

# 대지전위와 통신회선 잡음·발생에 대한 고찰

(A Study on the Generation of the Earth Potential and Communication Line Noise)

여상근\* · 박찬원

(Sang-Kun Yeo · Chan-Won Park)

## 요 약

본 논문에서는 전기철도에서 발생하는 대지전위와 통신회선의 잡음에 대한 실험적 증명에 관한 것이다. 대지전위차가 발생하는 곳에서 전력유도잡음전압과 케이블 평형도 등을 측정할 경우 계측 오차가 심각하게 발생하는 것으로 나타났다. 측정결과, 고속철도 인접한 곳의 통신케이블은 시스층에 지전류가 많이 흐르는 차폐 케이블보다 일반 케이블을 그대로 사용하는 것이 잡음피해를 보다 줄일 수 있음이 실험 결과로 확인 되었다.

## Abstract

This paper presents a experimental evidence of the generation of the earth potential and communication line noise from the electric railway. There is a critical measurement err in case of measuring the electrical power induced noise voltage and degree of cable balance in the field of earth potential generated. As a results, it has been found that the conventional cable has more noise immunity than shielded cable near the railway where the earth current flows through the sheath layer.

Key Words : Ground Potential Rise, Differential mode noise, Common mode noise, Screening factor

## 1. 서 론

경부고속철도 1단계 사업 및 호남선 전철화 사업에 투입된 통신유도대책 비용이 약 1,207 억 원이 투입되었으며 향후 경부고속철도 2단계 및 호남고속철도 전력유도대책 사업에 추가로 천억 원이 넘는 국가 예산이 투입될 전망이다.

본 논문은 이와 같이 막대한 국가 예산이 투입되

는 고속철도전력유도대책사업의 효율성과 타당성 검토를 통해 향후 추진될 고속철도 통신유도대책 사업에 반영될 수 있도록 고속철도 주변 통신선로에 발생하는 전력유도잡음전압의 실체를 규명하였으며,

전력유도 피해 방지를 위해 사용한 차폐케이블이 비 차폐 일반 케이블 보다 잡음전압이 오히려 증가하는 역현상이 발생하였고 이와 같은 원인은 대지전위차에 의해 발생하는 것을 증명하였다.

전력유도 현상은 패러데이 전자유도법칙에 따라 발생하는 것이 대원칙이며 이 이론에 반하는 측정 결과는 과학적으로 발생할 수 없다.

그러나 국내 통신회사에서 작성한 보고서에 따라

\* 주저자 : 재원엔지니어링(주), 기술부장  
Tel : 02-469-6234~5, Fax : 02-469-6236  
E-mail : skYEO106@hanmail.net  
접수일자 : 2007년 9월 20일  
1차심사 : 2007년 10월 2일  
심사완료 : 2007년 10월 11일

## 대지전위와 통신외선 접촉 발생에 대한 고찰

면 고속철도 주변 전국 700개소에서 측정한 자료에 따르면 패러데이 전자유도법칙이 위배된 결과가 전체 약74[%]를 차지하는 것으로 분석되었으며, 이와 같은 결과는 고속철도에 의한 유도잡음전압이 아닌 타 유도원(한전 배전선로 등)에 의해 발생된 유도전압임을 스스로 밝히고 있다.

본 논문에 제시된 각종 자료는 2001년도 한국철도 건설공단에서 작성한 내부 보고서와 2005년도 국내 유명 통신회사에서 작성한 '고속철도 운행구간 유도전압 종합 분석보고서'의 자료를 인용하였으며, 또한 2006. 12. 전파연구소 외 4개 기관이 공동 조사한 자료를 토대로 분석하였으며, 실측자료는 2006.8. KBS(추적60분)주관, 국내 전문가(한국철도기술연구원 센터장 외 3명)와 철도시설공단 공동으로 측정한 자료와 2006.10. 국회 국정 감사 시 측정한 자료를 활용하였다.

2001.2 시험선 구간에 측정한 선간유도잡음전압은 예측계산으로 구한 선간잡음전압 보다 48배~116배(시험선 구간)차이가 나타났으며 2001.7 통신회사 운용선로에서 측정한 선간잡음전압과 예측계산값은 44배~74배 차이가 발생한 것으로 확인되었으며 케이블 차폐계수를 이용, 역산 검증한 결과 예측 값이 실측값 보다 수십 배에서 수백 배 까지 높게 예측된 것과 이 값을 근거로 유도대책이 수립된 것을 확인할 수 있었다[1].

또한 우리나라 전력유도대책 시행구간과 프랑스 유도 대책구간을 비교한 결과 프랑스 North TGV 350[Km] 구간에 실시한 통신유도대책 개소는 단지 6개소에 불과한 반면[1] KTX 경부고속철도는 서울-신동간 281[Km] 구간에 실시한 통신유도대책 구간이 총 3,553개소로 대책구간에 많은 차이가 있음을 확인할 수 있었다[2].

본 논문은 선간 유도잡음전압이 전차선 부하전류에 비례하지 않는 비과학적인 현상에 대해 그 원인을 규명하는데 목적을 두었으며, 한국철도시설공단 등 유도대책 전담팀에서 사용하고 있는 전력유도 측정방법이 ITU-T 국제 권고기준 및 국가고시 기준과 다른 잘못된 측정방법을 사용하여 대지전위차가 유도잡음전압으로 오인된 측정 오류였음을 증명하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 접지전극에 의한 대지 전위 상승

대지와 접지 전극 사이에 전기저항(접지저항)이 있기 마련이며 접지전극에 누설전류나 지락전류가 흐르면 옴의 법칙에 따라 접지전극 뿐만 아니라 그 주위 대지에 전위가 분포하게 되며 정보통신부고시 제2003-5호 별표 8에 대지 전위 상승 관련 계산식은 다음과 같다[3].

$$V = \frac{\rho I}{2\pi D} \quad (1)$$

주) V : 이상시 유도위험전압(V)

D : 전력선의 접지체 (송·배전선로의 접지시설, 발전소 또는 변전소의 기기장치를 말한다)와 전기통신시설의 접지체(전주의 접지점, 케이블의 접속점, 선로의 배선단자함, 통신사의 전기통신시설을 말한다)와의 거리([m])

$\rho$  : 대지고유저항 ( $\Omega \cdot m$ )

I : 지락고장점의 대지 유입전류로서 송전시설의 경우 고장전류의 10분의 1로 가공 배전시설의 경우는 2분의 1로 하고, 지중 송·배전선시설인 경우는 접지개소의 분류효과를 감안한 치로 한다([A]).

접지전극으로부터 거리 x 지점의 전위를  $V_x$  라 하면 그 전위 경도는 아래 식 2와 같이 된다.

$$\frac{dV_x}{dx} = -\frac{\rho I}{2\pi x^2}$$

따라서 고속철도 레일 주변은 레일 및 매설접지선의 누설 전류에 의해 그림 2의 P1-P2 구간에 대지전위차가 발생하게 된다.

### 2.2 선-대지 유도잡음전압의 실제

KTX 선로 주변의 유도잡음전압 측정 시 사용되

었던 선-대지(線-大地) 잡음전압 측정 방법은 Wenner의 4 전극법을 이용한 대지 비저항 측정법과 동일한 측정회로가 사용되었다[4].

그림 1의 Wenner의 대지 비저항 측정 회로는 C1-C2 폐회로 사이에 흐르는 전류에 의해 발생하는 P1-P2 사이 전위차를 이용하는 것으로서 그림 2의 KTX 전력유도 합동조사팀에서 사용한 “선대지 유도전압 측정회로”는 기본적으로 Wenner의 4전극법과 동일하기 때문에 전차선에서 유도되는 유도전압뿐만 아니라 P1-P2 사이에 발생하는 대지전위차도 함께 측정되어 측정 오차를 유발시켰다.

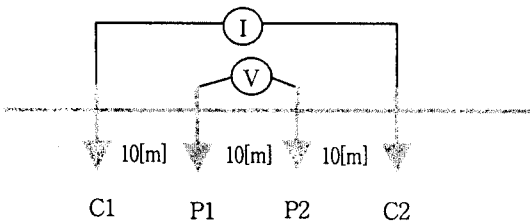


그림 1. Wenner의 대지저항을 측정법  
Fig. 1. Wenner's measurement method of the earth resistivity

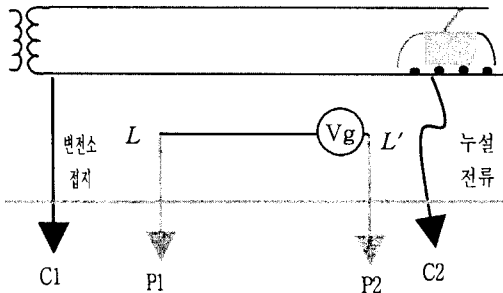


그림 2. 선-대지 잡음전압 측정법  
Fig. 2. Measurement method of common mode noise voltage

통신회선 L~L'에 유도되는 종잡음전압은 종방향 기전력(longitudinal electromotive force)에 의해 유도된 전압을 측정하기 위해 대지를 하나의 기준 도체 (reference conductor)로 사용한 것이다.

그림 2의 Vg 전압을 정보통신부 고시 제 2003-6 호 에서 ‘선대지잡음전압’이라 표현한다[5].

국제권고기준인 ITU-T Rec. K.10은 common

mode noise 라 표현하며 측정 조건으로 reference point 인 P1, P2 지점의 임피던스는 Zero로 대지전위가 어떤 지점에서든 0[V] 조건으로 측정하도록 권고하고 있다[6].

고속철도 주변의 대지(earth)는 기준 도체로 사용하기가 부적당하다. 그 이유는 식 2에 따라 대지전위가 존재하기 때문에 P1-P2 간에 발생하는 대지전위차와 패러데이전자유도 법칙에 따라 발생하는 유도종잡음전압이 함께 계측되어 심각한 오차를 유발시키기 때문이다.

### 2.3 시험선 구간 전력유도전압 측정

KTX 전력유도 합동조사팀이 2001년 2월 고속철 시험선 구간에서 조사한 자료에 따르면 차폐 15[%] 케이블과 비차폐 일반케이블을 나란히 포설한 후 열차 통과 시 발생하는 유도잡음전압을 동시에 비교 측정한 결과, 차폐15[%]케이블의 잡음전압이 비차폐 일반케이블의 선간잡음전압 보다 높게 측정되는 역효과가 발생하는 것을 확인할 수 있었다 [7].

표 1. 최대 선간유도잡음전압  
Table 1. Maximum differential mode noise voltage

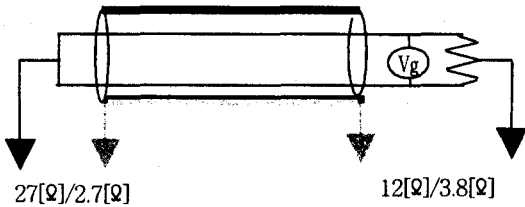
구 분	선간최대유도잡음전압		비 고
	견인 시	제동 시	
일반케이블	0.17[mV]	0.11[mV]	
차폐15[%]케이블	0.20[mV]	0.14[mV]	

### 2.4 시험방법별 유도잡음전압 측정내역

KTX 전력유도 합동조사팀이 2001년도 경부선 시험선 구간에 사용한 유도잡음전압 측정방법은 표준 방법 외 5 가지 비표준 시험방법을 사용하며 선간잡음전압을 측정 하였으나 대부분 전력유도대책이 불필요한 0.5[mV] 이하의 낮은 값이 측정되자 법령에서 정한 선간잡음전압을 기준으로 하지 않고 선-대지잡음전압을 근거로 대책공사의 발판을 마련하고 있었다[8].

대지전위의 통신회선 잡음 발생에 대한 고찰

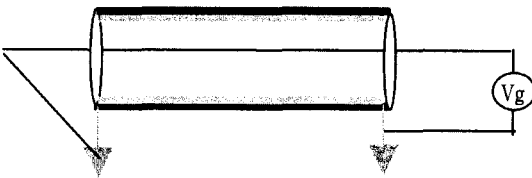
- 1) 측정회로 1번(비표준 측정방법)
  - 피측정 통신회선 양단 접지 및 케이블시스(sheath)층 접지와 분리



케이블시스층 접지저항(비차폐/차폐케이블)

그림 3. 시험방법 1번  
Fig. 3. Test method 1

- 2) 측정회로 3번(ITU-T 권고 기준 평형도 측정법)
  - 통신회선 종단접지와 측정기접지선을 케이블시스층의 접지와 공동연결.



케이블시스층 접지저항은 시험방법 1번과 동일

그림 4. 시험방법 3번  
Fig. 4. Test method 3

- 3) 측정회로 4번(국가고시 표준시험 방법)

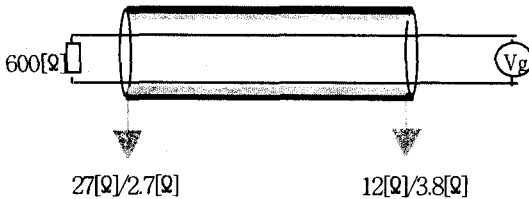


그림 5. 시험방법 4번  
Fig. 5. Test method 4

- 4) 측정회로 6번(차폐효과 제거)
  - 케이블시스층 접지 제거
  - 통신회선 양단접지 후 선간잡음전압 측정

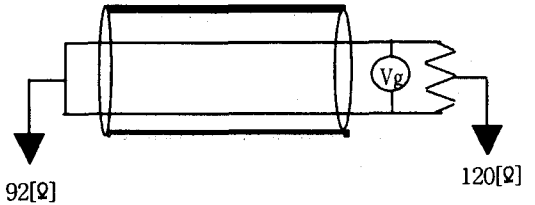


그림 6. 시험방법 6  
Fig. 6. Test method 6

2.5 측정회로별 유도잡음전압 측정

표 2는 시험선 구간 의사선로 비차폐 일반케이블의 선간 및 선대지잡음전압의 측정결과이며 국가고시 기준(시험방법 4번)에 따라 측정된 선간잡음전압은 0.052[mV]로서 전력유도대책이 전혀 필요 없음을 입증하고 있으며,

ITU-T 권고 기준(시험방법 3번)에 의해 측정된 선대지잡음전압은 비표준 측정방법(시험방법 1번, 6번)과 5배 이상 오차가 발생하고 있음을 보여주고 있다.

시험방법 1번에 측정된 전압은 차폐(쉬스)층 접지와 측정회선 접지사이 발생된 지전위차가 더해진 값이 측정된 반면 시험방법 3번은 ITU-T 권고 기준에 따라 접지(Earth)전위를 등 전위로 구성하였기 때문에 선대지잡음전압이 표 2와 같이 309[mV]로 지전위차가 대폭 감소되었음을 확인할 수 있다.

표 2. 선간 및 선대지잡음전압  
Table 2. Differential and common mode noise voltage

측정일	선간 잡음	선대지 잡음	시험 방법	측정 회수	측정선번
01.2.21	0.065	1,616	1번	12	5,11,17,23
01.2.19	0.065	309	3번	18	5,11,17,23
01.2.21	0.052		4번	16	5,11
01.2.20	0.12	2,695	6번	8	17,23

선-대지잡음전압은 ITU-T 권고 K.10 및 O.9에 따라 대지를 하나의 도체로 사용하지 않고 Reference Conductor를 사용한 경우 선대지잡음전압은 약 70~80[mV]에 불과하였다.

당시 합동 조사팀이 ITU-T 권고 기준과 유사한 600[Ω]의 임피던스를 사용한 경우 비차폐 일반케이블에 나타난 평균 선대지잡음전압은 186[mV](125회 평균)로 측정 되었다[9].

이와 같이 선대지잡음전압은 측정조건과 측정기기의 임피던스에 따라 오차가 크게 발생하였다.

### 2.6 차폐접지 연결 전, 후 유도잡음전압 비교

KTX 전력유도 합동조사팀은 2001년 7월, KTX 고속전차 시험 운행 구간인 충남 연기군 소정면 일대에서 유도중화코일과 차폐50[%] 케이블로 전력유도대책이 완료된 구간에서 차폐대책 전, 후 선간 및 선대지 유도잡음전압을 비교 측정 하였다.

표 3. 차폐접지 제거 후 선간 및 선대지잡음전압  
Table 3. Differential and common mode noise voltage without shield ground.

측정일	선간 잡음	선대지 잡음	시험 방법	측정 회수	측정선번
01.7.4	0.055	2,737	6번	4	C2-1718
01.7.4	0.05	2,521	6번	4	C2-1711

표 3의 차폐 대책 전 측정한 유도잡음전압이 표 4의 차폐대책 후 선간잡음전압 보다 작은 값이 측정 되었으며, 차폐 대책 후 측정한 선간잡음전압이 대책 전 보다 오히려 2배 가까이 증가되었다[10].

표 4. 차폐접지 연결 후 선간 및 선대지잡음전압  
Table 4. Differential and common mode noise voltage with shield ground.

측정일	선간 잡음	선대지 잡음	시험 방법	측정 회수	측정선번
01.7.5	0.125	1,295	1번	2	C2-1718
01.7.5	0.13	961	1번	2	C2-1711

### 2.7 케이블차폐층 연결 전, 후 비교 시험

전파연구소의 4개 기관 공동조사팀이 2006년 12월, 충남 금산군 군부면 일대에서 한전배전 선로와

8[m] 이격된 곳에 25회선용 통신 케이블 2[Km]를 설치한 후 케이블 차폐(쉬스)층 접지 연결 전, 후 비교시험을 통해 차폐기능이 있을 때와 없을 때 유도잡음전압의 차이를 조사하였다.

시험결과는 앞에서 언급한 것처럼 차폐효과를 얻기 위해 케이블 차폐(쉬스)층을 대지에 접지 했을 때 선간잡음전압이 오히려 증가하는 것이 증명되었으며 측정회로 종단 구성 방법에 따라 오차 크기가 변화되는 것을 확인할 수 있었다.

표 5는 동일 케이블을 이용하여 차폐기능을 완전히 제거한 상태에서 국가 고시기준에 따라 선간잡음전압을 측정한 경우 유도잡음전압이 0.025[mV] 이하로 유도현상이 없는 것으로 측정되었으나 차폐(쉬스)층을대지에 접지 시키자 지전위에 의한 영향으로 잡음전압이 0.098[mV]까지 증가된 것을 확인할 수 있다.

표 5. 차폐접지 연결 전,후 선간잡음전압  
Table 5. Differential mode noise voltage with/without shield ground

통신선 차폐(시스)접지 제거	
종단600[Ω]	종단300-300[Ω]접지
0.025[mV]	0.025~0.35[mV]

통신선 차폐(시스)접지 상태	
종단600[Ω]	종단300-300[Ω]접지
0.025~0.098[mV]	0.025~0.65[mV]

표 6은 선대지잡음전압의 크기는 시스층을 접지했을 때 시스층이 등전위 접지선 역할로 선대지잡음전압(대지전위차)이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

표 6. 차폐접지 연결 전, 후 선대지잡음전압  
Table 6. Common mode noise voltage with/without shield ground.

통신선 차폐(시스)접지 제거	
종단600[Ω]	종단300-300[Ω]접지
775~975[mV]	1,094~1,228[mV]

통신선 차폐(시스)접지 상태	
종단600[Ω]	종단300-300[Ω]접지
600~690[mV]	548~775[mV]

## 대지전위의 통신회선 잡음 발생에 대한 고찰

표 7은 2006.8.10 영동철도보수기지창에서 KBS 방송사 주관으로 한국철도시설공단과 학계 및 전문 연구기관 전문가와 함께 차폐층 접지를 연결하지 않은 비차폐 일반 케이블을 이용하여 측정 회로를 접지한 비표준 측정회로와 고시 기준에 따른 표준 측정회로 사이에 나타난 선간잡음전압을 비교 측정한 결과 표준회로에서는 유도전압이 측정되지 않았으나 비표준 회로는 지전위차의 영향으로 잡음전압이 증가하는 것이 확인되었다.

표 7. 측정회로 접지 연결 전, 후 선간잡음전압  
Table 7. Normal mode noise voltage with/without ground

열차통과 전후 최대선간잡음전압	
표준측정회로	비표준(측정회선접지)
0.025[mV]이하	0.035~0.1[mV]

표 8은 2006.10.20 국회 국정감사에서 차폐효과가 전혀 없는 점퍼선과 비 차폐 일반케이블을 이용, 동일 측정 조건과 환경에서 지전위차 간섭 여부에 따라 선간잡음전압이 각각 다르게 측정되는 것이 증명되었다.

표 8. 측정회로 접지 연결 전, 후 선간잡음전압  
Table 8. Normal mode noise voltage with/without ground

고시 기준 표준측정회로		
측정회선	선간잡음전압	측정기기명
점퍼선1	0.07[mV]이하	AM-48
케이블5	"	"
케이블20	0.02~0.06[mV]	스펙트럼 분석기

비표준(측정회선 접지)		
측정회선	선간잡음전압	측정기기
점퍼선1	24~69[mV]	AM-48
점퍼선2	2.98~4.67[mV]	미티게이트
케이블17	4.46~7.23[mV]	미티게이트

## 2.8 전력유도 발생원리 및 경감 원인

경부고속철도에서 사용하는 단권변압기 급전방식

은 유도전압을 경감시키는 장점을 가지고 있는 설비이며 유도전압은 전차선에 공급된 전류가 급전선과 레일을 통하여 전량 귀로를 하면 유도전압이 발생하지 않으나 귀로 전류 중 일부가 대지로 누설되면 전차선의 전류와 귀선전류의 차이 값인 불평형 전류가 전자 유도 현상을 유발시키게 된다.

고속철도 시설은 전자유도 현상을 최소화 시키고 나아가 고압배전선로 지락사고 시 대지전위의 상승으로 신호, 통신, 원격제어설비 등의 안전과 레일전위 상승을 억제하여 인명 및 설비의 안전을 도모하기 위한 접지 시스템을 기본적으로 구축하였기에 차량부하가 증가(800[A])하여도 EN50122-1에서 권고하는 기준치 60[V] 이하의 조건을 만족하도록 기본적인 안전시설이 구축되어져 있다[11].

AT 급전방식은 전자유도 결합을 억제하기 위하여 부하전류가 귀선로인 레일과 보호선(Protection Wire : PW) 및 매설접지선을 통해 단권변압기(Auto Transformer)의 중성선에 도달 하도록 회로가 구성되어 전자유도 장애에 대한 근원적인 방지 시설이 설치되어져 있어 국제권고기준 (ITU-T K.68)에서도 지락사고 시 및 상시유도위험전압에 의한 유도 대책은 필요 없음(No interference)을 명시하고 있다 [6].

AT 급전 방식은 EMC(ElectroMagnetic Compatibility) 규정에 따라 다른 기기 및 시스템에 방해를 주지 않도록 부하 전류는 부하 좌우의 AT에 흡수되어 레일에 흐르는 전류가 레일 양쪽 반대 방향으로 나뉘어 흐르게 되고, 전류는 레일 양측에 있는 AT의 중성점까지로 제한됨으로 병행 통신 선로에 대한 유도전압을 상쇄하고 레일에 흐르는 전류도 감소되어 대지 누설전류가 작아져서 유도 장애에 대한 경감 효과가 매우 크게 된다[12].

또한 통신 케이블은 외부로부터 침입해 오는 노이즈에 대한 내성인 EMI(Electro Magnetic Immunity) 대책을 갖도록 연선(twisted pair)을 사용하여 케이블 외부로부터 오는 EMI(Electromagnetic interference)와 케이블 내부 인접심선으로부터 오는 누화잡음을 상쇄시키도록 설계되어 고속철도 주변 통신 케이블은 특별한 전력유도대책을 수립하지 않아도 선간유도잡음전압은 대부분 누화잡음 수준인 0.1

[mV] 이하 잡음만 측정되었고 이를 뒷받침하는 프랑스 North TGV 유도대책 사례에서도 확인할 수 있었다[1].

### 2.9 전력유도현상 실증적 고찰

고속전철의 복수 운행 시 유도되는 전압은 단일 열차로 운행될 때 보다 부하 전류가 약 2배 가까이 증가하므로 패러데이 전자유도 법칙에 따라 유도 전압 역시 2배 가까이 증가해야 한다.

그러나 국내 유명 통신회사가 2005년도 측정한 전국 700개소 유도전압 측정 보고서를 분석한 결과 표 9와 같이 단일열차 운행 시 선간잡음전압이 복수운행 시 보다 더 크거나 같은 경우가 전체 74[%]를 차지하고 있다.

표 9. 열차 단일/복수운행 시 유도전압  
Table 9. Induced voltage of the single and both way train

구분	단일>복수	단일=복수	단일<복수
측정건수	106건	210건	111건
백분율	25[%]	49[%]	26[%]

표 10. 열차 미운행/복수운행 시 유도전압  
Table 10. Induced voltage of the both way train

구분	미운행>복수	미운행=복수	미운행<복수
측정건수	37건	138건	252건
백분율	9[%]	32[%]	59[%]

표 10은 복수열차 운행 시 보다 열차 미운행 시 선간잡음전압이 더 크거나 같은 구간이 전체 41[%]를 차지하는 비과학적인 결과를 보여주고 있다[13].

또한 동 보고서의 자료에 의하면 대부분의 잡음전압이 타 유도원에 의한 잡음전압이라고 기록하고 있으며, 패러데이전자유도법칙에 따라 발생한 유도전압은 부하전류가 2 배로 흐르는 열차 복수 운행 시 유도전압이 당연히 증가해야 함에도 실측 결과는 과학적인 이론이 성립되지 않으므로 고속철도 주변에 발생한 잡음전압은 유도전압이 아닌 것이 과학적으로 증명되었다.

전차선 부하전류 크기에 따라 유도전압이 변동되는 것은 패러데이 전자유도법칙에 따른 기정사실이나 그 유도전압이 워낙 경미하여 전차선에 전류가 흐르지 않는 무부하 상태의 선간유도잡음전압과 전차선에 최대 부하 전류가 흐르는 시점의 선간유도전압은 그 차이가 전혀 나타나지 않는 것을 국내 유명 통신회사 소속 직원의 논문을 통해 확인할 수 있었다[14].

동 논문에 따르면 고속철도 연변 이격거리 20[m], 병행거리 600[m] 비 차폐 일반케이블(6회선용)에 측정된 선간 유도잡음전압은 전차선 부하전류 크기와 상관없이 약 0.245[mV] 크기의 전압이 측정된 것을 보여주고 있다.

또 다른 입증 자료로 CCITT에서 제시한 고속열차 이동성 부하에 흐르는 Amp.Km 에 잘 나타나 있다.

고정된 측정 지점에 나타나는 유도전압 그래프는 열차 위치에 따라 변동되는 부하 전류 크기에 따라 그림7과 같은 형태로 의 유도전압그래프가 나타나게 된다[15].

그러나 2001.7. 감사원 입회하여 한국철도시설공단과 한국통신공사 공동으로 측정한 유도전압 그래프는 그림 8과 같이 열차가 측정지점 통과 전, 후 약 2[Km] 구간에서 만 선-대지잡음전압이 기록되고 있음을 확인 할 수 있다.

따라서 선대지잡음전압은 열차 부하전류와 비례 관계가 없으므로 유도전압으로 볼 수 없으며 식 1에 의해 산출된 대지전위차로 정의를 내릴 수 있다.

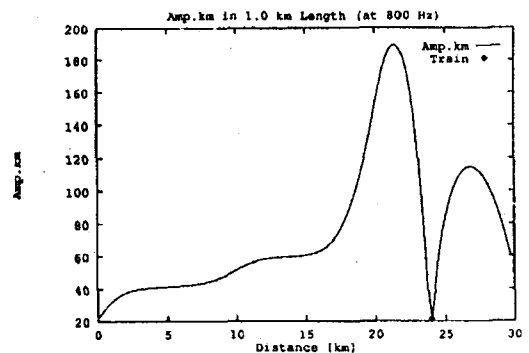


그림 7. 열차 위치별 유도전압 그래프(14)  
Fig. 7. Induced voltage graph of train distance

## 대지전위의 통신회선 잡음 발생에 대한 고찰

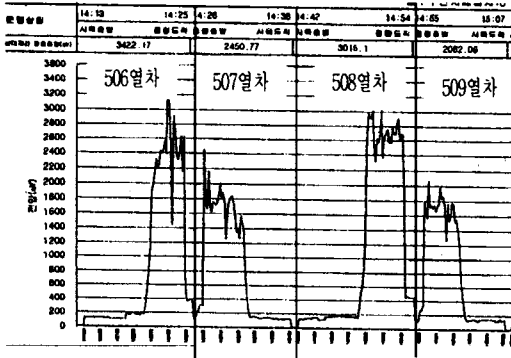


그림 8. 열차 운행시간별 유도전압 그래프(15)  
Fig. 8. Induced voltage of train timeschedule

따라서 그림7과 그림 8을 비교하면 고속철도 연변에 나타난 선대지잡음전압은 유도전압이 아닌 것이 증명되었으며, 전자 유도현상에 따라 발생하는 선간 및 선대지잡음전압은 평형도 크기에 따라 비례관계가 형성되나 표 11은 비례관계가 형성되지 않고 비례상수인 평형도 값이 변동되고 있음을 보여주고 있다.

표 11. 열차별 유도잡음전압(16)  
Table 11. Induced noise voltage of the each train

최대잡음 전압[mV]	열 차 번 호			
	506	507	508	509
선대지	3,422	2,450	3,015	2,062
선간	0.06	0.04	0.08	0.04
평형도	1/57,033	1/61,250	1/37,687	1/51,510

표 11은 2001.7.4 실제 운용 통신선로의 동일 회선에서 측정된 최대선대지잡음전압 및 선간잡음전압을 기록한 것으로 선간잡음전압이 선대지잡음전압 크기와 비례하지 않는 것과 평형도가 변동되는 것을 보여주고 있다.

이와 같은 측정결과는 ITU-T 국제권고 기준과 국내고시 기준에서 제시한 표준 측정방법과 표준 측정기기를 사용하지 않아 지전위차에 의한 계측 오차가 발생한 것으로 표준측정방법을 사용하면 선-대지잡음전압이 100[mV]이하로 급격히 감소되고 평형도 값은 크게 변동되지 않는 것을 선행 시험을 통해 확인할 수 있었고, 2006.8 방송사 주관 측정 시 패

러데이 전자유도법칙이 성립되지 않는 전차선과 수직 방향의 점퍼선(300[m])에서 열차 통과 전, 후 24회 걸쳐 선-대지 유도종전압을 측정한 결과 최소 475[mV], 최대 7,060[mV], 평균 3,707[mV]가 측정되었다. 따라서 선-대지간에 나타나는 전압은 유도 전압이 아님이 증명되었다.

### 3. 결 론

경부 및 호남 고속전철이 운행되면 전차선 주변에 설치되어 있는 통신용 회선에 전력유도잡음전압이 심각하게 발생할 것이라는 예측계산 값과 달리 유도전압은 발생하지 않았으며 이와 같은 사실은 실험실측을 통해 증명 되었다.

고속철도 주변 지역은 대지전위 상승지역(저항 구역)이므로 유도대책 공사를 목적으로 통신케이블 차폐층을 대지에 접지하면 케이블차폐(쉬스)층으로 지전위차 전류가 흐르게 되어 통신회선의 잡음전압이 오히려 증가하는 것을 실증적인 고찰과 함께 과학적인 이론과 계산식으로 그 원인을 규명하였다[17].

따라서 고속철도 주변 통신시설은 차폐 대책을 하지 않는 것이 바람직하며, 유도대책 수립 시 예측계산식의 정확도를 향상시키는 것이 선행되어야하고 대책공사가 꼭 필요한 구간은 사후 대책을 실시 할 것과 현재 국내 고시 기준 중 불분명하게 제시된 잡음평형도 측정회로와 측정기기 임피던스를 ITU-T 국제 기준에 맞도록 명확한 기준과 측정 조건을 넣은 새로운 기술기준을 마련할 것을 제안한다.

### References

- (1) 한국고속철도건설공단, "유도전압 측정.검토 보고서" pp. 153, 2001. 7.
- (2) SYSTRA, "High Speed Railway SNCF Experience in Electromagnetic Compatibility" pp.10~11, 1996.6.
- (3) 전력유도의구체적산출방법에대한기술기준, 별표 8, 정보통신부 고시 제2003-5호 p.27.
- (4) 이종선 역 "접지기술과 접지시스템" 성안당 p.81 1998.2.
- (5) 전기통신설비의기술기준에관한표준시험방법,정보통신부 고시 제2003-6호 pp.11.
- (6) ITU-T Rec.10, pp.3, 1996. 10.  
ITU-T Rec.O.9, pp.8, 1999. 03.  
ITU-T Rec.K.68, pp.15, 2006. 02.
- (7) 한국고속철도건설공단, "경부고속철도 통신유도대책 및 전자파장해대책 설계 유도전압 측정.검토보고서" pp. 6,



- pp.148~150, 2001.7.
- (8) 한국고속철도건설공단, “경부고속철도 통신유도대책 및 전자파장해대책 설계 유도전압 측정.검토보고서” pp. 25~27, 2001.7.
  - (9) 한국고속철도건설공단, “경부고속철도 통신유도대책 및 전자파장해대책 설계 유도전압 측정.검토보고서”, 부록 18, 2001.7.
  - (10) 한국고속철도건설공단, “경부고속철도 통신유도대책 및 전자파장해대책 설계 유도전압측정(한국통신 선로 보고서)” pp.16~19, pp.37 2001.7.
  - (11) 창상훈, “교류전기철도 접지시스템 연구”, KRR, 연구 01-59, pp.4-6, pp.86-87 2001.12.
  - (12) 김정철, “전기철도의 급전시스템과 보호”, 도서출판 기다리, pp.47, pp.197 2006.5.
  - (13) KT 망관리/지원단, “고속철도운행구간 유도전압측정 종합관리 및 분석용역 유도측정 종합분석보고서”, 부록 8-10~8-24, 2005.2.
  - (14) 강성용, “고속철도(AT전철) 운행에 따른 주변통신회선의 유도장해“ pp.38 2005.5.
  - (15) 한국과학기술원, “통신유도전압 예측계산표준 설계최종보고서”, 제7편 pp.7-14, 1993. 10.
  - (16) 한국고속철도건설공단, “경부고속철도 통신유도대책 및 전자파장해대책 설계 유도전압측정(한국통신 선로 보고서)”, pp.부록5-2,5-3 2001. 7.
  - (17) 이상우, “정보통신설비 공동접지 활용성에 관한 연구”, 한국전자통신연구원 전자통신동향분석 통권88호, pp.119-120, 2004. 8.

## ◇ 저자소개 ◇

### 여상근 (呂相根)

1955년 11월 27일생. 1988년 경북산업대 전자공학과 졸업. 1998년 경북대행정대학원 졸업(석사). 체신부 및 (주)KT 32년간 근무. 2005년 KT 동춘지점장. 현재 (주)재원엔지니어링 기술부장.

### 박찬원 (朴贊元)

1955년 7월 10일생. 1978년 고려대학교 전기공학과 졸업. 1982년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991~1992년 일본 ISHIDA SCALES invited engineer, 2000~2002년 미국 ASML Co. Ltd. visiting scientist. 1987년~현재 강원대학교 전기전자공학부 교수.