

경량전철의 전원공급선에 의해 발생하는 자기장 차폐해석

송명곤* 오윤상* 김동훈* 주민석* 노석균* 이상진** 박정도** 정상기*** 정락교*** 조홍식***
Song,MK Oh,YS Kim,DH Joo,MS Rho,SK Lee,SJ Park,JD Chung,SG Jeong,RG Cho,HS

ABSTRACT

This paper presents the magnetic fields shielding properties of the light rail transit which are produced by the ripple-shaped currents in the power lines. To analyze these properties, the equivalent circuit model of the DC power supply system at the light rail transit system was induced by MATLAB-SIMULINK, and with the calculated results of the ripple-shaped currents, the magnetic fields shielding properties of the light rail transit were analyzed. The results are as follows. First The frequency of the ripple-shaped currents is 200[Hz] and its magnitude is 1.5[A]. Second the magnetic fields produced by the ripple-shaped currents of the DC power supply systems are well shielded by the aluminum made body of the light rail transit.

1. 서론

산업화 국가일수록 더욱더 전기기기에 대한 의존도가 높아져 가고 있다. 이에 따라 장소를 가리지 않고 인간과 이들 기기 사이에는 전기기기로부터 방출되는 전자파의 영향을 받고 있다. 또한 사용되는 전기기기의 종류가 다양화됨에 따라 방출되는 전자파도 다양한 형태로 나타나게 된다. 이는 인간에게 직접적인 영향을 미칠 수 있으며 기기 상호간의 오동작을 야기할 수 있다.

경량전철은 고전압 전원을 사용하여 차량을 동작시키며 철재차량, 기계부품, 전기·전자 및 제어, 정보통신 등의 종합적인 전기전자기술이 연계되어 있는 시스템으로 각 전자파장해원으로 방출되는 전자파에 의해 전기전자 부품 및 시스템과 철로 주변의 거주지역에도 영향을 미친다. EMI/EMC 분야는 이러한 필요성으로 경량전철과 관련하여 외국에서는 많은 연구가 이루어져 있으며, 그 나라 실정에 맞는 규격을 마련하여 경량전철에 적용하고 있다.

경량전철 시스템은 대표적인 고전압, 대전류 특성을 갖는 전기환경하에서 운행되고 있기 때문에, 저전압, 소전류의 특징을 가지는 약전분야로부터 발전한 고속도, 고감도의 특징을 갖는 반도체를 기초로 구성된 기기들이 이러한 전기환경하에 노출된 상태이므로, 노이즈나 썬어지와 같은 전자파장해원에 대해 신뢰적인 동작이나 내력을 갖지 않으면 곤란한 기술적 문제를 안고 있다. 특히 신호시스템은 경량전철의 신뢰적인 운용과 그 결과로부터 안전한 운행이 매우 중요한 고속전철에서의 장해원 억제 기술과 기기에 대한 내성의 조건은 상호 밀접한 관계를 이루고 있어 이른바 양자에 대한 경제적, 기술적인 양립성을 확보해야 한다.

본 논문에서는 경량전철 시스템의 EMI/EMC 예측기법 개발을 위한 기초연구로서 우선 경량전철에 공급되는 DC 급전시스템을 해석한 후, 경량전철 제3궤조를 통해 공급되는 정류전류 중 주파수를 가지는 ripple 형태의 전류를 전자파장해원으로 하여 이 전류에 의해 발생하는 전자파가 경량전철 차

* 벡터필드코리아(주), 비회원

** 위덕대학교 전기공학과, 비회원

*** 한국철도기술연구원, 정회원

량내에서 어느 정도의 영향을 미치는지 해석하였다. 향후 이 연구를 바탕으로 하여 경량전철 시스템의 EMI에 대한 안전과 신뢰도 대책과 경량전철 운행 중 정지된 선로주위의 물체에 대한 전자기잡음으로 인해 야기되는 TV, 라디오 등 민수용 전자기기 및 지상에서 사용되는 이동통신기기, 통신용 케이블 등뿐만 아니라 최근에 많은 관심이 집중되는 전자파가 미치는 인체 영향에 대한 능동적 대책 수립에 기여하고자 한다.

2. 경량전철 DC 급전 시스템 해석

경량전철은 전력계통으로부터 수전하는 특별고압(22.9[kV])의 교류를 경량전철용 변전소 변압기에서 적절한 교류전압으로 강압(300[V])한 다음 정류장치에 의하여 직류전압(750[V])으로 변환되어 제3궤조에 직류전력을 공급하여 경량전철 차량을 운전하는 방식을 취하고 있다. 경량전철시스템의 DC급전 시스템은 은 전력 다이오드를 이용하여 교류전력을 직류전력으로 정류한다. 본 장에서는 경량전철 시스템에 사용되는 DC급전 시스템을 상용프로그램인 MATLAB의 SIMULINK를 이용하여 해석하여, 공급되는 직류전압과 전류를 구하였으며, 이 직류전류 중 정류 시 발생하는 고조파 성분을 분리하여 경량전철의 전자파 해석을 위한 전자파장해원으로 사용하였다.

다음은 경량전철에 사용되는 DC급전 시스템의 사양이다.

- 변압기 사양 : 1260[kVA], 22.9/0.3[kV], $\Delta/\Delta - Y$ 결선, 98.9% 효율
- 정류기 사양 : 12 pulse diode 정류기, 정격전압 750[V]

Fig.1은 변전소 전원을 테브난 등가전원으로 구성하여 Simulink 해석 모델로 만든 경량전철 급전시스템이다. Fig.2는 정류회로를 거쳐 경량전철에 공급되는 전압 및 전류 파형이다. Fig.3은 급전전류 중 경량전철 전자파해석에 사용 될 고조파 성분을 나타낸다. Fig.3에서 보는 바와 같이 이 전류는 주파수가 200[Hz]이고 교류성분의 전류값 크기는 최대 약 1.5[A]의 값을 가짐을 알 수 있다.

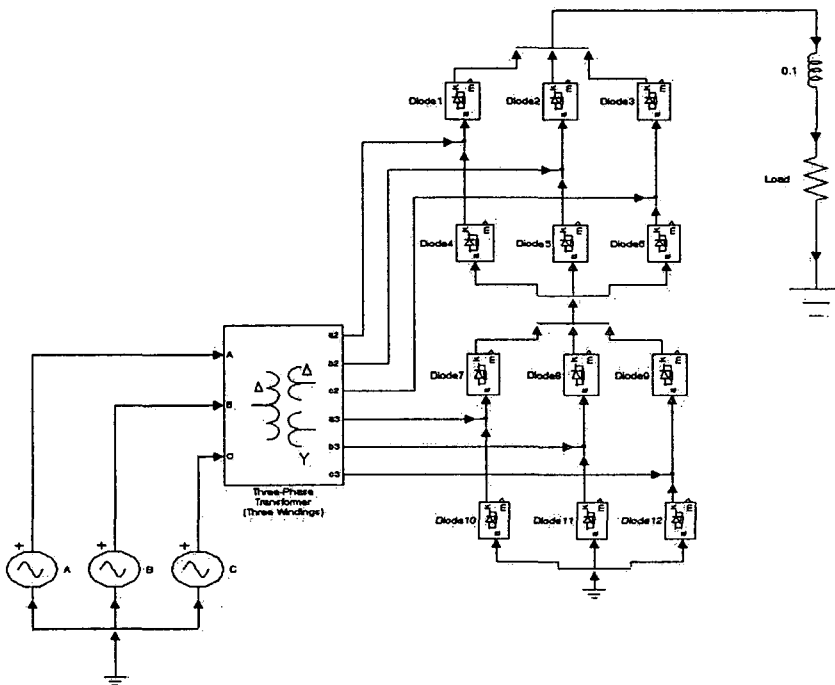


Fig.1 경량전철 급전시스템 등가회로 (12 pulse diode type)

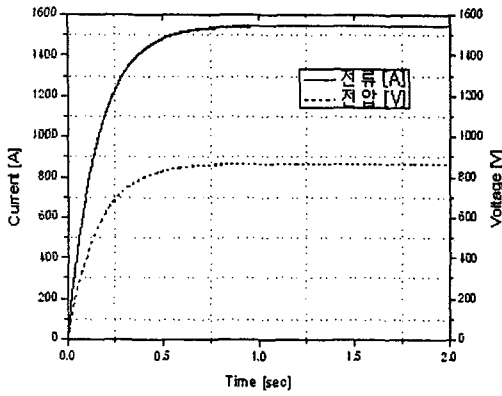


Fig.2 급전 전류 및 전압 곡선

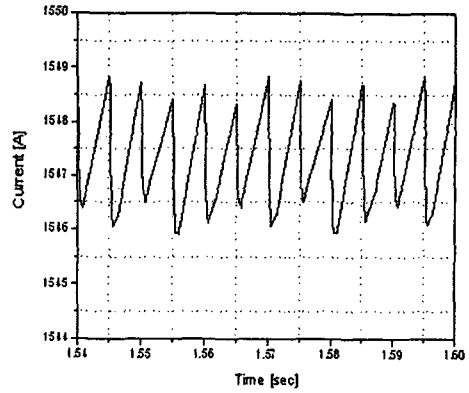


Fig.3 정류전류 중 AC성분

3. 경량전철 차량의 급전전류에 의한 전자파 분포해석

본 논문에서는 급전전류에 의한 경량전철 차량 주변 및 내부의 자기장해석을 상용 전자장해석 Tool인 OPERA-2D를 이용하여 해석하였다. 먼저 Fig.4와 같이 경량전철 차량과 전자파장해원을 포함한 경량전철의 자기장해석 모델을 구축 하였다. Fig.5는 경량전철 차량의 하판 및 측판을 보여주는 것으로 재질은 알루미늄이다. 각 상판, 하판 및 측판은 3mm 두께의 알루미늄 재질의 2장으로 구성되어 있으며, 두 장을 포함한 총 두께는 상판 및 하판은 60mm, 측판은 40mm이다. 또한 그 사이에는 2.6mm 두께의 알루미늄 재질의 금속판이 격자 형태를 가지며 연결되어있다.

경량전철 차량의 높이 및 넓이는 각각 약 2400mm 이다. 그리고 전류가 통전 되는 제3궤조는 실제로 +극과 -극으로 2개가 존재하게 되나 해석 시에는 +극으로 전류가 통전되고 -극은 접지로 해석되기 때문에 해석 모델에서는 +극만을 포함 시켰다.

자기장해석 시 적용된 경계조건은 경량전철 차량의 크기에 대해 10배 크기인 외곽에 경계 조건을 주어 해석 시 에러발생을 최소화 하였다.

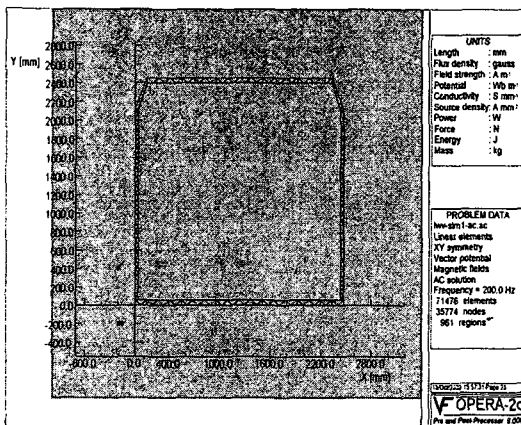


Fig.4 경량전철 전자파해석 모델

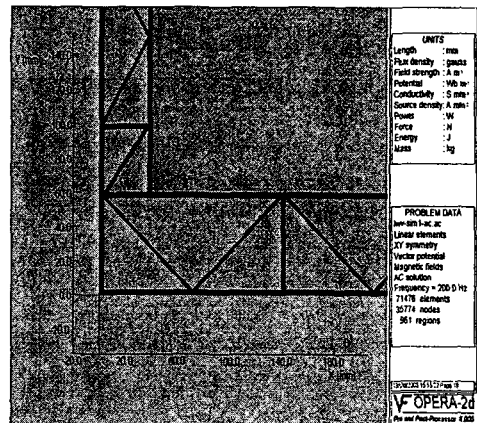


Fig.5 전철차량의 하판 및 측판 구조

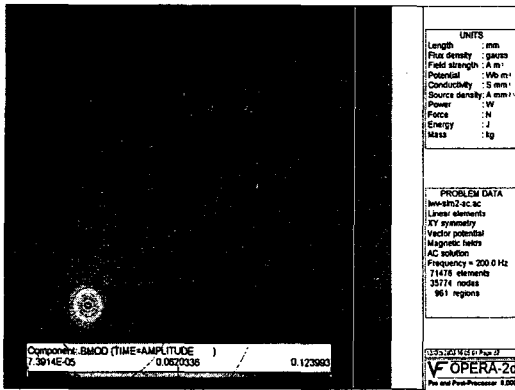


Fig.6 자속밀도 분포 (전기전도도 0 [S/mm²])

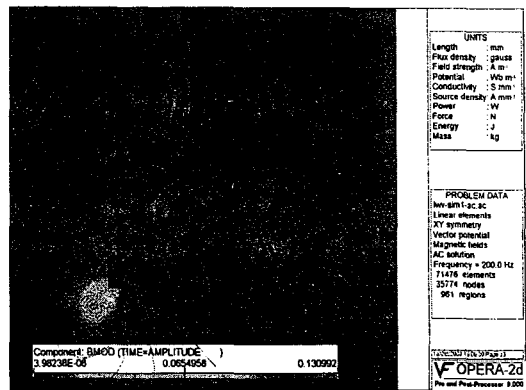


Fig.7 자속밀도 분포(전기전도도 35000[S/mm²])

Fig.6과 Fig.7은 경량전철 차량 주변 및 내부에서의 자기장 해석 결과를 나타낸다. Fig.6은 차량이 없을 경우 (차량의 전기전도도 : 0 [S/mm²]) 제3레조에 통전되는 교류성분 전류에 의해 분포되는 자속 밀도분포도이다. Fig.7은 차량의 전도도를 일반 알루미늄의 전기전도도인 35000[S/mm²]로 하여 해석한 자속밀도분포 결과이다. 해석결과에서 보는 바와 같이 제3레조에 통전되는 교류전류에 의한 자속 밀도는 차체의 전기전도도에 의한 차폐효과로 인하여 차량내부로 침투하지 못함을 볼 수 있다.

Fig.8와 Fig.9는 경량차량 내부에서의 자속밀도를 차체의 전기전도도가 0[S/mm²] 과 35000[S/mm²]로 변화를 시켰을 때의 결과를 X=50mm에 Y축을 따라 얻은 자속밀도분포 및 Y=50mm의 높이에서 X축을 따라 얻은 자속밀도 그래프이다. 앞에서 언급한 바와 같이 경량전철 차체 내부에는 자장이 침투하지 못함을 볼 수 있다. Fig.5에서 보는 바와 같이 해석영역에서 원점좌표 (0, 0)은 경량 전철 차량의 좌측 아래 모서리의 외곽지점을 기준으로 하였다.

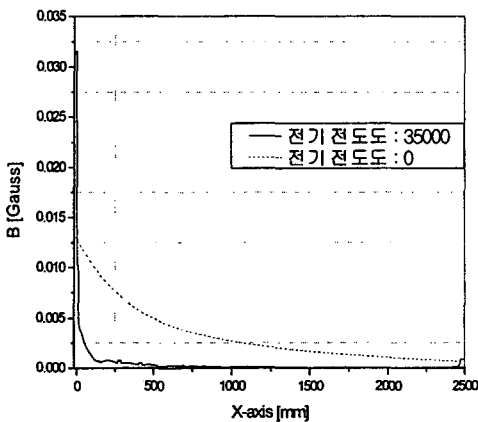


Fig.8 Y=50mm에서 자속밀도 분포비교

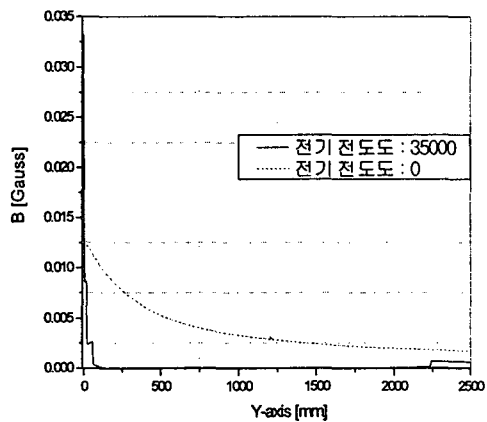


Fig.9 X=50mm에서 자속밀도 분포비교

4. 결 론

경량전철 시스템에서의 DC급전계통 해석 및 교류전류 성분에 의한 경량전철 차량 주변 및 내에서의 자기장분포 해석을 수행하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같다.

- DC급전계통 해석 결과 직류전류 성분에 주파수가 200[Hz]이고 크기가 1.5[A]인 교류전류 성분이 포함 되어 있음을 알 수 있었다.

- 교류전류 성분에 의해 발생된 경량전철 차량에서 주변 및 내부의 자기장해석 결과, 전기전도도를 가지는 알루미늄 재질의 경량전철 차체는 외부 교류전류에 의해 발생하는 자기장의 대부분을 차폐함을 알 수 있었다.

- 본 논문의 연구 결과를 바탕으로 다양한 전자파장해원에 대한 경량전철 주변 및 내부에서의 자기장분포 해석 및 경량전철 차량의 자기장 차폐능과 경량전철 시스템에 사용되는 각종 전기제어장치 외함의 전자파차폐능에 대한 연구가 기대 된다.

참고문헌

1. Markus Zahn, Electromagnetic Field Theory, John Wiley & Sons, pp.331, 1979
2. 하세가와 신, 오까무라 마사우의, “전자파장해”, 대광서림, 1997

후 기

본 연구는 건설교통부 경량전철시스템 기술개발사업 중 일부인 “경량전철 시스템의 EMI/EMC 예측기법 개발에 관한 연구”과제의 연구결과 일부입니다.

수도권 전철구간에서 발생한 조가선 절단원인 분석

The cause analysis of broken accident on messenger wire in catenary system

장동욱* 이기원*
Jang, Dong-Uk Lee, Ki-Won

ABSTRACT

The catenary system used in urban electrification railway have suffered mechanical and chemical stresses. These brought out severe messenger wire problems, these have caused accident. Especially, messenger wire is severely influenced by corrosion, vibration and tension. This paper investigate for the cause analysis of broken accident on messenger wire in catenary system. To analyze the cause analysis of accident, we have conducted experiment such as XRD, SEM, EDX and tensile test.

1. 서론

조가선은 가공전차선로에 드롭바를 이용하여 전차선을 현수하는 목적으로 사용되고 있다. 또한 고가교, 승강장의 지붕 및 구름다리 등의 하부와의 절연, 축수 등의 이물질 접촉 방지 및 사람 등의 안전을 위하여 조가선은 절연방호관이 덮여져 있다. 본 논문의 목적은 수도권 전철화 구간에서 발생한 조가선 절단원인 분석을 위한 것으로 다음과 같은 시험을 실시하였다. 절단원인 분석은 주어진 시편이 철도용품 표준규격 조건에 의거하여 제작되었는지 확인하기 위하여 인장시험을 수행하였고, 단선된 조가선의 표면 및 단면에 대한 화학적인 원인분석을 위하여 XRD(X-ray Diffractometry), SEM(Scanning Electron Microscope, 주사전자현미경) 검사 및 EDX(Energy Dispersive X-ray)검사를 수행하였다.

2. 본론

2.1 사고개요

수도권 전철 구간에서 발생한 사고로 방호관 내부에 조가선 단선되어 늘어져서 단선사고가 발생을 하였다. 그리고, 사고구간의 상하선 절연방호관을 모두 해체 점검한 결과 상1선, 상2선 각각 1개 지점에서 전선부식에 의한 조가선 가닥 소손 발견되었다. 방호관의 절연등급을 살펴본 결과 23 kV로 표기되어 있다. 이것은 전차선로에 사용하기에는 부적합하므로, 절연등급을 33 kV급에 해당하는 것으로 채용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 그림 1, 2는 사고난 조가선 과 사용된 방호관을 나타내고 있다.

2.3 단선 원인분석

단선원인 분석은 주어진 시편이 철도용품 표준규격 조건에 의거하여 제작되었는지 확인하기 위하여 인장하중시험을 수행하였고, 단선된 조가선의 표면 및 단면에 대한 화학적인 원인분석을 위하여

* 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원