

# 배전피뢰기용 접지도선의 효과적인 설치기법

## Effective Installations Technique of Grounding Conductors for Metal Oxide Surge Arresters

李 福 熙\* · 姜 成 萬\*\* · 兪 仁 善\*\*\*

(Bok-Hee Lee · Sung-Man Kang · In-Sun Ryu)

**Abstract** - This paper deals with the effects of grounding conductors for metal oxide surge arresters. When surge arresters are improperly installed, the results can cause costly damage of electrical equipments. In particular, the route of surge arrester connection is very important because bends and links of leads increase the impedances to lightning surges and tend to nullify the effectiveness of a grounding conductor. Therefore, there is a need to know how effective installation of lightning surge arresters is made in order to control voltage and to absorb energy at high lightning currents. The effectiveness of a grounding conductor and 18 [kV] metal oxide distribution line arresters was experimentally investigated under the lightning and oscillatory impulse voltages. Thus, the results are as follows:

- (1) The induced voltage of a grounding conductor is drastically not affected by length of a connecting line, but it is very sensitive to types of grounding conductor.
- (2) The coaxial cable having a low characteristic impedance is suitable as a grounding conductor.
- (3) It is also clear from these results that bonding the metal raceway enclosing the grounding conductor to the grounding electrode is very effective because of skin effect.
- (4) The induced voltages of grounding conductors for the oscillatory impulse voltages are approximately twice as large as those for the lightning impulse voltages.

**Key Words** : Surge arrester, Lightning and oscillatory impulse voltages, Grounding conductor, Bonding, Skin effect, Induced voltages

### 1. 서 론

최근 이상기후로 낙뢰의 발생빈도가 높아지고 있다. 낙뢰로부터 전력설비 피해를 최소화시키는 것은, 전력을 안정적으로 공급할 수 있어 정보산업사회의 발달과 생활수준 향상을 위해 매우 중요하다. 국내 전기에너지 수요의 급증은 전력공급규모를 765 [kV] 송전선로와 같은 대전력 수송능력을 갖춘 복잡한 전력계통 설비를 필요로 하게 되어 충분한 공급능력을 확보하는 전력계통운영의 고신뢰성이 요구되고 있다. 각종 전력기기가 일정 사용범위 내에서 주어진 기능을 발휘하기 위해서는 비정상적으로 유입되는 서지 보호를 위한 안전장치를 마련해야 한다. 전력계통 고장의 원인인 낙뢰에 의한 이상전압으로부터 선로와 기기 등의 전력설비를 보호할 목적으로 설치하는 전력용 피뢰기는 계통에 침입하거나 발생하는 서지를 흡수하여 전력계통에 미치는 영향을 감소 또는 제거하는 장치이다.<sup>[1~3]</sup> 전력계통에 성능이 매우 우수한 피뢰기를 시설하였다고 하더라도 적절하지 못한 방법으로 설치하였다

면, 그 기능을 충분히 발휘하지 못하며 넘쳐지나 개폐서지에 의해 전력기기의 손상이나 파손을 유발시킬 수도 있다. 따라서 본 논문에서는 피뢰기의 신뢰도를 높여 전력설비의 보호 성능을 향상시키기 위해서는 효과적인 피뢰기 접지도선의 설치기법이 필요하다. 따라서 최근 배전선로에 가장 많이 설치되고 있는 산화아연형 피뢰기의 전기적 특성을 파악하고 뇌임펄스전압과 진동성 임펄스전압에 의한 접지도선의 유도전압을 비교·분석하였다.

실제 배전선로에 설치되어 있는 피뢰기의 설치조건을 모의하기 위해 피뢰기의 접속선 길이 1 [m]와 2.5 [m]에 대한 형상을 직선, U모양, 등글게 꼬인 모양으로 바꾸어 가면서 피뢰기 하단에 연결된 접지도선에 방전전류가 1 [kA]가 흐를 때를 기준으로 여러 가지 설치조건에 따른 유도전압을 측정하고 비교하여 피뢰기의 성능에 미치는 영향을 평가하였다. 또한 접지도선으로는 동일한 굵기의 피뢰침용 인하도선으로 사용되고 있는 낮은 특성임피던스의 동축케이블(LCIC)과 GV선 그리고 22.9 [kV]용 CNCV 케이블을 사용하여 접지도선의 종류별 유도전압의 변동을 분석하였다. GV선의 경우에는 금속전선관과 접지도선의 본딩유무, LCIC과 CNCV 케이블의 경우에는 금속외피(shield)와 접지도선의 본딩유무에 따른 피뢰기의 보호효과를 검토함으로써 피뢰기의 접지도선 설치기법에 대한 최적화 방법을 제안하였다.

\* 正 會 員 : 仁荷大學 電氣工學科 教授

\*\* 正 會 員 : 仁何大學 電氣工學科 博士課程

\*\*\* 正 會 員 : 韓國電力公社

接受日字 : 2002年 2月 26日

最終完了 : 2002年 4月 9日

## 2. 관련 이론

피뢰기(LA)는 피보호 전력기기 또는 선로와 대지사이 에 설치하여 뇌서지나 개폐서지 등의 과전압서지를 대지에 방전 시켜 과고치를 제한하여 전력설비의 절연을 보호함과 더불어 계통의 정상운전 상태에 요란을 주지 않고 이상전압이 소멸 된 후 원상태로 복귀시키기 위한 보안장치이다. 피뢰기의 도 선은 그림 1과 같이 상도체로부터 피뢰기까지의 접속선(LL) 과 피뢰기로부터 접지극까지의 접지도선(GL)으로 이루어진 다. 도선의 인덕턴스에 영향을 미치는 인자는 도선의 종류, 굵기, 배치, 형상 등이 있다.<sup>[4-6]</sup> 피뢰기의 접속선의 형상은 직선으로 곧게 연결된 경우와 "U"자 모양으로 연결된 경우가 일반적이며, 실제 현장에 가장 많이 시공된 형상인 "U"자 모 양의 대표적인 경우를 그림 1에 사진으로 나타내었다.

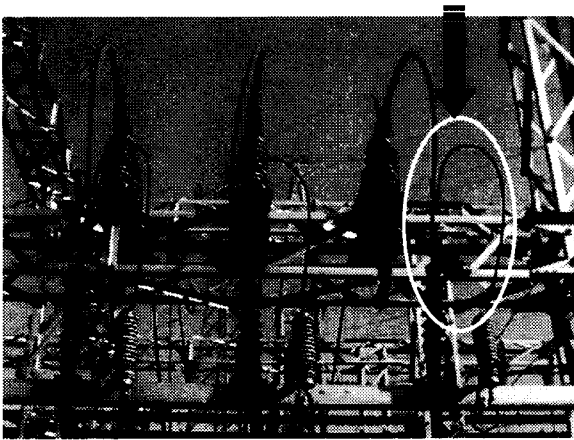


그림 1 접속선의 형상이 "U"자 모양으로 설치된 사진  
Fig. 1 Photo. of the connecting line with "U" form

뇌격전류가 피뢰기에 유입되었을 때 피보호기기에 나타나는 제한전압은 식 (1)과 같이 접속선과 접지도선의 인덕턴스 에 의한 유도전압( $V_L$ ), 피뢰기의 제한전압( $V_a$ ), 그리고 접지 극의 과도임피던스에 의한 전압( $V_g$ )의 합으로 나타난다. 즉, 피보호기기의 절연강도는 이들 전체 전위상승분에 비해 높게 설계되어야 한다.<sup>[2]</sup> 여기서 피보호기기의 절연은 접지임피던 스가 작고 접속선의 인덕턴스가 작을수록 여유가 크다는 것 을 알 수 있다. 그림 2에서 피보호기기에 나타나는 제한전압 을 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다.

$$V_R = V_L + V_a + V_g \quad (1)$$

$$V_L = V_{LL} + V_{GL} + V_r = L \frac{di}{dt} + ri \quad (2)$$

$V_R$ : 전체 제한전압       $V_L$ : 도선의 유도전압  
 $V_{LL}$ : 접속선의 인덕턴스       $V_{GL}$ : 접지도선의 인덕턴스  
 $V_r$ : 도선의저항       $V_a$ : 피뢰기의 제한전압  
 $V_g$ : 접지극의 전압

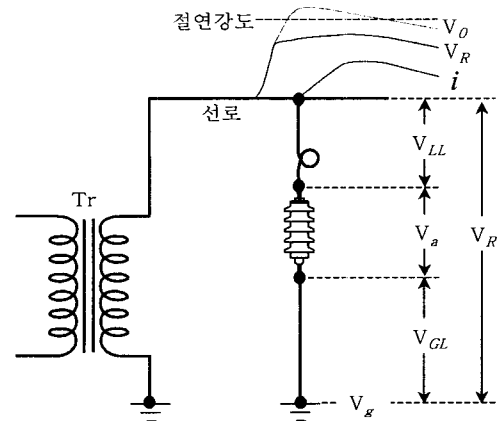
접속선 및 접지도선에 유도되는 전압은 식 (2)와 같이 방 전전류와 동위상으로 나타나는 도체의 저항에 의한 전위상승 과 인덕턴스에 의하여 방전전류의 미분형으로 나타나는 전위

상승의 합으로 표현할 수 있다. 여기서 피뢰기에 흐르는 뇌 격전류의 경우 매우 큰 과고치와 빠른 상승시간을 가지므로, 접지도선의 저항에 의한 전압강하(ohmic voltage drop)는 뇌 격전류의 변화율에 의한 유도전압에 비해서 무시할 수 있을 정도로 작고, 대체적으로 접지도선의 유도전압은  $L \frac{di(t)}{dt}$  로 전류의 변화율에 비례한다. 즉, 접지도선의 전압강하는 주 로 인덕턴스에 의하여 형성된다.

반경  $r$  [m], 길이  $l$  [m]인 동선(비투자율 1)의 인덕턴스 는 다음 식 (3)과 같이 산출할 수 있다.<sup>[7]</sup>

$$L = 2l \left( \ln \frac{2l}{r} - \frac{3}{4} \right) \times 10^{-7} [H] \quad (3)$$

만약 단면적 38 [mm<sup>2</sup>], 30 [m]의 동선을 접지도선으로 사용 하였다면 접지도선의 리액턴스는 60 [Hz]에 대해서 0.02 [ $\Omega$ ] 이지만 100 [kHz]에서는 약 34 [ $\Omega$ ]으로 대단히 큰 값을 나 타내므로 무시할 수 없는 특성량으로 된다.



$V_0$ : 뇌임펄스전압       $i$ : 피뢰기의 방전전류  
 $V_{LL}$ : 접속선의 유도전압       $V_a$ : 피뢰기 자체 제한전압  
 $V_{GL}$ : 접지도선의 유도전압       $V_g$ : 접지극의 전압  
 $V_R$ : 전체 제한전압

그림 2 이상전압에 의해 방전될 때의 전압강하  
Fig. 2 Voltage drop during the discharge due to overvoltages

## 3. 실험장치 및 실험방법

그림 3에 뇌임펄스전압과 진동성 임펄스전압을 발생시킬 수 있는 임펄스전압 발생장치의 개략도를 나타내었다. 스위치  $S_w$ 를 개방시키고 구갯  $G_2$ (직경 150 [mm])를 단락시킨 상태에서 Marx 임펄스전압 발생장치만의 동작으로 뇌임펄스전압을 발생시킨 다. 또한 스위치  $S_w$ 를 투입시킨 상태에서 Marx 임펄스전압 발생장 치를 동작시켜 방전구갯  $G_2$ 가 섬락되면 진동성 임펄스전압이 발생 한다.

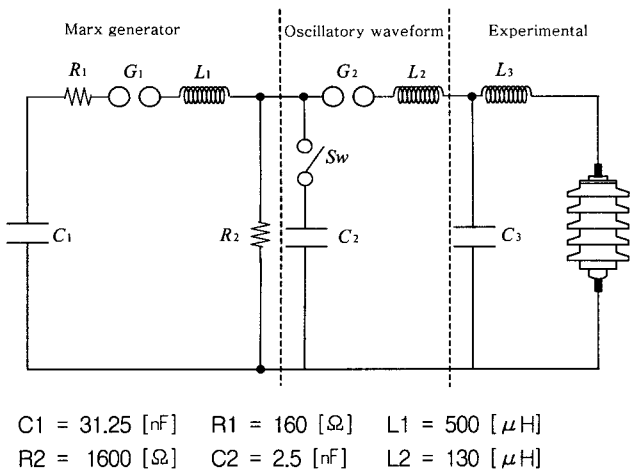


그림 3 임펄스전압 발생장치의 등가회로  
 Fig. 3 Equivalent Circuit diagram of the impulse voltage generator

임펄스전압 발생장치에서 발생하는 뇌임펄스전압과 진동성 임펄스전압에 대한 전형적인 인가전압의 파형의 예를 그림 4에 나타내었다. 이 때 발생한 진동성 임펄스전압 파형은 회로의 인덕턴스와 고전압용 콘덴서의 용량을 조절함으로써 파형의 진폭과 진동주파수 등을 바꿀 수 있다. 뇌임펄스전압의 파두시간( $T_f$ ) 및 파미시간( $T_r$ )의 크기는 약 1.2/40 [ $\mu$ s]이고, 진동성 임펄스전압의 상승시간은 약 200 [ns]이며, 진동주파수는 약 1 [MHz]이다.

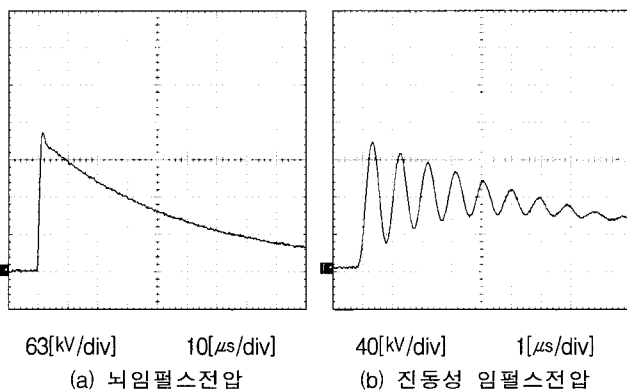


그림 4 뇌임펄스와 진동성 임펄스전압 파형의 예  
 Fig. 4 Typical waveforms of the lightning and oscillatory impulse voltages

피뢰기의 접지도선은 전기설비 기술기준 제73조에 규정된 철근콘크리트주의 길이를 기준하여 20 [m]로 정했으며, 피뢰침용 인하도록인 특성임피던스가 낮은 케이블(Low-characteristic impedance cable : LCIC ; 특성임피던스 3 [ $\Omega$ ])과 접지공사에 흔히 사용하고 있는 GV, 22.9 [kV] 수전용 인입선으로 사용하는 CNCV 케이블로 분류하여 실험하였다.<sup>[8]</sup> 본당조건에 따른 전기적인 특성을 조사하기 위해, GV전선을 넣는 금속관으로는 실험실내에서 다루기 용이한 38 [mm] 가요전선관을 사용했고, LCIC와 CNCV 케이블의 경우에는 금속시스

(shield)를 금속관으로 대용하여 실험하였다. 또한 접속선은 한국전력공사 배전분야 설계기준 3800(배전선 내외기준)의 설치방법에서 제시하고 있는 “절연전선 5 [mm] 이상”인 규정을 따라 실제 시공시 대부분 P.D.C 5[mm] 단심(가교폴리에틸렌 절연전선)과 5 [mm] 이상 GV전선을 사용하므로 본 실험에서는 GV 22 [mm]를 사용하였다.<sup>[9]</sup>

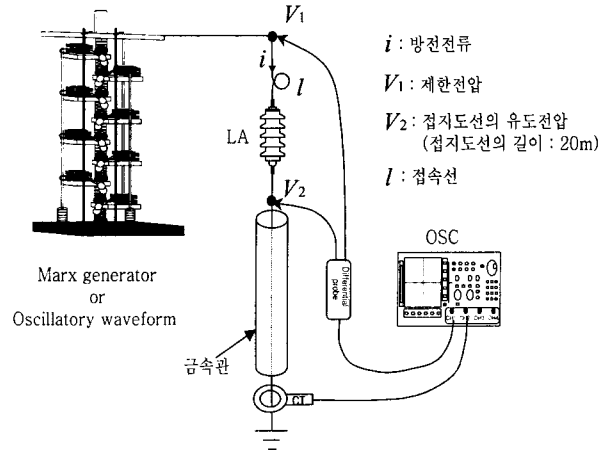


그림 5 측정회로의 개략도  
 Fig. 5 Schematic diagram of the measuring circuit

그림 5는 피뢰기 실험에 사용한 측정회로의 개략도를 나타낸 것이다. 1.2/40 [ $\mu$ s] 뇌임펄스전압 및 200 [ns]/1 [MHz] 진동성 임펄스전압에 대하여 접속선의 길이가 1 [m]와 2.5 [m]인 경우에 대하여 접지도선이 GV, 피뢰침용 인하도록인 LCIC, 22.9 [kV]용 CNCV에 대한 실험을 수행하였다. 접속선의 길이는 한국전력공사 배전 설계기준 3800(배전선 내외기준)의 설치방법에서 케이블 입상주에 설치되는 피뢰기의 접속선은 1 [m]이하가 되도록 설치하며 시공상 부득이하고 공칭방전전류가 5 [kA]인 피뢰기를 사용하는 경우에는 2.5 [m]이하로 할 수 있도록 되어 있어, 1 [m]와 2.5 [m]로 구분하여 실험하였고, 본당조건은 GV의 경우 금속전선관 상하단에서의 본당여부를 의미하며, LCIC와 CNCV의 경우 금속시스와의 본당여부를 말한다. 접속선의 형상은 직선으로 끝까지 연결된 경우와 “U”자 모양으로 연결된 경우, 원형으로 심하게 꼬인 경우로 나누어 그 차이를 확인하기 위해 접지도선의 유도전압을 측정하였다. 18 [kV] ZnO피뢰기에 시험전압이 인가될 때 피뢰기의 제한전압과 접지도선에 유기되는 유도전압 및 방전전류를 4 채널 디지털 축적형 오실로스코프로 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 검토

#### 3.1 피뢰기의 전압-전류특성

본 연구에 사용한 피뢰기는 정격전압이 18 [kV], 공칭방전전류가 2.5 [kA]인 22.9 [kV]용 갠리스형 산화아연 피뢰기로서, 정격전압이 3 [kV]인 ZnO바리스타가 6개 직렬로 연결된 구조로 되어 있다. 그림 6은 본 실험에서 수행한 실험전압에 의해 측정된 피뢰기의 V-I 특성을 나타내었으며, 방전전류 800 [A]이내의 범위에서 수행하였다.

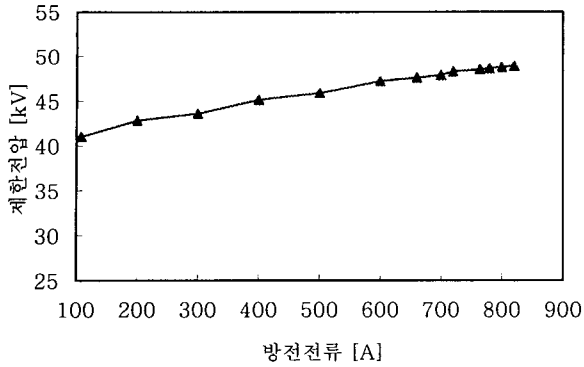
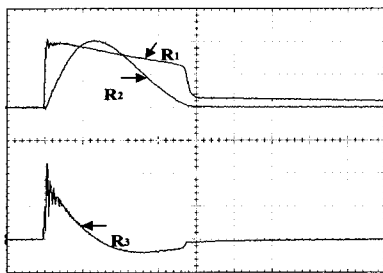


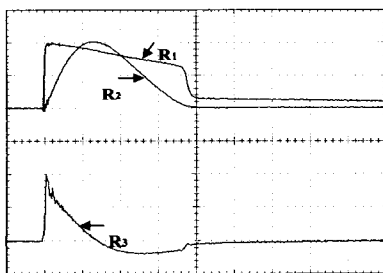
그림 6 산화아연 피뢰기 V-I 특성 측정결과  
 Fig. 6 Experimental result of V-I characteristic for the ZnO arrester

3.2. 뇌임펄스전압에 대한 유도전압 특성

피뢰기에 뇌임펄스전압이 유입되었을 때 접지도선의 종류, 접속선의 형태와 접지도선의 본딩조건에 따른 뇌임펄스 전압에 대한 방전전류, 제한전압, 접지도선에 유도되는 전압을 측정 한 파형을 그림 7에 나타내었다.



(a) 비본딩 5[μs/div]



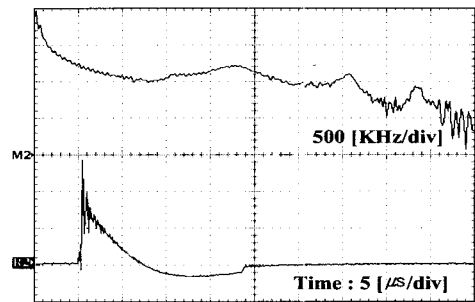
(b) 본딩 5[μs/div]

R1 : 제한전압 31.6[kV/div]  
 R2 : 방전전류 500[A/div]  
 R3 : 접지도선의 유도전압 5[kV/div]

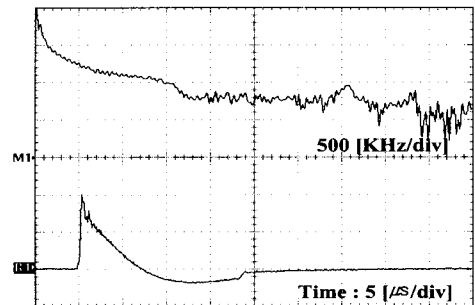
그림 7 접지도선의 본딩조건에 따른 뇌임펄스전압에 의한 유도전압

Fig. 7 Induced voltages of the grounding conductor according to bonding conditions for lightning impulse voltages

접지도선과 금속관의 본딩조건에 대해서는 방전전류 및 제한전압 파형의 형태는 거의 변하지 않았으며, 피뢰기에 6/13 [μs]인 뇌임펄스전류가 인가되었을 때 제한전압은 접지도선과 접속선 형태에 따라 인가전류의 파미부분에서 감소가 뚜렷한 파형으로 나타나고 접지도선에 유도된 전압은 전류의 변화율의 영향이 크게 나타남을 알 수 있다. 즉, 인가전류에 의해 인하도선에는  $Ri + L \frac{di}{dt}$  [V]의 전압이 발생하여  $L \frac{di}{dt}$ 의 영향이 지배적으로 나타났다. 접지도선과 금속제 전선관을 본딩한 경우가 유도전압도 작게 나타났으며, 특히 GV전선의 경우 고주파 성분이 현저하게 감소하는 결과를 나타내었다.



(a) 비본딩



(b) 본딩

R1, R2 : 유도전압 5 [kV/div]  
 M1, M2 : 유도전압의 FFT 20 [dB/div]

그림 8 뇌임펄스전압에 의한 유도전압파형의 고속프리에 변환  
 Fig. 8 Fast Fourier transformation of the Induced voltages waveform for lightning impulse voltages

그림 8에 접지도선으로 GV전선을 사용하고 뇌임펄스전압이 인가되었을 때 접지도선에 유도되는 전압파형을 고속프리에 변환한 결과를 나타내었다. 금속관에 본딩하지 않은 경우와 비교해서 본딩한 경우에는 유도전압의 초기부분에서 과도적으로 나타나는 과전압이 상당부분 감소하였고, 주파수분석 결과에서도 2 [MHz] 정도의 고주파성분이 대단히 줄어들어 DC를 포함한 저주파 성분이 지배적으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

그림 9는 접속선 2.5 [m]를 형상을 바꾸어 가면서, 20 [m]의 접지도선을 LCIC, GV, CNCV로 분류하여 종류별 특성을 본딩조건에 따라 접지도선에 유도되는 전압으로 비교한 그래프이다.

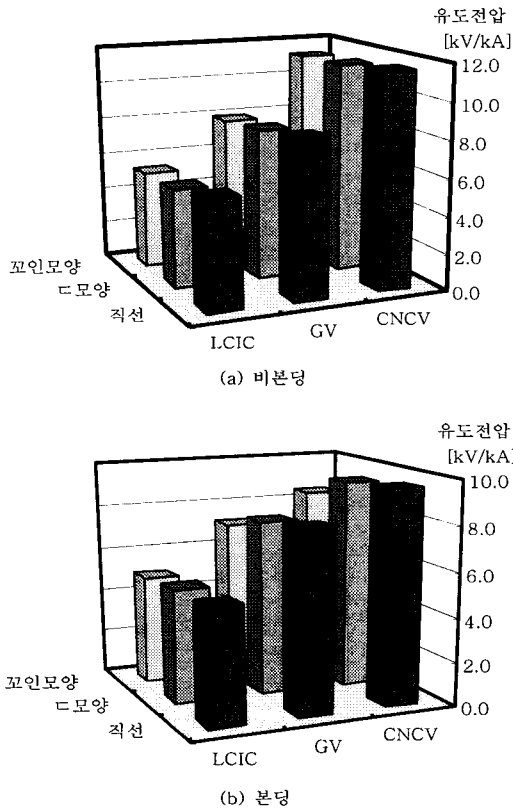


그림 9 접속선의 길이가 2.5 [m]인 경우 뇌임펄스전압에 의한 접지도선의 유도전압

Fig. 9 Induced voltages of the grounding conductor for lightning impulse voltages when the length of connection line is 2.5 [m].

LCIC을 본딩하지 않은 경우는 GV에 비해 32.5 [%], CNCV에 비해서는 51.4 [%] 정도 유도전압이 낮아졌고, 본딩할 경우에는 GV에 비해 33.7 [%], CNCV에 비해서는 43.9 [%] 정도 유도전압이 낮아졌다. 접속선이 1 [m]인 경우와 2.5 [m]인 경우 모두 피뢰침용 인하도록선으로 사용되는 LCIC를 접지도선으로 사용하면 유도전압이 낮아져 피뢰기의 접지도선으로 효과적임을 확인할 수 있었다. 또한 접지도선을 본딩하면 본딩하지 않았을 때보다 LCIC의 경우에 5.53 [kV]에서 5.12 [kV]로 7.4 [%] 정도 접지도선의 유도전압이 낮아졌으며, GV의 경우에는 각각 8.20 [kV]에서 7.73 [kV]로 5.7 [%] 낮아졌고, CNCV의 경우는 11.39 [kV]에서 9.13 [kV]로 19.8 [%] 낮게 나타났다.

다음 표 1에 피뢰기에 뇌임펄스전압을 인가하여 방전전류가 1 [kA] 흐를 때 접지도선의 본딩조건에 따른 유도전압의 크기를 비교하여 나타내었다. 여기서 유도전압의 저감비율은 접지도선과 금속관을 본딩한 경우가 본딩하지 않은 경우에 비해서 저감된 유도전압의 비율을 나타낸 것이다.

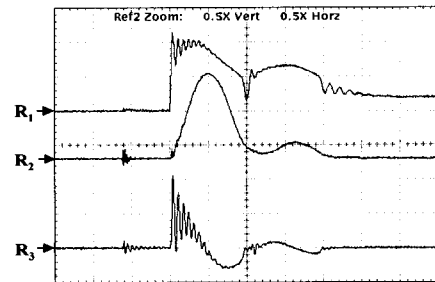
표 1 접지도선의 종류에 따른 방전전류 1 [kA]당 유도전압의 비교

Table 1 Comparison of the induced voltages to types of the grounding conductors when the discharge current is 1 [kA]

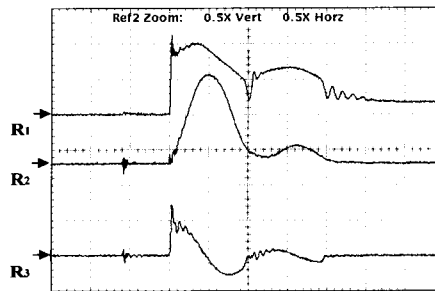
본딩조건	접속선의 길이	접지도선의 종류		
		LCIC	GV	CNCV
비본딩	1 [m]	5.46 [kV]	8.00 [kV]	9.90 [kV]
	2.5 [m]	5.53 [kV]	8.20 [kV]	11.39 [kV]
본딩	1 [m]	4.89 [kV]	7.46 [kV]	8.65 [kV]
	2.5 [m]	5.12 [kV]	7.73 [kV]	9.13 [kV]
유도전압의 저감 비율	1 [m]	10.4 [%]	6.7 [%]	12.6 [%]
	2.5 [m]	7.4 [%]	5.7 [%]	19.8 [%]

3.3. 진동성 임펄스전압에 대한 유도전압 특성

철탑이나 가공지선에 낙뢰가 유입하여 매우 큰 뇌격전류가 흐를 경우에 이 진행파 전압과 상도체 사이의 전위차에 의해서 애자런의 표면에서 역섬락이 발생하게 된다. 역섬락으로 발생하는 진동성 임펄스전압에 대한 피뢰기의 접지도선의 유도전압 특성을 평가하기 위해 접지도선이 GV전선인 경우 피뢰기에 진동성 임펄스전압을 인가한 경우의 방전전류 파형과 제한전압 및 접지도선에 유도되는 전압의 파형의 예를 그림 10에 나타내었다.



(a) 비본딩 4[μs/div]



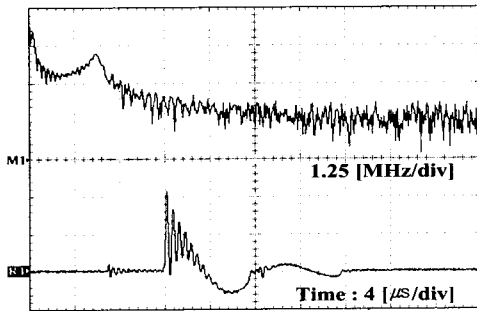
(b) 본딩 4[μs/div]

R1 : 제한전압 26.6[kV/div]  
 R2 : 방전전류 400[A/div]  
 R3 : 접지도선의 유도전압 5[kV/div]

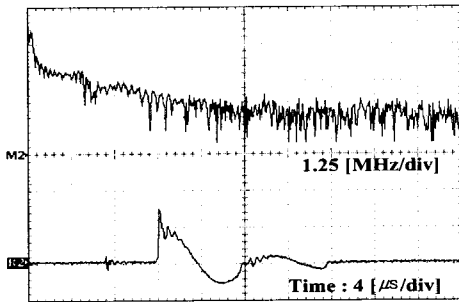
그림 10 접지도선의 본딩조건에 따른 진동성 임펄스전압에 의한 유도전압

Fig. 10 Induced voltages of the grounding conductor to bonding conditions for oscillatory impulse voltages

피뢰기에 흐르는 전류 및 제한전압의 진동주파수는 약 110 [kHz]로서, 피뢰기가 동작하지 않았을 때 그림 4의 (b)에 나타난 상승시간은 약 200 [ns]이고 진동주파수는 1 [MHz]인 인가전압의 파형과는 다르게 나타났다. 이와 같이 제한전압 파형의 주파수가 변화하게 된 직접적인 원인은 피뢰기 동작시의 특성요소의 비선형 저항성분, 접지도선의 인덕턴스의 영향이 크게 작용한 것으로 판단된다. 대체적으로 실험회로의 회로정수에 의해 결정되는 인가전류의 2주기 동안 피뢰기가 동작하여 고주파성분을 대단히 많이 포함하고 있음을 알 수 있다.



(a) 비분당



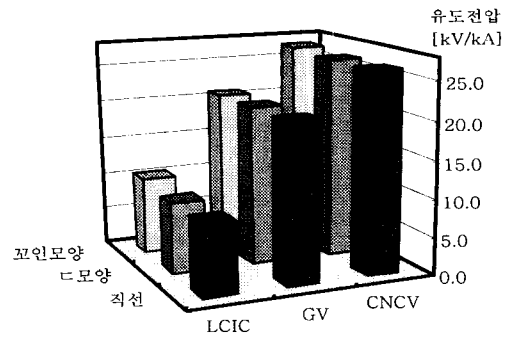
(b) 분당

R1, R2 : 유도전압 5 [kV/div]  
M1, M2 : 유도전압의 FFT 20 [dB/div]

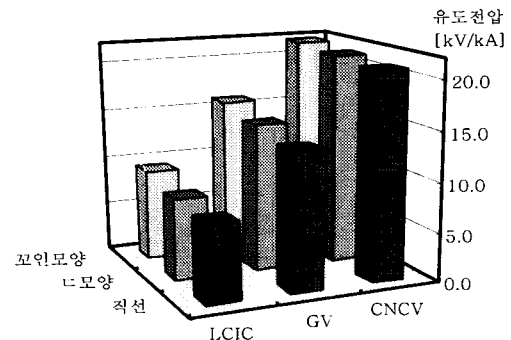
그림 11 진동성 임펄스전압에 의한 유도전압의 고속프리 변환결과

Fig. 11 Fast Fourier transformation of the Induced voltages for oscillatory impulse voltages

진동성 임펄스전압이 인가되었을 때 접지도선에 유도되는 전압을 고속프리 변환한 결과를 그림 11에 나타내고 있다. 분당하지 않은 경우 2 [MHz]의 고주파성분이 지배적으로 나타나는데 반해 분당한 경우 고주파 성분이 대단히 줄어든 것을 확인할 수 있다. 특히, 유도전압 파형의 초기 부분의 진동하는 성분의 주파수가 주로 2 [MHz]이고, 이는 진동성 임펄스발생장치의 회로정수에 접지도선의 인덕턴스 성분이 더해져 공진현상을 일으켜 나타난 것이며, 접지도선을 금속판과 분당하게 되면 접지도선의 인덕턴스가 작아져 공진현상이 사라지는 것으로 사료된다.



(a) 비분당



(b) 분당

그림 12 접속선의 길이가 2.5 [m]인 경우 진동성 임펄스전압에 의한 접지도선의 유도전압

Fig. 12 Induced voltages of the grounding conductor for oscillatory impulse voltages when the length of connection line is 2.5 [m].

그림 12는 길이 2.5 [m]인 접속선으로 피뢰기를 연결하고 접속선의 형상을 바꾸어 가면서 진동성 임펄스전압을 인가할 때, 20 [m]의 LCIC, GV, CNCV 접지도선에 대한 종류별 특성을 분당조건에 따라 접지도선에 유도되는 전압으로 비교한 그래프이다. 분당조건은 뇌임펄스전압 인가시험의 경우와 동일하다. 접속선 길이와 형태 및 접지도선과 금속판의 분당조건에 따라서는 방전전류 및 제한전압의 파형의 형태는 거의 변하지 않으나, LCIC가 분당하지 않을 경우는 GV에 비해 53.2 [%], CNCV에 비해서는 63.3 [%] 정도 유도전압이 낮아졌고, 분당할 경우에는 GV에 비해 43.1 [%], CNCV에 비해서는 60.1 [%] 정도 유도전압이 낮아졌다. 뇌임펄스전압과 마찬가지로 진동성 임펄스전압의 경우에도 특성임피던스가 낮은 케이블을 접지도선으로 사용하면 접지도선의 유도전압을 효과적으로 낮출 수 있어 가장 좋은 것으로 나타났다. 분당하는 것이 LCIC의 경우에 9.73 [kV]에서 8.47 [kV]로 12.9 [%] 접지도선의 유도전압이 낮다. 그리고 GV 경우는 20.81 [kV]에서 14.91 [kV]로 28.3 [%] 낮아졌으며, CNCV의 경우에는 26.53 [kV]에서 21.27 [kV]로 19.8 [%] 낮아졌다.

진동성 임펄스전압을 접속선 길이를 1 [m]와 2.5 [m]로 하여 피뢰기에 인가하여 방전전류가 1 [kA] 흐를 때 접지도선의 분당조건에 따른 유도전압의 크기를 표 2에 나타내었다.

**표 2** 진동성 임펄스전압에 대한 방전전류 1 [kA]당 유도 전압의 비교

**Table 2** Comparison of the induced voltages to oscillatory impulse voltages when the discharge current is 1 [kA]

본딩조건	접속선의 길이	접지도선의 종류		
		LCIC	GV	CNCV
비본딩	1 [m]	12.30 [kV]	19.09 [kV]	24.70 [kV]
	2.5 [m]	9.73 [kV]	20.81 [kV]	26.53 [kV]
본딩	1 [m]	8.41 [kV]	11.46 [kV]	20.19 [kV]
	2.5 [m]	8.47 [kV]	14.91 [kV]	21.27 [kV]
유도전압의 저감 비율	1 [m]	31.6 [%]	39.9 [%]	18.2 [%]
	2.5 [m]	12.9 [%]	28.3 [%]	19.8 [%]

접지도선의 전위상승은 접지도선과 금속관을 본딩하지 않은 경우보다 본딩을 하였을 경우가 낮게 나타났으며, 전위상승 파형을 보더라도 인덕턴스의 영향이 현저하게 줄어들었음을 알 수 있다. 접지도선과 금속관을 본딩하지 않게 되면 금속관은 뇌격전류의 흐름에 의해서 발생하는 자속의 자로가 되어 접지도선의 인덕턴스를 증가시키는 역할을 하게 되어 뇌격전류의 효과적인 통로로서의 기능을 못하게 된다. 그러나 접지도선과 금속관을 상단과 하단에서 본딩을 할 경우는 접지도선 자체 인덕턴스와 금속관의 인덕턴스가 병렬로 접속된 효과로 인해 전체 인덕턴스가 감소하였기 때문인 것으로 볼 수 있다. 또한 접지도선과 금속관을 상단과 하단에서 본딩을 하면 표피효과에 의해서 뇌격전류의 대부분은 금속관을 통하여 흐르게 되므로 접지도선의 기능을 효과적으로 발휘할 수 있다.

**4. 결 론**

본 논문에서는 전력설비에 침입하는 뇌서지 또는 개폐서지 등에 의한 이상전압을 기기의 내전압 레벨 이하로 제한하는 피뢰기의 보호특성을 향상시키기 위한 효과적인 접지도선 설치기법의 제안을 목적으로 배전용 ZnO피뢰기에 뇌임펄스전압과 진동성 임펄스전압을 인가하였을 때 접지도선에 유도되는 전압을 측정하고 이의 결과를 분석하였다. 접속선의 길이와 형상을 바꾸면서 접지도선의 종류별 유도전압을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 피뢰기의 접지도선으로는 특성임피던스가 낮은 케이블이 가장 효과적임을 알았다.
- (2) 접지도선과 금속전선관 또는 케이블의 금속시스를 본딩하면 접지도선에 유도되는 전압이 낮아지며, 피뢰기의 뇌서지에 대한 보호특성의 향상을 위해 본딩은 중요한 접지도선의 설치기법임을 확인하였다. 접지도선과 금속관을 본딩하지 않으면 초킹효과가 발생하고, 본딩하면 표피효과에 의해 접지도선의 유도전압이 낮아지므로 접지도선은 본딩하는 것이 타당하다.
- (3) 접속선의 길이는 짧고, 형상은 직선으로 하는 것이 인덕턴스의 증가를 억제할 수 있으므로 효과적이다.
- (4) 접지도선의 본딩효과와 접속선 길이에 따른 피뢰기 설치 효과의 향상에 대한 결과는 전력설비를 이상전압으로부터 보호하여 전력공급 신뢰도를 향상시키며, 전력설비의 절연협조에 효과적이다.

**참 고 문 헌**

- [1] 한국전력공사 ; “장기 송변전 설비계획”, pp. 239, 2001. 3.
- [2] 李福熙 ; “高電壓大電流工學”, 淸文閣, pp. 64~69, 1993.
- [3] 白龍鉉, 李福熙 ; “電力傳送工學”, 普成文化社, pp. 235~247, 1996
- [4] Joseph L. Koepfinger ; “IEEE guide for the connection of surge arresters”, IEEE Std 1299/C62.22, 1996.
- [5] David B. Miller, Andre E. Lux, Paul R. Barnes ; “The effects of steep-front, short-duration impulse on power distribution components”, IEEE Transactions, Vol. 5, No. 2, 1990. 4.
- [6] NESC handbook ; “Surge arresters”, Sec. 19, pp. 142~144, 1997.
- [7] 副島光積, 堀内和夫, 電磁氣學, コロナ社, pp.60~79, 1999.
- [8] 전기설비 기술기준 ; “가공 전선로 지지물의 기초 안전율”, 산업자원부 고시 제 1993-70호.
- [9] 배전 설계기준(3800) ; “배전선 내뢰기준(잠정)”, 한국전력공사, 1995

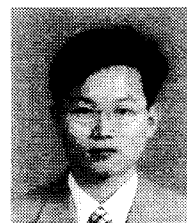
**저 자 소 개**



**이복희 (李福熙)**

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~89년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수.

Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822,  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr



**강성만 (姜成萬)**

1973년 5월 6일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2002년 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (032) 860-7398,  
Fax : (032) 863-5822,  
E-mail : webmaster@smilepia.com



**유인선 (兪仁善)**

1970년 11월 20일생. 1996년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 8월 인하대 공대 전기공학과 졸업(공학석사). 현재 한국전력공사 근무.

Tel : (02) 3456-5144,  
Fax : (032) 863-5822  
E-mail : youis@kepeco.co.kr