

송전선로 주변 통신선의 유도장해 원인 분석

강연욱\*, 곽주식\*, 권동진\*, 심음보\*, 배주호\*\*, 김재준\*\*  
 한전전력연구원\*, 한국전력공사\*\*

The Inductive Interference of Communication Line Near by Transmission Line

Y.W. Kang, J.S. Kwak, D.J. Kweon, E.B. Shim, J.H. Bae, J.J. Kim  
 KEPRI, KEPCO

**Abstract** - The inductive interference can be happened on some of the communication line that is located near by paralleled transmission line. The causes of inductive interference are magnetic coupling, capacitive coupling and residual voltage at neutral point of transmission line. In this paper, after grounding the one side of communication line, we have measured the voltage to ground at the other side of it. And we also have measured the voltage to ground at the end of it without grounding. As a result, we proved that the cause of inductive interference is the difference of ground voltages.

과 같다. 통신선은 율드선으로 차폐된 케이블 구조로서 지하 콘크리트 구조물 안에 포설되어 있으며 총 공장은 약 7.2km 정도이다. 또한 통신선 주변에 345kV 송전선로가 약 1.1km, 154kV 송전선로도 약 0.9km 정도 병행하여 운전되고 있다.

통신시스템의 통신장해 원인이 통신선의 유도장해에 의한 것인지 아닌지를 판단하기 위해서는 일반적으로 그림2와 같은 방법으로 통신선의 한쪽 끝단을 접지하고 반대편 끝단에 나타나는 전압을 측정하며, 이때 측정된 전압을 유도 충전압이라 한다.

1. 서 론

송전선로 1선 지락고장시 전자유도 충전압이 제한치 이하일 경우에는 송전선로 상시 운전시의 경우에도 인근 통신선으로 유도되는 전자유도 충전압의 장해는 거의 없다. 그러나 최근 송전선로와 근접하여 포설된 고속도로 교통관리시스템에 일부구간에 통신장해 오류가 발생하여, 그 원인이 시스템 내부의 소자 파손에 의한 것인지 유도장해에 의한 것인지를 판단하기 위하여 전자유도 충전압을 측정하였으며, 측정 결과 유도 충전압이 기기 동작 제한치인 15[V]보다 큰 전압이 통신선에 발생함을 알 수 있었다.

통신선의 유도 장해는 주변 전력선에 의한 전자유도, 정전유도 및 송전선로 중성점의 잔류전압(residual voltage)에 의해 발생한다. 만일 통신선의 유도장해가 전자유도 및 정전유도에 의해 발생한 경우에는 통신선 차폐의 보강이 필요하고, 잔류전압에 의해 발생한 경우에는 성능이 우수한 피뢰기의 설치가 요구된다.

따라서 통신선에 유도장해가 발생하였을 경우, 대책 수립을 위해서는 유도장해 발생원인을 정확히 분석하는 것이 중요하며, 본 논문에서는 주변 전력선에 의한 통신선 각 구간별 유도 충전압 측정 및 플로팅 전압 측정 및 분석을 통해 유도장해 원인을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 검토 계통 및 유도 충전압 측정

본 논문에서 검토한 고속도로 주변의 통신선은 그림1

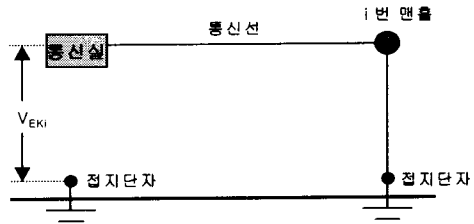


그림 2. 유도 충전압 측정회로

통신시스템의 내부고장 인지 유도장해에 의한 통신장해인지를 판단하기 위해 통신선과 17번 맨홀간의 유도 충전압을 측정하였으며, 측정 결과 그림3과 같이 48[V] 이상의 상용주파 전압이 측정되었고, 통신시스템 장해의 원인이 유도장해에 의한 것임을 알 수 있다.

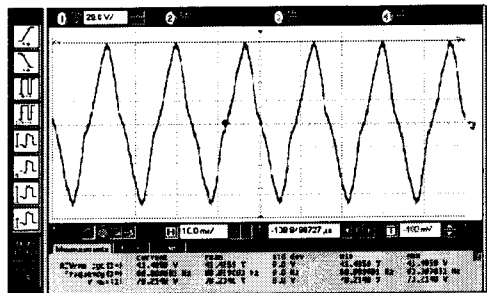


그림 3. 유도 충전압 측정 파형 예

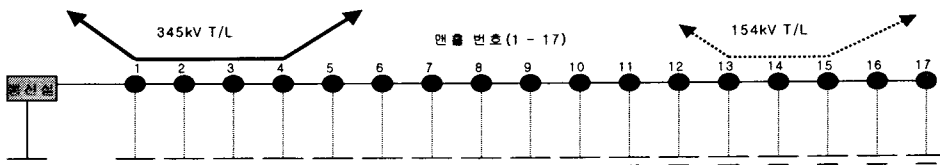


그림 1. 통신선로 및 주변 송전선로 배치도

## 2.2 전자유도전압 영향 검토

송전선로의 3상 불평형에 의해 영상전류가 흐르면 통신선과의 전자적인 결합에 의하여 통신선에 전압, 전류를 유도하게 되어 통신장해를 일으킬 수 있다.

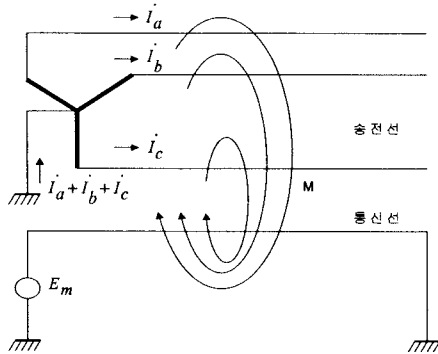


그림 4. 전자유도

전자유도전압은 그림4에 나타난 것처럼 송전선의 각 선에  $I_a, I_b, I_c$ 의 전류가 흐를 때, 이와 병행하여 가설된 통신선이 받는 전자유도전압  $E_m$ 은 송전선의 각 선과 통신선과의 상호인덕턴스를  $M[H/km]$ 라고 가정하면 아래의 식(1)과 같다.

$$E_m = -j\omega M \ell (I_a + I_b + I_c) = -j\omega M \ell (3I_0) \quad \text{-----(1)}$$

여기서,  $\ell$  : 병행길이 [km]

$I_0$  : 영상전류 [A]

식(1)의 계산에 있어서 송전선과 통신선의 상호 인덕턴스  $M$ 의 값은 Carson-Pollaczek 실험식 (2)에 의해 구할 수 있다.

$$M = 0.2 \log_e \frac{2}{\gamma d \sqrt{4\pi u \sigma}} + 0.1 - j \frac{\pi}{20} \quad [mH/km] \quad \text{-----(2)}$$

여기서,  $\gamma$  : 1.7811(Bessel constant)

$\sigma$  : 대지 도전율  $(\frac{1}{7} \times 10^5) \times 10^{-4} [csg \cdot emu]$

$\tau$  : 대지의 고유 저항  $[\Omega - cm]$

$d$  : 전력선과 통신선의 이격거리 [cm]

식(1)을 살펴보면 전자유도전압은 영상전류의 크기에 비례하고, 또한 통신선과 송전선의 병행길이에 비례하는 선형적인 특징을 갖는 것을 알 수 있다.

따라서 통신실에서 측정되는 유도 중전압의 크기가 전력선과 통신선의 병행길이의 증가에 따라 선형적으로 증가하는지를 조사하기 위해 통신실과 17개의 맨홀 각각의 구간별로 유도 중전압을 측정하였다.

측정 결과는 그림5와 같다. 유도 중전압의 크기는 통신실에서 측정된 값과 맨홀에서 측정된 값이 같음을 알 수 있다. 그러나 통신선과 송전선의 병행길이의 증가에 따라 유도 중전압이 선형적으로 증가하지 않고 랜덤한 전압이 측정되었으며, 병행길이의 변화가 없는 구간에서는 일정한 전압을 유지하지 않고 역시 랜덤한 전압이 측정되므로, 유도 중전압의 발생원인을 전자유도현상으로 판단하기 어렵다.

또한 유도 중전압 측정시 송전선로는 정상상태로 운전되고 있었으므로 영상전류의 크기는 작은 값이고, 이로 인한 통신선의 전자유도전압이 15[V]이상 나타날 수 있다고 판단하기는 어렵다. 정전유도의 경우는 통신선이

차폐된 구조를 갖는 케이블을 사용하고 있으므로 이의 영향도 거의 없는 것으로 판단된다.

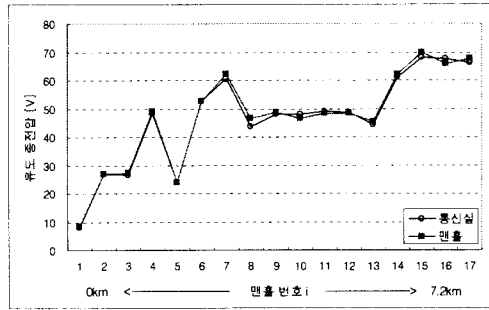


그림 5. 유도 중전압 측정 결과

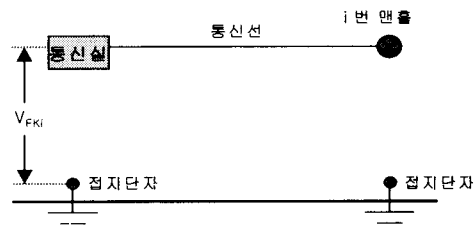
## 2.3 잔류전압 영향 검토

3상 대칭 송전선에서는 보통의 운전상태에서 중성점의 전위는 항상 0이다. 따라서 중성점을 접지하더라도 중성점으로부터 대지에는 전류가 흐르지 않는다. 그러나 실제의 선로에 있어서는 각 선의 정전용량에 약간의 차이가 있기 때문에 그 중성점은 전위를 가지게 된다. 이 때문에 중성점을 접지하면 보통의 운전상태에서도 약간의 전류가 흐르게 된다. 이것은 기본 주파수의 단상전류인데 이 전류가 커지면 근접된 통신선에 유도장해를 일으키는 등 나쁜 영향을 미치게 된다. 이처럼 보통의 운전상태에서 중성점을 접지하지 않을 경우 중성점에 나타나게 될 전위를 잔류전압이라 한다.

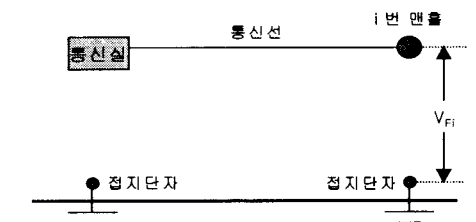
송전선로 각 상 대지 어드미턴스의 불평형에 의해 중성점으로부터 대지에 전류가 흐르고, 이로 인한 대지의 영상전압에 의해 통신선에 나타나는 유도장해를 분석하는 것은 현실적으로 불가능하다.

따라서 본 논문에서는 송전선로 중성점에 흐르는 전류 및 대지저항의 특성을 고려하지 않고, 단지 플로팅 전압의 측정을 통한 통신선의 유도장해 원인을 분석하였다.

### 2.3.1 플로팅 전압 측정 데이터



(a) 통신실에서 측정시,  $V_{FKi}[V]$



(b) 맨홀에서 측정시,  $V_{Fi}[V]$

그림 6. 플로팅전압(Floating Voltage) 측정회로도

그림6과 같이 통신선을 플로팅 시킨 후 대지와 플로팅

된 통신선간에 나타나는 전위를 측정하였으며, 이때 측정된 전압을 플로팅 전압이라 한다. 플로팅 전압은 17개 맨홀 모두에서 각각 측정하였으며, 각 맨홀에서 측정시 통신실에서 플로팅 전압을 측정하였다.

플로팅 전압을 측정한 결과 유도 충전압의 측정 결과와는 다르게 통신실에서 측정된 플로팅 전압과 맨홀에서의 플로팅 전압간에 차이가 발생했으며, 그 결과는 아래의 그림7과 같다.

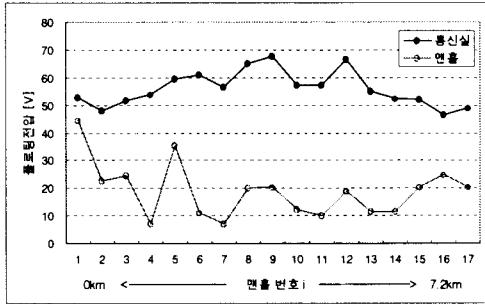


그림 7. 통신실과 맨홀의 플로팅 전압

### 2.3.2 플로팅 전압과 유도 충전압의 관계 분석

플로팅 전압과 유도 충전압의 관계를 분석하기 위해 통신실에서 측정된 플로팅 전압(52.8V)과 같은 시간 1번 맨홀에서 측정된 플로팅 전압(44.8V)이 충전선로 각 상대지 어드미턴스의 불평형에 의해 중성점으로부터 대지에 흐르는 전류에 의해 나타나는 대지의 영상전압이라고 가정하면 그림8과 같이 표현할 수 있다.

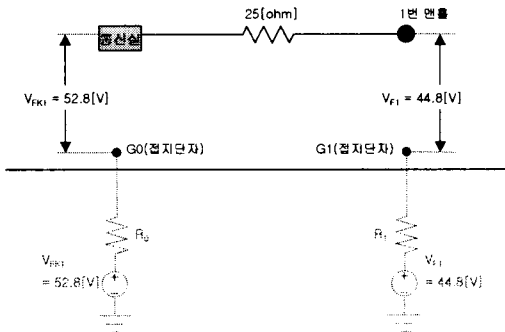


그림 8. 통신실과 1번 맨홀의 플로팅 전압 등가회로

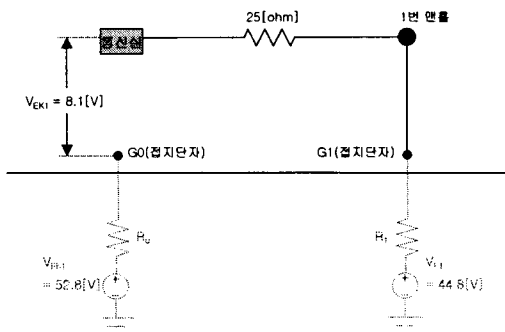


그림 9. 통신실과 1번 맨홀의 유도 충전압 등가회로

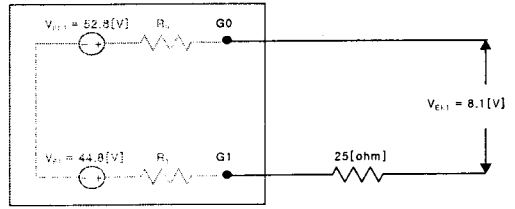


그림 10. 유도 충전압의 테브난 등가회로

그림8의 등가회로에서 1번 맨홀을 접지하여 다시 그림9와 같이 통신실과 1번 맨홀간의 유도 충전압 측정회로와 같게 되며, 테브난 등가회로로 표시하면 그림10과 같다.

그림8, 9, 10에서 살펴본 것과 같이 통신선의 유도 충전압은 충전선의 불평형에 의해 나타나는 대지 전위차임을 알 수 있으며 식(3)과 같다.

$$V_{EKi} \approx V_{FKi} - V_{Fi} \quad \text{-----(3)}$$

여기서  $i$  : 맨홀 번호(1,2,3,.....17)

$V_{EKi}$  : 통신실과  $i$ 번 맨홀간의 유도 충전압

$V_{Fi}$  :  $i$ 번 맨홀에서 측정된 플로팅전압

$V_{FKi}$  :  $i$ 번 맨홀 플로팅전압 측정시 통신실에서 측정된 플로팅전압

식(3)이 1번 맨홀외의 다른 맨홀 구간에서도 성립하는지 계산한 결과 그림11과 같이 유도 충전압이 다른 구간에서도 대지 전위차임을 알 수 있다.

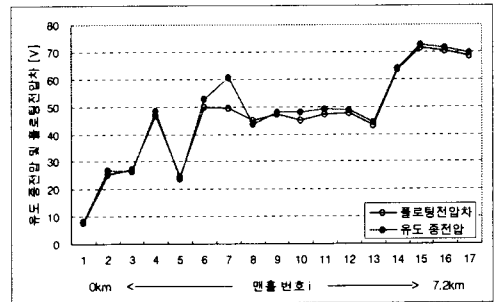


그림 11. 유도 충전압과 플로팅 전압차의 비교

### 3. 결 론

이상 살펴본 것과 같이 본 논문에서 분석한 통신선의 유도장해는 잔류전압의 영향임을 알 수 있었으며, 통신선의 유도장해의 원인을 분석하는 방법으로 구간별 유도 충전압의 측정 및 플로팅 전위를 측정이 유효함을 알 수 있었다. 또한 본 논문에서 분석한 이 통신선의 경우, 성능이 우수한 피뢰기 설치나 광통신 방식의 통신시스템 운용이 필요하다고 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 송길영, "송배전공학", 1989
- [2] "직접접지 충전선 유도대책 수립을 위한 용역보고서", 한국과학기술연구소, 1973
- [3] "전력유도의 구체적 산출방법에 대한 기술기준", 정보통신부 고시 제2003-5호 2003
- [4] "전기통신설비의 기술기준에 관한 표준시험방법", 정보통신부 고시 제2003-6호, 2003