

# 방전전극을 사용한 접지시스템에 관한 연구

論 文  
8-2-7

## A Study on the Earthing System of Using Discharge Electrodes

설동화\*, 김명생\*, 김창봉\*, 우제욱\*\*

Dong Hwa Seol, Myeong Saeng Kim, Chang Bong Kim, Jea Wook Woo

### Abstract

This paper has purpose of designing the earthing system installed on the ground without laying under the ground. As a solution for green IT environment to solve the existing earthing system, the third generation earthing machine was designed by using discharge electrodes, catalyzer, and hot wires.

As a result of comparison, it found that the third generation earthing system suggested in this research had more increased discharge currents by 31[A] and the speed 25 times faster than the second generation earthing system. The suggested earthing system is allowed to be installed on the ground and solve construction costs, time, area, and environment pollution, which are problems in the existing earthing system. In addition, as the earthing technique has recently developed, the earthing system is classified by generation based on capacity.

**Keywords** : earthing system, discharge electrodes, catalyzer, hot wires

### 1. 서 론

광대역통합망 구축사업을 추진하여 세계 최고 수준의 IT 인프라 구축과 반도체 기술의 발전으로 전자·정보통신장비의 소형화, 대용량화로 정보통신환경이 고도화됨에 따라, 다양한 정보통신, 전력전자, 전산 및 자동화 시스템은 낙뢰, 서지 및 노이즈 등 각종 불필요한 신호간섭에 대해 매우 취약한 환경 속에서, 시스템 통합 운영시 시스템의 오동작과 품질저하는 크나큰 사회적, 경제적 손실을 가져올 수 있다[1].

따라서 주요장비의 안정적 운영을 방해하는 주요 요인이 접지시스템 문제로 접지시스템에 관한 관심이 고조되고 있다.

접지란 접지전극을 통하여 필요 없는 전류를 대

지에 방전하고, 또한 전위상승을 억제하기 위해서 땅 속에 있는 접지전극을 통해 대지로 얼마나 빨리 많은 전류를 흘려 주느냐가 문제이다.

즉, 접지라고 하면 기존의 경우 독립접지와 접지저항만이 중요한 것으로 생각하여 접지 설계시 접지저항을 몇 [Ω] 이하만 생각하고, 왜 몇 [Ω] 이하여야 하는지에 대해서는 설명을 하지 못하였으나, 최근에는 공통접지, 등전위, 기준전위 및 EMC (Electro-Magnetic Compatibility) 등에 관련된 표준이 발표되고 각종 연구가 진행되고 있다[2].

또한, 기존의 접지시스템은 대지에 접지전극을 매설함으로써, 접지전극 매설을 위한 넓은 면적과 많은 공사비용 및 공사기간이 요구되었으며, 특히 도심지역에서는 시공면적의 제한으로 시공에 어려움이 따른다.

접지기술은 전기를 사용하는 전기, 전자 및 정보통신분야에서 밀접하게 관계되므로 완벽한 접지기술의 구현은 대단히 복잡하며, 기존의 접지방식으로는 이들에 미치는 오동작 등을 해결하기가 어렵다.

접수일자 : 2009년 6월 11일  
최종완료 : 2009년 6월 22일  
\*공주대학교 전기전자정보공학과  
교신저자, e-mail : sdhwa@icpc.ac.kr  
\*\*(주) 그라운드

본 논문에서는 이제까지의 접지시스템을 최근 접지기술의 발전 추세에 맞는 새로운 개념인 성능 위주의 세대별로 정리하여 분류하고, 기존의 접지 문제를 해결하기 위한 그린 IT 환경 솔루션으로 대용량의 방전전류를 빠르게 방전시키는 접지전극을 대지에 매설할 필요가 없는 접지장치 설계에 관한 것이다.

## II. 접지의 세대별 분류

### 1. 접지의 분류

접지를 하여야 하는 설비는 정보통신, 전력 및 피뢰 등 전기가 흐르는 모든 설비에는 반드시 필요하며, 접지 목적도 인명 및 가축의 안전을 확보할 뿐만 아니라 전기, 전자, 통신 및 각종 제어기기의 손상 방지와 안정적 운용에 있다.

접지를 하는 목적이 무엇이든 접지를 하는 데에는 전기적 단자를 설치하여야 하며, 접지에서 전기적 단자 역할을 하는 것이 접지전극으로 일반적으로 지중에 매설하며, 접지되는 설비와 접지전극을 연결하는 전선을 접지선이라고 한다[3].

접지되어 있는 설비로부터 접지선, 접지전극을 거쳐 대지로 흘러들어가는 전류를 접지전류(방전전류)라 하며, 접지에서 대지와와의 접촉불량을 나타내는 것이 접지저항이며, 접지저항이 낮을수록 대지와 접촉이 양호하다.

접지전극에 흐르는 전류 밀도가 임계값을 넘으면, 지중의 전계가 형성되어 대지의 절연 저항이 저하되고, 대지 중에서 생기는 코로나에 의해 대지 저항율이 감소되며, 접지전극에 근접한 대지가 도체의 성질로 바뀐다.

따라서 접지전극에 방전전류를 흘려 대지와와의 사이에서 방전을 일으켜 서지성 고장전류를 제거할 수 있다[4].

방전전류에 의한 대지 전위 상승으로 절연이 파괴되고, 전기를 사용하는 설비에 피해를 주는 등 각종 문제가 야기되고 있다[4].

접지저항의 감소방법으로는 다음과 같이 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로 접지전극의 구조 개선을 통한 접지저항의 감소법이 있으며, 두 번째로 대지고유저항이 큰 토양에 대하여 각종 저감제를 사용하는 화학적 방법으로 접지저항을 감소시

키는 방법이다[4, 5, 6].

접지전극의 구조 개선 방법으로는 일반 접지전극을 여러 형태의 구조로 변형하는 방법 또는 접지전극의 접촉면적 증가를 통한 방법을 들 수 있다. 또한 토양의 고유저항을 낮추는 방법으로는 목탄법, 벤토나이트법, 식염법 및 고강도 접지저항 저감제법 등 각종 저감제를 사용하는 방법이 있다[4].

그러나 이러한 접지저항 감소 방법들은 각기 나름대로의 장·단점을 가지고 있으며, 이 방법들을 적용하기 위해서는 공사의 용이성과 현장 적용의 가능성, 경제성과 지속성, 환경오염에 대한 피해가 없는 등 현장 조건에 가장 적합한 접지방식을 적용하여야 한다[4].

그러나 이러한 방법은 단순히 접지저항 값을 낮추는 방법이며, 접지전극에 흐르는 서지성 전류에 의한 서지 임피던스를 낮추는 방법은 아니며, 접지전극의 구조를 여러가지 형태로 바꾸는 방법으로 진행되어 왔다[4].

이제까지 접지시스템은 상기와 같이 접지저항을 감소하기 위해 접지전극과 접지저감제 성능향상 위주의 접지방식기술로 발전되어 왔다.

따라서 현재까지 접지의 분류방법도 접지종류, 접지목적, 접지 연결방법, 접지전극, 접지의 기능, 접지 시공방법 등에 따라 분류하였으나, 최근 접지기술의 발전 추세는 새로운 개념의 탁월한 성능과 긴 수명을 갖는 접지성능 위주의 기술로 인하여, 접지시스템을 세대별로 분류할 필요성이 대두되어 접지시스템을 세대별로 제1세대 접지시스템, 제2세대 접지시스템 및 제3세대 접지시스템으로 분류하였다.

### 2. 제1세대 접지시스템

제1세대 접지시스템은 고전적인 접지전극의 형태를 유지하면서 접지전극 형상에 따라 봉상전극, 판상전극(원형, 타원형, 방형판 등 여러 형태가 가능), 고리 모양전극(원형, 사각형), 그물모양(Mesh/Grids), 선상전극(매설지선), 띠형전극 및 건물 구조체전극 등으로 분류할 수 있다.

제1세대 접지시스템의 특징은 습도, 온도 등 외부 기후에 민감하고, 수명이 짧고 신뢰성이 떨어져 대지고유저항이 낮은 지역에 유리하며, 접지전극의 시공은 직렬 또는 병렬 등 여러 방식의 조합이 가능하다.

### 3. 제2세대 접지시스템

제2세대 접지시스템은 각종 전해질을 사용하여 접지전극의 전류 흐름을 원활히 하여, 토양사이의 저항성분을 감소 시켜주는 역할을 하는 기능성 접지전극과, 저감제를 사용하여 대지고유저항이 큰 토양에 대하여 접촉저항 및 접지임피던스 저감으로 전위상승을 억제시켜 접지성능을 향상시키는 접지시스템이다.

제2세대 접지시스템의 특징은 습도, 온도 등 외부기후에 대한 영향이 비교적 적으며, 수명도 길고, 신뢰성도 비교적 우수하여 대형 건축물, 특수 대형시설 등에 사용되며, 접지전극을 땅속 깊이 시공하므로 접지 시공시 관련 여러 장비가 필요하고, 가격도 상당한 고가이다.

제2세대 접지시스템의 종류로는 PGS(Perfect Ground System), XIT, 탄소접지봉 및 아크유도형 침부접지봉 등이다.

### 4. 제1세대 및 제2세대 접지시스템의 문제점

기존의 제1세대 및 제2세대 접지시스템은 대지를 보링하거나 터파기를 한 후 접지전극(접지봉, 접지동판, 나동선)을 매설함으로써 접지전극 매설을 위한 넓은 면적과 많은 공사비용 및 공사기간이 요구되며 시공에 많은 어려움이 따른다.

그림 1은 기존의 접지시스템을 설명하기 위한 그림이다. 피뢰침이나 피접지설비는 모두 접지전극을 통하여 대지에 접지된다. 피접지설비가 여러 개일 때에는 이들을 접지단자반에 연결시키고 이

한 접지단자반을 접지전극에 연결시킨다. 피접지설비는 분전반에서 분전되어 나오는 전력을 인가받아 동작한다. 분전반은 변압기를 통해서 전력을 제공받는데, 이러한 변압기도 접지전극을 통하여 대지에 접지된다. 접지전극 대신에 나동선(매쉬접지)이나 접지동판을 이용하기도 하는데, 궁극적으로는 모두 대지에 매설된다.

이렇게 기존 접지시스템인 경우는 대지를 천공하거나 터파기를 하여 접지전극을 대지에 매설하였기 때문에 시공비용, 시공시간, 시공면적 및 환경오염(특히, 토양오염)에서 많은 문제가 있었다.

### 5. 제3세대 접지시스템

제1세대 및 제2세대 접지시스템은 접지전극을 대지에 매설함으로써 나타나는 문제점과, 특히 도심지역에서는 시공면적의 제한으로 접지전극을 매설하기가 매우 어렵고, 건축물 등이 고층으로 이루어져 있기 때문에 지하나 바닥으로부터 접지전극을 매설하여 접지선을 인출하는 방법으로는 시공에 어려움이 따른다.

제3세대 접지시스템은 그린 IT 환경 솔루션으로 대지에 매설하지 않고 지상위에 설치하는 접지장치로 공사의 용이성과 현장 적용의 가능성, 환경오염에 대한 해가 없는 것 등의 특징이 있다.

제3세대 접지시스템은 접지함 내에 방전장치가 설치된 접지장치로서, 방전장치가 전극판과 전극판에 연결되어 설치되며, 방전전극 사이에 채워지는 촉매제를 포함하여, 전류 방전시간이 상당히 짧은 것이 특징이다.

제3세대 접지시스템으로는 ECA(energy converter apparatus) 등이 있다.

## III. 제3세대 접지시스템 설계

### 1. 제3세대 접지시스템의 개요

제3세대 접지시스템은 기존의 제1세대 및 제2세대 접지시스템의 단점을 획기적으로 보완하기 위해 접지장치를 대지에 매설할 필요가 없는 접지장치이다.

제3세대 접지시스템은 접지함 내에 방전장치를 설치한 접지장치로서, 방전장치가 전극판과 전극판에 연결되어 설치되는 복수개의 방전전극과 방전

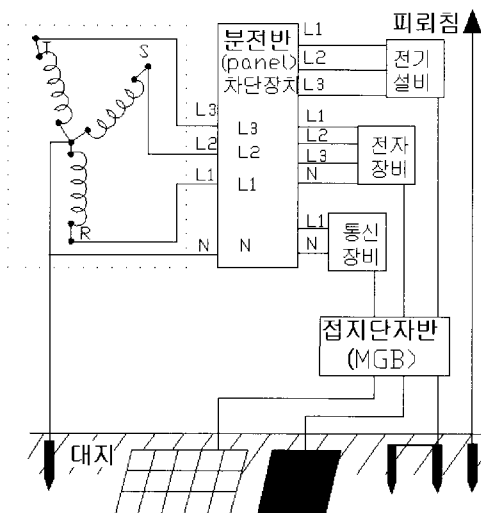


그림 1. 기존의 접지시스템  
Fig. 1. The existing earthing system

전극 사이 촉매제를 포함한다.

전극판은 두개가 서로 대향하도록 배치하고, 방전전극은 서로 엇갈리게 전극판에서 돌출되었으며, 두개의 전극판 사이에는 이들을 연결하는 열선을 연결하였다. 따라서 본 제3세대 접지시스템의 경우에는 대지에 접지전극을 매설하지 않아도 되기 때문에 기존 접지시스템의 문제점을 극복할 수 있고, 접지전극을 시공하기 어려운 장소에도 경제적으로 간편하게 접지설비를 할 수 있다.

## 2. 제3세대 접지시스템의 설계

그림 2는 제3세대 접지시스템의 접지장치를 설명하기 위한 그림이다. 접지장치는 접지함 내에 설치되는 방전장치를 포함하며, 전기설비, 전자장비 및 통신장비 등의 피접지설비로부터 발생한 이상 전류는 접지단자반을 거쳐 접지함의 MGB(Main Ground Board)단자로 흐른다. 접지함의 MGB단자는 방전장치의 상부전극판에 연결된다.

방전장치는 서로 대향하도록 설치되는 두개의 전극판과 전극판에서 돌출되는 복수개의 방전전극과 방전전극 사이를 채우는 촉매제를 포함한다. 방전전극은 촉매제와 접촉되는 면적이 넓어 방전이 빠르게 일어나서 결국에는 방전용량이 커지도록 상부전극판과 하부전극판을 엇갈리게 배치한다.

상부전극판과 하부전극판 사이에는 이들을 직렬적으로 연결하는 열선이 복수 개 설치되는데 이로 인해 접지단자반으로부터 유입되는 이상 전류가 열에너지로 신속히 전환되어 방전이 더욱 원활히 이루어진다.

피접지설비는 분전반에서 분전되어 나오는 전력을 인가받아 동작하며 분전반은 변압기를 통해서 전력을 제공받는다. 변압기의 접지선(N선)을 접지함의 N단자를 통하여 하부전극판에 연결시키면 변압기의 기준전위와 피접지설비의 접지 사이에 등전위가 이루어지기 때문에 인명과 고가의 첨단장비를 안전하게 보호하고 운용할 수 있게 된다.

기존의 제1세대 및 2세대 접지시스템은 그림 1과 같이 변압기의 접지선(N선)이 피접지설비의 접지봉에 접속되지 않고 독립되어 있었기 때문에 기준전위의 변동과 전위차가 발생하여 등전위를 이룰 수 없었다.

그림 3은 그림 2의 방전장치를 설명하기 위한 그림이다. 방전전극의 방전판은 판 형상을 하며 촉

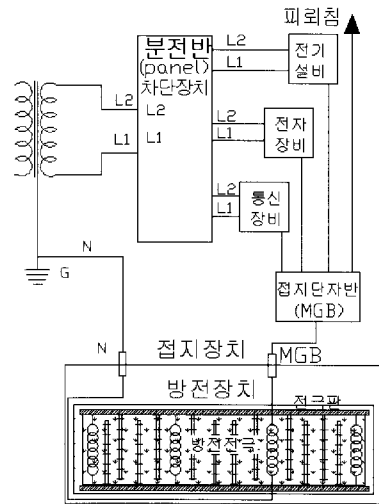


그림 2. 제3세대 접지시스템  
Fig. 2. Third generation the earthing system

매제와 접촉되는 면적이 넓어서 방전량이 많아지도록 상부전극판과 하부전극판에 연결되는 것이 서로 엇갈리게 배치된다. 그리고 방전량을 더욱 증가시키기 위하여 방전판의 옆면에는 옆으로 돌출되는 방전침이 설치된다. 효율적인 방전을 위해서는 방전침의 끝은 뾰족한 형상을 하며, 전극판, 방전판 및 방전침은 동, 아연, 철 및 스테인레스와 같은 금속재질로 되어 있다.

촉매제는 방전이 용이하게 하기 위한 것으로서, 방전할 때 발생하는 열과 충격 등에 대해 내성을 갖고 있으며, 탄소, 흑연, 벤토나이트, 제올라이트, 산화아연, 비스무트, 프라세오듐, 코발트, 망간, 안티몬, 린코나이트, 탄화규소, 실리콘, 개르마늄, 아르곤가스, 황산구리용액, 수산화칼륨용액, 전해질, 또는 시멘트를 주성분으로 한다.

방전판에는 방전판을 사이에 두고 촉매제의 유동이 원활하게 복수개의 관통홀이 형성되며, 관통홀의 존재로 방전침에 전하가 더욱 밀집하게 되어 방전이 더 용이하게 된다.

열선으로는 니크롬선을 사용하며, 열선은 방전장

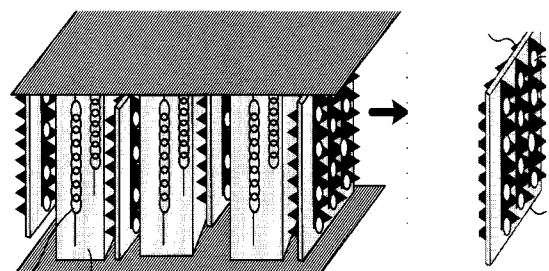


그림 3. 접지시스템의 방전장치  
Fig. 3. Discharge device of earthing system

치의 방전전류를 열에너지로 신속하게 전환시켜 접지전위를 낮추는 기능을 하며, 방전전극이 갖는 커패시턴스 값과 열선이 갖는 리액턴스 값을 조정하면 임피던스를 낮출 수 있도록 구성된다.

제3세대 접지시스템은 방전전극을 사용함으로써 저항률이 높은 대지에서 방전이 일어나도록 하는 기존의 제1세대 및 제2세대 접지시스템에 비해 효과적으로 빠르게 방전이 일어나도록 하였다.

**3. 제3세대 접지시스템의 방전전류 측정**

그림 4은 기존의 접지시스템과 제3세대 접지시스템간 방전전류 비교측정을 설명하기 위한 그림으로서 (a)는 기존의 접지시스템인 경우이고 (b)는 제3세대 접지시스템의 경우이다.

그림 4 (a)의 기존 접지시스템인 경우 낙뢰서지 시뮬레이터(Lightning Surge Simulator, LSS-15AX)의 COM단자에 접지전극으로부터 12m 이격된 거리에 있는 기준전극을 연결하고 HOT단자에 시험체인 접지전극을 연결한다.

그리고 15kV(1.25/50 $\mu$ s)/7.5kA(8/20 $\mu$ s)의 조합파 임펄스(Combination Wave Impulse)를 인가하여 LSS-15AX에 나타난 전압과 전류를 측정하였고 오실로스코프를 사용하여 동작속도를 측정하였다.

접지저항 값과 대지저항률 값을 새턴(Saturn) GEO X를 이용하여 측정하였다.

그림 4(b)에 제3세대 접지시스템인 경우 LSS-15AX의 COM 단자는 기존접지 시험에 사용

하였던 기준전극에 연결하고 HOT단자는 시험체인 접지장치의 MGB단자에 연결을 하고 접지장치의 N단자는 변압기의 접지선에 연결한다.

나머지 측정조건은 기존 접지시스템 측정 조건과 동일하다.

표 1은 그림 4의 제1세대 · 제2세대 접지시스템과 제3세대 접지시스템간의 출력전압, 방전전류 및

표 1. 접지시스템의 측정 결과  
Table 1. Measurement result of the earthing system

세대별	측정대상 [mm]	설치수량 [개]	설치방법	접지저항 [ $\Omega$ ]	인가전압 [kV]	출력전압 [kV]	방전전류 [kA]	전류방전속도 [ms]
제1세대	일반접지봉 ( $\phi 14 \times 1,000$ )	10	대지매설	45	15	14.91	0.082	<20
	일반접지봉 ( $\phi 22 \times 1,800$ )	10	대지매설	20	15	14.87	0.085	<20
	접지동판 (500 $\times$ 500)	10	대지매설	10	15	14.92	0.085	<10
제2세대	PGS접지봉 ( $\phi 54 \times 1,800$ )	1	대지매설	5	15	14.65	0.091	<5
제3세대	eca(500 $\times$ 500 $\times$ 200)	1	지상설치	대지절연	15	13.95	0.122	<0.2

시험조건: 온도 17 $^{\circ}$ C, 습도: 54%, 시험오차:  $\pm 10\%$

전류 방전속도를 비교 측정한 결과표이다.

접지시스템에서 출력전압은 전위상승과 비례하므로 출력전압이 낮다는 것은 전위상승이 낮다는 것을 의미하며, 측정결과 제1세대보다 제2세대가 250[V] 낮은 출력전압이 측정되었고, 제2세대보다 제3세대에서 700[V]나 감소하였다.

또한, 접지시스템에서 방전전류가 많다는 것은 그만큼 전류의 흐름이 원활하다는 의미이며, 측정결과 제1세대보다는 제2세대에서 7[A] 방전전류가 많이 흘렀고, 특히 제2세대보다 제3세대에서 31[A]나 방전전류가 급격히 증가하였다.

결론적으로 기존 접지시스템과 제3세대 접지시스템인 eca의 비교측정에서 기존 접지시스템에 비해 제3세대 접지시스템의 접지장치(eca)를 지상에 설치한 경우가 전위상승을 억제하고, 방전전류는 더 많고, 또한 전류 방전속도도 매우 빠른 것으로 측정되었다.

본 논문에서 설계한 제3세대 접지시스템(eca)이 제2세대 접지시스템보다 전위상승이 700[V]나 억제되었고, 방전전류는 31[A] 증가하였으며, 특히 전류 방전속도는 25배나 빠르다.

또한 제3세대 접지시스템은 그린 IT 환경 솔루션으로 대지에 접지전극을 매설하지 않아도 되기

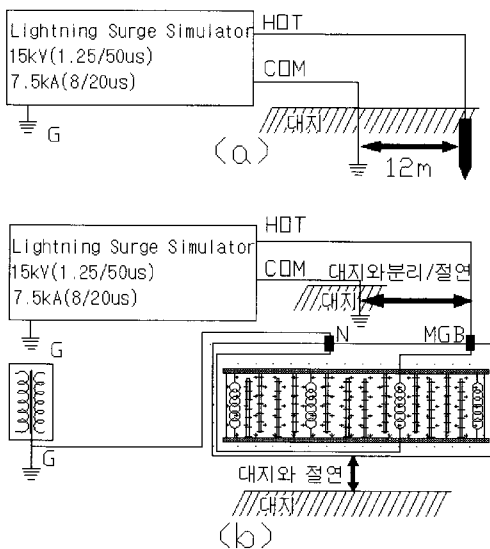


그림 4. 접지시스템의 측정  
Fig. 4. Measurement of the earthing system

때문에 기존 접지시스템의 문제점인 시공비용, 시공시간, 시공면적 및 환경오염(특히, 토양오염)을 해결하였으며, 접지전극을 시공하기 어려운 장소에도 경제적으로 간편하게 접지설비를 할 수 있다. 그리고 국제 접지기술규정에 적합하도록 공통접지시스템화, 등전위화 및 기준전위의 안정화를 효과적으로 이룰 수 있다.

#### IV. 결 론

접지시스템을 최근 접지기술의 발전 추세에 맞는 새로운 개념의 접지성능 위주의 제1세대 접지시스템, 제2세대 접지시스템 및 제3세대 접지시스템으로 분류하여 접지성능 기술을 향상할 수 있게 되었다.

본 논문에서 제시한 제3세대 접지시스템은 하나의 접지장치만으로도 피뢰시스템과 접지시스템을 동시에 만족하였고, 낙뢰, 서지(Surge) 및 노이즈를 효율적으로 신속하게 제거하여, 인명과 고가의 첨단 정보화 설비를 보호하고, 전기를 이용한 시스템을 안정적으로 운용할 수 있도록 하는 경제적

효과와 전기적 특성 향상으로 시스템 안정화에 큰 기여를 할 수 있게 되었다. 차후에는 접지시스템의 기준이 접지저항 위주에서 등전위 이론에 입각한 공통접지의 전위상승 억제 위주의 연구가 이루어져야 하겠다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] 조대훈, "고기능 신기술의 XIT접지시스템의 성능비교," 전기설비학회지, vol. 15, No. 6, 2001.
- [2] 이형수, "접지기술의 실제," 전기설비지. 2001.
- [3] 이종선, "접지 기술과 접지 시스템," 성안당, 1998.
- [4] 박희로, "침부접지봉의 성능향상 및 시공방법개선에 관한 연구," 한국전기공사협회 보고서, p6, p8, p9, 2001.
- [5] Seong Joon Ahn, Jea Wook Woo, Soo Joon Ahn, Chul Geun Park, and Seung Joon Ahn, "Optimization of Earth Resistance by Investigating the Surge Wave Response," *Materials Science Forum* Vol. 569, pp. 253-256, 2008.
- [6] L.Grecev, M.Heimbach, "Frequency Dependent and Transient Characteristics of Substation Grounding Systems", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.12, No.1, pp. 168-170, January 1997.

#### Biography



**설 동 화(Dong Hwa Seol)**

안양대학교 정보통신공학과(공학사)  
 광운대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)  
 공주대학교 대학원 전기전자정보공학과(박사과정)  
 한국정보통신기술대학 광통신설비과 조교수  
 <관심분야> 접지시스템, 광통신, 네트워크 등

<e-mail> sdhwa@icpc.ac.kr



**김 창 봉(Chang Bong Kim)**

고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 미국 Florida Institute of Technology  
 전기전자공학과 (공학석사)  
 미국 Texas A&M University  
 전기전자공학과 (공학박사)

국립공주대학교 공과대학 전자전공 정교수

<관심분야> 광통신용 WDM 광소자, 광통신시스템

<e-mail> aggie@kongju.ac.kr



**김 명 생 (Myeong Saeng Kim)**

경상대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
 건국대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)  
 공주대학교 대학원 전기전자정보공학과(박사과정)  
 한국정보통신기술대학 광통신설비과 조교수  
 <관심분야> 광통신용 WDM 광소자, 광통신시스템

<e-mail> mskim@icpc.ac.kr



**우 제 옥(Jea Wook Woo)**

선문대학교 정보통신학과 석사 재학중  
 한국정보통신기술협회 접지프로젝트  
 접지기술표준안 기술교문  
 현- ㈜그라운드 대표이사

<관심분야> 접지 및 낙뢰시스템

<e-mail> ground@ground.co.kr