

고속 철도 차량 내 외부 자기분포 해석

민 석원¹, 명 성호², 김 응식³, 한 인수⁴
¹순천향대학교, ²한국전기연구소, ³호서대학교, ⁴서울대학교

Magnetic Field Analysis Inside and Outside Express Railway Train

Suk Won Min¹, Sung Ho Myung², Eung Sik Kim³, In Su Han⁴
¹Soonchunhyang University, ²KERI, ³Hoseo University, ⁴Seoul National University

Abstract - In this paper, magnetic field inside and outside express railway train is analysed by use of finite element method. We find that high permeability material reduces magnetic field inside train more than thick material. We also know windows in train does not have influence on magnetic field at seat in train.

어 검토하였다.

1. 서 론

현대 사회에 들어오면서, 많은 교통기관이 발달하였다. 자동차, 배, 비행기, 열차 등이 좋은 예일 것이다. 특히, 이 중에서도 자동차와 열차는 가장 많이 이용되는 수단이며 열차는 안전하고 빠른 수단이다. 열차가 안전하고 빠르다는 고객의 요구와 지역간의 균형적인 발전을 위해 우리 나라에서는 1992년 6월에 경부 고속철도 기공식을 하였다. 이 고속철도는 우리의 삶에 크나큰 변화를 주는 반면, 여러 가지 문제점도 있다. 그 중의 하나가 전자파 장애이다. 고속전철에서 나오는 고주파수 전자파는 고속전철 주변의 텔레비전과 라디오 수신을 방해하며 특히 저주파수 전자계는 열차승객의 인체에 영향을 미칠 수 있다. 이것은 아직 정확히 검증된 것은 아니지만 요즘 많은 논의가 이루어지고 있고 자계는 차폐가 어렵기 때문에 더 큰 문제가 되고 있다[1].

이와 관련하여 저자들은 이미 송변전 설비 주변[2]과 고속전철 주변[3]에서 자기분포를 해석한 적이 있으나 그 경우는 전철 차체를 고려하지 않고 단순히 급전 시스템만을 고려한 것이기 때문에, 본 논문에서는 가까운 미래에 건설, 운전될 고속철도 차량 차체를 모두 고려하여 차량 내 외부의 자기분포를 유한요소법을 이용하여 해석하였다.

2. 자기해석

2.1 해석 모델링 및 전류조건

고속전철은 상행선 쪽에만 한 대가 있는 경우로 하였고, 고속전철 차체의 두께는 15 [mm], 50 [mm] 두 가지로 분류하여 검토하였다.

차체의 비투자율은 일반 기계의 철의 비투자율인 300과 강자성체인 ferrite의 비투자율 1500인 경우로 나누어 적용하여 계산하였다.

급전선은 그림 1에 나타난 것처럼 상행선 전철용으로 contact wire 1, messenger wire 1, feeder 1, overhead protection conductor 1, left handside rail 1, right handside rail 1, ew1, g1으로 하였으며 하행선 전철용으로 contact wire 2, messenger wire 2, feeder 2, overhead protection conductor 2, left handside rail 2, right handside rail 2, ew2, g2를 이용하였다.

급전선 전류 분포는 간편하게 모의를 하기 위해, 하행선 전철이 없을지라도 가장 가혹한 경우를 상정하기 위한 표 1의 상하행선 급전 전류가 동일하게 동시에 흐르는 조건과 표 2의 상행선 급전 전류만 있는 경우로 나누

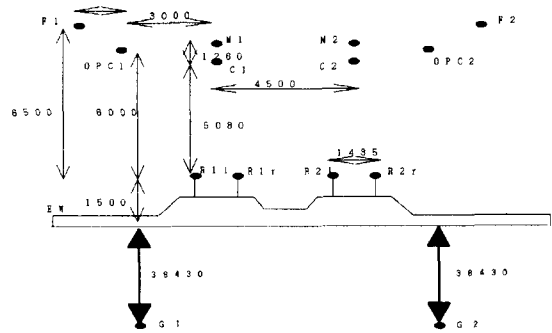


그림 1 고속전철 급전선 배치도

표 1 상, 하행선 동일 조건의 급전전류 분포

도체명 계산 조건	C1=C2	M1=M2	F1=F2	R1l=R1r R2l=R2r	OPC1=OPC2	EW1=EW2	G1=G2
CASE 1	297-62i	127-27i	-127+34i	-7+1i	-104+19i	-59+11i	-118+22i
CASE 2	303-81i	130-35i	-128+42i	-8+2i	-106+26i	-61+15i	-122+30i
CASE 3	512-123i	220-53i	-386+125i	-9+1i	-121+18i	-69+10i	-138+20i

표 2 상행선 열차만 가정한 급전전류 분포

도체명 계산 조건	C1 (C2=0)	M1 (M2=0)	F1 (F2=0)	R1l=R1r R2l=R2r=0	OPC1 (OPC2=0)	EW1 (EW2=0)	G1 (G2=0)
CASE 4	297-62i	127-27i	-127+34i	-7+1i	-104+19i	-59+11i	-118+22i
CASE 5	303-81i	130-35i	-128+42i	-8+2i	-106+26i	-61+15i	-122+30i
CASE 6	512-123i	220-53i	-386+125i	-9+1i	-121+18i	-69+10i	-138+20i

2.2 차량 내부의 자기 해석 결과

그림 2와 같이 (-30000, 30000), (-30000, 60000), (30000, 30000), (30000, -60000)의 네 점을 연결한 선을 가상의 경계로 설정하여 이 곳의 벡터 포텐셜 A를 0으로 하고 계산영역을 약 73,000개의 삼각형 요소로 분할한 후, 유한 요소법을 이용하여 벡터 포텐셜(A)과 자속 밀도(B)를 계산하였다.

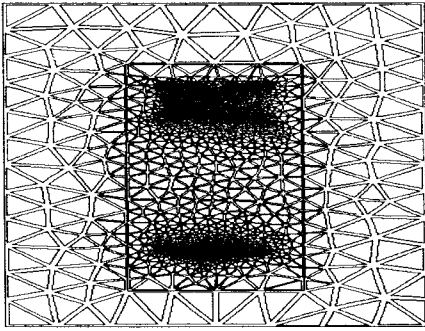


그림 2 삼각형 요소 분할도

2.2.1 두께 15[mm], 비투자율 $\mu_r=300$ (일반 기계의 철)로 모의

(1) 급전선 전류분포가 case 1인 경우

자속밀도 분포는 그림 3과 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 230 [mG], 플레이트 홈에서는 약 200[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있었다.

(2) 급전선 전류분포가 case 2인 경우

자속밀도 분포는 그림 4와 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 240 [mG], 플레이트 홈에서는 약 210[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있었다.

(3) 급전선 전류분포가 case 3인 경우

자속밀도 분포는 그림 5와 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 360 [mG], 플레이트 홈에서는 약 280[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있다.

(4) 급전선 전류분포가 case 6인 경우

자속밀도 분포는 그림 6과 같으며 전철 내부에서의 자속

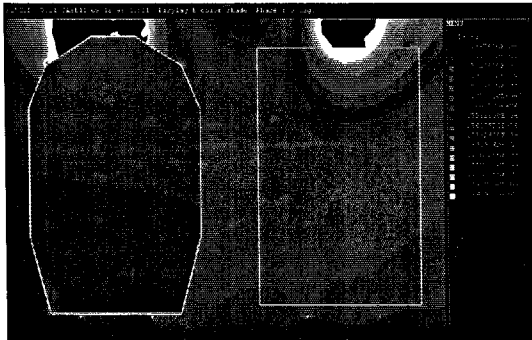


그림 3 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$, case 1의 자속밀도 분포도

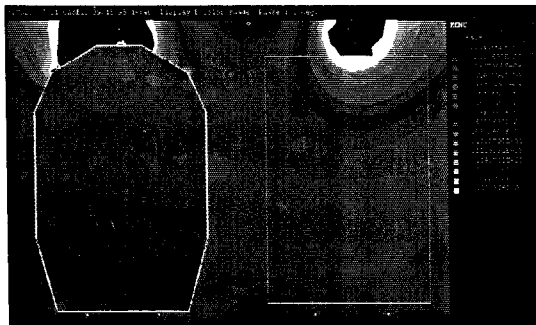


그림 4 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$, case 2의 자속밀도 분포도

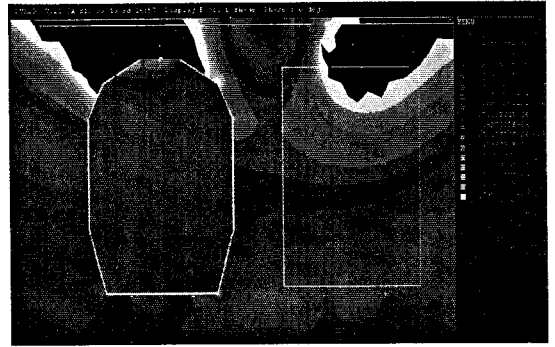


그림 5 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$, case 3의 자속밀도 분포도

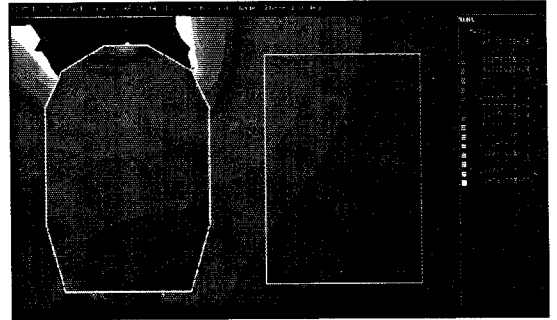


그림 6 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$, case 6의 자속밀도 분포도

밀도는 약 260 [mG], 플레이트 홈에서는 약 200[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있다.

2.2.2 두께 15[mm], 비투자율 $\mu_r=1500$ (ferrite)로 모의

위의 계산 결과 전류조건이 case 3인 경우가 가장 자속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 15 [mm], 강자성체의 ferrite (비투자율 $\mu_r : 1500$)로 한 경우의 자속밀도 분포는 그림 7과 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 140 [mG], 플레이트 홈에서는 약 220[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있었다.

2.2.3 두께 50[mm], 비투자율 $\mu_r=300$ (일반 기계의 철)로 모의

위의 계산 결과 전류조건이 case 3인 경우가 가장 자속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 50 [mm], 일반 기계의 철 (비투자율 $\mu_r : 300$)로 한 경우의 자속밀도 분포는 그림 8과 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 360 [mG], 플레이트 홈에서는 약 280 [mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 이 경우는 차체 두께를 15 [mm]로 한 경우와 거의 근사한 값이었다.

2.2.4 두께 50 [mm], 비투자율 $\mu_r=1500$ (ferrite)로 모의한 경우

위의 계산 결과 전류조건이 case 3인 경우가 가장 자속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 50 [mm], 강자성체의 ferrite (비투자율 $\mu_r : 1500$)로 한 경우의 자속밀도 분포는 그림 9와 같으며 전철 내부에서의 자속밀도는 약 140 [mG], 플레이트 홈에서는 약 220[mG]정도 발생하고 있음을 알 수 있다. 이 경우도 일반 철의 경우와 같이 차체 두께를 증가함에 따라 자계치가 거의 감소하지 않았다.

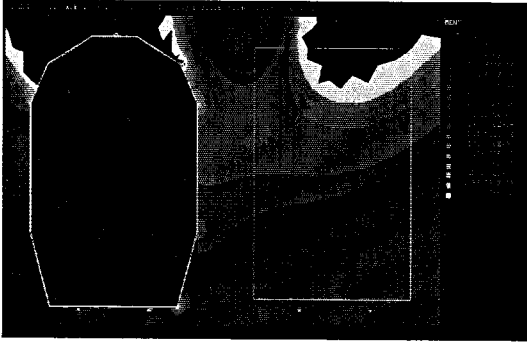


그림 7 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=1500$, case 3의 자속밀도 분포도

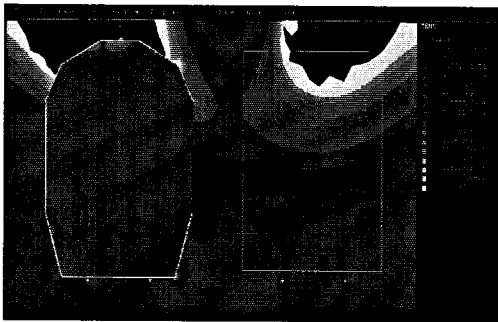


그림 8 두께 50 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$, case 3의 자속밀도 분포도

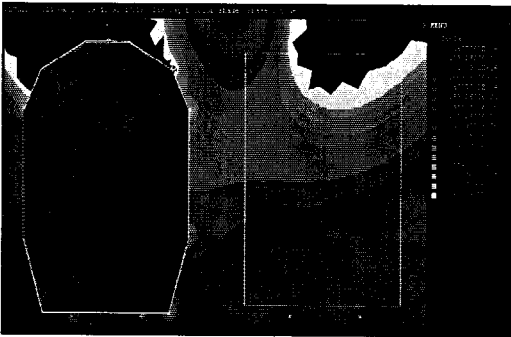


그림 9 두께 50[mm], 비투자율 $\mu_r=1500$, case 3의 자속밀도 분포도

2.2.5 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=300$ 로 폭 1 [m]의 창문을 갖고 있는 경우

앞의 계산 결과 전류조건이 case 3인 경우가 가장 자속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 15 [mm], 일반 기계의 철 (비투자율 $\mu_r : 300$)로 폭 1 [m]의 창문이 있는 경우의 자속밀도 분포는 그림 10과 같으며 전철 내부의 좌석이 있는 위치의 자속밀도는 약 360 [mG]로 창문이 없는 경우로 모의한 것과 거의 같은 정도이다. 플랫폼 홈에서는 창문이 있는 경우는 약 370 [mG], 창문이 없는 것은 약 280 [mG]로 창문이 있는 경우가 약간 증가하였다.

2.2.6 두께 15 [mm], 비투자율 $\mu_r=1500$ 으로 폭 1 [m]의 창문을 갖고 있는 경우

앞의 계산 결과 전류조건이 case 3인 경우가 가장 자속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 15 [mm], 강자성체 ferrite (비투자율 $\mu_r : 1500$)로 폭 1 [m]의 창문이 있는 경우의 자속밀도 분포는 그림 11과 같으며 전철 내부의 좌석이 있는 위치의 자속밀도는 약 170 [mG]로 창문이 없는 경우로 모의한 것 (약 140 [mG])보다 약간 높다. 플랫폼 홈에서는 창문이 있는 경우는 약 350 [mG], 창문이 없는 것은 약 220 [mG]로 창문이 있는 경우가 약간 증가하였다.

속밀도가 높게 나와 이 조건에서 전철 차체를 두께 15 [mm], 강자성체 ferrite (비투자율 $\mu_r : 1500$)로 폭 1 [m]의 창문이 있는 경우의 자속밀도 분포는 그림 11과 같으며 전철 내부의 좌석이 있는 위치의 자속밀도는 약 170 [mG]로 창문이 없는 경우로 모의한 것 (약 140 [mG])보다 약간 높다. 플랫폼 홈에서는 창문이 있는 경우는 약 350 [mG], 창문이 없는 것은 약 220 [mG]로 창문이 있는 경우가 약간 증가하였다.

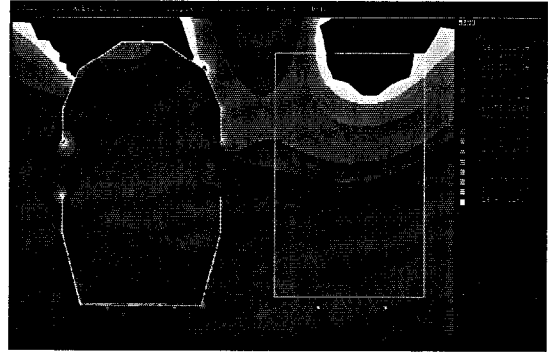


그림 10 창문이 있는 경우의 자속밀도 분포도(두께 15[mm], $\mu_r=300$)

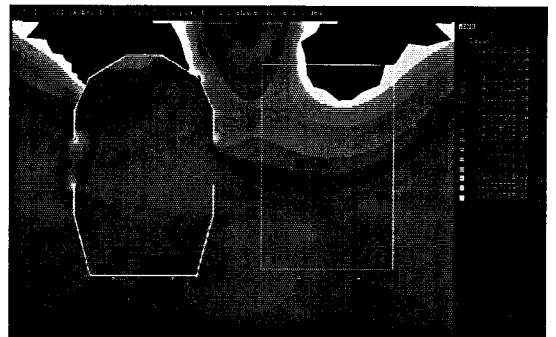


그림 11 창문이 있는 경우의 자속밀도 분포도(두께 15[mm], $\mu_r=1500$)

3. 결 론

본 논문에서는 가까운 미래에 운전될 고속철도 차량 급전선과 차체를 동시에 고려한 차량 내외부의 자계분포를 유한 요소법을 이용하여 해석하였다. 계산결과로 차량 내부의 자계를 줄이기 위해서는 차량 두께를 증가시키는 것보다 비투자율이 큰 재료를 사용하는 것이 유리함을 알았다. 또한 차량 내부의 좌석이 있는 위치의 자계에 창문의 유무는 크게 영향을 주지 않음을 알았다.

[참 고 문 헌]

- [1] Robert G. Olsen, "Recent Development in the ELF Electric and Magnetic Field Environment Issue", ISH'97 Proceeding Quebec, Canada.
- [2] 한인수, 박종근, 명성호, 이병윤, 김웅식, 민석원, "송변전설비 주변에서의 3차원 자계해석", 대한전기학회 방전 및 고전압 연구회 춘계학술 발표회 논문집, pp. 87-90, 1997.
- [3] 한인수, 박종근, 명성호, 이병윤, 민석원, 김웅식, "경부고속철도 급전시스템 주변에서의 자계해석", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp. 354-357, 1998. 11.