

# 접지품질 개선을 위한 접지저항 최적화 및 접지충진제의 전기적 특성 연구

박철근<sup>1\*</sup>, 안성준<sup>1</sup>, 우제욱<sup>2</sup>, 안수준<sup>2</sup>, 유용정<sup>2</sup>, 안승준<sup>3</sup>

## Optimization of the Earthing Resistance and Research on the Electrical Characteristics of New Catalyst for the Quality Earthing

C.G. Park<sup>1\*</sup>, S.J. Ahn<sup>1</sup>, J.W. Woo<sup>2</sup>, S.J. Ahn<sup>2</sup>, Y.J. Yu<sup>2</sup> and S.J. Ahn<sup>3</sup>

**요 약** 시설물이나 장비로 surge wave가 유입되는 것을 방지하기 위해서는 접지시스템의 접지저항을 수  $\Omega$  정도로 낮추어야 하지만 시공비를 낮추기 위하여 적절한 접지저항 값을 결정하는 것이 중요한 문제이다. 본 연구에서는 접지 저항 simulator를 이용하여 최적화된 경제적 접지저항(임피던스) 값을 설정하였으며 수용성 알칼리족 원소와 활성탄소를 주성분으로 하는 새로운 접지충진제를 개발하여 접지품질을 개선하기 위한 전기적 특성을 평가하였다.

**Abstract** In earthing technologies, the intrusion of the surge wave can be protected when the earthing resistance is as low as several ohms. However, the cost for realizing such a low resistance is quite high. Therefore it is important to determine appropriate target value of the earthing resistance to install cost-effective grounding system. In this work, we have proposed an optimization method of the earthing resistance according to the various environmental parameters by using a numerical simulator. We have also developed new catalyst composed of water-soluble alkaline elements and activated carbon and investigated its electrical characteristics for enhancement of the earthing qualities.

**Key words** : 접지저항, 접지충진제, 전해질, Maxwell equation, simulator, Runge-Kutta.

### 1. 서론

낙뢰는 인위적으로 발생을 제어할 수 없는 자연현상으로 특히 여름철에는 산업시설 전반에 많은 피해를 입혀왔다. 최근에 이르러 송수신탑과 같은 통신시설, 배전반 시설 등과 같은 산업기반시설이나 군사시설에 고가의 장비들이 내장되면서 낙뢰에 대한 피해액은 기하급수적으로 증가하였다.

이러한 낙뢰에 대한 피해를 방지하기 위하여 고가

의 산업기반시설이 설치된 곳에는 접지시설을 설치함으로써 낙뢰와 같은 강력한 surge wave가 유입되었을 때 시설물이나 장비에 damage를 주지 않고 접지를 통해 지나가도록 해야 한다.

Surge wave가 시설물이나 장비로 유입되는 의존성은 낙뢰방지를 위한 접지시설의 접지저항에 따라 크게 달라지는데, 시설물이나 장비로 surge wave가 유입되는 것을 방지하기 위해서는 접지저항을 수  $\Omega$  정도로 낮추어야 한다. 그러나 시설물의 접지저항을 수  $\Omega$  정도로 낮추기 위해서는 많은 시설비가 투입되어야 하기 때문에 시설물이 설치되는 위치와 그곳의 자연현상의 통계적 자료를 바탕으로 하여 적절한 접지저항 값을 결정하는 것이 중요한 문제이다.

따라서 본 연구에서는 수치해석 방법으로 적절한 접지저항 값을 산출하기 위하여 접지저항 simulator를 개발한 다음 최적화된 경제적 접지저항(임피던스)

이 논문은 2006년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류 연구비 지원에 의한 것임.

<sup>1</sup>선문대학교 공과대학 정보통신공학부

<sup>2</sup>(주) 그라운드 기술개발부

<sup>3</sup>선문대학교 자연과학대학 신소재과학과

\*교신저자: 박철근(cgpark@sunmoon.ac.kr)

값을 설정하였으며 접지품질을 개선하기 위하여 접지충진제의 이온함유량 및 측정 주파수에 따른 접지저항의 특성을 평가하였다.

## 2. 접지저항 최적화를 위한 수치해석

접지는 자연적으로 random하게 발생하는 강력한 surge wave, 즉 거대한 전하를 시설물이나 장비에 damage를 주지 않고 자연스럽게 방전시키는 시스템이다. 일반적으로 전기회로계에서 전하의 흐름 및 유동은 Maxwell 방정식으로 표현할 수 있다.

$$L \frac{dI(t)}{dt} + RI(t) + \frac{q(t)}{C} = E(t), t \geq 0,$$

$$q(t) = \int_0^t I(t)dt + q(0). \quad (1)$$

여기서  $L$ 은 전기회로의 유도리액턴스,  $C$ 는 용량리액턴스,  $R$ 은 저항,  $q$ 는 전하량을 의미하며  $E(t)$ 는 외부에서 인가되는 impulse function이다. Unit impulse 함수는 그것의 적분값이 항상 단위면적이 되는 함수로 수리적으로 관계식  $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1$ 을

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t)dt = 1$$

만족한다. 그리고 impulse가  $t = t_0$ 에 위치하며 크기가  $A$ 인 impulse 함수는  $A\delta(t - t_0)$ 로 표시된다. 상미분방정식을 풀기 위해서는 주어진 영역의 경계점에서 조건들이 어떻게 표시되는가에 따라 초기치 문제 또는 경계치 문제로 구분되어 진다. 초기치 문제의 모든 조건들은 영역의 시작점에서 표시된다. 반대로 조건들이 영역의 시작점과 종점으로 나누어서 정의되면 이 문제는 경계치 문제로 귀착된다.  $q(t) = u(t)$ 로 치환해서 식 (1)을 정리하여 다시 쓰면

$$u''(t) + au'(t) + bu(t) = s(t),$$

$$u(0) = u_0, u'(0) = u_0' \quad (2)$$

여기서  $a, b, s$ 는 상수 또는  $u, u', t$ 의 함수이며 두 번째 항과 세 번째 항은 초기 조건이 된다. 만약  $a, b, s$ 가  $u$ 에 무관할 경우, 이 방정식은 선형 미분방정식이 된다.

일반적으로 상미분방정식의 수치해석은 간단한 Euler 방법[1, 2]이 많이 이용되지만 정의역 parameter의 증분,  $h$ (Euler 계수)가 커질 경우 오차가 발생하여 수치해석의 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 높은 정확도를 얻기 위하여  $h$ 가 작은 값을 가져야 하지만 이를 경우 계산 소요시간이 길어지고 무시할 수 없는 반올림 오차를 유발하기도 한다. 본 연구에서는 수치해석의 정확도가 낮은 Euler 방법의 부정적인 면을 개선하고  $h$ 가 감소함에 따라 더욱 더 빨리 감소하는 장점을 가진 4차 Runge-Kutta 방법[3-5]으로 식 (1)의 미분방정식을 수치해석 하였다.

수치해석을 시행하기 전에 2차 상미분방정식을 연립 1계 상미분방정식으로 변환하기 위하여  $u' = v$ 로 정의하면 식 (2)는 다음과 같이 표현된다.

$$v'(t) + av(t) + bu(t) = s(t), v(0) = u'(0) \quad (3)$$

식 (2)는 다음과 같은 연립 1계 상미분방정식으로 바꿀 수 있다.

$$u' = f_1(u, v, t), u(0) = u_0$$

$$v' = f_2(u, v, t), v(0) = u_0' \quad (4)$$

여기서

$$f_1(u, v, t) = v$$

$$f_2(u, v, t) = -av - bu + s$$

이다. MATLAB을 이용하여 함수의 시간증분,  $\Delta t$  동안의 계산을 위하여 함수  $y$ 와  $f$ 를 다음과 같이 정의하면 식 (4)를 식 (5)와 같은 행렬의 형태로 표현할 수 있다.

$$y' = f(y, t), y = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}, f = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v \\ -av - bu + s \end{pmatrix}$$

$$k_1 = [k_1, m_1], k_1 = hf_1(u_n, v_n, t_n),$$

$$m_1 = hf_2(u_n, v_n, t_n)$$

$$k_2 = [k_2, m_2], k_2 = hf_1(u_n + k_1/2, v_n + m_1/2, t_{n+1/2}),$$

$$m_2 = hf_2(u_n + k_1/2, v_n + m_1/2, t_{n+1/2})$$

$$k_3 = [k_3, m_3], k_3 = hf_1(u_n + k_2/2, v_n + m_2/2, t_{n+1/2}),$$

$$\begin{aligned}
 m_3 &= hf_2(u_n + k_2/2, v_n + m_2/2, t_{n+1/2}) \\
 k_4 &= [k_4, m_4], k_4 = hf_1(u_n + k_3, v_n + m_3, t_{n+1}), \\
 m_4 &= hf_2(u_n + k_3, v_n + m_3, t_{n+1}) \\
 u_{n+1} &= u_n + (k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)/6, \\
 v_{n+1} &= v_n + (m_1 + 2m_2 + 2m_3 + m_4)/6 \quad (5)
 \end{aligned}$$

여기서  $k_1, k_2, k_3, k_4$  는 Runge-Kutta 상수이며 벡터형으로 표현된 식 (5)는 다음과 같은 단일 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$y' = f(y, t), y(0) = y_0 \quad (6)$$

알고 있는  $y_n$ 의 값에 대하여 Runge-Kutta 방법으로  $y_{n+1}$ 을 계산하기 위해,  $t_n \leq t \leq t_{n+1}$ 의 구간에서 위 식을 적분하면 다음과 같다.

$$y_{n+1} = y_n + \int_{t_n}^{t_{n+1}} f(y, t) dt \quad (7)$$

우리가 해결해야 할 식 (1)에 대한 식 (7)의

Runge-Kutta 알고리즘을 얻기 위하여 행렬형으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 y' &= f(y, t) = My + S, \\
 y &= \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}, M = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -b & -a \end{pmatrix}, S = \begin{pmatrix} 0 \\ s \end{pmatrix} \quad (8)
 \end{aligned}$$

여기서  $u(t) = q(t), v(t) = i(t)$  이며  $a = R/L, b = 1/LC, s = E(t)/L$  을 나타낸다. 식 (7), (8)에 대하여 MATLAB 스크립트를 작성하여 simulation을 수행하면 그림 1과 같은 결과를 얻을 수 있다. 그림 1(a)는  $L$  값을  $1.0 \times 10^{-6}$  H,  $C$  값을  $1.0 \times 10^{-6}$  F으로 고정시키고  $R$  값을  $10 \sim 100 \Omega$ 까지 변화시킬 경우 방전되는 전하량(전류)의 거동을 나타낸 그래프이다. 일반적으로 surge의 충격시간이 수  $\mu$  s 동안 지속되면 TTL(Transistor Transistor Logic) level에서 동작하는 고 정밀 시스템은 damage를 받을 수 있다[6, 7]. 그림 1(a)에서 보는 바와 같이  $L$  값과  $C$  값이  $1.0 \times 10^{-6}$  order, 접지저항 값이  $10 \Omega$  이하로 시공된 시스템일 경우 전류의 방전시간  $\sim 10 \mu$ s이므로 낙뢰의 피해를 입을 수 있는 확률이 상당히 있다.

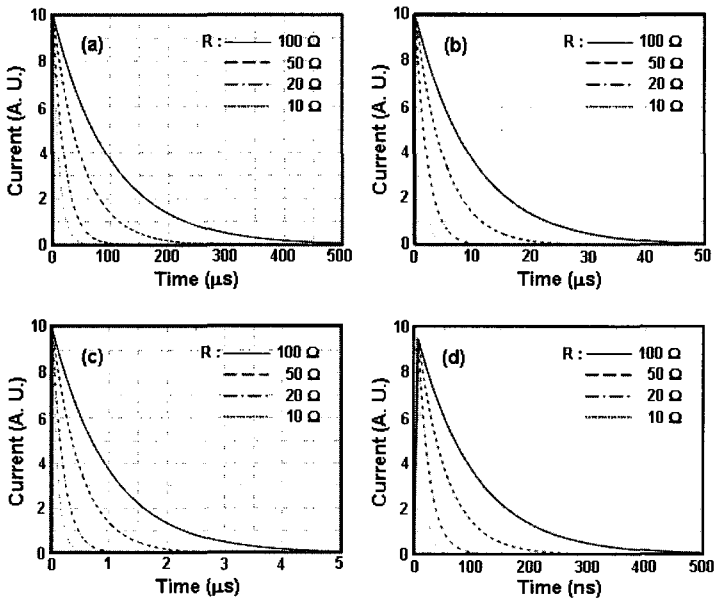


그림 1. MATLAB 스크립트를 이용한 Maxwell 방정식의 수치해석 그래프. (a)  $X: 1.0 \times 10^{-6}$  order, (b)  $X: 1.0 \times 10^{-7}$  order, (c)  $X: 1.0 \times 10^{-8}$  order, (d)  $X: 1.0 \times 10^{-9}$  order에 대한 방전되는 전류거동.

그림 1(b)은  $L$  값을  $1.0 \times 10^{-7}$  H,  $C$  값을  $1.0 \times 10^{-7}$  F으로 고정시키고  $R$  값을  $10 \sim 100 \Omega$ 까지 변화시킬 경우 방전되는 전류의 거동을 나타낸 그래프로  $R$  값을  $10 \Omega$ 까지 낮추어도 그림 1(a)의 경우와 마찬가지로 낙뢰의 피해를 입을 수 있는 확률이 상당히 있다. 그러나 그림 1(c)는  $L$  값을  $1.0 \times 10^{-8}$  H,  $C$  값을  $1.0 \times 10^{-8}$  F으로 고정시키고  $R$  값을  $10 \sim 100 \Omega$ 까지 변화시킨 경우로 전류의 방전시간이  $\sim 0.1 \mu s$ ( $R$  값이  $20 \Omega$  이하의 경우) 이하로 되어 시스템을 어느 정도 낙뢰로부터 보호할 수 있지만 surge wave의 강도가 일반적인 범위를 벗어나 상당히 클 경우 낙뢰의 피해를 입을 수 있다.

일반적으로 접지시스템을 시공할 경우 시스템의  $L$  값과  $C$  값은  $1.0 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-12}$  order의 값을 갖게 되며 접지저항(임피던스)의 값은  $10 \Omega$  이하로 시공을 하는 것이 상례이다. 그림 1(d)는  $L = 1.0 \sim 5.0 \times 10^{-9}$  H,  $C = 1.0 \sim 5.0 \times 10^{-9}$  F,  $R = 10 \sim 100 \Omega$ 으로 설정하여 실제적인 현장의 조건과 유사하게 simulation 인자를 조정한 후, 방전되는 전류의 거동을 나타낸 그래프 이다. 그림에서 보는 바와 같이  $L$  값과  $C$  값이  $1.0 \times 10^{-9}$  order, 접지저항 값이  $10 \Omega$  이하로 시공된 시스템일 경우 전류의 방전 시간  $\sim 15$  ns 이하 이므로 낙뢰로부터 아주 안정된 시스템이라고 평가할 수 있다.

### 3. 접지충진제의 전기적 특성 개선

토지저항률이 높은 산악지형 및 암반지형에서는 금속제 rod나 접지선(나동선)을 매설하는 것만으로는

접지저항을 낮추기가 어려울 뿐 아니라 많은 수량이 소요되기 때문에 시공시 시공비용이 증가하여 경제적인 효율성이 낮아지게 된다.

접지충진제는 접지전극과 대지와 전기적으로 낮은 접촉저항을 유지하도록 한다. 접지충진제는 화학작용 및 촉매작용에 의하여 접지전극 주변의 토양에 강알칼리성 전해질을 방출하여 접지저항을 낮추고, 접지전극의 부식을 방지하여 접지전극의 수명을 연장시킨다. 일반적으로 접지충진제는 탄소(carbon), 칼소라이트(calsolyte), 린코나이트(lynconite), 벤토나이트(bentonite), 제오라이트(zeolite) 등으로 이루어져 있는데 지중에 매설된 접지봉의 주위에 접지충진제를 채워 넣을 경우, 많은 수분과 이온을 함유한 접지충진제가 강알칼리성의 전해질을 대지로 방출함으로 인해 접지전극과 토양사이의 접촉저항을 줄일 수 있다.

특히 접지충진제는 자기 체적의 15~25배의 수분을 흡수하지만 gel 상태로 존재하며 딱딱하게 고체 상태로 변하지 않는 특성을 가져야 한다. 그리고 접지충진제의 주요 소재로 흡착능력과 접지저항을 보다 확실하게 낮추기 위하여 일반적으로 미세한 탄소입자를 사용한다. 그러나 탄소입자는 지반에 매립할 경우 환경을 오염시킬 소지가 있기 때문에 환경 친화적인 천연의 재료에서 추출한 활성소재(이하 활성탄소)를 사용해야 한다.

본 연구에서는 활성화 공정에서 분자의 크기와 비슷한 정도의 미세세공이 형성되어 높은 비표면적을 갖는 활성탄소와 수용성 알칼리족 원소를 이온 촉매제로 사용하여 흡착능력이 우수하고 전기전도도가 높은 접지충진제[8]를 개발하였다. 새로이 추출한 활성탄소는  $1100 \text{ m}^2/\text{g}$  이상의 비표면적을 갖는 흡착제 특성이 있기 때문에 중금속, 금속이온 등을 흡착하여 전기적 전도성이 향상될 뿐 아니라 전기저항도 낮출 수 있다. 표 1은 각종 공업용 흡착제로 사용되는 물질들의 물리

표 1. 여러 가지 공업용 흡착체의 물리적 특성

구 분	활성탄소		실리카겔	알루미나겔	합성 제오라이트	분자체 탄소
	입상	분말				
밀도( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.0~2.2	0.9~2.2	2.2~2.3	0.3~3.3	2.0~2.5	1.9~2.0
공간 율	0.33~0.45	0.45~0.75	0.4~0.45	0.4~0.45	0.32~0.4	0.35~0.42
세공용적( $\text{cm}^3/\text{g}$ )	0.5~1.0	0.4~0.5	0.3~0.8	0.3~0.8	0.4~0.6	0.5~0.6
비표면적( $\text{m}^2/\text{g}$ )	700~1500	700~1500	200~600	150~350	400~750	450~550
평균세공직경( $\text{\AA}$ )	12~30	15~30	20~120	40~150	-	10~15
열전도도( $\text{kcal}/\text{m}\cdot\text{hr}\cdot^\circ\text{C}$ )	0.1~0.2	-	0.1~0.15	0.1~0.15	-	-
비열( $\text{cal}/\text{g}\cdot^\circ\text{C}$ )	0.2~0.25	-	0.2~0.25	0.2~0.3	-	-

**표 2.** 상용의 기존 접지충진제와 새로운 접지충진제에 대한 저항(임피던스)의 주파수 의존성. ( $Z, R, X, \rho$ 는 임피던스, 저항, 리액턴스, 비저항을 나타내며 단위는  $\Omega$ 과  $\Omega \cdot \text{cm}$  이다.)

주파수 (kHz)	측정 일자	A사				B사				새로운 접지충진제			
		$Z$	$R$	$X$	$\rho$	$Z$	$R$	$X$	$\rho$	$Z$	$R$	$X$	$\rho$
1	06. 5	13.1	13.0	-5.0	25.1	12.5	12.5	-1.0	24.0	7.8	7.6	-1.5	15.0
	06. 7	14.5	14.6	-1.8	27.4	12.4	13.5	-0.26	23.8	8.1	7.9	-1.4	15.6
	06. 9	15.4	15.6	-1.7	29.6	13.7	13.9	-0.05	26.3	7.9	7.6	-1.4	15.2
10	06. 5	12.0	12.1	-0.82	23.0	12.1	11.9	-0.23	23.2	4.9	4.6	-1.8	9.4
	06. 7	14.5	14.4	-0.27	27.4	13.5	13.3	-0.07	25.9	5.1	4.8	-1.2	9.8
	06. 9	15.8	15.3	-0.23	30.3	13.0	13.3	-0.06	25.0	4.9	4.8	-1.4	9.4
100	06. 5	11.8	11.5	1.11	22.6	12.0	11.9	-0.82	23.0	2.5	2.5	-0.85	4.8
	06. 7	14.7	14.3	-0.08	28.2	13.6	13.3	-0.04	26.1	2.7	2.7	-0.9	5.2
	06. 9	15.4	15.0	-0.08	29.6	13.9	13.2	-0.13	26.7	2.6	2.6	-0.7	5.0

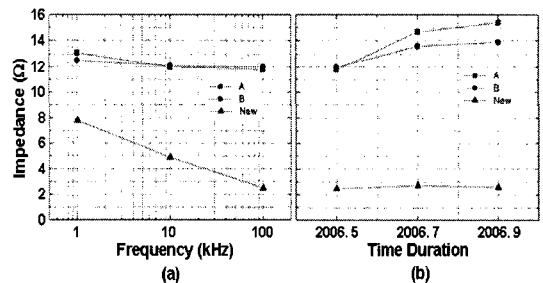
적 특성을 나타낸 표로서 표 1에서 보는 바와 같이 활성탄소의 비표면적이 공업용 흡착제로 사용되는 다른 물질보다 3~5배 정도 더 넓다는 것을 알 수 있다. 그리고 이온 촉매제로 사용한 칼소라이트는 수용성 알칼리족 원소를 5~10 wt% 첨가하여 이온의 활성화도를 높임으로써 접지충진제의 전기전도도를 향상시켰다.

표 2는 일반적으로 접지공사의 시공에 사용되고 있는 기존의 접지충진제와 새로운 접지충진제를  $7 \times 7 \times 25.5 \text{ cm}^3$ 의 용기에 넣어 주파수에 따른 접지충진제의 저항, 임피던스 및 비저항(전기전도도)을 측정 한 결과이다. 각각의 시료(A사, B사, 새로운 접지충진제)를  $7 \times 7 \times 25.5 \text{ cm}^3$ 의 용기에 넣어 2 m 깊이의 구덩이에 매설한 다음 ATM 사의 4263B LCR meter를 이용하여 두 달 간격으로 저항, 임피던스 및 비저항을 3회 측정하였다. 측정 시점 및 지점의 환경적 요인(습도, 온도)에 따른 실험적 오차를 줄이기 위해 시료를 2 m 깊이의 구덩이에 매설하였다. Surge 전류는 고주파(수 kHz~수 MHz) 성분을 포함하고 있기 때문에 surge가 시스템에 유입될 때 접지시스템의 리액턴스 성분은 surge 전류의 주파수,  $\omega$ 에 따라 시스템의 임피던스 값이 변할 수 있으므로 LCR meter의 인가 주파수를 1, 10, 100 kHz로 변화시키면서 주파수에 따른 의존성도 관찰하였다.

그림 2(a)는 기존의 접지충진제와 새로운 접지충진제의 주파수에 따른 접지충진제의 임피던스의 변화를 도해한 그래프로 LCR meter의 인가 주파수가 고주파 영역으로 갈수록 저항 값(임피던스)이 낮아지는 특성으로부터 본 연구에서 개발된 접지충진제의 고주파 특성이 기존의 상용 제품과 비교하여 우수한 것을 알 수

있다. 그리고 그림 2(b)는 매설시간의 경과에 대한 접지충진제의 임피던스 변화를 나타낸 그래프로 매설 기간이 6개월이 경과하였지만 임피던스 값이 일정하게 유지됨을 볼 수 있다. 이것은 접지충진제가 시간에 대하여 물리적 성질이 안정하다고 평가할 수 있다.

그림 3은 새로이 개발된 접지충진제를 사용하여 실제로 접지시설을 시공한 춘천 정수장의 접지시스템에 Noiseken 사의 surge 시험기(model No. LSS-15AX)로 15000 V의 전압을 인위적으로 인가하여 시스템으로 방전되는 surge 전류를 측정 한 그래프이다. 시공된 접지시스템의 접지저항은  $\sim 5 \Omega$ (시공된 접지시설 주위를 10 point를 측정하여 산출한 평균값)이며 surge 전류의 측정은 Lecroy 사의 오



**그림 2.** (a) 측정 주파수에 따른 접지충진제의 임피던스 변화와 (b) 매설시간의 경과에 대한 접지충진제의 임피던스 변화

실로스코프를 이용하였다. 그림 3에서 보는 바와 같이 방전되는 surge 전류의 반폭(Full Width at

Half Maximum)은 ~15 ns로서 Maxwell 방정식을 수치해석 하여 얻은 결과(그림 1(d) 참조)와 잘 일치함을 알 수 있다. 본 연구결과에서 얻은 접지충진제와 simulator를 이용하여 시공 전에 적절한 접지 parameter를 산출하여 접지시스템의 시공에 적용할 경우, 시공의 효율을 극대화 시키고 접지품질을 개선하는데 일익을 담당할 것으로 생각된다.

#### 4. 결론

자연적으로 발생하는 낙뢰로부터 고가의 장비가 설치되어 있는 군사시설이나 산업기반시설을 보호하는 문제가 심각하게 대두되고 있다. 본 연구에서는 경험적으로 수행하던 산업시설의 접지공사에 접지저항에 따른 surge wave의 영향을 computer를 이용한 수치해석적 방법을 이용하여 최적화된 접지저항(임피던스) 값을 설정함으로써 접지시설의 시공비를 절감시킬 수 있는 simulator를 개발하였다. 개발된 simulator를 이용하여 Maxwell equation을 분석한 결과, 접지저항은 낮을수록 방전시간이 짧아져 낮은 접지저항 값이 되도록 공사를 시공해야 하지만 접지저항에 따라 공사비가 결정이 된다.

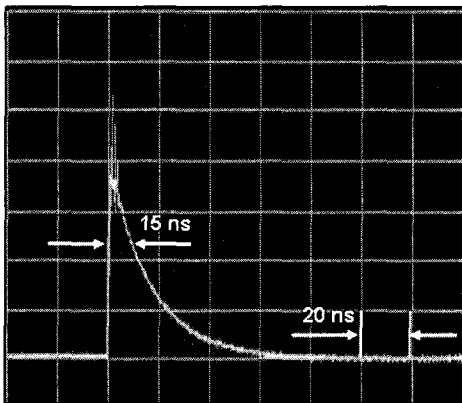


그림 3. Surge 시험기를 사용하여 접지시스템에 인가된 surge signal의 방전 그래프

따라서 본 실험의 결과를 토대로 적절한 저항 값을 산출하면 ~10 Ω, L 값과 C 값은 ~1×10<sup>-10</sup> order 보다 낮은 값으로 시스템이 시공되어야 함을 알 수 있었다.

그리고 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 접지충진제의 전기적 특성을 최적화 하여 접지효과를 극대

화 하고자 하였다. 새로운 접지충진제는 활성탄소와 수용성 알칼리족 원소를 이온 촉매제로 사용하여 접지전극과 대지와 전기적으로 낮은 접촉저항을 갖게 하고, 화학작용 및 촉매작용에 의하여 접지전극 주변의 토양에 강알칼리성 전해질을 방출하여 접지저항을 낮추고, 접지전극의 부식을 방지하여 접지전극의 수명을 높이는 특성이 있다. 그리고 활성탄소, 칼소라이트, 린코나이트, 벤트나이트, 제오라이트 등을 물과 혼합하여 많은 수분을 함유한 gel 형태로 응고되지 않는 특성을 가지고 있으며, 고주파에서 임피던스를 낮추는 특성, 강알칼리성 전해질 생성으로 우수한 전기적 전도성 및 이온 교환능력을 가지고 있어서 강한 surge wave의 충격에 대해서도 시스템을 보호할 수 있는 우수한 전기적 특성이 있다.

#### 참고문헌

- [1] C.T.H. Baker and E. Buckwar, "Exponential stability in  $p$ -th mean of solutions, and of convergent Euler-type solutions, of stochastic delay differential equations", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol. 184, Issue 2, pp. 404-427, 2005. 12.
- [2] L.M. Abia, J.C. Lopez-Marcos, and J. Martinez, "The Euler method in the numerical integration of reaction-diffusion problems with blow-up", *Applied Numerical Mathematics*, Vol. 38, Issue 3, pp. 287-313, 2001. 8.
- [3] Z.A. Anastassi and T.E. Simos, "Trigonometrically fitted fifth-order runge-kutta methods for the numerical solution of the schrodinger equation", *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 42, Issue 7-8, pp. 877-886, 2005. 10.
- [4] M.Z. Liu, M.H. Song and Z.W. Yang, "Stability of Runge-Kutta methods in the numerical solution of equation  $u'(t) = au(t) + a_0u([t])$ ", *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Vol. 166, Issue 2, pp. 361-370, 2004. 4.
- [5] G.V. Berghe, L.G. Ixaru and M.V. Daele, "Optimal implicit exponentially-fitted Runge-Kutta methods", *Computer Physics Communications*, Vol. 140, Issue 3, pp. 346-357, 2001. 11.
- [6] C. Gomes, V. Cooray, M. Fernando, R. Montano and U. Sonnadara, "Characteristics of chaotic pulse trains generated by lightning flashes", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 66,

Issue 18, pp. 1733-1743, 2004. 12.

- [7] S.R. Sharma, M. Fernando and C. Gomes, "Signatures of electric field pulses generated by cloud flashes", Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 67, Issue 4, pp. 413-422, 2005. 3.
- [8] 우제욱, 안승준, 손호섭, 진진석, "접지저항 저감제", 대한민국 특허청, 출원번호 10-2001-0079088, 등록번호 10-0444909, 2004. 8.

**우 제 욱(Jea-Wook Woo)**

[정회원]



- 2005년 2월 : 서울디지털대학 경영학부(경영학사)
- 1995년 6월 : 삼부산업 대표
- 2004년 6월~현재 : 한국정보통신기술협회 접지프로젝트 표준화 위원
- 2001년 1월~현재 : (주)그라운드 대표이사

<관심분야>  
접지장치 및 접지기술

**박 철 근(Chul-Geun Park)**

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 자연과학대학 수학과(이학사)
- 1986년 2월 : 한국과학기술원 응용수학과(이학석사)
- 1995년 8월 : 한국과학기술원 수학과(이학박사)
- 1986년 4월~1997년 2월 : 한국통신 통신망연구소 선임연구원
- 1993년 3월~현재 : 선문대학교 공과대학 정보통신공학과 부교수

<관심분야>  
통신망 해석, 시뮬레이션, 레이저 응용, 접지기술

**안 수 준(Soo-Joon Ahn)**

[정회원]



- 1982년 9월 : 육군3사관학교 육군소위 임관(토목공학과 졸업)
- 1987년 3월 : 육군3사관학교 군사대학교 토목공학과 졸업(공학사)
- 2004년 2월~현재 : (주)그라운드 전무이사, 부설연구소장

<관심분야>  
접지장치 및 접지기술

**안 성 준(Seong-Joon Ahn)**

[정회원]

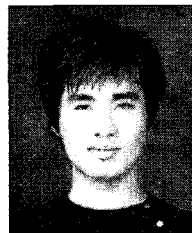


- 1987년 2월 서울대학교 물리학과(이학사)
- 1989년 2월 한국과학기술원 물리학과(이학석사)
- 1992년 8월 한국과학기술원 물리학과(이학박사)
- 1992년 9월 삼성전자 반도체연구소 선임연구원
- 1996년 5월 한전전력연구원 선임연구원
- 현재 2002년 3월~현재 선문대학교 정보통신공학부 부교수

<관심분야>  
반도체 공정, 광섬유 통신 및 센서, 전자빔 기술, 레이저 미세가공, 접지기술

**유 용 정(Yoo-Yong Jeong)**

[정회원]



- 2002년 2월 : 선문대학교 경영학부 회계학전공(경영학사)
- 2005년 8월 : 선문대학교 정보처리 및 통신(이학석사)
- 2001년 12월 ~ 현재 : (주)그라운드 e-biz 팀장

<관심분야>  
접지장치 및 접지기술

안 승 준(Seung-Joon Ahn)

[정회원]



- 1985년 2월 : 경북대학교 자연과학대학 물리학과(이학사)
- 1989년 2월 : 한국과학기술원 물리학과(이학석사)
- 1993년 2월 : 한국과학기술원 물리학과(이학박사)
- 1989년 2월~1997년 2월 : 삼성 전자 반도체연구소 선임연구원
- 1993년 3월~현재 : 선문대학교 자연과학대학 신소재과학과 부교수

<관심분야>

반도체 공정 및 장비기술, 레이저 processing,  
전자빔 기술, 접지기술