

Distributions of the Magnetic Flux Density Near Down-Conductors Due to Various Impulse Currents

李福熙\* · 張根喆\*\*\* · 李守俸\*\*\* · 姜成萬\*\* · 李承七§  
 (Bok-Hee Lee · Keun-Chul Chang · Sung-Man Kang · Su-Bong Lee · Seung-Chil Lee)

**Abstract** - This paper deals with the behaviors of magnetic flux density near down-conductors by lightning currents. The background on the principle of magnetic flux density measurements using the RL self-integrating magnetic field sensor was described. The magnetic flux density measuring device consisting of RL self-integrating magnetic field sensor and differential amplifier was designed and fabricated. The frequency bandwidth of the magnetic flux density measuring system ranges from 200 Hz to 300 kHz and the response sensitivity was 0.126 μT/mV. The distributions of the magnetic flux density near down-conductors due to impulse currents with various rise times were analyzed as a parameter of the bonding conditions and materials of conductor and wiring conduits. The magnetic flux density due to impulse currents was inversely proportional to the distance between the down-conductor and measuring point. The amplitude of the magnetic flux density for PVC pipe with down-conductor was 72 μT/kA at the distance of 1 m and was higher than for steel conduits and coaxial cable. Finally the magnetic flux density is increased with increasing the  $di/dt$  and oscillation frequency of lightning currents in this experimental ranges.

**Key Words** : Magnetic flux density, Impulse current, Down-conductor, Magnetic field sensor, EMI/EMC

1. 서 론

최근 산업사회의 규모가 증대해지고 고도의 정보화 사회가 발전됨에 따라 정보·통신기기, 제어기기, 자동화기기 등 각종 전기기기의 이용증대와 더불어 양질의 전력에 대한 안정적인 공급의 필요성이 한층 높아져 가고 있다. 한편 정보통신기기는 각종 반도체 부품 및 기기의 소형화, 고밀도화, 집적화가 이루어지면서 뇌서지 등의 과도과전압에 대한 내전압 특성이 낮아졌으며, 낙뢰에 기인하는 전기설비의 손상으로 인해 전력계통의 신뢰도를 저하시키는 사고가 증가하고 있다. 따라서 이러한 낙뢰로 인해 발생하는 피해를 최소화하고 적절한 뇌보호대책을 수립하기 위해 뇌방전 현상에 대한 다각적인 연구가 선행되어야 한다. 뇌포착 장치나 건축물에 낙뢰가 역사하였을 때 대지전위가 상승됨에 따라 사고가 유발되며, 뇌격전류의 피크값 보다도 전류의 변화율 즉, 전자장 파형의 변동 특성과 직접적인 상관관계를 가지게 된다.

따라서 낙뢰보호설비의 설계시에 관측된 뇌격전류 파형에 관한 자료를 기초로 하여야 한다. 또한 최근의 지능형 건축

물의 뇌보호설비는 낙뢰로 인한 건축구조물의 손상이나 인명의 피해에 못지 않게 컴퓨터, 정보통신기기, 제어 및 감시설비 등의 과손이나 오동작의 방지 등도 중요한 보호대상이 되었다. 뇌보호설비에서 인하도선의 설계와 시공에 있어서도 인체의 감전에 대한 안전은 물론이고, 정보·통신·감시시스템의 확실한 보호를 고려하여야 한다. 낙뢰에 의한 뇌격전류는 매우 큰 시간변화율의 특유한 성질을 가지고 있어 도체 부근에 매우 강한 자장이 발생하며, 이 자장은 주위 금속체와 상호유도작용으로 이상전압을 유도시킨다. 특히 뇌격전류에 의해 인하도선의 주위에 발생하는 자장은 도체계에 기전력을 유도시키며, 이 뇌서지 유도기전력이 전자부품을 파손시키거나 전자회로를 오동작을 일으키는 것이 더 큰 문제이다[1,2].

따라서 본 연구에서는 뇌보호설비에 낙뢰가 입사한 경우 인하도선 주위에서의 시변자장의 특성을 평가하기 위해 인하도선의 재료 및 배치, 분당조건을 달리하여 인가전류의 파형 및 다양한 상승시간을 갖는 임펄스 전류를 인하도선에 인가시켰다. 뇌격전류가 인하도선에 흐를 때 각 조건에서 인하도선 주위에 나타나는 자속밀도를 측정하고 분석하여 전자유도작용의 영향을 저감시키는 방법을 제안하였다.

2. 자속밀도 측정원리

출력저항  $R_0$ 을 가지는 자장센서의 등가회로는 그림 1과 같다. 측정하고자 하는 자속밀도  $B$  [Wb/m<sup>2</sup>]에 의해 자장센서에 유도되는 전압  $e(t)$ 는

\* 正會員 : 仁荷大學 電氣工學科 教授  
 \*\* 正會員 : 仁荷大學 電氣工學科 博士課程  
 \*\*\* 正會員 : 仁荷大學 電氣工學科 碩士課程  
 § 正會員 : (株)韓進重工業 常務  
 接受日字 : 2003年 9月 23日  
 最終完了 : 2003年 12月 3日

$$e(t) = -A \frac{dB(t)}{dt} = (R+R_0)i_1(t) + L \frac{di_1(t)}{dt} \quad (1)$$

이며,  $A$ 는 자장센서 검출부의 단면적 [ $m^2$ ]이다.

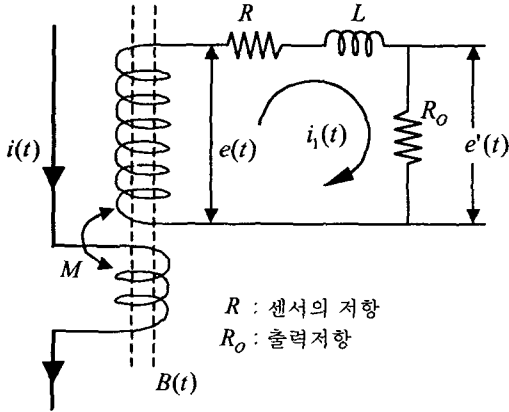


그림 1 자기적분형 자장 센서의 등가회로  
Fig. 1 Equivalent circuit of the self-integrating magnetic field sensor

일반적으로 자장센서 자체의 전기저항  $R$ 은 출력저항  $R_0$ 에 비하여 대단히 적다. 또한 자장센서의 회로시정수  $L/(R+R_0)$  값이 매우 큰 경우 즉,  $R_0 i_1(t) \ll L \frac{di_1}{dt}$  이면 식 (1)은 다음과 같이 간략하게 표현할 수 있다.

$$i_1(t) = -\frac{A}{L} B(t) \quad (2)$$

따라서 자장센서의 출력 전압  $e'(t)$ 는

$$e'(t) = R_0 i_1(t) = \frac{R_0}{L} AB(t) [V] \quad (3)$$

로 측정하고자 하는 자속밀도  $B(t)$ 에 비례하는 관계를 나타낸다.

자장센서에는 측정하고자 하는 자속밀도  $B(t)$ 의 미분량으로 검출되지만 회로특성이  $R \ll \omega L$ 인 관계로부터 자장센서 자체에서 적분되어 출력저항  $R_0$ 에는 측정하고자 하는 미지의 자속밀도에 비례하는 출력 전압  $e'(t)$ 가 나타나므로 자기적분형 자장센서라고 한다.

### 3. 측정장치 및 방법

#### 3.1 자장 측정기

본 실험에 사용한 자장측정기는 앞에서 기술한 동작원리를 적용하여 주파수대역 조정이 비교적 용이한 RL회로에 의해 적분된 신호를 증폭기를 통해 자속밀도의 크기로 나타내는 자기적분형 자장센서이다. 그림 2에는 실험에 사용된 자장측정기의 회로도도를 나타내었다. 출력저항에서 검출된 신호는 증폭기를 거쳐 오실로스코프에 입력된다. 미소신호를 고감도로 검출하기 위해 5배의 증폭비를 사용했으며, 증폭기 후단에 정합용 저항을 접속하였다.

교정실험계에 정현파 전류를 인가한 경우 입력 전류와 자속밀도 측정기의 출력 파형을 그림 3(a)에 나타내었다. 또한 교정용 인가전류의 주파수를 변화시켜 가면서 측정된 응답을 규격화시켜 그림 3(b)에 나타내었다. 본 연구에서 제작한 자속밀도 측정기의 출력감도는 약  $0.126 \mu T/mV$ 이며, 주파수 대역은  $200 \text{ Hz} \sim 300 \text{ kHz}$ 으로 귀환저항에 의한 뇌적전류의 주파수 성분을 모두 검출할 수 있는 응답특성을 가지고 있다.

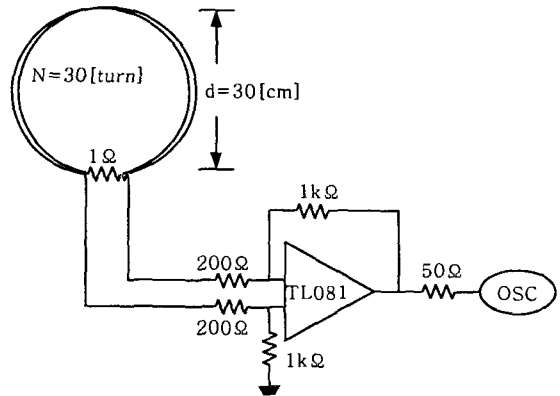
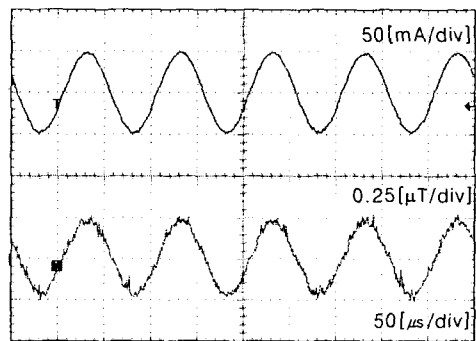
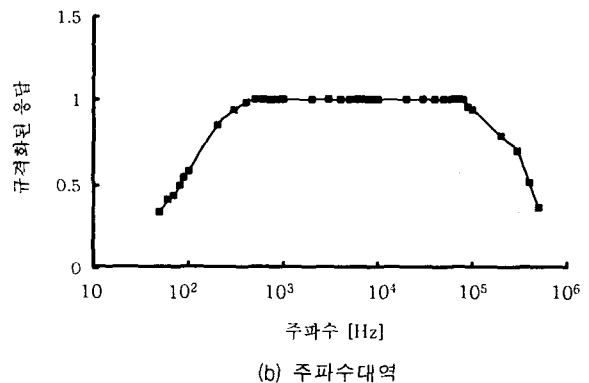


그림 2 자기적분형 자장측정기의 회로도  
Fig. 2 Circuit diagram of the self-integrating magnetic flux density measuring device



(a) 응답 파형



(b) 주파수대역

그림 3 정현파 전류의 입력에 대한 자장측정기의 응답 파형과 주파수 대역

Fig. 3 Response waveform of the magnetic flux density measuring device to sinusoidal current input and frequency bandwidth

3.2 실험회로 및 방법

뇌보호설비에 있어서 인하도선 주변에서 발생하는 자장의 세기를 측정하기 위해서 한 변의 길이가 3.6 m인 금속관 및 케이블을 사용하여 정사각형 형태로 시설하였으며, 본딩 조건 및 접지조건에 대한 실험을 수행하기 위해 대지로부터 약 30 cm 높이로 이격시켰다.

뇌격전류에 의한 자장속도의 측정을 위해 설치된 실험계의 회로를 그림 4에 나타내었다. 사용된 금속관의 외경은 42 mm 이며, 단면적이 38 mm<sup>2</sup>인 GV전선을 인입하여 시설하였다. 케이블의 경우는 동축인하도선으로 특성임피던스가 수 Ω인 케이블을 사용하여 금속관과 동일한 본딩 조건으로 실험을 수행하였다.

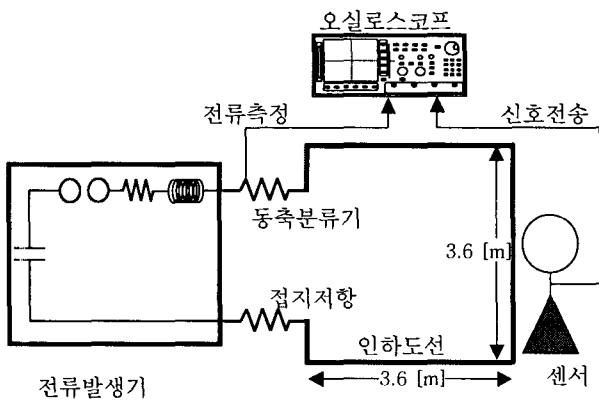


그림 4 실험회로  
Fig. 4 Experimental setup

인하도선 종단의 접지저항은 4.3 Ω이며, 원방접지체의 접지저항은 7.9 Ω으로 뇌보호접지에 적당한 저항값을 사용하였다. 뇌서지전류의 공급은 직렬회로를 이용한 조합형 임펄스발생기로 인가전류의 상승시간을 4.5~12.5 μs로 변화시키면서 동일한 크기의 전류를 실험계에 인가하였다. 전류의 측정용 저항이 1.97 mΩ인 뇌격전류 측정용으로 설계된 동축분류기를 이용하였으며, 설치위치는 피측정도체 상단에 설치하였다.

그림 5는 인가전류를 측정하기 위해 사용된 동축분류기의 사진과 전류검출 회로를 나타내고 있는데 임피던스 정합용 저항 50 Ω과 오실로스코프의 입력임피던스 50 Ω으로 전류의 크기를 측정할 수 있도록 설계하였다. 임펄스전류가 인하도선을 통해 흐를 때 주변에 형성된 자속밀도의 크기를 측정하기 위해 제작된 자기적분형 루프센서를 인하도선으로부터 거리에 따라 측정하였다.



(a) 동축분류기 사진

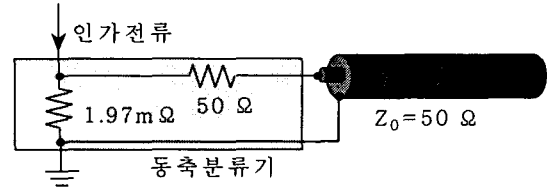


그림 5 동축분류기 사진 및 회로도  
Fig. 5 Photograph and current detection circuit of the shunt

4. 결과 및 검토

4.1 단펄스성 임펄스에 의한 자장

4.1.1 인하도선 재료에 따른 자속밀도

금속전선관에 인입된 인하도선이 하단에서 본딩된 경우 인하도선에 인가한 임펄스 전류와 자속밀도의 파형을 그림 6에 나타내었다. 인가한 임펄스전류는 8.5 μs의 상승시간을 가지며, 자속밀도의 파형은 전류 파형과 거의 동일한 형태로 측정되었다.

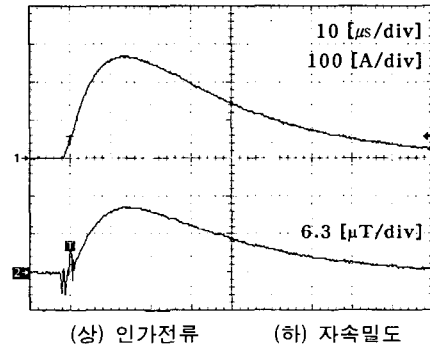


그림 6 입력 임펄스전류와 검출된 자속밀도의 파형  
Fig. 6 Waveforms of the Incident impulse current and magnetic flux density

PVC 전선관에 인입된 인하도선에 다양한 상승시간을 갖는 임펄스전류를 인가시켜 인하도선으로부터의 거리를 변화시키면서 측정된 자속밀도를 그림 7에 나타내었다. PVC전선관의 경우 상승시간이 가장 빠른 4.5 μs의 전류를 인가시켰을 때 자속밀도는 73 μT/kA로 최대값을 나타내었으며, 상승시간이 다소 느린 12.5 μs의 전류 인가시 같은 거리에서 68 μT/kA로 가장 작은 값을 보였다.

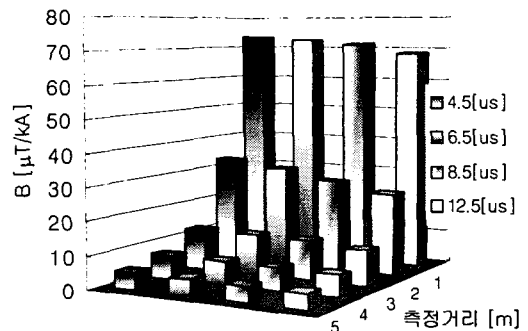


그림 7 PVC관 주변에서 측정된 자속밀도  
Fig. 7 Magnetic flux density near the polyvinyl chloride pipe with a down conductor

상승시간이 빠른 임펄스전류에 대한 자속밀도가 크게 나타났으며, 또한 자속밀도의 크기가 거리에 반비례하는 특성을 나타내었다. 일반적으로 그림 7에 나타낸 바와 같이 뇌격전류가 흐르는 높이  $h$ , 미소길이  $\Delta h$ 의 전류소(電流素)에 의하여 뇌격전류 채널로부터  $a$ 만큼 떨어진 점에서 지표면과 평행한 방향의 자속밀도는 식 (4)와 같이 표현된다[3].

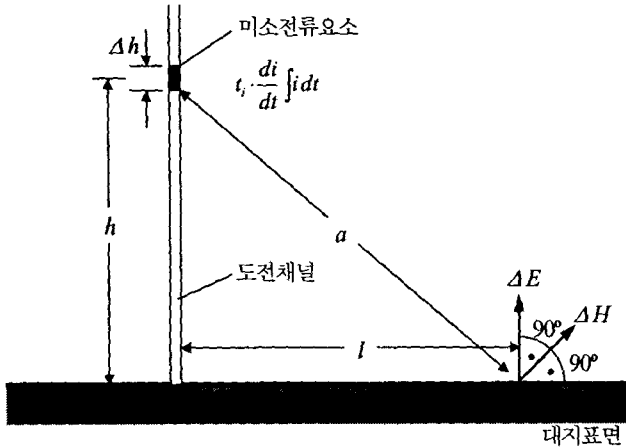


그림 8 뇌격전류에 의한 자장의 계산  
 Fig. 8 Calculation of the magnetic fields caused by lightning currents

$$\Delta B = \frac{\mu_0 \Delta h}{2\pi} \left( \frac{l}{a^2 c} \frac{di}{dt} + \frac{l}{a^3} i \right) \quad [A/m] \quad (4)$$

여기서  $a = \sqrt{h^2 + l^2}$ 이며,  $c$ 는 광속이다. 이와 같이 뇌격전류에 의하여 주변에 발생하는 자속밀도는 뇌격전류의 변화율과 크기의 함수로 되며, 임펄스전류의 상승률이 클수록 자속밀도는 크게 나타남을 알 수 있다. 금속전선관의 경우 인하도선과 금속관을 하단 본딩으로 설치하였을 때 나타나는 자속밀도를 임펄스전류의 상승시간을 변화시키면서 측정한 결과를 그림 9에 나타내었다. 임펄스전류의 상승시간이 4.5  $\mu s$ 인 임펄스전류의 경우 측정거리 1 m에서 자속밀도의 크기는 63  $\mu T/kA$ 로 나타났으며, 임펄스전류의 상승시간이 길어짐에 따라 자속밀도의 크기는 감소하

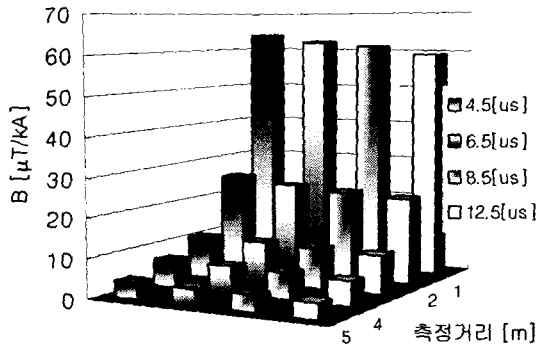


그림 9 금속관 주변에서 측정한 자속밀도  
 Fig. 9 Magnetic flux density near the metal conduit with a down-conductor

는 것을 알 수 있다. 인하도선을 금속관에 인입하는 경우 PVC전선관에 인입한 것 보다 자속밀도는 작게 나타났는데, 이는 하단 본딩된 금속관의 투자율이 PVC전선관에 비해 크기 때문에 자기차폐작용이 일어난 것으로 볼 수 있다.

인하도선으로 케이블을 사용한 경우 임펄스전류의 상승시간에 따른 인하도선 주변에서 측정된 자속밀도의 크기를 그림 10에 나타내었다.

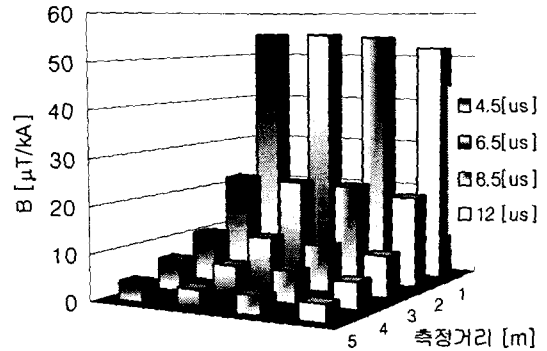


그림 10 동축인하도선 주변에서 측정된 자속밀도  
 Fig. 10 Magnetic flux density near the coaxial type down-conductor

케이블의 심선과 금속시스를 상·하단에서 본딩한 경우 자속밀도를 측정한 것으로 자속밀도의 크기는 PVC관이나 금속관 보다 더 적게 나타났으며, 상승시간에 대한 변화율 역시 크게 나타나지 않았다. 이는 금속관이나 PVC관 보다 케이블의 금속시스가 차폐율 면에서는 보다 우수한 효과를 나타내는 것으로 보이며, 또한 빠른 상승시간을 갖는 뇌격전류가 건축물에 입사될 때 금속관 및 PVC관에 인입된 인하도선에 비해 자속밀도의 크기가 다소 작게 나타내는 것을 알 수 있다. 즉, 동축케이블형의 인하도선의 자기차폐는 미약하나마 금속도관보다는 효과가 있는 것으로 볼 수 있다.

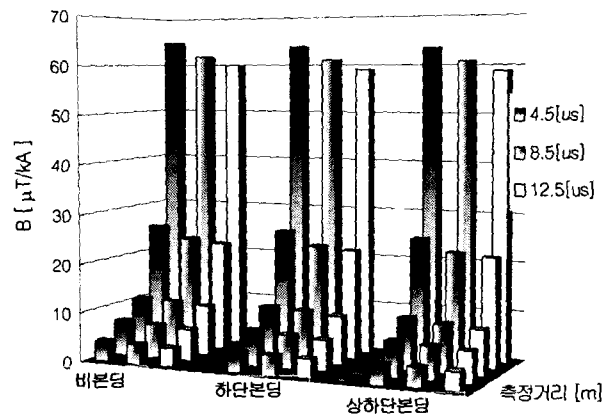


그림 11 금속관과 인하도선의 본딩 조건에 따른 자속밀도  
 Fig. 11 Magnetic flux density according to the bonding condition between the metal conduit and down-conductor

4.1.2 금속관의 본딩방식에 따른 자장의 세기

인하도선의 종류에 따라 주변에서 측정된 자속밀도의 세기는 금속관의 경우 PVC 전선관에 비해 자기차폐의 효과가 크게 나타남을 알 수 있었다. 금속관과 인입된 인하도선의 본딩 조건에 따라 주변에 나타난 자속밀도의 크기를 인가된 전류의 상승시간을 파라미터로 하여 그림 11에 나타내었다.

측정거리 1 m에서 비교적 빠른 상승시간 4.5  $\mu$ s를 갖는 임펄스 전류를 각각의 실험조건에 인가할 때 나타난 자속밀도의 세기는 큰 차이를 보이지 않았다. 하단 본딩의 경우 두 조건에 비해 다소 작은 값을 보였으며, 이는 맨돌이전류에 의한 자기차폐작용의 영향으로 볼 수 있다. 금속관의 본딩 방식의 경우 통신선의 전자차폐용 접지와 같은 특수목적용 접지의 효과는 크게 나타나지 않았다[4].

4.1.3 동축인하도선의 본딩 방식에 따른 자속밀도

최근 건축물의 인하도선시스템에서 뇌격전류가 유입될 때 인하도선과 건물 구조체사이의 불꽃방전에 의한 피해를 방지하기 위해 동축케이블 형태의 인하도선을 사용하고 있다[5].

동축케이블형 인하도선의 심선과 금속시스(metal sheath)의 본딩 조건에 따라 여러 가지 상승시간을 갖는 임펄스전류를 인가했을 때 측정된 자속밀도의 크기를 도식적으로 그림 12에 나타내었다.

자속밀도의 크기는 같은 상승시간을 갖는 임펄스전류를 인가할 때 하단 본딩에서 약간 작은 값을 나타내었으며, 상·하단 본딩의 경우 비본딩보다 다소 큰 값을 나타내었다. 이는 상·하단 본딩의 경우 케이블의 심선과 금속시스가 전류도 통로를 형성하기 때문인 것으로 여겨진다. 다시 말하면 인하도선에 뇌격전류가 흐르게 되면 금속관이나 케이블의 금속시스에는 맨돌이전류가 유도되어 흐르게 되며, 이 맨돌이전류에 의해 생성된 자속은 뇌격전류에 의해 발생한 자속을 상쇄시키게 되어 일종의 자기차폐작용을 하게 된다.

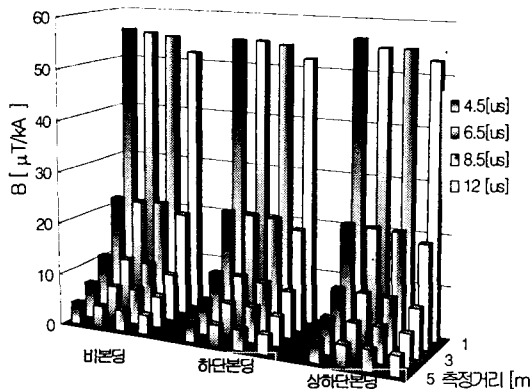


그림 12 동축케이블형 인하도선의 본딩 조건에 따른 자속밀도  
 Fig. 12 Magnetic flux density near the coaxial type down-conductor according to the bonding condition between the conductor and metal sheath

맨돌이전류에 의한 자기차폐작용의 효과는 금속관에 비하여 금속시스의 전기저항이 낮은 케이블의 경우가 크게 작용한다. 따라서 전체적으로 보면 금속관 또는 금속시스에 의한 자기차폐작용과 맨돌이전류에 의한 자기감쇄작용이 합쳐진 것이 실험의 결과로 나타난 것으로 볼 수 있다[6]. 임펄스전류의 상승시간에 대한 자속밀도의 변화는 측정거리 1 m에서 4.5~8.5  $\mu$ s의 상승시간을 갖는 임펄스전류를 인가시켰을 때 56  $\mu$ T/kA로 비슷하게 나타났지만 12  $\mu$ s인 경우는 51  $\mu$ T/kA로 작아지는 것을 알 수 있었다. 이는 뇌격전류의 파두부분에 포함된 고주파 성분에 의한 것으로 볼 수 있다.

4.2 진동성 임펄스에 의한 인하도선 주변의 자장

4.2.1 인하도선 재료에 따른 자속밀도

진동주파수가 2.6 kHz인 감쇠진동형 임펄스전류에 의해서 발생한 자속밀도의 분포를 그림 13에 나타내었다. 자속밀도의 파형은 인가전류 파형과 동일하게 나타났으며, 측정시 인가전류의 피크치는 250 A이다.

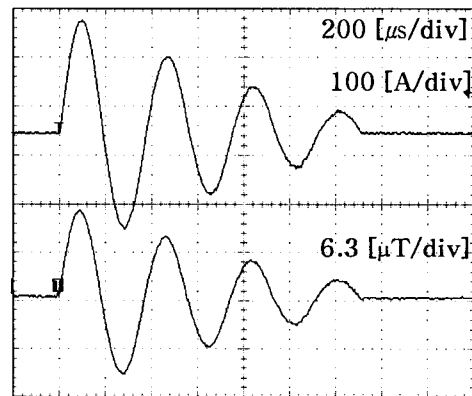


그림 13 2.6 kHz 인가전류와 자속밀도의 파형  
 Fig. 13 Waveforms of the incident current and magnetic flux density at 2.6 kHz

상승시간이 12.5  $\mu$ s이고, 같은 피크치이며 동일한 진동주기를 갖는 임펄스전류를 동축케이블형 인하도선과 PVC관 및 금속관에 인입된 인하도선에 인가했을 때 측정된 자속밀도의 분포를 그림 14에 나타내었다. 동축케이블형 인하도선과 금속관은 하단 본딩을 하였으며, 중단저항은 4.3  $\Omega$ 의 무유도 저항을 사용하였다. 진동성 임펄스전류도 단펄스 전류에서 측정된 자속밀도의 분포와 비슷한 양상을 나타내었는데 PVC관에 인입된 인하도선의 경우 1 m에서 61  $\mu$ T/kA로 가장 큰 값을 보였으며, 하단 본딩된 금속관과 케이블 순으로 나타났다. 각 지점에서 측정된 자속밀도의 세기는 단펄스 전류의 경우보다 5~10%정도 작았으며, 동축케이블형 인하도선의 자기차폐작용은 매우 미미하였다.

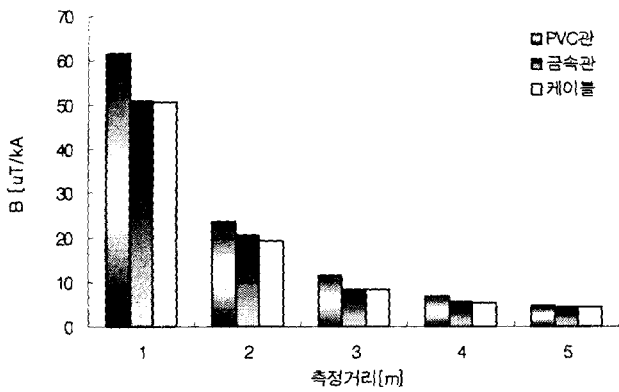


그림 14 인하도선의 배선방식에 따른 자속밀도  
 Fig. 14 Magnetic flux density according to the wiring method of down-conductor

4.2.2 금속관의 본딩 방식에 따른 자속밀도

금속관과 인입된 인하도선(GV전선)의 본딩 방식에 따라 진동성 임펄스전류를 인가한 때 주위에 발생하는 자속밀도의 분포를 그림 15에 나타내었다. 측정거리에 따른 자속밀도의 크기는 반비례로 감소하는 것을 알 수 있다.

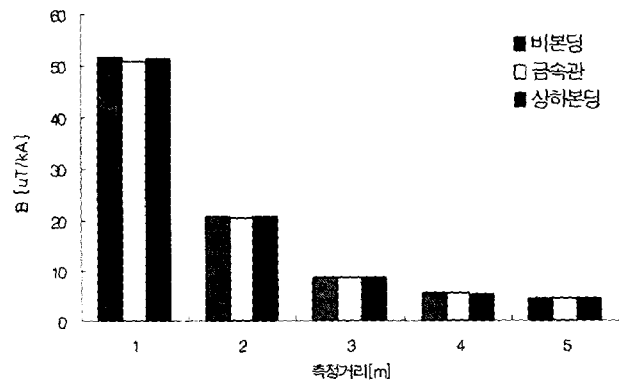


그림 15 금속관의 본딩 조건에 따른 자속밀도  
 Fig. 15 Magnetic flux density according to the bonding condition between the metal conduit and down-conductor

단펄스 전류에서 측정된 결과와 비슷한 양상을 보였으며, 하단 본딩된 경우가 약간 적게 나타났으나 인하도선과 인입용 금속관의 본딩 방식에 따른 주변의 자속밀도의 의존성은 나타나지 않았다.

4.2.3 진동주파수에 따른 자속밀도

진동주파수를 변수로 진동성 임펄스전류를 동축케이블형 인하도선에 인가했을 때 주변에 나타나는 자속밀도의 크기를 거리에 따라 측정된 결과를 그림 16에 나타내었다. 상·하단 본딩된 케이블형 인하도선에 진동성 임펄스전류를 인가했을 때 발생한 자속밀도의 크기를 측정하였다. 자속밀도의 크기는 다른 진동주파수를 갖는 임펄스전류에서도 거리가 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다. 주파수가 높을수록 자속

속밀도의 크기가 크게 나타나는 것은 파두 부분 이외에 높은 진동주파수에 의해 발생하는 고주파에 때문에 유발되는 자속밀도의 크기가 커진 것으로 볼 수 있다.

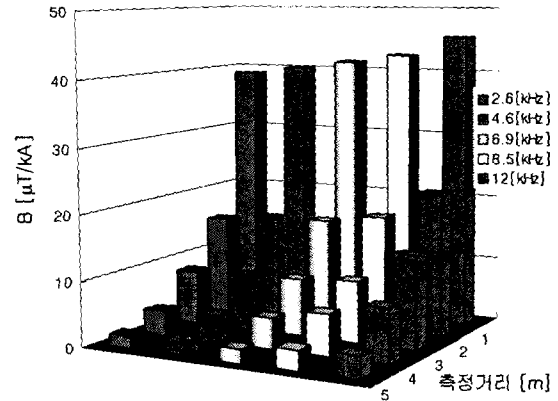


그림 16 감쇠진동형 임펄스전류의 진동주파수에 따른 자속밀도의 분포  
 Fig. 16 Magnetic flux density according to the oscillation frequency of damped oscillatory impulse currents

4.3 단펄스와 진동성 임펄스전류에 의한 자속밀도의 비교

인하도선 주위에 발생하는 자속밀도의 크기를 뇌격전류 파형에 대한 의존성을 분석하기 위해 동일한 크기와 상승시간을 갖는 단펄스 전류와 진동성 전류를 인하도선에 인가하여 거리에 따른 자속밀도의 크기를 측정하고 분석하였다.

PVC관 주변에서 측정된 단펄스 전류와 진동성 전류에 의해 발생하는 자속밀도의 크기를 측정된 결과를 그림 17에 나타내었으며, 진동성 임펄스전류의 경우보다 단펄스 전류를 인가한 때 자속밀도의 크기가 약간 크게 나타났다

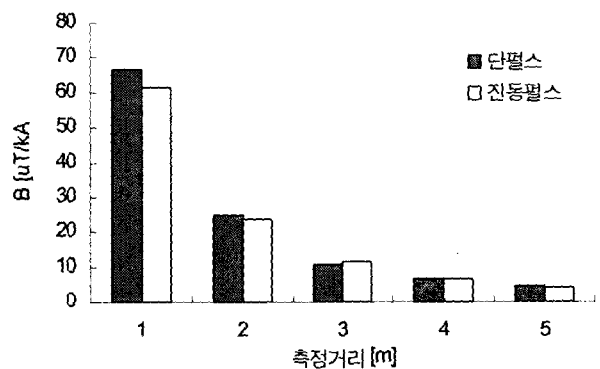


그림 17 인가전류 파형에 따른 자속밀도  
 Fig. 17 Magnetic flux density according to the waveform of incident impulse currents

5. 결 론

본 논문에서는 내부 처보호에 관련된 기초자료와 기술확보를 목적으로 뇌격전류에 의해 건물 내부에 나타날 수 있는 자속밀도의 세기를 인하도선의 종류, 본딩 조건 및 인가전류

의 파형에 따라 실규모 크기에 대한 모의실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 뇌격전류가 흐르는 인하도선 주변에서 발생하는 자장의 세기는 인하도선의 재료와 종류 및 본딩 방식에 대한 의존성은 미약하였다. 건물 내부에서의 자속밀도의 억제를 위해서는 인하도선의 종류나 재료 측면의 검토보다는 여러 조의 인하도선을 대칭으로 배치하여 시설하는 것이 보다 효과적임을 알았다.
- (2) 뇌격전류의 상승시간이 빠르거나 진동주파수가 높을수록 자속밀도는 높게 나타났으며, 금속관 또는 동축케이블의 차폐효과는 비교적 낮은 것으로 나타났다.
- (3) 뇌격전류에 의한 자속밀도를 정확하게 측정할 수 있는 20 Hz-300 kHz의 광대역인 자기적분형 자장측정계를 개발하였다. 검출 센서를 이용하여 내부 뇌보호를 위한 자장측정과 유도전압의 분석에 대한 기초연구에 잘 활용될 것으로 기대되며, 향후 낙뢰에 의한 유도작용과 이의 방지대책에 대한 연구에 적용하여 추진할 예정이다.

#### 감사의 글

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업 인프라구축 지원사업의 지원에 의하여 수행된 연구결과입니다.

#### 참고 문헌

- [1] AC fields working group of the IEEE, "An Evaluation of Instrumentation Used to Measure AC Power System Magnetic Fields", IEEE Trans. PD, Vol. 6, No. 1, 1991
- [2] 정시환, 유연표 "전력설비의 전자계와 민원", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 93~96, 2001
- [3] Peter Hasse and Johannes Wiesinger, "Handbuch für Blitzschutz und Erdung, 4ed, Richard Pflaum Verlag GmbH & Co. KG, pp.85~126, 1993.
- [4] 木島 均, "接地と雷防護", 電子情報通信學會, pp.15~30, 2001
- [5] 이복희, 강성만, 이승철, 이동문, 안창환 "뇌보호설비용 인하도선의 설치조건에 따른 전위상승", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1724~1725, 2001
- [6] 이복희, 강성만, 이승철, 엄주홍, 이경옥 "인하도선 주변에서 발생하는 자장의 억제", 대한전기학회 전기물성·응용부문회 추계학술대회 논문집, pp.216~218, 2001

## 저자 소개



### 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



### 장근철 (張根喆)

1976년 10월 12일생. 2002년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2003년 현재 인하대 대학원 전기공학과 석사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822 e-mail : dothebest95@hotmail.com



### 이수봉 (李守俸)

1979년 4월 13일생. 2002년 2월 경남대 공대 전기공학과 졸업. 2003년 현재 인하대 대학원 전기공학과 석사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : ls bong@hanmail.net



### 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



### 이승철 (李承七)

1943년 4월 1일생. 1971년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 서울산업대 산업대학원 안전공학과 졸업(공학석사). 2002년 2월 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한진중공업 상무. e-mail : sclee@hjcst.co.kr