

# 고속전철 급전소와의 이격거리에 따른 전력 유도 영향 분석

최문환\* · 이상무\* · 조평동\*

\*한국전자통신연구원

## Analysis on the Induction Effects by Separation Distance between the Power Feeding Station and the Telecommunication Cables

Mun-hwan Choi\* · Snag-mu Lee\* · Pyung-dong Cho\*

\*ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute)

E-mail : mhchoi@etri.re.kr

### 요 약

고속 전철의 전력 공급 시설인 급전소와의 이격거리에 따른 전력 유도의 영향을 분석하기 위하여 전남 장성과 임곡간 10km 구간에 대하여 1km의 단위 구간으로 분할하여 통신 케이블을 고속 전철 선로와 인접하여 병행 포설한 후 고속 전철이 통과하는 시간 동안의 유도 종전압을 측정하고 이를 분석하였다. 정확한 분석을 위하여 지형적 특성 상 1km 단위의 구간 분할이 어려운 개소에서 측정된 유도 전압에 대하여 1km 구간으로 정규화 하였으며 또한 각 개소에서 대저항률 및 통신선과 전차선간 이격거리를 이용하여 계산되는 상호인덕턴스 역시 임의의 기준 값으로 정규화 하여 분석을 수행하였다.

### ABSTRACT

We have analyzed the induction effects by separation distance between the power feeding station and the telecommunication cables. To do this we measured the induced voltage in 11 sections(10km) between Jangseong and Imgok at Jeon-nam province using telecommunication cable installed nearby KTX's feeder line. Sub-section has about 1km length of telecommunication cable.

And we used normalization method in installed length of telecommunication cables and mutual inductance to analysis the induction effects more rationally.

### 키워드

전력 유도, 종전압, 고속 전철, 급전소, 이격거리

### I. 서 론

고속철도 시설에 의해 얼마만큼의 유도 장애가 발생하는지를 정량적으로 예측할 수 있는 산출방법을 정하여 국가 기술기준으로서 고시하고 있지만, 이러한 전력 유도 전압의 산출 방법은 이론적으로나 실질적으로도 매우 복잡하기 때문에 실제 전력 유도 발생이 예상되는 지역에서의 적용이 상당히 어려워 보다 정확하고 구체적인 유도 전압의 산출 방법이 요구되고 있다 이를 위해 현행 고시의 문제점들에 대한 정형화된 규명을 이루고 타당성 있는 검증을 통해 국내 현실에 맞는 합리적인 산출 방법을 도출해내기 위한 노력이 진행중에 있다[1].

본 논문에서는 고속 전철의 급전 시설로부터

유도 대책 수립이 필요한 통신케이블의 위치까지의 이격거리에 따른 전력 유도 영향을 분석해본다. 이와 관련된 기존의 연구[2]에서는 급전소와의 이격거리를 0~1km(3개소), 1~2km(2개소) 그리고 3~4km(3개소)로 구분하여 각각의 측정 개소에서 유도 전압을 측정하고 이를 비교분석하여 급전소로부터의 이격거리가 멀어질수록 측정되는 유도 전압의 크기가 감소하고 있음을 보였으나 이는 각 개소들이 서로 지리적으로 상당히 떨어져 있고 또한 일부 개소에서는 급전 시설이 아닌 변전 시설이 인근에 위치하여 신뢰성 있는 결과로 보기는 어려운 실정이다.

이에 고속 전철의 급전소로부터의 이격거리에 따른 유도 현상을 보다 정확히 분석하기 위하여 그림 1과 같이 전남 장성 급전소로부터 임곡 급전소까지 총 10.3km 구간에 대하여 통상 1km의

단위 구간으로 분할하여 연속되는 구간에 대한 유도 전압을 측정하였다. 각 구간에 대한 상호 비교 분석을 위하여 통신 케이블의 병행 포설 길이를 1km로 정규화 하였으며 또한 각 측정 개소에서 통신 케이블과 전차선간 이격거리와 해당 측정 개소 인근의 대지저항률에 의해 산출되는 상호인덕턴스 값을 임의의 값을 이용하여 보정 및 정규화 하였다.



그림 1. 전력 유도 측정 대상 지역

## II. 유도 전압 현장 측정

### 1. 측정 개소 구간 분할

고속 전철의 급전소로부터의 이격거리에 따른 전력 유도 현상을 분석하기 위한 각 측정 개소별 구간도는 그림 2와 같다. 지형적인 특성 상 단위 구간인 통신 케이블 병행 거리( $l$ ) 1km로 분할하기 어려운 개소는 가능한 한 최대 구간을 측정 한 후 1km로 정규화 하였다.

그림 2에서 총 11개 구간 중 3개 구간은 기 측정 개소이며 구간 9과 구간 10 사이의 0.5km 구간은 지형 특성 상 측정이 불가능한 구간을 말한다



그림 2. 장성-임곡 구간 전체 측정 개소 구간도

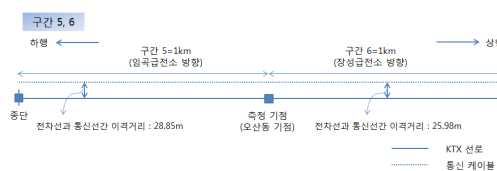


그림 3. 구간 5와 구간 6의 측정 구성도

그림 3은 구간 5와 구간 6에서의 측정을 위한 환경 구성도의 예를 보인다

### 2. 통신케이블과 전차선간 이격거리 계산

그림 4는 고속 전철 시설의 표준 장주도이며 그림 5는 이 장주도를 이용하여 통신 케이블과 전차선간 이격거리( $d$ )를 계산하는 예를 보인다.

그림 5에서 고속 전철 선로로부터 수평으로 1m, 수직으로 2m 떨어진 곳에 포설된 통신케이블과 전차선간 이격거리는 11.85m로 이러한 방법을 이용하여 전체 11개 구간에서의 통신케이블과 전차선간 이격거리를 산출하였다. 단, 상행선과 하행선에 해당하는 전차선에 이격거리 산출의 통일성을 위하여 각 전차선의 중간 지점에서부터 통신케이블까지의 이격거리를 계산하였다

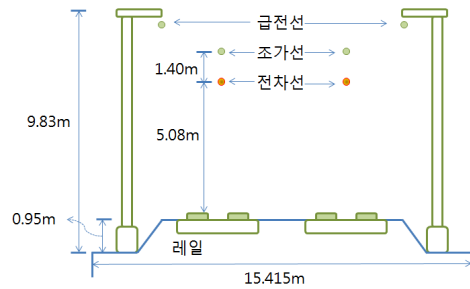


그림 4. 고속 전철 시설의 표준 장주도

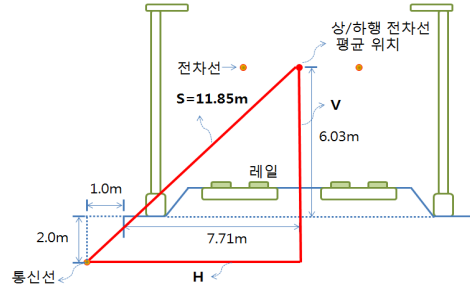


그림 5. 통신케이블과 전차선간 이격거리 계산의 예

### 3. 접지저항 및 대지저항률 측정

각 측정 개소에서 접지저항은 측정 기점 및 종단에서 측정하였으며 Megger DET2/2 측정기를 이용하여 3점전위강하법으로 측정하였다.

또한 대지저항률( $\rho$ )은 Megger DET2/2 측정기를 이용하여 4전극법을 이용하였으며 4개의 측정 전극에 대하여 매설 깊이 70cm에 대한 대지 저항률을 계산하였다. 지형적인 특성에 따라 측정 전극간 거리가 동일한 경우와 동일하지 않은 경우에 대하여 각각 그림 6과 식 1, 그림 7과 식 2를 이용하여 계산하였다[3].

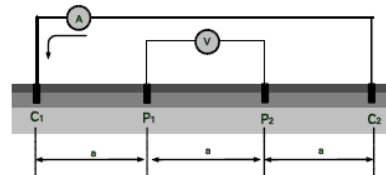


그림 6. 대지저항률 측정 원리(동일한 측정 전극 간격)

식 1

$$\rho = 2\pi aR$$

$a$ : 측정용 전극의 간격  
 $R$ : 측정구간상의 접지저항

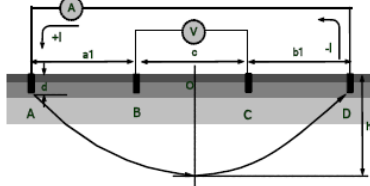


그림 7. 대지저항률 측정 원리(상이한 측정 전극 간격)

$$\rho = \frac{2\pi R}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} - \frac{1}{b_1+c} - \frac{1}{a_1+c}}$$

식 2

$a_1, b_1, c$ : 측정용 전극의 간격  
 $R$ : 측정구간상의 접지저항

#### 4. 상호인덕턴스(M) 계산

전차선에 단위 전류(1A)가 흐를 때 발생하는 자속이 통신선과 쇄교할 때의 쇄교자속수를 상호인덕턴스(M)으로 나타낸다. 이러한 상호인덕턴스는 상용 주파수를 사용하는 곳에서 대지저항률  $\rho$  ( $\Omega \cdot m$ ), MKS)이 1,000 이하인 경우 또는 이격거리(d)가 300m 이하인 경우에는 식 3과 같이 계산할 수 있으며 여기서 k는 식 4와 같이 계산할 수 있다.다[4].

식 3

$$M = \left[ 4.6 \log_{10} \frac{2}{kd} - j \frac{\pi}{2} \right] \times 10^{-4} (H/km)$$

$$k = \frac{\sqrt{4\pi\sigma\omega}}{2\pi\sqrt{2f\sigma}} = 2\pi\sqrt{\frac{2f \cdot 10^{-11}}{\rho}}$$

식 4

$\sigma$ : 대지도전율(CGSEmu)  
 $\rho$ : 대지저항률(MKS,  $\Omega \cdot m$ )

본 논문에서는 2절의 이격거리 d값과 3절의 대지저항률  $\rho$ 값을 이용하여 각 개소에서의 k와 상호인덕턴스 M을 계산하였으며 개소 간 상호 비교를 위하여 각 개소에서의 상호인덕턴스 값의 평균값을 이용하여 정규화 하였다.

### III. 측정 유도 전압의 분석

그림 8에서 구간 1에서의 측정한 유도 전압 그래프를 보인다. 그림 8과 같이 측정된 유도 전압 값을 다른 구간과 비교하기 위해 고속 전철이 통과할 때 마다 발생하는 최대 유도 전압 값의 평균을 구하고 이 평균값을 상회하는 유도 전압 값에 대해 다시 평균을 구하여 이를 당해 측정 개소에서의 대푯값으로 정한다(표 1). 이를 전체 구

간에 동일하게 적용하여 각 구간에 대한 대푯값을 통해 고속 전철의 이격거리에 따른 유도 전압의 발생 패턴을 분석하였다

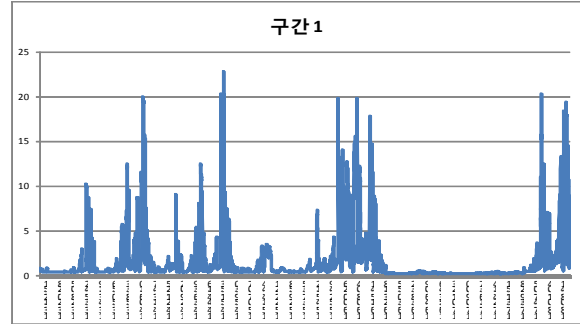


그림 8. 구간 1에서 측정된 유도 전압 그래프

표 1. 구간 1의 유도 전압 최대값과 대표값

구간 1	
측정시간	전압(V)
14:55:37	22.8
17:59:55	20.3
14:10:37	20
15:59:47	19.8
16:10:10	19.8
18:13:51	19.4
16:17:33	17.8
14:01:39	12.5
14:42:56	12.5
13:38:49	10.2
14:28:56	9.1
15:48:01	7.3
최대	22.8
전체평균	16.0
상위평균	20.0
대표값	20.0

표 2는 상기와 같은 방법을 이용하여 전체 11개 구간에 대한 대표값을 구하고 각 구간의 통신케이블 병행거리(l)와 상호인덕턴스(M)값에 대한 정규화를 통하여 산출된 정규화된 유도 전압 값을 보인다.

즉, 각 구간에 대한 병행 거리를 1km로 정규화하기 위하여 각 구간에 대한 보정 값을 이용하였으며 또한 상호인덕턴스는 각 개소에서의 통신케이블과 전차선간 이격거리와 대지저항률과 관계되는 k값을 이용하여 계산하였으며 역시 전 구간에 대한 비교를 위하여 각 개소별 상호인덕턴스의 평균값을 이용한 보정 값으로 정규화 하였다

그림 9는 표 1을 이용하여 각 개소에서의 대표 전압 값과 정규화 전압 값을 보이고 있으며 그림 10에서는 정규화 전압 값을 이용한 개소별 유도 전압의 발생 패턴을 보인다

그림 9와 그림 10에서 알 수 있듯이 임곡 급전소에 인접한 구간 1과 장성 급전소에 인접한 구간 11에서 가장 높은 유도 전압이 발생하였으며 급전소로부터 이격됨에 따라 즉 급전소로부터 멀

표 2. 전 구간의 대표 유도 전압과 정규화 전압 값

	병행거리 (l)		이격거리 (d) cm	대지저항률 (ρ) Ω·m	상호인덕턴스 (M)		대표측정값 (V)	정규화값 (Vn)
	실거리 (km)	보정값			M	보정값		
구간 1	0.85	1.2	1185	305.8	0.0009933	0.9067944	20	21.3
구간 2	0.85	1.2	1185	145.3	0.0009200	0.9790597	9.2	10.6
구간 3	1	1.0	14000	1134.7	0.0006381	1.4115336	8.4	11.9
구간 4	1	1.0	2885	573	0.0008799	1.0236512	13.6	13.9
구간 5	1	1.0	2885	1255.1	0.0009571	0.9411215	8.4	7.9
구간 6	1	1.0	2598	2975.4	0.0010630	0.8474079	5.2	4.4
구간 7	1	1.0	2240	1662.5	0.0010348	0.8704995	7.8	6.8
구간 8	1	1.0	2240	336.5	0.0008774	1.0266663	9.1	9.3
구간 9	0.6	1.7	2240	541.6	0.0009242	0.9746531	3.7	6.0
구간 10	0.5	2.0	1966	134.5	0.0008130	1.1079696	7	15.5
구간 11	1	1.0	3020	300.2	0.0008075	1.1154487	14	15.6

리 떨어질수록 발생하는 유도 전압 값이 작게 나타나고 있음을 알 수 있다.

단 구간 2와 구간 4에서 통상적인 패턴을 벗어나는 경우가 발생하는데 이는 해당 개소에서의 급속성 지중 매설물 또는 소스를 파악하기 어려운 타 유도원에 의한 영향으로 추정할 수 있으나 해당 개소에서의 지중 매설물에 대한 사전 검토 결과에서는 유도 전압에 영향을 미칠만한 지중 매설물을 발견하지 못하였으며 타 유도원에 대한 소스 역시 발견하지 못하였다.

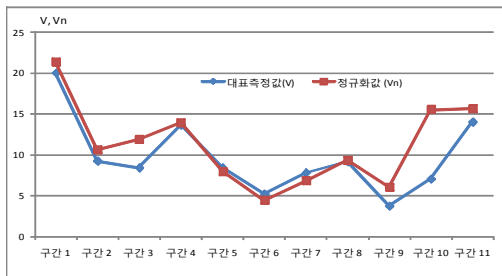


그림 9. 전 구간의 대표 측정값과 정규화 전압 값

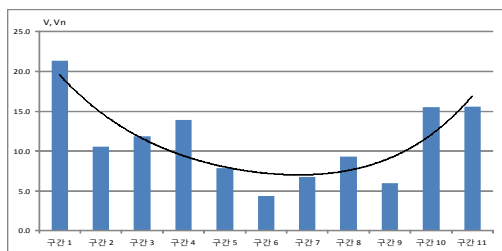


그림 10. 급전소 이격거리에 따른 유도 전압의 변화

#### IV. 결론

본 논문에서는 급전소로부터의 이격거리에 따

른 유도 전압의 영향 관계를 분석하였으며 표 2, 그림 10에서와 같이 급전소와 인접한 구간1과 구간 11에서 가장 큰 유도 전압이 측정되었으며 가운데 구간으로 갈수록 점점 작은 유도 전압이 측정되었다. 기존의 연구에서 서로 지리적으로 떨어진 측정 개소 간 유도 전압의 크기를 비교하는 등의 측정 데이터에 대한 신뢰성을 보완하였으며 본 논문에서 분석된 결과는 동일 구간 내의 측정 대상 지역의 급전소로부터 이격거리에 따른 유도 전압 값에 대한 보정을 위한 참고 자료로 활용이 가능할 것이다. 하지만 해당 측정 개소의 유도 전압의 발생에 영향이 예상되는 지형적 환경적인 영향 요소에 대한 좀 더 심도 있는 분석이 필요한 실정이다.

#### Acknowledgement

"본 연구는 방송통신위원회의 지원을 받는 방송통신표준기술력향상사업의 연구결과로 수행되었음"

#### 참고문헌

- [1] 최문환, 이상무, 조평동, 고속전철시설에 의한 전력유도현상의 종전압과 잠음전압과의 관계 분석, 한국정보통신학회 추계학술대회, 2011.10.28.
- [2] 한만대, 최문환, 이상무, 조평동, 고속전철 전자유도에 대한 급전소 유도 효과 실측 연구, 한국정보통신학회 종합학술대회, 2009. 10.30.
- [3] 대지저항률 측정 기술(TTAS.KO-04.0041), 한국정보통신기술협회, 2005.12.21.
- [4] 유도, 일본 전기통신협회, 1978.