

## 고속철도 주변의 극저주파 전자계 예측 Program의 개발

김용식\*, 민석원\*\*, 명성호\*\*\*, 한인수\*\*\*\*, 이광식\*  
 호서대학교 안전공학부\*, 순천향대학교 전기전자공학부\*\*  
 전기연구소\*\*\*, 서울대 전기공학부\*\*\*\*

### 1. 서론

전기철도가 운행될 때 발생하는 전자계 환경문제에는 주변의 근거리 및 원거리 전자계 및 시스템 내외부에서 발생하는 과도성 이상 전압 등이 포함되는데 이들은 다른 전기 기기나 인체 영향을 미치게 된다. 이중 특히 철도 내부 및 외부의 통신이나 제어기기에의 영향은 열차의 안전성과 연결이 되어 중요한 사안이 된다. 이러한 문제외에도 우리 나라 전력계통의 건설이 요즘 들어 많은 민원을 겪게 되는 것도 날로 증가하는 전자계 환경에 대한 민감한 관심 때문이라 하겠다. 이와 같이 전자계환경 평가 및 대책기기의 개발은 기기의 운용적인 면에서만 아니라 사회적인 면에서도 중요성이 점점 더하여져 설계자는 정확한 수치적 데이터를 예측할 수 있어야 하며 이들에 대한 대책방안을 보유하고 있어야만 한다. 이런 배경하에서 고속전철 시스템 주변의 전자계해석 프로그램을 개발하였다.

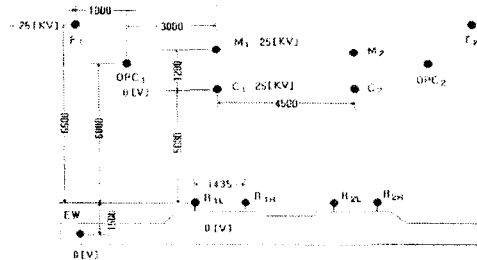


그림 1. 2×25[kV] 계통의 도체배치

### 2. 고속철도 주변의 60Hz 전자계 분포 예측 모델

그림 1은 복선 트랙에서의 Auto Transformer 급전계통 도체배치와 전계 분포를 알기 위한 전극의 배치도이다. 전차선과 조가선의 간격은 조가선의 의도를 고려하여 등가적인 수치를 적용하였다. 그 외에도 피더, 가공

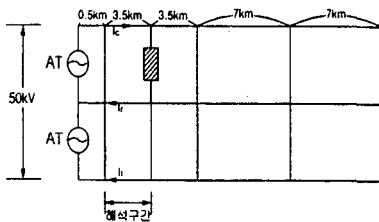
보호선 등의 높이도 장소에 따라 다르지만 대표적인 값을 사용하여도 그에 따른 오차는 무시한 정도이다. 표 1과 표 2의 계산 결과는 급전계통 전류 해석방법에 의한 것이며, 그림 2.에는 한 회선만의 해석조건을 CASE 별로 표시하였다. 또한 열차가 상, 하행선 모두 지나갈 때와 상행선에만 열차가 지나갈 때의 경우를 고려하면 열차의 위치에 따라 많은 경우가 발생하게 된다.

표 1. 전류조건 I(상, 하행선 동일 조건 가정)

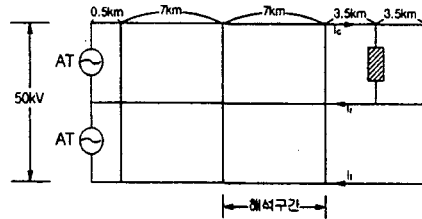
		$C1=-C2$	$M1=-M2$	$F1=-F2$	$R1l=-R1r$ $R2l=-R2r$	$OPC1 =$ $-OPC2$	$EW1 =$ $-EW2$	$G1=-G2$
CASE 1		297-62i	127-27i	-127+34i	-7+1i	-104+19i	-59+11i	-118+22i
CASE 2	2-1	213-52i	91-22i	-257+84i	-1-3i	-16-36i	-9-21i	-18-42i
	2-2	303-81i	130-35i	-128+42i	-8+2i	-106+26i	-61+15i	-122+30i
CASE 3	3-1	214-55i	92-24i	-259+89i	-1-0.2i	-16-3i	-9-2i	-18-4i
	3-2	512-123i	220-53i	-386+125i	-9+1i	-121+18i	-69+10i	-138+20i

표 2. 전류조건 II(상행선만 열차 가정)

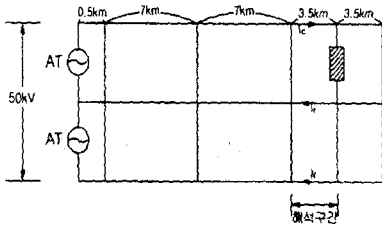
		$C1$ ( $C2=0$ )	$M1$ ( $M2=0$ )	$F1$ ( $F2=0$ )	$R1l=R1r$ ( $R2l=R2r=0$ )	$OPC1$ ( $OPC2=0$ )	$EW1$ ( $EW2=0$ )	$G1$ ( $G2=0$ )
CASE 1		297-62i	127-27i	-127+34i	-7+1i	-104+19i	-59+11i	-118+22i
CASE 2	2-1	213-52i	91-22i	-257+84i	-1-3i	-16-36i	-9-21i	-18-42i
	2-2	303-81i	130-35i	-128+42i	-8+2i	-106+26i	-61+15i	-122+30i
CASE 3	3-1	214-55i	92-24i	-259+89i	-1-0.2i	-16-3i	-9-2i	-18-4i
	3-2	512-123i	220-53i	-386+125i	-9+1i	-121+18i	-69+10i	-138+20i



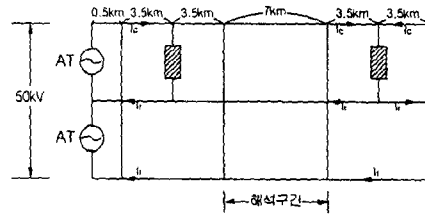
(a) Case 1 해석조건



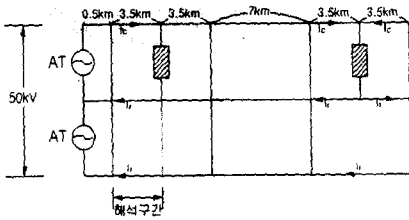
(b) Case 2-1 해석조건



(c) Case 2-2 해석조건



(d) Case 3-1 해석조건



(e) Case 3-2 해석조건

그림 2. 각 CASE 별 해석 조건

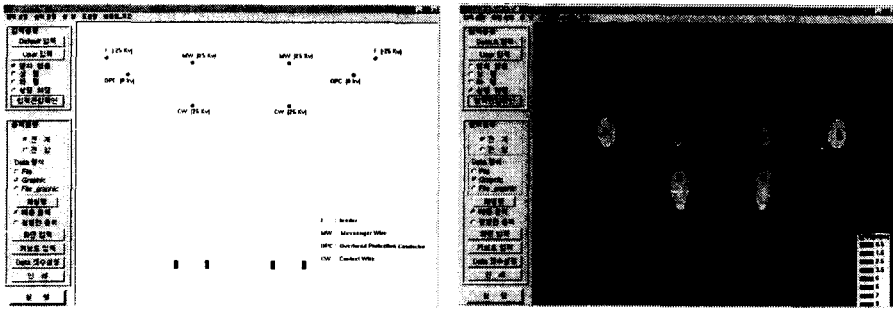
### 3. 전자계 해석방법

전계를 계산하기 위해서는 전하중첩법을 사용한다. 이는 독일의 Steinbigler가 공기 중의 회전 대칭 3차원 전극 주변의 전계계산 방법을 처음으로 제안하였다. 간단한 원리, 높은 정밀도, 짧은 계산 시간 등의 장점으로 많은 관심을 불러 일으켰고 특히 계산 특성상 고전압 공학의 절연 설계, 방전 현상 해석을 필요로 하는 2차원 및 3차원 형상의 전계 해석에 널리 응용되었다. 본 논문에서는 고속철도 주변의 극저주파 상용주파수 (60Hz)대역의 전자계 환경의 예측을 이미 입수된 전체의 급전선의 구조를 대상으로 전하중첩법과 표면전하법을 이용하여 선로 주변의 전계해석을 행하였다.

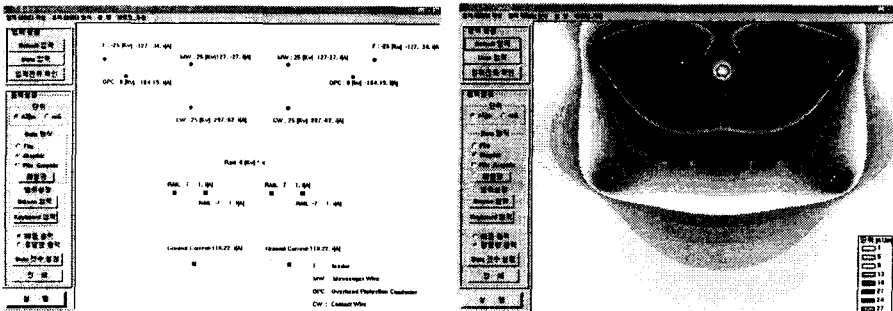
자기장을 계산하는 방법은 여러 가지가 있으나, 그 중에서도 대표적인 방법이 유한요소법이다. 철도 주변에서와 같이 무한 경계면을 포함하는 문제에서도 유한요소법을 적용하는 것은 가능하다. 그러나 많은 영역 분할로 인한 변수의 개수 증가와 가상 경계면의 설정등의 이유로 급전선에 의한 자기장을 구하는 데는 어렵다. 따라서 본 경우에는 비오사바르의 법칙에 기반을 둔 적분식을 대수식으로 변환한 해석식을 사용하였다.

#### 4. 윈도우 환경에서 개발된 전자계해석 프로그램

##### 1) 전계해석Program



##### 2) 자계해석Program



#### 5. 결론 및 고찰

전자계 중에서도 특히 자계는 차폐가 어렵고 그 비용도 많이 들기 때문에 자계의 분포를 미리 알고 설계에 임하는 것이 필요하다. 이에 따라 여러 가지 운전조건 하에서 열차 및 궤도 주변에서의 자계를 계산하였다. 여기에서는 우선 단일 매질의 경우의 3차원 자계해석 방법으로 비오사바르 법칙에 기반을 둔 적분식을 대수식으로 변환한 해석식(Analytical Equation)을 사용하여 고속전철 주변에서의 자계 평가를 행하였다. 그러나 이방법으로는 객차가 궤도 위에서 달릴 경우에 객차 내에서의 전자계 환경평가는 기술적으로 어렵게 된다. 그 이유는 객차 및 대기의 2매질이 해석 모델 속에 포함되기 때문이다. 이를 해결하기 위해서는 유한요소법을 사용하여 객차의 두께 및 차체 재질을 변수로 두고 객차 내에서의 자계 평가를 행하

여야 한다. 전류 계산시 대지 귀환회로를 계산 과정에 포함하여 실제에 가까운 모델링을 하였다.

본 연구에서 조사 분석된 연구결과는 전철의 신호제어 및 통신시스템에서 설계 및 성능평가에 활용될 수 있을 뿐만 아니라 철도의 안전한 운영을 위한 기본적이고 필수적인 자료로 활용될 수 있다.

## ■ 참고문헌

1. 민석원, 김응식, “765 kV 교류 2회선 송전선 인근의 생체 및 물체에 유도되는 전압, 전류 계산 프로그램 개발,” 한국 전력 공사 보고서 93-52, 1994
2. David K. Cheng, “Fundamental of Engineering Electromagnetics”, Addison Wesley, 1993.
3. 한인수, 박종근, 명성호, 이병윤, 김응식, 민석원, “송변전 설비 주변에서의 3차원 자계 해석” 대한전기학회 창립 50주년 하계학술대회 논문집 1997.7.
4. 宅間 董. 「數値電界計算法」 Tokyo Japan : CORONA PUBLISHING CO.