

Surge Voltage Distribution at the Different Bonding Practice During a Direct Lightning Stroke to Building

李在福[†]·張錫勳*·明聖鎬**·趙延奎***
(Jae-Bok Lee · Sug-Hun Chang · Sung-Ho Myung · Yuen-Gue Cho)

Abstract - There are several ways to bond to building grounding systems for reducing GPR(ground potential rise) and EMI resulting from power system faults or lightning stroke to building. In order to verify effective bonding practice, the GPR and voltage of equipment due to the direct stroke to building are calculated with ATP-EMTP model for transformer, transmission line and MOV(Metal oxide varistor). The simulated model shows a satisfactory accuracy compared with experimental result for the 8/20 μ s simulated current pulse. It is observed that separate grounding can cause dangerous voltage to the building equipment and the performance of surge protective device can improve when it is installed to the protected equipment in distance as short as possible.

Key Words : Direct Lightning Stroke, Bonding and Grounding, GPR, SPD, MOV, EMTP

1. 서 론

고층건물이 증가함에 따라 직격뢰 발생 가능성이 점차 증가하고 있으며 낙뢰시 발생하는 서지전압이 정보화된 현대식 건물내의 전기, 전자장비에 커다란 위협으로 대두되고 있다. 직격뢰가 피뢰시스템에 가해지면 인하도록을 따라 흐르는 전류의 전자기 결합에 의해 건물 내부의 각종 전기, 전자, 통신장비에 유도전압이 발생하며, 동시에 접지계에 흐르는 전류와 접지계의 임피던스에 곱에 상당하는 전위상승이 발생한다. 유도에 의한 서지전압은 저압 전원계통에서는 20 kV 이하이지만 직격뢰 전류에 의한 전위상승에 의한 서지전압은 접지계의 본딩상태 및 접지저항의 크기에 따라 최대 수 MV에 이를 수도 있다. 한정된 공간으로 이루어진 고층 건축물에는 인체의 감전보호와 기기보호 및 사고를 차단하기 위한 고장 감시 등을 위해 변압기 중성점용 접지, 전력용 안전접지, 통신용 접지 및 피뢰 접지 등 다수의 접지계가 존재한다. 이들이 상호 접속된 경우 해당 접지저항과 이들에 흐르는 분류전류 곱에 상응하는 전위와 외부에서 건물내로 인입되는 수도관이나 전력용 접지도체 및 차폐체 등과 같은 전도성 도체에 나타나는 전위간의 전위차가 이들 사이에 존재하는 기기의 절연에 나타나게 된다. 한편 접지가 분리된 경우에는 접지극간의 전위차가 나타나므로 이들 사이에 존재하는 기기의 절연에도 전위차가 발생하여 장비의 오동작

이나 파손을 초래할 수 있다[1].

건물에 직격뢰가 가해졌을 때 장비에 나타나는 서지 전압의 크기를 예측하는 연구는 공통 접지된 접지계에 대한 것이 주로 다루어져왔다[2-5]. 그러나 실제 현장에서는 전기설비기술기준이나 건축전기설비기준과 같은 기존의 관련 법령에 의거하여 독립적으로 설치된 접지계가 흔히 존재한다. 본 연구에서는 건물의 피뢰시스템으로 직격뢰가 가해졌을 때 건물내에 존재하는 다수의 접지계(피뢰접지, 변압기 중성점 접지, 전원접지 및 통신접지계)간의 상호 본딩시에 접지계에 나타나는 전위상승을 모의 계산하고 실험을 통해 모의 해석 결과와 비교하였다. 또한 피뢰용 서지보호기(SPD : Surge Protective Device)의 설치 위치와 부하의 임피던스에 따른 SPD의 보호효과를 모의 해석과 실험을 통해 평가하였다.

2. 전위분포 모의 해석 및 실험조건

2.1 뇌격전류 모델

건물로의 직격뢰 해석에서는 IEC 61643-1에서 제안하고 있는 정극성 1차 귀환 뇌격전류 파형인 10/350 μ s 전류 파형이

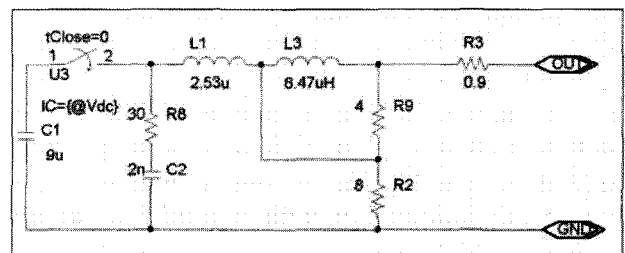


그림 1 서지 발생기의 등가회로
Fig. 1 Equivalent circuit of surge generator

[†] 교신저자, 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員 · 工博
E-mail: jblee@keri.re.kr

* 正會員 : 韓國電氣研究院 先任研究員

** 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員 · 工博

*** 正會員 : 韓國電氣研究院 先任技術員

接受日字 : 2008年 9月 30日

最終完了 : 2008年 10月 21日

사용되지만 본 연구에서는 실험결과와 모의 해석결과를 비교 분석하기 위해 개방회로 전압(1.2/50 μ s) 6 kV, 단락회로 전류(8/20 μ s) 3 kA의 특성을 가진 Keytek 사의 조합파 서지발생기를 뇌격원으로 사용하였다. 그림 1은 모의 해석과 실험에 사용된 조합파 발생기의 등가회로를 나타내고 있다.

2.2 변압기 모의

특고압 배전선로에 주로 사용되는 13.2 kV/230 V, 10 kVA 단상 주상 변압기 1대를 모의 대상으로 사용하였다. 변압기의 등가 파라미터는 임피던스 분석기(Agilent 4294A)로 변압기 2차측의 어드미턴스를 측정하여 이것을 다음의 Vector Fitting(VF)기법[6, 7]을 사용하여 다차 유리함수로 분해함으로써 그림 2와 같이 합성회로의 등가파라미터를 추출하였다.

VF는 측정데이터를 $h(s)$ 의 입력으로 취해, 동일한 특성을 N 개의 Pole 셋을 사용하여 n 개의 요소를 근사화하는 방법으로 h 내의 개개요소 h_i 는

$$h_i \approx h_{fit}(s) = \sum_{m=1}^N \frac{C_{im}}{s-a_m} + d_i + e_i s, \quad i=1 \dots n$$

이 된다.

여기서 c 는 나머지인 유수, a 는 Pole이며 d_i, e_i 는 실수이고 Pole과 유수는 실수 혹은 complex conjugate이다. 위식의 근사치는 다음의 전체 벡터 $h(s)$ 에 대한 가중 최소승 근사치이다.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{N_i} w_k |h_{fit}(s_k) - h_i(s_k)|^2 = \min$$

그림 2에서 Node i 와 접지간의 어드미턴스는 $y_i = \sum_{j=1}^n Y_{fit_{ij}}$, Node i 와 j 간의 어드미턴스는 $y_{ij} = -Y_{fit_{ij}}$ 이며 위식은 다음과 같은 유리함수의 형태를 이룬다.

$$y(s) = \sum_{m=1}^N \frac{C_m}{s-a_m} + d + es$$

여기서 $C_0 = e, R_0 = 1/d, s = j\omega$ 이다.

R-L 가지의 각각의 Real Pole은 $R_1 = -a/c, L_1 = c$ 이며 각각의 complex conjugate는

$$\frac{c_1 + jc_2}{s - (a_1 + ja_2)} + \frac{c_1 - jc_2}{s - (a_1 - ja_2)}$$

이므로

$$\begin{aligned} L &= 1/(2c_1) \\ R &= [-2a_1 + 2(c_1 a_1 + c_2 a_2)]L \\ 1/C &= [a_1^2 + a_2^2 + 2(c_1 a_1 + c_2 a_2)R]L \\ G &= -2(c_1 a_1 + c_2 a_2)CL \end{aligned}$$

이다. 위식을 이용하여 구한 변압기 등가파라미터는 각각

$C_0 = -0.573 \mu$ F, $R_0 = 58.95 \Omega, R_1 = 11.347 \Omega, L_1 = 57.7$ mH, $R = 4.483 \Omega, L = 0.348$ mH, $C = 1.546 \mu$ F, $1/G = Rg = -74.26 \Omega$ 이 산정되었다. 모의 대상 변압기의 $|Y|\angle\theta$ 측정치와 계산치는 그림 3과 같다.

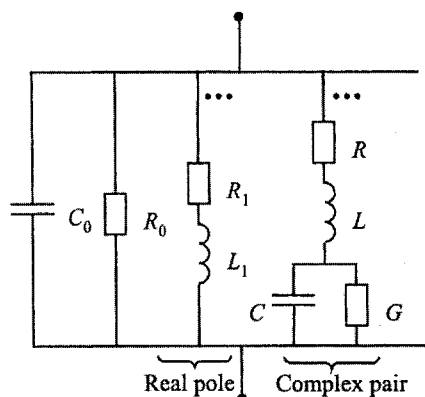
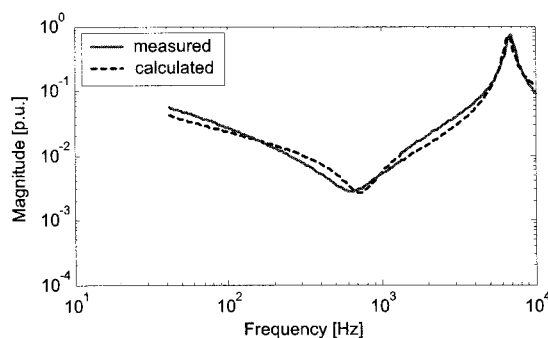
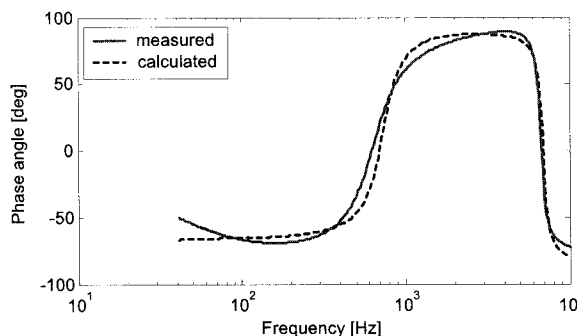


그림 2 변압기 등가회로의 합성

Fig. 2 Equivalent circuit of transformer with VF method



(a) $|Y|$



(b) 위상특성

그림 3 변압기의 $|Y|\angle\theta$ 측정치와 계산치

Fig. 3 Computed and measured $|Y|\angle\theta$ of transformer

2.3 선로

0.75 mm², 3C의 저압 전력케이블 24 m를 모의 및 실험에 사용하였으며, 개개의 선은 단상선로 분포정수회로로 모델링하였다. 여기에 사용된 선로정수 값은 8/20 μ s 전류파형의 지배주파수인 25 kHz에서 임피던스분석기를 사용하여 측정하여 구했으면 단위 길이당 선로정수 값은 $L = 0.6 \mu$ H/m, $R = 45.8$ m Ω /m, $C = 80$ pF/m, $G = 4.7$ M $\Omega = 2.1$ S/m 이다.

2.4 외부 피뢰시스템

외부 피뢰시스템은 보통 피뢰침, 인하도선 및 접지극으로 구성된다. 인하도선은 단면적 0.5mm², 길이 24 m인 도체의 임피던스를 주파수 25 kHz에서 측정하여 얻은 인덕턴스 16 μ H와 도체의 저항 733 m Ω 를 해석과 측정에 사용하였다.

2.5 접지극

변압기 중성점의 접지 저항치 $R_{TR} = 10 \Omega$, 외함 등 전기안전을 위한 접지저항치 $R_{PWR} = 10 \Omega$, 통신 선로 및 기기의 접지 저항 $R_{TEL} = 50 \Omega$ 및 피뢰 접지극 $R_{ROD} = 10 \Omega$ 을 해석과 실험을 위한 기본 접지 저항치로 사용하였다. 접지극과 직렬로 연결된 선로 인덕턴스는 본딩점과 접지극간의 접지 리드선의 인덕턴스(보통 $1\mu\text{H}/\text{m}$)를 고려하여 $5.6 \mu\text{H}$ 로 산정했으며, 이를 구현하기 위해 관통형 페라이트 비드를 사용하여 해당 인덕턴스 값을 얻었다. 상기 접지저항은 정상상태의 접지저항이며, 토양에서의 아크로 인해 나타나는 접지저항의 비선형 특성은 전류의 크기가 작기 때문에 고려하지 않았다.

2.6 SPD 모델

건물의 전원선을 직격뢰 서지로부터 보호하기 위한 소자로 금속산화아연 바리스터(MOV : Metal Oxide Varistor)를 사용하였다. 일반적으로 MOV는 그림 4와 같이 리드선의 누설 인덕턴스와 표유전용량 및 전류의 크기에 따라 비선형적으로 저항값이 변화하는 저항으로 등가화할 수 있다. 해석 및 측정에 사용된 MOV는 교류 최대 연속사용전압이 460 V인 EPCOS사 모델 S20K460으로 제한 전압 V_c 는

$$V_c = 10^\alpha$$

$$\alpha = B_1 + B_2 \log_{10}(i) + B_3 e^{-\log_{10}(i)} + B_4 e^{\log_{10}(i)}$$

로 표현할 수 있다. 여기서 특성을 나타내는 상수 B 는 각각 $B_1 = 2.9645747$, $B_2 = 0.0260556$, $B_3 = -0.0005738$, $B_4 = 0.0046503$ 이며 표유 커패시턴스 C 와 누설 인덕턴스 L 은 각각 $C = 380 \text{ pF}$, $L = 13.0 \text{ nH}$ 이다.

2.7 실험장치의 구성

건물의 피뢰시스템에 직격뢰가 가해 졌을 때 각 접지계의 전위상승 분포를 계산하고 이를 실험결과와 비교하기 위해 그림 5와 같이 실험장치를 구성하였다. 실험장치는 8/20 μs 전류발생용 서지 발생기, 20 m 길이에 상당하는 피뢰침 인하도선, 24 m의 단상 전력선, 모의 수전변압기로 구성되어 있다. 접지의 원점은 0.4 m x 1 m 황동판을 이용하였으며,

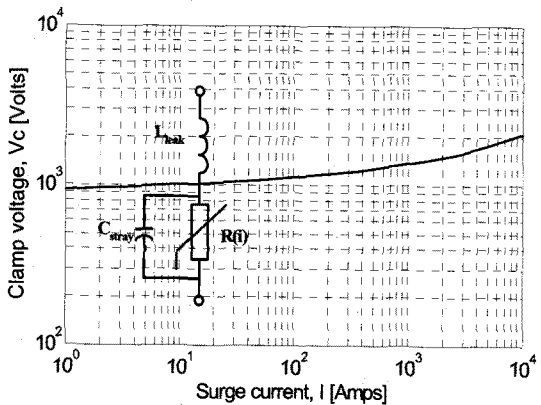
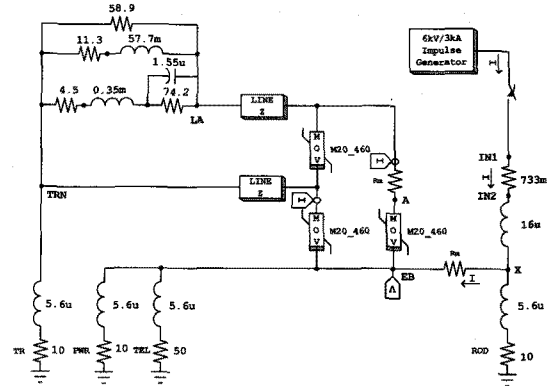


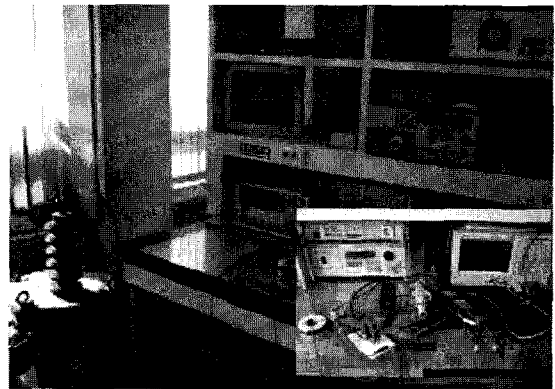
그림 4 MOV 등가회로 및 S20K460의 I-V 특성
Fig. 4 Equivalent circuit and I-V characteristic of MOV (S20K460)

각 시스템의 접지 저항은 무유도 저항기로 모의하였고, 인하도선, 접지리드선 등 배선의 길이에 따른 인덕턴스는 페라이트 비드 인덕터를 사용하여 모의하였다.

전압, 전류 파형의 기록은 Tektronix 5054, 500 MHz 오실로스코프를 사용했으며 각부의 측정지점과 사용된 센서는 표 1과 같다.



(a) 모의 해석 회로



(b) 실험장치 구성

그림 5 모의 실험설비의 구성
Fig. 5 Setup of simulated equipment device

표 1 측정장비의 사양과 측정점
Table 1 The specifications of measuring equipment and the measurement points

센서명	장비	특성	측정점
전류센서	Pearson 101 HF current monitor	100ns/4MHz/2.5 A · s/50 Ω , 50kA, 100X	Ch1 인가전류 : IN1-IN2
전압센서	Tektronix P5200 고전압 차동프로브	25MHz/7pF/4M Ω , 1.3kVpk, 500x or 50x	Ch2 MOV제한전압 : EB-A
전압센서	Tektronix P6015A	75MHz/100M Ω /3.0pF, 20kV, 1000x	Ch3 등전위 본딩점 전위 : EB
전압센서	Tektronix P5210고전압 차동프로브	50MHz/7pF/4M Ω , 5.6kVpk, 1000x/100x	Ch4 변압기서지전압 : LA-TRN

3. 전위분포 계산 및 측정 결과 비교분석

해석 모델은 선로정수를 고정한 상태에서 다수의 조합으로 접지극을 분당하고 건물내 전기회로망의 서지 전압 분포를 과도해석프로그램(ATP-EMTP)을 이용하여 계산하였고, 이를 모의 실험결과와 비교하여 모의 계산의 적정성을 확인하고자 하였다. 또한 부하의 임피던스와 보호기기와 피 보호기기간의 거리에 따른 SPD의 보호효과를 규명하고자 했다. 인가 전류의 크기가 부하의 임피던스에 따라 변화하는 특성을 고려하여 ATP-EMTP 계산프로그램에 본 전류발생회로를 포함하였다.

3.1 본딩 방식에 따른 전위상승

(1) Case 1 : 피뢰접지, 통신접지 및 전원접지 공통, 변압기 접지는 별도로 한 경우

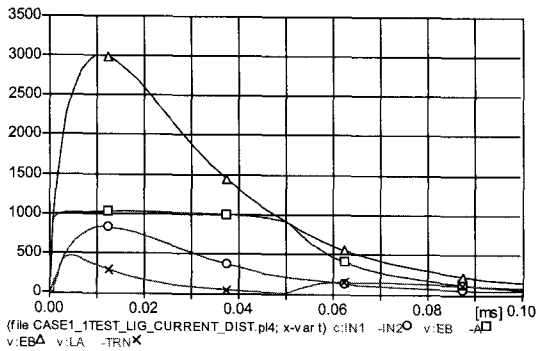
본 Case는 그림 5(a)와 같이 수전용 변압기가 별도의 건물 혹은 배전 전주에 위치하고 있으며, 건물내의 모든 접지극은 등전위 본딩도체에 연결되어 있는 상태를 나타낸 것이다. 회로에서 Rm은 분류전류를 측정하기 위한 1 mΩ 측정 저항이며 계산결과에 영향을 미치지 않는다.

그림 6과 같이 계산결과와 측정결과는 거의 유사한 형태와 크기를 이루고 있다. 이와 같은 접지구조에서는 약 800

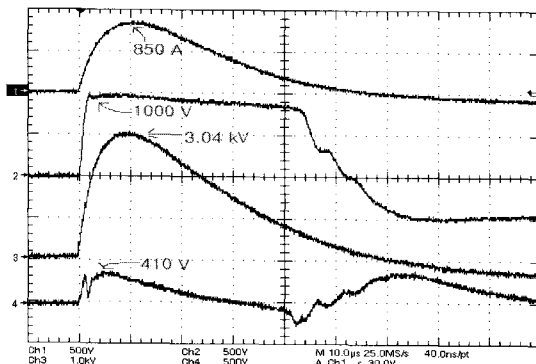
A의 인입 뇌격전류는 접지계와 시스템으로 분류되며 이들 전류는 전원접지, 통신접지 및 피뢰접지의 병렬 임피던스와 수전변전소의 접지저항과 변압기 2 차측의 임피던스 합에 의존하여 전류가 분류된다. 수전변압기의 중성점이 분리된 본 case에서는 변압기의 2 차 권선을 경유하여 중성점 접지측으로 흐르는 서지전류로 인해 변압기 권선이 소손될 우려가 있다. 따라서 변압기 2 차측을 보호하기 위해 변압기 2 차측에 SPD를 설치할 필요가 있다. 한편 등전위 본딩점의 전위상승은 피뢰접지, 전원접지 및 통신접지가 함께 분당되어 통합 병렬임피던스를 저감하기 때문에 약 3 kV로 나타났다. MOV의 제한전압은 이곳에 흐르는 전류로 인해 약 1 kV의 전압이 발생하며 계산치와 거의 일치한다.

(2) Case 2 : 모든 접지를 공통 본딩한 경우

건물내에 수전 변압기가 설치되어 있으며, 접지간의 전위차를 억제하기 위하여 모든 접지극을 등전위 본딩 한 예이다. 이 경우 그림 7과 같이 거의 모든 전류가 접지계로 흐르며, 시스템으로는 분류전류는 거의 흐르지 않으므로 제한전압과 변압기에 나타나는 전압이 매우 적다. 또한 변압기 중성점을 포함한 모든 접지가 등전위 접지로 되어 있어 등전위 본딩점의 전위상승은 Case 1보다 다소 작은 2.8 kV로 나타나고 있으며, 계산치와 매우 유사한 결과를 보이고 있다.



(a) 계산결과

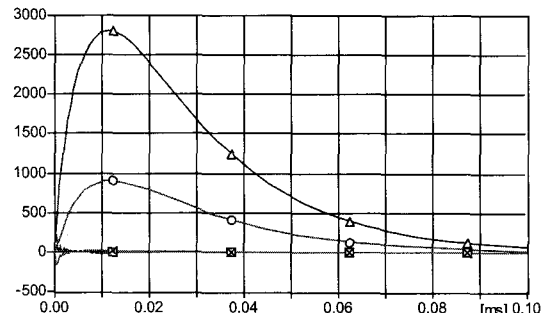


Ch1 = 인가 전류(IN1-IN2) : 824 A @ 11 μs
 Ch2 = MOV 제한전압(EB-A) : 1,024 V @ 11 μs
 Ch3 = 등전위 본딩점 전위(EB) : 3,003 V @ 11 μs
 Ch4 = 변압기 서지전압(LA-TRN) : 460 V @ 5 μs

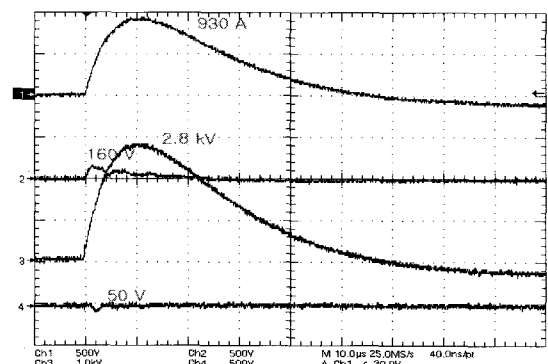
(b) 측정결과

그림 6 Case 1의 전위분포

Fig. 6 Potential Profile for Case 1



(a) 계산결과



Ch1 = 인가 전류(IN1-IN2) : 901 A @ 11 μs
 Ch2 = MOV 제한전압(EB-A) : 79 V @ 1 μs
 Ch3 = 등전위 본딩점 전위(EB) : 2,808 V @ 11 μs
 Ch4 = 변압기 서지전압(LA-TRN) : -129 V @ 0.3 μs

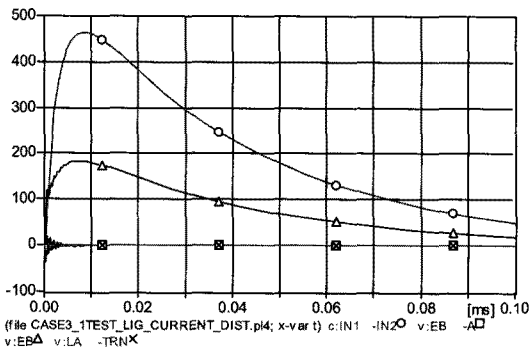
(b) 측정결과

그림 7 Case 2의 전위분포

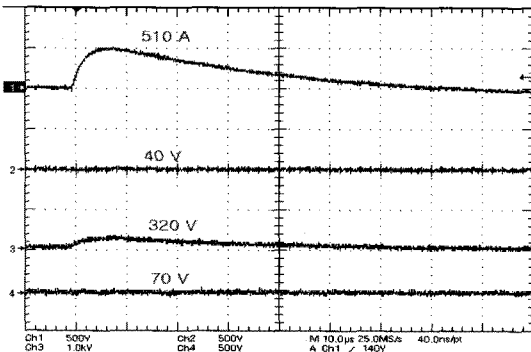
Fig. 7 Potential Profile for Case 2

(3) Case 3 : 피뢰침 접지를 제외한 모든 접지를 공통 본딩한 경우

건물내에 수전 변압기가 설치되어 있으며, 피뢰침 접지를 제외한 모든 접지를 공통 접지한 경우이다. 피뢰침 접지와 건물 공통접지간의 상호 저항은 100 Ω으로 정했다. 이 경우 피뢰침 접지와 건물 공통접지간의 상호 저항으로 인해 91.2 %의 전류는 피뢰침계로 흐른다. 나머지 8.8 %의 전류로 인해 피뢰침 접지와 등전위 본딩점과 전위차는 그림 8(c)와 같이 4 kV에 이른다. 이러한 전위차는 입력전류와 두 접지계의 상호 임피던스에 비례하며, 일반적으로 매우 큰 전위차가 발생한다. 피뢰침으로의 뇌격 전류가 31 kA(발생누적확률 50%)인

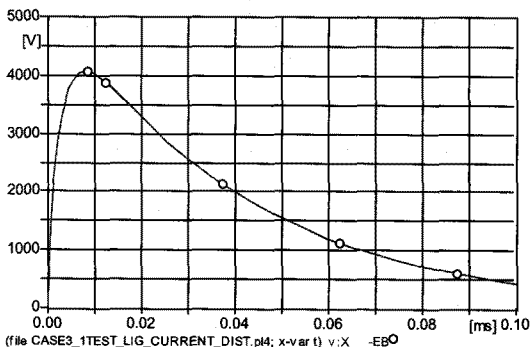


(a) 계산결과



Ch1 = 인가 전류(IN1-IN2) : 464 A @ 11 μs
 Ch2 = MOV 제한전압(EB-A) : 0 V @ 1 μs
 Ch3 = 등전위 본딩점 전위(EB) : 183 V @ 11 μs
 Ch4 = 변압기 서지전압(LA-TRN) : -129 V @ 0.3 μs

(b) 측정결과



(c) 피뢰침지점(X)과 등전위 본딩점(EB)과의 전위차 : 4,062 V @ 8.5μs

그림 8 Case 3의 전위분포

Fig. 8 Potential Profile for Case 3

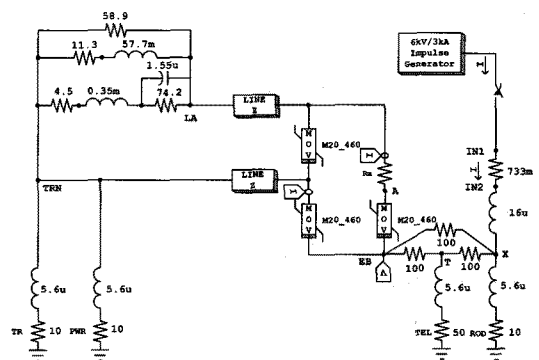
경우 본 회로에는 약 267 kV가 전위차가 발생하며, 이 크기는 주 접지계와 피뢰침접지간의 물리적인 이격거리가 충분히 크지 않으면 지표면이나 대지내에서 절연파괴를 일으킬 수 있는 위험전압이다. 한정된 건물 공간내에서 두 접지극을 서로 이격시키기 힘든 상황에서는 상기의 위험전압으로 인해 대지 내부에서 방전이 발생하면 이온화된 전로가 형성되어 공통접지계로 많은 분류전류가 흐르게 되며 이로 인해 시스템측의 장비에 서지전압이 발생 될 수 있으며, 인체의 안전상에도 위험이 될 수 있다.

(4) Case 4 : 통신접지를 피뢰침 접지, 전원접지와 각각 분리한 경우

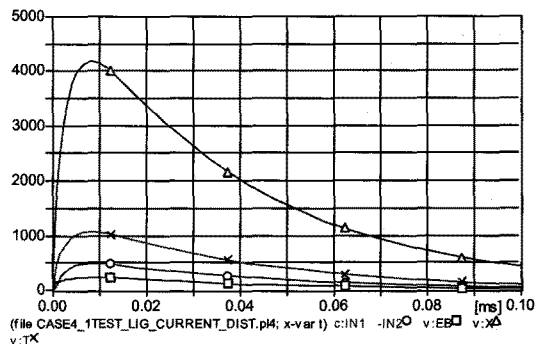
그림 9(a)는 통신접지를 피뢰침 접지, 전원접지와 각각 분리한 경우의 예이다. 여기서 각각의 접지계의 상호저항은 100 Ω으로 정했다. 본 Case의 경우 분리된 접지간에는 항상 전위차가 존재하며, 주 접지극을 공간적으로 멀리 이격시켜 놓을 지라도 통신접지에 연결된 통신설비에도 전원이 공급되기 때문에 전원접지와 통신접지로 확보할 수 있는 절연거리는 보통 수 mm로 작다. 그림 9(b)는 각 접지의 전위를 나타낸 것으로 통신접지와 피뢰침접지간의 전위차는 3 kV에 상당하며 Case 3과 마찬가지로 피뢰침 접지와 통신접지간의 이격거리가 충분히 크지 않으면 이들 사이에 절연파괴가 발생할 수 있어 통신접지와 타 접지계와의 분리는 바람직하지 않다고 볼 수 있다.

(5) 접지계의 운용 상태에 따른 종합 특성

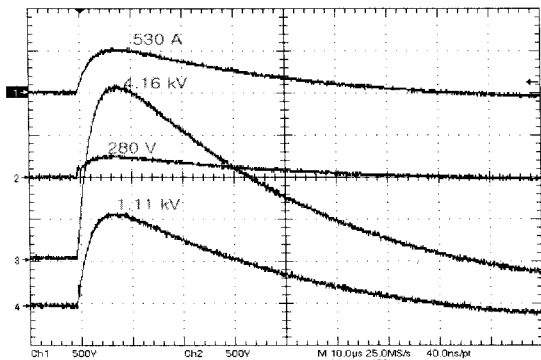
상기의 4가지 Case에 대한 종합 분석 결과 모든 접지를 공통 본딩한 경우(Case 2) 계통측의 부하에 가장 작은 영향을 미치는 결과가 얻어졌다. 모든 경우에서 인하도선과 외부



(a) Case4 모의 등가회로



(b) 계산결과



Ch1 = 인가 전류(IN1-IN2) : 488 A @ 9 μ s
 Ch2 = 등전위 본딩점 전위(EB) : 238 V @ 9 μ s
 Ch3 = 피뢰접지점 전위(X) : 4177 V @ 9 μ s
 Ch4 = 통신접지점 전위(T) : 1,070 V @ 9 μ s

(c) 측정결과

그림 9 Case 4의 전위분포

Fig. 9 Potential Profile for Case 4

도전체와 측면방전의 가능성이 있으며 이를 억제하기 위해서는 피뢰침의 인하도록의 수를 늘려 인덕턴스를 줄이므로서 유도전압강하를 저감함과 동시에 다수의 인하도록을 상호 반대편에 설치함으로써 건물내부의 전선로에 대한 유도전류를 다소 저감할 수 있다. Case 1과 같이 변압기 중성점 접지점이 기타 접지계와 분리된 경우에는 직격뢰 전류의 일부가 MOV를 거쳐 부하기에 흐르게 되므로 SPD의 내량을 증가시키고 피보호기인 변압기 2차측에 SPD를 설치할 필요가 있다.

3.2 부하의 임피던스 및 거리에 따른 서지 전파 특성

3.2.1 해석 및 모의 조건

SPD는 제한 전압특성과 에너지 내량을 고려하여 설치되어 있어도 SPD와 피 보호기기간의 거리와 부하의 임피던스에 따라 피보호기에 나타나는 전압은 달라 질 수 있다.

이와 같은 서지의 전파특성을 확인하기 위해 그림 10과 같이 2 kV/1 kA 출력의 조합과 발생기의 출력단자에 MCOV가 460 Vrms인 S20K460 MOV를 연결하였으며 0.5 mm², 3C 비닐 캡타이어 케이블을 사용하여 MOV와 부하기와의 거리가 각각 1 m, 10 m, 100 m인 경우를 모의하였다. 또한 중단부하의 임피던스변화에 따른 서지전파특성을 분석하기 위해 각각 10 Ω , 100 Ω , 1 k Ω 의 저항기를 사용하였다.

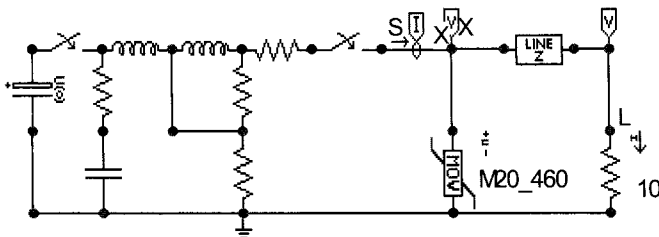
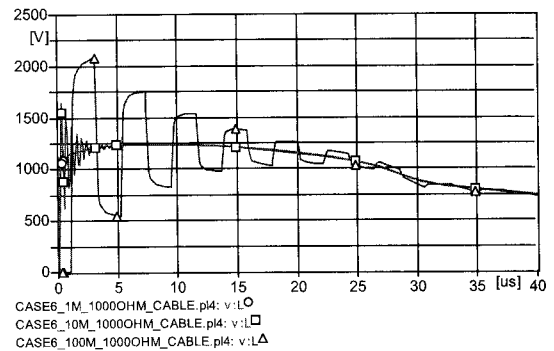


그림 10 서지전파 특성 모의 및 시험회로

Fig. 10 Simulated and test circuit for surge propagation characteristics

3.2.2 해석 및 실험결과 분석

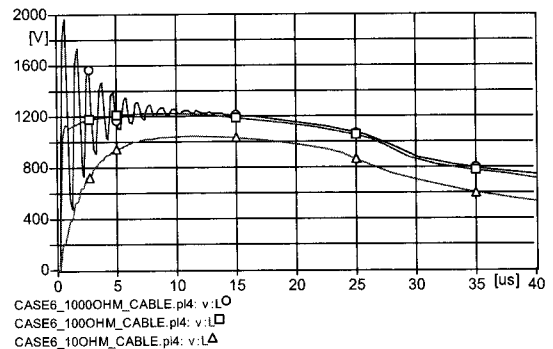
부하저항이 1 k Ω 으로 일정하고, MOV와 부하간의 거리를 1 m, 10 m, 100 m로 변화시켰을 때 부하단에 나타나는 서지전압을 계산하면 그림 11과 같이 거리가 길수록 반사파의 영향이 심하게 발생함을 알 수 있다. 100 m 인 경우는 10 m 경우보다 파의 왕복전파시간이 10배가 되므로 반사파의 도달시간도 10배에 달하는 것을 알 수 있다.



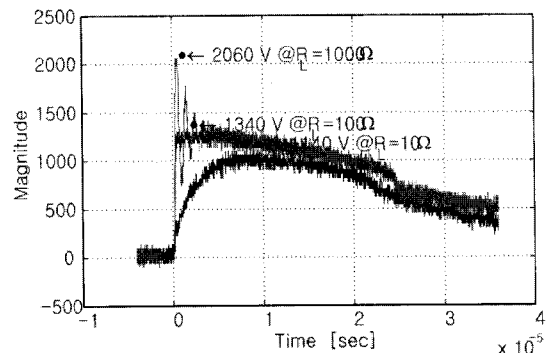
1.24 kV@1m, 1.53 kV@10m, 2.17 kV@100m

그림 11 1 k Ω 부하에서 선로의 길이에 따른 부하측의 서지전압 모의 해석결과

Fig. 11 The computed surge voltage at load side with the load impedance of 1 k Ω



(a) 계산결과



(b) 측정결과

그림 12 케이블 길이가 24 m 일 때 부하저항에 따른 부하측의 서지전압 양상

Fig. 12 The computed and measured surge voltages at load side with the cable length of 24 m

케이블 길이가 24 m로 일정할 때 부하저항이 증가하면 그림 12에 나타난 바와 같이 반사파의 영향이 증가하여 피부하기기에 감쇠진동파가 발생하며, 이 전압의 크기는 보호소자가 설치된 인입단의 제한전압보다 크게 나타남을 알 수 있다. 상기 결과는 ATP-EMTP를 이용한 모의 해석과 측정 결과가 거의 일치하고 있으며 이에 따라 SPD와 피보호기기인 부하와의 거리는 가능한 한 짧게 하는 것이 바람직하다.

4. 결 론

건물의 피뢰시스템으로 직격뢰가 가해졌을 때 건물내에 존재하는 다수의 접지계(피뢰접지, 변압기 중성점 접지, 전원접지 및 통신접지계)간의 상호 본딩시에 접지계에 나타나는 전위상승을 모의 계산하고 실험을 통해 모의 해석 결과와 비교하였다. 그 결과 계산치와 측정치가 거의 유사한 크기와 경향을 나타냄으로서 계산에 사용된 모델이 타당함을 검증하였다. 접지계를 모의한 4가지의 사례를 비교, 분석한 결과 모든 접지계를 공통으로 등전위 본딩한 경우가 가장 효과적인 본딩 방식임을 확인하였다.

한편 부하의 임피던스와 보호기기와 피 보호기간의 거리에 따른 SPD의 보호효과를 모의 해석하고 이를 실험을 통해 비교분석함으로써 부하의 임피던스가 작을수록 서지보호기의 보호효과가 우수하며, SPD와 피보호기기인 부하와의 거리는 가능한 한 짧게 하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Li-Zhi Wu, "A study of ground problem about communicating micro-electronic equipment when a lightning hits a building", High Voltage Engineering, 1999. Eleventh International Symposium on (Conf. Publ. No. 467), vol. 2, pp. 381 - 384, 23-27 Aug. 1999.
- [2] A. Rakotomalala and et al, "Lightning distribution through earthing systems", IEEE Inter. Symp. Record on EMC 22-26 Aug. 1994 Symposium Record. pp.419 - 423, 1994.
- [3] C. Buccella, "Calculation of current distribution in a lightning stroked metal structure considering the nonlinear ground impedance", Industry Applications Conference, 2001. Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, Vol. 4, pp. 2703 - 2708.
- [4] S. Cristina, A. Orlandi, "Calculation of the induced effects due to a lightning stroke", Electric Power Applications, IEE Proceedings B, Vol. 139, pp.374 - 380, July 1992.
- [5] A. Orlandi, F. Schietroma, "Attenuation by a lightning protection system of induced voltages due to direct strikes to a building", IEEE Transactions on EMC, Vol. 38, pp. 43 - 50, Feb. 1996.
- [6] B. Gustavsen, A.semlyen, "Rational approximation of

frequency domain responses by vector fitting", IEEE Trans. on PD., Vol. 14, No. 3, pp.1052-1061, July. 1997.

- [7] B. Gustavsen, "Computer Code for rational Approximation of frequency dependent admittance matrices, IEEE Trans. on PD., Vol. 17, No. 4, pp.1093-1097, Oct. 2002

저 자 소 개



이 재 복 (李 在 福)

1962년 8월 17일생. 1985년 인하대공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 한국전기연구원 전기환경연구그룹 책임 연구원
Tel : 055-280-1323
Fax : 055-280-1329
Email : jblee@keri.re.kr



장 석 훈 (張 錫 勳)

1974년 2월 20일생. 1996년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 한국전기연구원 전기환경연구그룹 선임연구원
Tel : 055-280-1328
Fax : 055-280-1329
Email : shchang@keri.re.kr



명 성 호 (明 聖 鎬)

1959년 3월 20일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 한국전기연구원 전기환경연구그룹장
Tel : 055-280-1320
Fax : 055-280-1329
Email : shmyung@keri.re.kr



조 연 규 (趙 延 奎)

1957년 3월 10일생. 1982년 경남대 전기공학과 졸업. 2005년 창원대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 한국전기연구원 전기환경연구그룹 선임기술원
Tel : 055-280-1343
Fax : 055-280-1329
Email : ygcho@keri.re.kr