

22.9kV 가공배전선로의 뇌 과전압 실규모 측정시스템

류 희석\*, 정 동학\*, 남 기영\*, 이 재덕\*, 김 대경\*, 박 상만\*\*, 정 영호\*\*  
 \*한국전기연구원, \*\*전력연구원

An Experimental Study for the Real Scale Impulse Measurement Setup of Overhead Distribution Lines

Hee-Suk Ryou\*, Dong-Hak Jung\*, Kee-Young Nam\*, Jae-Duck Lee\*, Dae-Kyung Kim\*, Snag-Man Park\*\*, Yeong-Ho Jeong\*\*  
 \*KERI, \*\*KEPRI

**Abstract** - 22.9kV급 가공배전선에서의 뇌격현상은 직접측정이 어렵기 때문에 지금까지 절연협조수준의 도출은 수치적인 모의해석과정에서 얻어진 과전압강도를 근거로 하고 있다. 대표적인 모델에 대해서 만이라도 실측자료를 확보할 수 있다면 해석과정의 정확도를 높이는 중요한 전기가 될 수 있다. 이러한

가공배전선로의 뇌격현상을 측정하기 위한 상용설비를 이용한 경제적 측정시스템을 구성하였다. 접지회로에서 발생하는 과전압으로 인한 인명뿐 아니라 계측설비의 안전성도 확보하고 과 경계성확보를 위하여 전주 중간에 장시간용 UPS 및 파형측정설비를 2중 차폐함 안에 넣어 1점 접지상태가 되도록 고정하고 측정point에 HV divider 및 로고스키코일을 설치하여 한 지점에서의 측정회로를 구성하였다. 전체적으로 뇌격전류 주입 위치에서부터 3지점을 선정하여 측정설비를 설치하고 경제적인 RS485 multi-drop 회로를 구성하여 통신망을 확보하였다. 직렬통신망에는 뇌격시험 시 발생하는 과전압에 대한 보호회로로서 간단한 수동식 개폐회로를 구성하였다.

측정파형을 전체적으로 전송받는 속도가 약간 늦기는 하나 간단한 data acquisition program을 사용하여 전체 측정회로를 가동시킬 수 있었다.

1. 서 론

공기절연 및 복합절연계통으로 구성된 가공배전계통의 절연협조는 주로 뇌격현상에 대해 규정된다. 주로 파고치로 규정되는 최고전압 값을 표준파형의 파두장을 기준으로 결정된다. 도시근교지역에 많이 설치되는 가공배전선로는 주위 구조물 또는 수목 등과의 이격거리를 확보하고, 자연적으로 발생하는 뇌격현상이 수용가로 전달되지 않도록 하기 위해 필요한 설계 기준과 시설을 확보해야하지만, 경제적인 고려도 필요하므로 최소한의 확률적인 고장률을 담보하게 된다. 따라서 절연강도 부근에서 실제 선로에서 발생하는 과전압의 크기가 경제성을 좌우하게 되고, 절연협조상의 각 설비 및 선로구조물에 적용되는 내전압 값의 크기가 중요해진다.

현재까지 실제 계통에서 발생하는 뇌격현상을 실측하기 어려웠기 때문에 Software tool을 이용한 분석적인 기법이 적용되어 왔다. 이러한 해석과정에서는 접지저항특성, 선로임피던스 등 입력해야하는 여러 인자들을 기준으로 결과가 산출되기 때문에 해석과정의 정확도 확보도 중요하지만 각 인자의 정확한 특성도 중요한 요소이다. 그러나 접지저항만 해도 주파수나 토양의 수분, 온도 등 여러 환경인자의 영향을 받는 가변특성이기 때문에 모든 경우에 적용되는 특성을 반영한다는 것은 거의 불가능에 가깝다. 따라서 해석과정의 전체적인 정확성확보를 위해서는 대표적인 모델case에 대해서만이라도 실측이 필요하지만 현재까지 경제적 사회적 여러 가지 측면에서 생략되어 왔던 것이 현실이다.

이러한 애로사항을 해결하고 배전계통의 신뢰도 및 경제성을 높이기 위해 필요한 실규모 뇌격현상의 실측시스

템을 구성하였다.

2. 본 론

2.1 뇌격현상에 대한 검토<sup>[1]</sup>

2.1.1 유도회

자연현상인 뇌격파가 선로에 간접적으로 미치는 영향을 설명하는 이론적인 방법으로서 정전유도와 자기유도 두 가지가 있다. 정전유도현상은 직접적인 구름과 대지간의 대전현상을 의미하며 공기 중의 대전전하가 사라지면 같이 사라지기 때문에 배전선로에 미치는 영향은 그리 크지 않다. 자기유도현상은 그림1.과 같이 지상으로 이동하는 뇌격전류의 영향으로 배전선로의 모든 부분에서 거의 동시에 발생하여 중첩 전파되기 때문에 상당한 크기의 전압이 발생할 가능성이 많고 뇌격지점에서부터 가까운 지점이 높은 분포특성을 갖는다. 따라서 뇌격지점과 배전선로 사이의 거리와 뇌격의 크기가 중요한 인자가 된다. 표1.은 지속적인 뇌격현상 위치감시시스템인 LPATS의 기록이다. 20kA 이하의 뇌격이 90%를 차지하는 것을 알 수 있다.

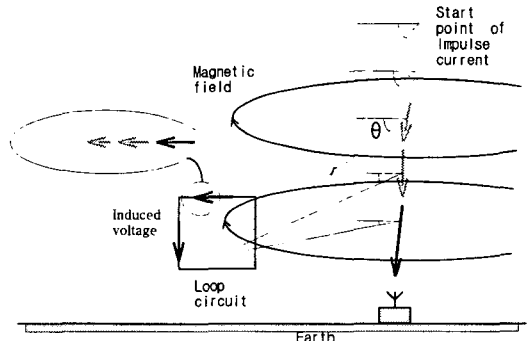


그림 1. 전자기적 유도회 발생원리

표 1. 국내의 뇌격현상 분포기록

[kA]	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~200
Number	49,747	3,831	360	195	74	4
%	92	7.1	0.7	0.4	0.1	0.01

측정설비를 설계하기 위해서는 실 선로에 나타날 가능성이 있는 과전압 크기를 해석적인 방법으로 예상하여 보았다. 다음과 같은 조건에서 해석한 과전압의 크기를 표2.에 종합하였다.

- 가공선로 형태 : 수평1회선, 가공지선, 표준형 콘크리트 전주
- 뇌격지점 : 가공선로에서 100m 떨어진 지점
- 뇌격파형 :  $2 \times 70 \mu s$
- 접지저항 : 50Ω

표 2. 가공선에 유도되는 최고 전압예상치

Impulse Current [kA]	10	20	30	40	50	70	100	150	200
Crest Factor [kV]	17	33	50	67	84	117	163	250	334
Rising Time [ $\mu$ s]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

지배자의 섬락전압이 180kV이므로 피뢰기의 효과를 고려하지 않는다면 시험전류는 100kA 이상이 필요하게 된다. 배전급 피뢰기의 운전전압 수준이 65kV이므로 뇌격점 부근에 피뢰기가 설치된다고 할 때 100m 떨어진 지점에서 40kA 정도의 뇌격전류가 필요하게 된다. 실제로 국내의 가공선로는 절연된 도체를 사용하므로 필요한 유도전압은 추정 값 보다 높아질 것으로 예상된다.

### 2.1.2 직격뢰

도시근교에 있어서 배전선 상도체에 직격뢰가 도달할 가능성은 매우 낮다. 개괄지에 있어서도 가공지선이 차폐효과를 확보하기 때문에 아주 적은 크기의 뇌격현상만이 상도체에 직접 도달할 가능성이 있다. 가공지선의 차폐효과를 고려한 해석과정을 거쳐 얻은 직격뢰의 크기는 8.2kA 이하이다.

## 2.2 실증선로 및 측정system 구성

### 2.2.1 실증선로

전북 고창에 위치한 길이 4km의 실증선로를 이용하여 기 위하여 실 배전계통과 연결되는 부분을 그림2.에서와 같이 tie선로를 구성하여 분리하였다.

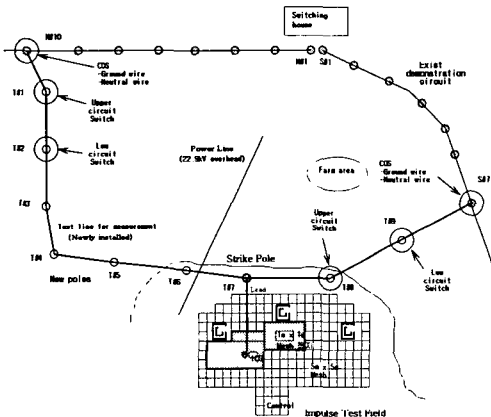


그림 2. 실규모 측정용 실증선로의 구성

그림2.에서와 같이 16m 표준 장주에 상하 2단 회로를 구성하고 양측에 개폐기를 달아 상도체를 절체 할 수 있게 하고 가공지선과 중성선은 수동COS를 이용하여 절체할 수 있게 하였다. 6번 전주에 실제 배전계통과 같은 주상변압기를 삼상으로 배치하고 중성선 아래쪽으로 좌우 500m 씩 저압 삼상선로를 구성하였다. 30개 이상의 피뢰기를 설치하되 필요에 따라 연결상태를 바꿀 수 있도록 콘넥터를 설치하였다. 접지상태를 바꿀 수 있도록 각 전주 당 6종의 접지봉을 분포하여 설치하고 연결선을 인출하여 필요에 따라 변화시킬 수 있게 하였다.

### 2.2.2 측정요소 및 측정설비

가장 일반적인 경우인 가공지선 뇌격의 경우 그림3.과 같은 형태의 과전압이 나타난다. 연구의 목적에 따라 상도체에서 발생하는 과전압은 반드시 측정할 필요가 있으므로 과전압이 가장 높을 것으로 예상되는 뇌격전류 주입지점과 다음 지점까지의 상도체에는 파고치 350kV의 divider를 금구위에 설치하고 10경간 이상 떨어진 지점에는 195kV divider를 설치하였다. 전류 주입지점에는 중성선에도 상당한 크기의 전류가 분배될 가능성

이 있으므로 divider를 설치하여 측정입력을 확보하였다. ICG에는 0.1 $\Omega$  Shunt를 사용하여 총 인가전류를 측정하고 각 전주 및 중성선, 접지선등에는 로고스키 코일을 설치하여 뇌격전류를 측정할 수 있게 하였다. 그림4.는 전류 주입지점인 7호주의 측정설비 배치도이다.

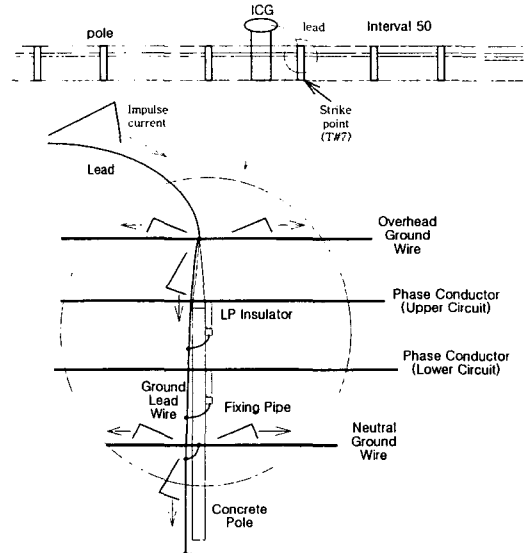


그림 3. 뇌격전류 주입지점에서의 전류분포예상도

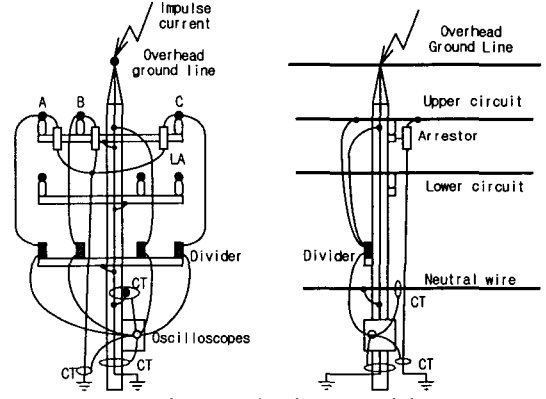


그림 4. 7호 전주의 Sensor 배치

### 2.2.3 파형측정설비

고전압파형을 측정하기 위해서는 접지계통에 대한 정확한 분석을 근거로 각 측정지점에서의 기준점 확보 및 계측기의 안전성, 기준전압의 확보 등이 필요하다. 이러한 필요성을 만족시키기 위해서 센서를 제외한 측정기를 보강된 독립형 UPS와 결합하여 2중 차폐함 안에 설치하고 전주의 한 지점에 고정하여 접지회로상의 기준을 설정하였다. 그림5.는 설치된 측정설비기록이다.

### 2.2.4 Data acquisition을 위한 통신설비

실증선로 상 측정지점이 농로를 따라 1km이상 분포되어 있기 때문에 한정된 인력으로 실규모 시험을 진행하기 위해서는 측정점에서 얻어진 파형을 제어실에서 실시간으로 수집하고 점검하여야 한다. 이를 위하여 과전압에 대해 안전성을 확보하기 쉬운 1:1 광통신이나 무선송수신 방식 등을 검토하였으나 막대한 예산이 소요되어야만 하고, 각 측정점에서의 안전된 동작특성을 담보하기 위해서는 상당한 기간의 시운전과 준비기간이 필요한 것으로 검토되었다. 한정된 예산에 만족하면서 현장

에서 필요한 만큼의 안정성을 확보하기 위하여 그림6.과 같은 직렬통신망을 설계하였다.

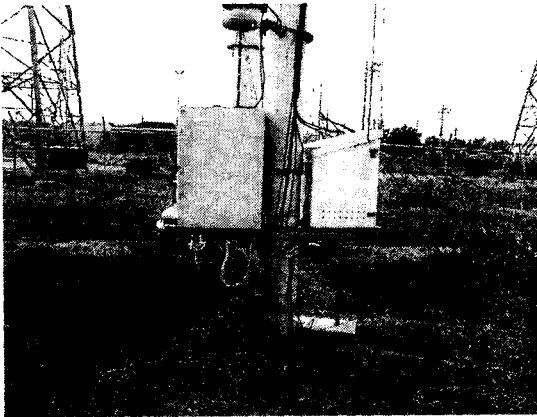
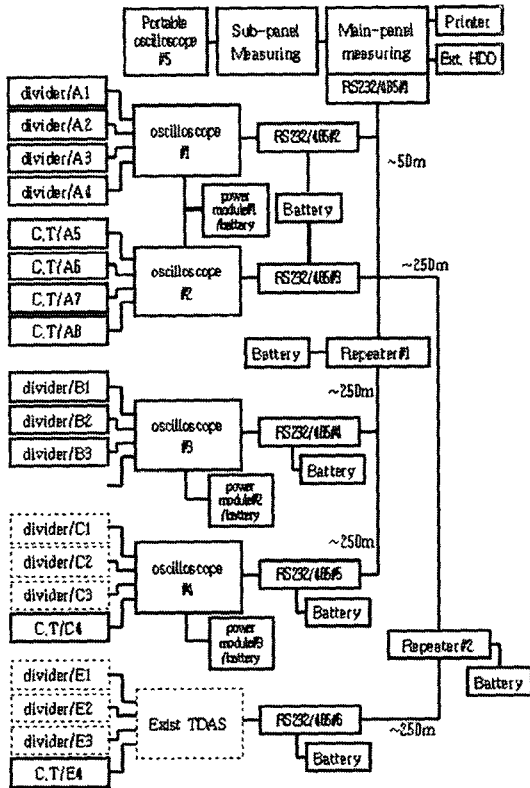


그림 5. 현장에 설치된 파형측정설비 외함



< Serial Communication System >

그림 6. 실규모 뇌격측정을 위한 통신회로구성

그림6.과 같은 통신망을 구성하기 위해서는 1km이상 에 걸친 유선 통신선로가 필요하다. 이 선로는 뇌격지 점에서 가깝기 때문에 수kV 이상의 과도전압이 유기되고 연결된 전자설비에 손상이 발생할 가능성이 매우 높았다. 이러한 문제점은 뇌격인가 시 선로와 통신설비 파형측정설비를 상당한 내전압특성을 확보할 수 있도록 수동 절환 할 수 있는 간단한 개폐장치를 설계하여 해결 하였다. 최종 시운전과정에서 총 16개 파형을 수집하기 위해 30분 이상이 걸리는 문제점이 노출되어 파형전 달과정을 점검과 acquisition으로 이원화하였다.

### 2.3 시운전 결과

이상과 같은 과정을 걸쳐 확보된 측정설비의 시운전과정에서 그림7,8과 같은 결과를 얻었다.

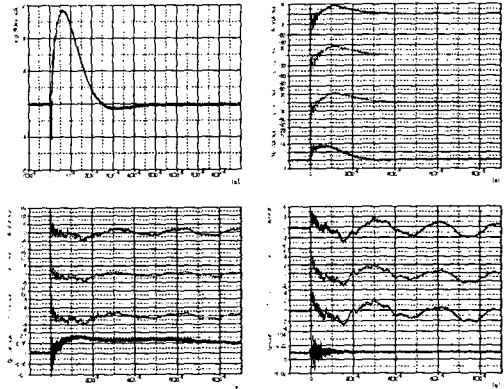


그림 7. 유도뢰전압 측정결과

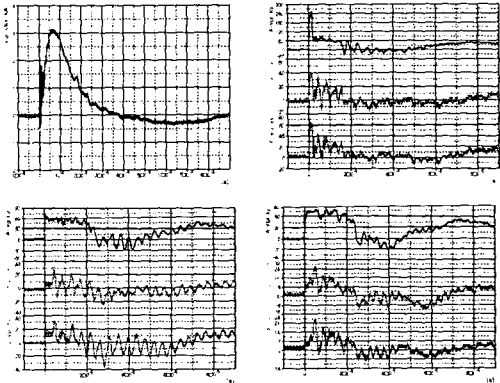


그림 8. 직격뢰전압 측정결과

### 3. 결 론

실규모 실증선로에서 배전계통에서 발생할 가능성이 있는 실제 크기의 뇌격현상을 측정해야 한다는 명제를 한정된 예산 내에서 성취하기 위하여 다양한 부분의 검토과정을 거쳐 설계 하였다. 여러 가지 문제점이 있었고 실제과정에서 어려움을 해결해야 하였지만 국내 최초 일 뿐 아니라 세계적으로도 몇 안 되는 설비를 확보 할 수 있었다.

배전계통의 안전성을 증진시키고 경제성을 높이기 위해 유용할 것으로 예상된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한전, "뇌격대책", 설계기준3800, 1995
- [2] 임용혁 외, "배전선의 뇌격현상에 대한 IKL도 작성 및 대책연구", 전력연구원 연구보고서, pp264~268, 1988
- [3] 한전, "지지금구", 설계기준3100, 1999
- [4] 한전, "배전기자제 운용지침", ppII 2~II 4, 2000
- [5] W. Diesendorf, "Insulation Co ordination in High Voltage Electric Power Systems", Butterworth, pp56, 1974