을 일으키는 압력변동은 터널의 단면적 및 열차의 단면적, 열차의 속도, 열차의 밀폐도 등과 밀접한 관계를 가지며 긴 터널의 경우 한 방향 열차주행시보다 양 방향 열차주행에 의한 교차주행시 압력변동은 더욱 증가한다.

신간선의 경우 이러한 공력학적 특수문제들을 해결하기 위해서 1960년대부터 모형 및 실물시험을 통해 터널 및 열차의 단면적, 주행속도, 열차의 기밀정도, 열차의 교행에 따른 압력변동에 관한 수많은 연구를 수행하며 제작되었다. 고속주행으로 인한 압력변동은 주행 최고 속도에 따라 크게 다르나 신간선의 경우 압력변동을 제어하기 위해 압력완화장치를 도입한 연속환기시스템을 도입하고 있다. 또한 고속주행시 곡선통과 성능을 향상시키기 위해 공기조절시스템은 차체의 하단부에 장착되었다. 이는 곡선통과시의 원심력에 의한 차량의 안정성 확보를 위해 되도록 차체중심을 낮게 하려는 목적에 부합되고 있다.

3. 2 환기량과 냉방용량

신간선의 냉방 용량은 객차 1 량당 50,000kcal/h이며, 객차 1량의 최대 정원은 100명, 차체 내부 용적은 약 150m³, 환기량은 30m³/분이다. 이러한 환기량을 유지하면서 차외부의 압력변동이 차내에 영향을 미치지 못하도록 하기 위해 압력완화장치와 이에 수반되는 고정압 특성을 가진 송풍기를 장착하고 있어 압축에 의한 온도가 상승하는 환기부하가 발생하게 된다. 이러한 환기부하는 기존의 철도차량과

비교되는 고속전철 신간선의 특징이기도 하다. 환기장치에 의한 온도 상승을 10℃라고 간주하여 공조 용량을 설정하고 있다.

3. 3 환기방식과 환기장치

차내의 쾌적성 확보를 위해서는 완전한 기밀 구조를 이루는 것이 좋으나 현실적으로는 어렵기 때문에 압력변동 허용한도를 설정하여 설계 사양으로 하고 있다. 이 값은 압력의 절대값 뿐만 아니라 시간 변화율(dp/dt)에도 관련이 있으며 신간선의 개발초기에 주행 시험결과 등을 토대로 목표가 되는 한도를 정하여 기준으로 사용하고 있다. 일본 동해안도로 구간의 터널의 비율은 길이 비율로 전체의 13% 정도여서 처음에는 체절변 방식을 채택하였다. 이 방식은 터널 200m 전방에 위치한 곳에 센서를 장착하여 이 지점을 열차가 통과하면 배기구를

닫도록 하는 것이었다.

산요 구간에서는 터널 비율이 신오사카~오카야마간에 36%, 오카야마~하카타간에 56%가 되어 기존의 방식으로는 환기량이 부족하기 때문에, 산요구간의 운행과 더불어 특수한 환기장치를 개발하여 연속 환기를 가능하게 하였다. 신간선 100계 차량의 경우는 그림 6에 도시된 바와 같이 차체의 상부에 공조기를 탑재하고 있었기 때문에 급기장치는 차체상부로 하고 배기 장치는 차체 하단부에 장착하였다. 그러나 신간선 300계에서는 급기장치와 배기 장치는 모두 차체의 하부에 장착되기 때문에 양측 전동기의 양측단에 2개의 원심팬을 장치한 급배기 일체형으로 하여 소형 경량화를 실현하였다. 그림 7은 신간선 300계의 공조환기시스템을 보여주고 있다.

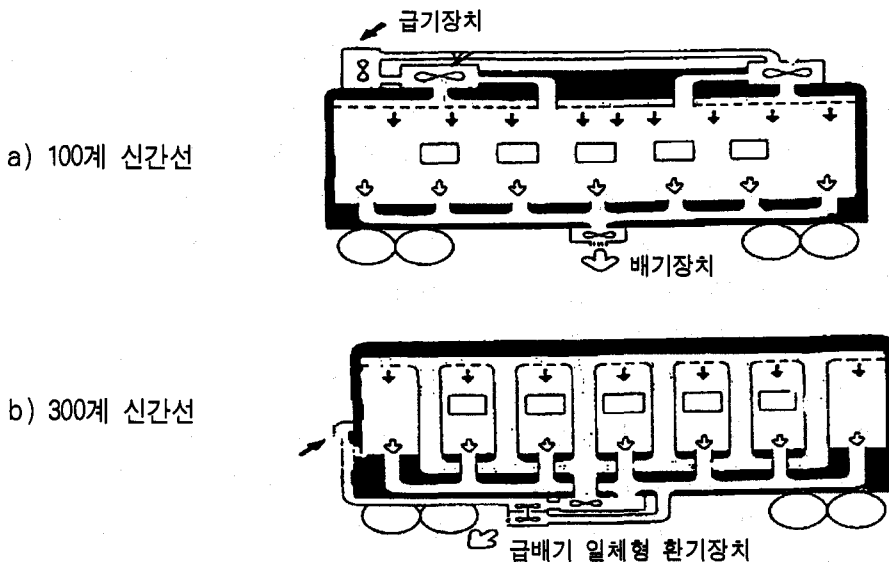


그림 6 신간선 100계와 300계의 공조환기방식 비교

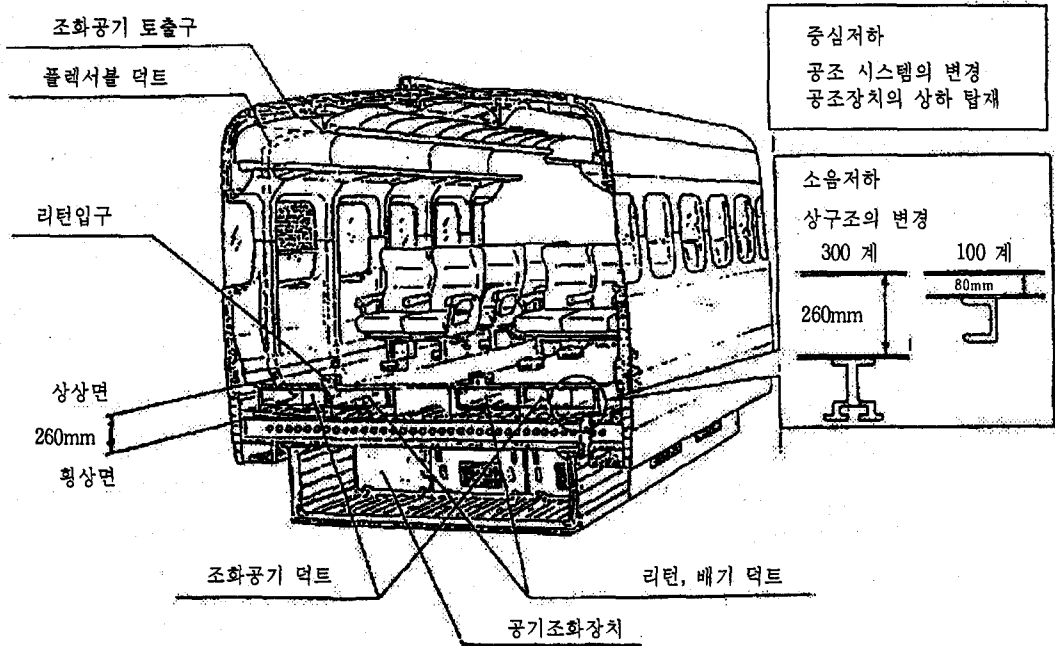


그림 7 신간선 300계의 공조환기시스템

3. 4 압력완화장치

종래의 신간선 차량에서 사용되고 있는 환기장치는 표 3과 같다. 연속환기방식의 경우 정압이 3.72kPa, 중량은 급기장치 181 kg, 배기장치 232 kg(silencer, 콘덴서 포함)이다. 그러나 속도의 향상과 함께 압력 변동도 커지고, 큰 압력변동에 적용할 환기장치의 전동기 출력 등을 고려하면, 차량탑재 기기로서는 현실적인 것이 될 수 없다. 한편 실제로 열차의 교행에 의해 이와 같은 큰 압력 변동이 생기는 빈도는 적기 때문에 (열차교행이 없는 단독 돌입 압력 변동은 비교적 적다) 특히 큰 압력

변동에 대해서는 환기구를 완전히 닫는 방식을 검토하였다. 이 때문에 그림 8과 같이 압력 변동이 커지면 풍량을 제어하는 압력완화장치를 개발하여 환기장치의 전단에 설치하고 환기장치는 기존의 송풍기정압으로 감당할 수 있게끔 하였다.

3. 5 신간선 공조환기장치의 사양

신간선 공조환기장치의 사양은 표 4, 5에 나타내었다. 스크롤 압축기를 사용한 인버터 방식에서 냉방용량은 50,000kcal/h, 냉매는 효율적인 프레온-22를 채용하고 있다. 공조 방식은 차량하부탑재이고, 실내 송풍기는 풍

표 3. 체절변방식과 연속환기방식의 비교

		체절변 방식	연속환기 방식
급기송풍기	방식 정압(kPa) 풍량(m ³ /min)	원심다익형(실로코팬) 0.49 30	원심다익형(실로코팬) 3.72 30
배기송풍기	방식 정압(kPa) 풍량(m ³ /min)	축류형 0.18 25 (화장실배기장치에서 5m ³ /min을 배기, 2대)	원심형 3.72 25 (화장실배기장치에서 5m ³ /min을 배기, 2대)
기밀장치		지점을 감지하여 터널직전에 급기구, 배기구를 닫아 압력변동을 막는다	높은 정압팬에 의해 외기의 압력에 큰 영향을 받지 않고 급기가 가능한 방식

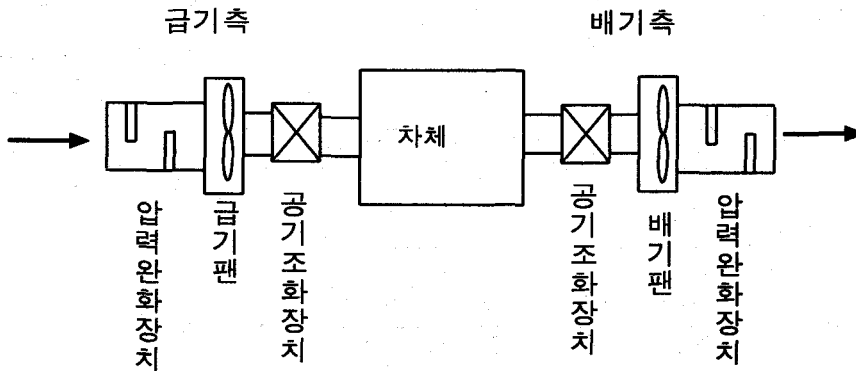


그림 8 압력완화장치의 개요

량 120m³/분, 정압은 0.97kPa의 비교적 높은 정압이다. 실의 송풍기는 190m³/분, 0.18kPa이다.

4. 한국고속전철의 공조환기시스템

최근에 국내에 도입된 경부고속전철은 2장에

전술한 TGV-A의 사양과 거의 동일한 공조환기시스템을 갖추고 있으나 표 6과 같이 재순환량과 급기량에 있어 다소 차이가 있다. 한편, 표 6의 한국형 고속전철은 현재 국가적으로 기술개발 추진중인 350km/h급 고속전철을 나타낸다.

표 4. 신간선 공조환기장치의 사양

항 목		성 능	내 용	
주회로	전 압	단상 440V	전압변동폭 -18% ~ +20%	
	주파수	60Hz		
제어회로	전 압	단상 100V	전압변동폭 ±10%	
	주파수	60Hz 직류 100V		
정격냉방능력		50000kcal/h(58.2kW) 이상, 70Hz	실외열교환기흡입공기건구 온도 33℃	
최대냉방능력		53000kcal/h(61.7kW) 이상, 90Hz	실내열교환기흡입공기건구 온도 28℃ 실내열교환기흡입공기습구 온도 23℃	
난방능력		34000kcal/h(39.4kW) 이상, 70Hz	실내열교환기흡입공기건구 온도 21℃ 실외열교환기흡입공기건구 온도 7℃ 실외열교환기흡입공기습구 온도 6℃	
압축기	방식	완전밀봉형전동기직결식	4개/대	운전주파수 40, 50, 60, 70, 80, 90Hz
	출력	3.0kW		
실내송풍기	방식	원심다익형	1개/대	기내 20mmAq 기외 75mmAq
	풍량	120m ³ /min ± 5m ³ /min		
	정압	95mmAq(931Pa)		
	전동기출력	4kW, 4P		
실외송풍기	방식	축류형	2개/대	
	풍량	190m ³ /min ± 10m ³ /min		
	정압	18mmAq(176Pa)		
	전동기출력	1.8kW, 6P		
중량	kg 이하	1200		
정격소비전력	냉방	31.8kW 이하		
	난방	31.3kW 이하		
공조장치 인버터부	용량	17.4kVA	2조/대	
	상수	3상		
	전압파형	정현파 PWM파형		
공조제어장치부			1조/대	

표 5. 신간선의 환기 및 공조

항목		300계열	100계열	0계열
환기	환기방식	연속강제환기 차내압개방변부 압력완화기구부	연속강제환기 차내압개방변부	연속강제환기 차내압개방변 개조취부
	신선공기량	30m ³ /min /량	30m ³ /min /량	30m ³ /min /량
	배기량 (화장실제외)	26m ³ /min /량	26m ³ /min /량	25m ³ /min /량
	화장실배기량 (출수차량)	8m ³ /min /량	8m ³ /min /량	10m ³ /min /량
공조	공기조화식	전체공조 객실 라인 flow 기타 루프	전체공조 객실 라인 flow 기타 루프 및, 개별공조	전체공조 루프
	공기조화장치	냉난방차량용 (히트펌프) 1대/량	냉난방차량용 2대/량	냉난방차량용 10~12대/량
	정격능력	냉방 25000kcal/h 난방 17000kcal/h	냉방 25000kcal/h 난방 17000kcal/h	냉방 25000kcal/h 난방 17000kcal/h
	온도조절	자동 인버터제어	자동 가동율제어	자동 2위치제어
	표준설정온도	냉방 26℃ 난방 21℃	냉방 26℃ 난방 21℃	냉방 26℃ 난방 21℃

경부 및 한국형 고속전철의 1인당 외기도입량은 신간선 노조미의 18CMH/person보다는 크고 미국 ASHRAE 표준규격 62-1989에서 규정한 28.8CMH/person보다는 작은 20CMH/person임을 알 수 있다. 이는 표 7의 국제철도협회(International Union of Railways) UIC Code

553OR에서 제시하는 외기온도 -5~26℃에 대한 20CMH/person을 기준한 것이다. 또한, 이러한 급기량에 대해 UIC Code 553OR에서는 객실내의 기류속도가 0.5m/s를 초과하지 않도록 규정하고 있다.

한편, 공조환기장치에 설치될 에어필터의 경

표 6. 고속전철의 환기량 비교(객실 1량 기준)

	외기도입량 (m ³ /h)	재순환량 (m ³ /h)	급기량 (m ³ /h)	정원 (명)	1인당 외기도입량 (m ³ /h/명)
신간선 300계 노조미	1,800	5,400	7,200	100	18
TGV Atrantique	1,200	1,500 (강력냉방,고속)	2,700 (강력냉방,고속)	60	20
		600(난방,보통 냉방,저속)	1,800(난방,보통 냉방,저속)		
경 부 고속전철	1,200	2,100(냉방)	3,300(냉방)	60	20
		1,500(난방)	2,700(난방)		
한국형 고속전철	1,200	2100(냉방)	3,300(냉방)	60	20
		1,500(난방)	2,700(난방)		

표 7. 최소신선공기량조건 (UIC Code 553 OR)

외기온도(℃)	1인당 최소필요신선외기량(m ³ /h)
-20 이하	8
-20 ~ -5	10
-20 ~ +26	20
+26이상	15

우 국제철도협회의 UIC Code 553OR에서 제시하는 규정인 “객실로 공급되는 급기는 분진농도가 0.5mg/m³을 넘지않도록 한다”에 근거하여 경부고속전철 에어필터의 사양이 ASHRAE 52.1-1992에 의한 중량법효율 80%, 유럽의 EUROVENT 4/9-1997 기준으로 EU3 등급으로 설계시공되어 있다.

350km/h급 한국형 고속전철의 공조환기장치를 외국의 고속전철과 비교하여 표 8에 나타내었다. 표 8에 나타난 바와 같이 한국형 고속전

철의 경우 고속으로 주행하고, 터널이 많은 구간을 통과하기 때문에 압력완화장치를 포함한 환기시스템이 필요하게 된다. 압력완화장치를 포함한 한국형 고속전철 환기시스템의 기본모델링을 그림 9에 나타내었다. 따라서 그림 9와 같은 기본구조를 가진 상태에서 각 구성요소부 즉 입구측 압력완화장치, 급기팬, 혼합부, 에어필터, 증발기를 포함한 공조장치요소, 덕트부, 객실, 댐퍼, 출구팬, 출구압력완화장치 등이 상기의 조건들을 만족하도록 현재 설계

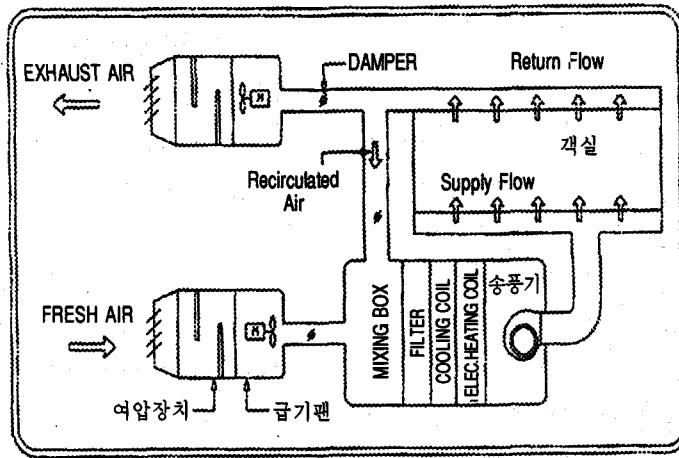


그림 9 한국형 고속전철의 환기시스템 개념도

표 8. 각 차량 공조환기시스템의 비교

구분	단위	신간선 300계	ICE 2	한국형 고속전철	비고
최대정원	인	100		60	
냉방능력	kcal/h	50,000		34,400	
난방능력	kcal/h	34,000		30,960	
환기량	m ³ /h	1,800		1,200	
주전원		440V -1 ϕ -60Hz		440V -3 ϕ -60Hz	
중량	kg	1,200		1,255 + α	α =여압장치, 환기장치
압축기형식		전밀폐식 Scroll		반밀폐식 왕복동	
냉매		R-22		R-134A	
실내 공기 순환량	m ³ /h	7,200	2,800	3,300	
난방형식		Heap Pump식	전기 Heater식	전기 Heater식	
운행속도	km/h	270	250	350	
설치위치		under frame	· roof on(evap.) · under frame (cond.)	under frame	
터널통과시 환기방식		연속환기	배기구달음	연속환기	압력완화장치 및 고정압송풍기 필요

진행중이다.

5. 맺음말

철도차량의 고속화가 진행되면서 현재 350km/h급의 고속전철 시대가 도래하고 있다. 그러나, 현 국내 기술상태는 일반 철도차량의 공조환기기술의 틀을 벗어나지 못하고 있는 실정이다. 특히, 300km/h 이상으로 운행하는 고속전철은 우리나라와 같이 산악지대가 많은 경우에는 열차가 터널을 돌입할 때 발생하는 압력변동에 의한 이명현상을 방지하고 객실내의 실내공간에 미치는 악영향이 최소화되도록 하는 공조환기장치 및 압력완화장치의 자동제어 및 최적운전기술이 절실하다. 이러한 고속전철의 환기공조기술이 성공적으로 수행되면 향후에 동서 및 호남 고속전철, 남북통일시 경의선(서울-신의주), 경원선(서울-원산-함흥) 등의 고속전철의 수요에 적절하게 대응할 수 있으며 나아가 이러한 기술축적으로 항공기 산업의 환기시스템에 대한 시장개척에도 도움이 될 것이다.

- 참고 문헌 -

1. ASHRAE, 1991, "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", ANSI/ASHRAE 62-1989, Atlanta, GA.
2. International Union of Railways, 1983, "Heating, Ventilating and Air-Conditioning in Coaches", UIC Code 553OR.
3. 橋本幸博, 1995(平成7年), "フランス 國鐵の客車の空調 - 超特急 TGV-A", 空氣調和 衛生工學, 第69卷, 第8, pp.657-660.
4. 伊藤順一, 1994(平成6年), "新幹線「のぞみ」の空調", 冷凍, 第69卷, 第799, pp.463-471.
5. 伊藤順一, 1992(平成4年), "新幹線の空調", 空氣調和 衛生工學, 第66卷, 第9, pp.645-650.
6. 關本正直(Masanao Sekimoto), 1994(平成6年), "車兩空調の遷と最近の動向", 冷凍, 第69卷, 第799, pp.453-462.
7. 前波友生, 1994(平成6年), "鐵道車兩用空調機 <分散形 集約分散形>", 冷凍, 第69卷, 第799, pp.504-510.
8. 송덕용, 오천호, 최영석, 유경훈, 박성제, 1997&1998, 고속전철용 HVAC 및 여압시스템 개발, 1&2차년도 연차보고서, 건설교통부, 산업자원부, 과학기술부.