

대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템에 관한 연구

정회원 설 동 화*, 종신회원 김 창 봉**

A Study on an Earthing System without Ground Connection

Dong-Hwa Seol* *Regular Member*, Chang-Bong Kim** *Lifelong Member*

요 약

본 논문은 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템을 제안하였다. 기존 접지시스템의 문제점을 해결하기 위한 그린 IT 환경 솔루션으로, 내·외부 서지 등 불필요한 전류를 에너지변환장치 및 방전장치에서 에너지 변환과 방전을 통하여 감쇄하고, 변압기의 중성선을 통하여 방전하는 구조이다. 비교 결과 본 논문에서 제안한 접지시스템은 기존 접지시스템보다 전위상승은 약 2배 낮으며, 방전전류는 약 13배 증가 한 것으로 확인하였다. 본 접지시스템은 경제적이고, 설치가 간편하며, 환경오염을 해결 할 수 있는 접지시스템이다.

Key words : Earthing System, Surge, Electric Potential Rising, Discharge Currents, Common Ground

ABSTRACT

This paper proposes an earthing system without ground connection. As a green IT environmental solution solving the existing earthing system, internal-external surge like other unnecessary electric currents is reduced by energy converted and discharge in energy converted and discharge equipment. It discharges through a neutral electric transformer. The results show that the electric potential rising of the earthing system proposed in this paper are approx. 2 times lower and the discharge currents increased approx. 13 times when compared to existent earthing systems. This earthing system is economical, easy to install and can solve environmental contamination.

1. 서 론

최근 들어 지능형 건축물의 증가와 모든 정보를 통신망을 통한 정보수집 등 지식 정보화가 급속히 확산되고 있어, 통신망과 정보통신설비 등의 안정적인 운영의 비중이 높아짐에 따라 접지시스템에 대한 인식도 변화하고 있다.

즉 건축물에 설치되고 있는 설비의 증가에 따라 접지의 종류와 역할도 다양해서 접지를 단순히 대지의 낮은 저항으로 연결하는 것만으로는 그 목적을 달성했다고 볼 수 없으며, 이제는 접지를 전기회로계의 하나로 해석하여야 한다¹⁾.

서지, 노이즈, 전자파 및 정전기 등이 전기, 전자

및 정보통신설비에 유입되면 각 설비는 에러, 오동작 및 시스템다운이 발생되며, 이는 개인이나 기업의 손실은 물론이거니와 정부기관이나 금융회사의 전산센터 등 정보통신망의 마비로 국가적인 사회 전체 시스템의 붕괴에까지 이를 수 있다²⁻⁴⁾.

따라서 각 설비의 안정적인 운영을 위한 전위상승 억제와 등전위 이론인 공통접지방식의 접지시스템의 중요성이 증대되고 있다²⁾.

본 논문에서는 먼저 기존 접지시스템의 현황과 문제점을 파악하여 분석하고, 기존 접지시스템의 문제점을 해결할 대안으로 제3세대 접지시스템⁵⁾인 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템을 제안하고 두 접지시스템의 전위상승과 방전전류를 비교하고자 한다.

* 한국정보통신기술대학 광통신설비과(sdhwa@icpc.ac.kr), ** 공주대학교 전파공학전공(aggie@kongju.ac.kr)

II. 기존 접지시스템의 현황과 문제점

기존 접지시스템 중 제1세대 접지시스템은 접지전극 형상에 따라 봉상전극, 판상전극, 고리 모양전극, 그물모양, 선상전극, 띠형전극 및 건물 구조체전극 등으로 고전적인 접지전극의 형태를 유지한다⁵⁾.

제1세대 접지시스템의 특징은 단순히 접지전극만을 이용하여 외부의 불필요한 전류를 대지로 흘려 보내야 하므로, 주로 일반적인 접지기능만 가능한 경우의 대지고유저항이 낮은 지역 등에 주로 사용하며, 신뢰성이 떨어져 접지목적 달성을 위해서는 상당히 미흡한 방식이다.

제2세대 접지시스템은 접지전극의 기능향상을 위해 각종 촉매제(Catalyzer)를 사용하여 전기적 전도성을 양호하게 함으로써 접지전극의 전류 흐름을 원활히 하여, 토양사이의 저항성분을 감소시켜 주는 역할을 하는 기능성 접지전극과, 저감제를 같이 사용하여 대지고유저항이 큰 토양에 대하여 접촉저항 및 접지임피던스를 적게 하고, 전위상승을 억제시켜 접지성능을 향상시키는 접지시스템이다⁵⁾.

제2세대 접지시스템은 보링장비 등을 사용하여 접지전극을 땅속 깊이 시공하므로 시공비가 고가이나, 습도, 온도 등 외부기후에 대한 영향이 비교적 적고, 수명도 길며, 신뢰성이 우수하여 지능형 건축물과, 특수 대형시설 등에 사용한다. 기존 접지시스템은 주로 접지저항을 감소시키는 방법들로 각기 나름대로의 장·단점을 가지고 있으나, 이 방법들을 적용하기 위해서는 공사의 용이성과 현장 적용의 가능성, 경제성과 지속성, 환경오염에 대한 피해가 없는 등 현장 조건에 가장 적합한 접지방식을 적용하여야 한다. 그러나 이러한 방법은 접지전극의 구조를 여러 가지 형태로 바꾸는 방법을 통하여 단순히 접지저항값을 낮추는 방법으로 접지전극에 흐르는 서지성 전류에 의한 서지 임피던스를 낮추는 데는 한계가 있다⁶⁾. 이제까지 접지시스템은 상기와 같이 접지저항을 낮추기 위한 접지전극과 접지저감제 성능향상 위주의 접지방식기술로 발전되어 왔다.

기존 접지시스템은 보링장비를 사용하여 대지를 터파기하여 접지전극을 매설하고 설치함으로 인해, 접지전극 매설을 위한 넓은 면적과 고가의 공사비용 및 공사기간이 요구되었다. 특히 도심 및 산악지역, 문화재지역과 같은 특수지역에서는 접지전극을 시공하기 위한 시공 공간의 절대적 제한으로 접지전극을 매설하기가 매우 어렵고, 터파기와 보링 및 저감제와 탄소전극 사용으로 인한 지구 환경보호와

토양오염 측면에서 많은 문제점이 대두되고 있다.

III. 제안한 접지시스템

본 논문에서 제안한 접지시스템은 기존의 접지시스템의 단점을 획기적으로 보완하기 위해 접지장치를 대지에 매설할 필요가 없는 접지장치에 관한 것으로, 접지시설이 필요한 지상의 공간에 일반 컴퓨터를 설치하듯이 전원선과 보호하고자 하는 설비를 연결하므로, 기존의 접지 시공시 필요한 대지를 터파기 하기 위한 보링장비와 넓은 면적 및 공사기간 등의 해소와 더불어 유지관리가 편리하다.

제안한 접지시스템은 기존의 SPD 기능인 서지전압의 억제와 동시에 낙뢰와 서지의 임펄스 전류인 전기에너지를 아크방전과 열변환과 같은 에너지변환으로 고주파 임펄스 전류를 감쇄하고, 낙뢰와 서지의 전기적 특성을 중성화하여 전기·전자 및 통신설비를 전자기적 충격으로부터 보호하는 방식이다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템의 기능을 설명하기 위한 구성이다. 접지장치의 MGB(Main Ground Board) 단자는 전기설비, 전자장비, 통신장비 및 피뢰침 접지단자반에 연결되며, 접지장치의 N단자는 분전반 전력을 공급하는 변압기의 중성선에 연결되고, 접지장치 각각의 L단자는 피접지설비에 전력을 공급하는 전력선과 병렬로 연결된다.

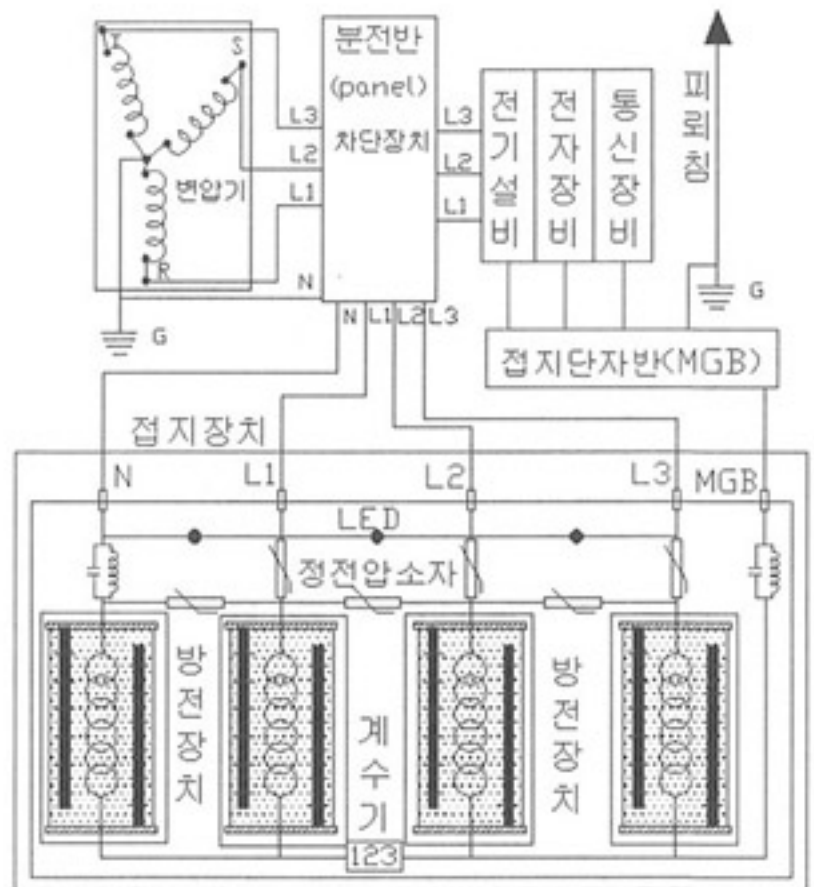


그림 1. 제안한 접지시스템

IV. 접지시스템의 측정

접지장치 내부에는 복수 개의 방전장치가 설치되며, 각 방전장치의 하부 전극판은 접지장치의 MGB 단자에 연결되고, 상부 전극판 중의 하나는 접지장치의 N단자에 연결되며, 상부 전극판의 나머지는 접지장치의 L단자에 연결된다.

MGB단자와 방전장치 사이 및 N단자와 방전장치 사이에 각각 설치된 LC 병렬회로는 공진시 최대 임피던스를 가지므로 대역차단의 기능으로 각종 불필요한 노이즈를 제거하기 위한 필터회로이며, 이는 방전장치와 직렬로 연결되어 방전전극과 열선의 합성임피던스를 낮추는 기능, 변압기에서 피접지설비로 유입되는 노이즈를 제거하는 기능, 피접지설비에서 발생한 노이즈를 제거하는 기능을 한다.

L단자와 각 방전장치 사이에는 제너다이오드 등과 같은 정전압소자가 직렬로 설치되며, N단자와 L단자 사이 및 L1, L2, L3단자 사이에는 방전장치에 대해 병렬로 정전압소자가 설치된다. 정전압소자는 피접지설비에 유입되는 낙뢰, 서지, 정전기 및 노이즈와 같은 과도 이상전압이 방전장치에 의해서 방전되도록 하여 피접지설비를 보호하고 또한 방전장치에서 방전이 이루어질 때 장비를 보호하기 위한 것이다. 방전장치는 두 개의 전극판을 서로 대향하여 설치하고 방전전극은 서로 엇갈리게 배치되도록 전극판에서 돌출되었으며, 방전전극은 축매제의 유동이 원활하게 이루어지도록 복수개의 관통 홀이 형성되게 하였다. 관통 홀의 존재로 인하여 방전침에 전하가 더욱 밀집하게 되어 방전이 더 용이하게 이루어진다. 두 개의 전극판 사이에는 이들을 연결하는 열선이 설치되었으며 이 속에 축매제를 충전하였다. 축매제는 방전이 용이하게 이루어지고 에너지 전환이 쉽게 이루어질 수 있도록 하기 위한 것으로서, 방전할 때 발생하는 열과 충격 등에 대해 내성을 갖는 축매제를 사용 한다⁷⁾.

열선으로는 니크롬선을 사용하며, 열선은 피접지설비로부터 유입되는 이상전류를 열에너지로 신속하게 전환시켜 방전 시간을 단축시키고 접지전위를 낮추는 기능을 하며, 방전전극이 갖는 커패시턴스 값과 열선이 갖는 리액턴스 값을 조정하여 LC공진으로 임피던스값을 낮출 수 있도록 구성된다.

표시장치인 발광다이오드를 N단자, L1단자, L2단자 및 L3단자 사이에 설치하여 방전장치의 동작 상태를 육안으로 확인할 수 있다. 그리고 MGB단과 방전장치 사이에 계수기를 설치하여 접지장치에 유입된 낙뢰, 서지, 정전기 및 노이즈 등의 유입이나 발생한 횟수를 카운트 할 수 있게 구성된다.

접지전극에 서지를 인가하기 위해 외부의 접지전극에서 접지선을 인출하여 실내에서 측정하기 위한 시설을 구축하였다. 기존의 접지시스템과 본 논문에서 제안한 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템(eca)에 대한 측정을 위해 측정장비인 Noise Ken사의 낙뢰서지 시뮬레이터(Lightning Surge Simulator, LSS-15AX)와 PC Oscilloscope(Pico Scpoe 3,000)를 사용하였다. 또한 접지전극과 기준전극의 접지저항과 대지저항률은 새턴(Saturn) GEO X를 이용하여 측정하였으며, 서지 시험파형으로는 전압·전류 조합과 임펄스를 인가하고, 측정대상의 전위상승과 방전전류는 PC Oscilloscope로 측정하였다.

그림 2는 기존 접지시스템의 측정사진으로 낙뢰서지 시뮬레이터의 HOT단자의 프로브에 외부에 매설되어 있는 측정할 접지전극(접지저항 12Ω)을 접지단자반에 연결하고, 접지전극으로부터 14m 떨어진 거리에 매설된 기준전극(접지저항 10Ω)에 공통단자(COM)를 연결한다. 기준전극은 φ20mm × 7,000mm 3개를 직선 배열하였으며, 이에 대한 접지저항은 식(1)에 의해 계산할 수 있다.

$$R = \eta \frac{R_0}{n} \quad (1)$$

여기서, R_0 은 단일전극일 때의 접지저항이고 n 은 전극 수이며 집합계수 η 은 식(2)와 같으며,

$$\eta = \frac{3(4\alpha^2 - \alpha - 2)}{7\alpha - 6} \quad (2)$$

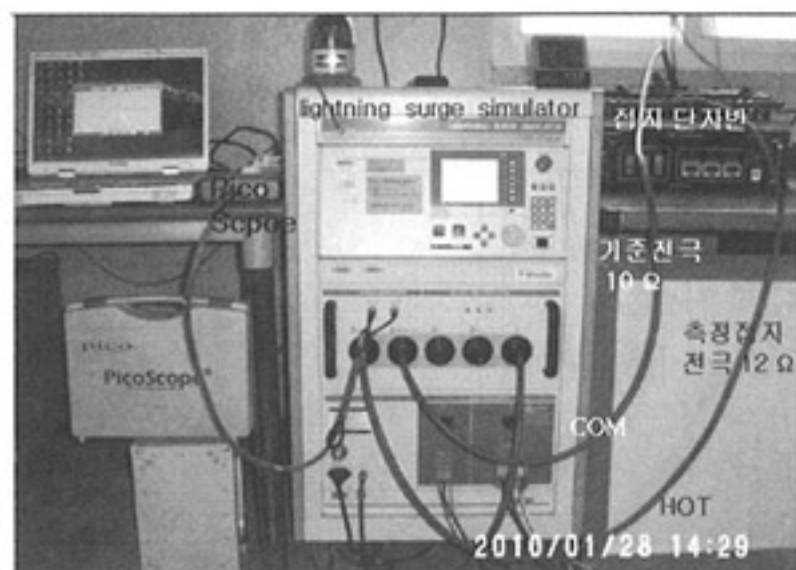


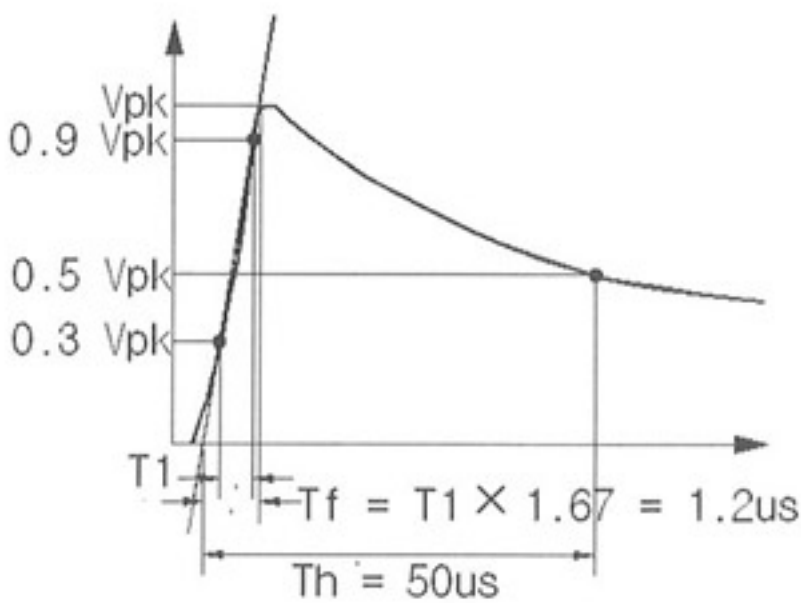
그림 2. 기존 접지시스템의 측정 구성도

α 는 re/d 에서 d 는 전극간 거리이며, re 은 반구모양 전극의 등가 반경으로 식(3)으로 구할 수 있다.

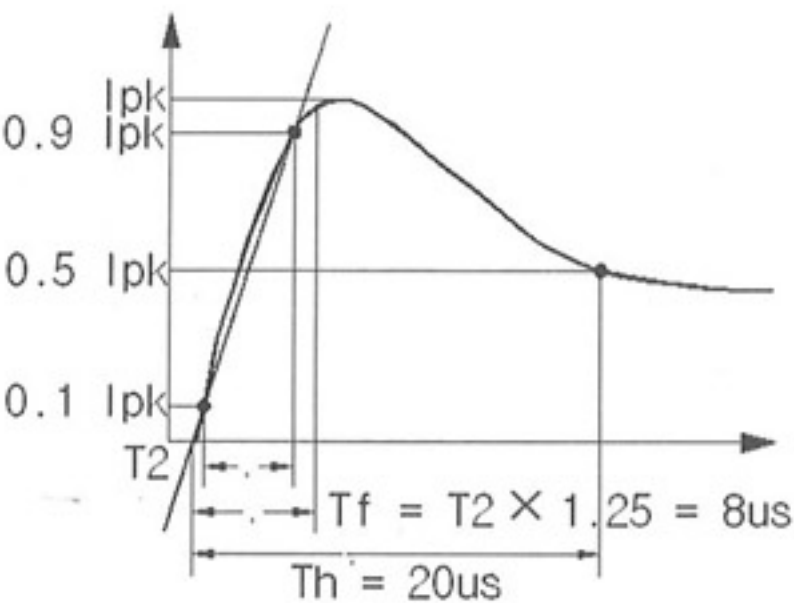
$$r = \frac{l}{2.3 \log_{10} \frac{2l}{r}} \quad (3)$$

낙뢰서지 시뮬레이터에서 그림 3과 같은 IEC 61000-4-5의 서지 시험과형인 10kV(1.2/50 μ s) 개방회로 전압과 5kA(8/20 μ s)의 단락회로 전류 조합과 임펄스 서지를 발생시켜, 접지전극과 기준전극에 인가하여 전위상승과 방전전류를 PC Oscilloscope로 측정하였다.

그림 4는 기존 접지시스템의 측정결과로 전위상승은 인가전압의 대부분인 9.068[kV]의 높은 전위상승과 방전전류는 인가전류의 일부분인 450[A]만 방전되었다. 즉 일반 대지는 비교적 대지저항율이



(a) 개방회로 전압(1.2/50 μ s)



(b) 단락회로 전류(8/20 μ s)

그림 3. 시험 전압·전류 서지과형

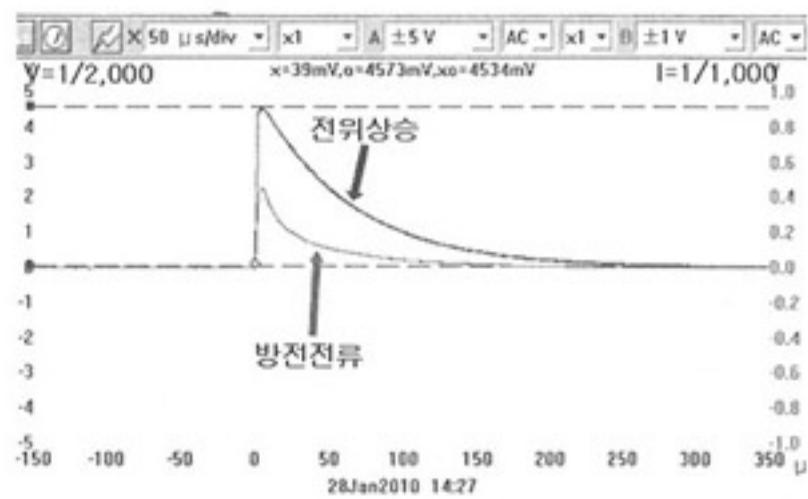


그림 4. 기존 접지시스템의 측정 값

높은 고 임피던스로 연결되어 있어서 전류의 흐름을 방해하는 저항성분으로 인하여 방전전류가 적고 전위상승은 높아진다.

그림 5는 본 논문에서 제안한 접지시스템의 사진으로 낙뢰서지 시뮬레이터의 COM 단자는 제안한 접지장치의 MGB 단자에 연결하고, HOT 단자는 제안한 접지장치의 N 단자에 연결한다. 나머지 측정조건은 기존 접지시스템 측정조건과 동일하게 측정하였다.

그림 6은 제안한 접지시스템의 전위상승과 방전전류를 PC Oscilloscope로 측정한 값으로 측정결과 제안한 접지시스템의 전위상승은 인가전압의 절반이하인 4.88[kV]의 전위상승과 방전전류는 인가전류 대부분의 6[kA]가 방전되었다. 이는 제안한 시스템은 전원의 중성선인 N상과 접지가 낙뢰 서지 유입 시에는 등전위로 연결되고, 각 라인의 상과도 낙뢰 서지와 같은 이상과도 전압상태에서는 등전위가 되도록 회로가 구성되어 있기 때문이다.

표 1은 기존 접지시스템과 제안한 접지시스템의 전위상승과 방전전류를 측정 비교한 결과표이다.

그림 4, 그림 6, 표 1의 전위상승값과 방전전류

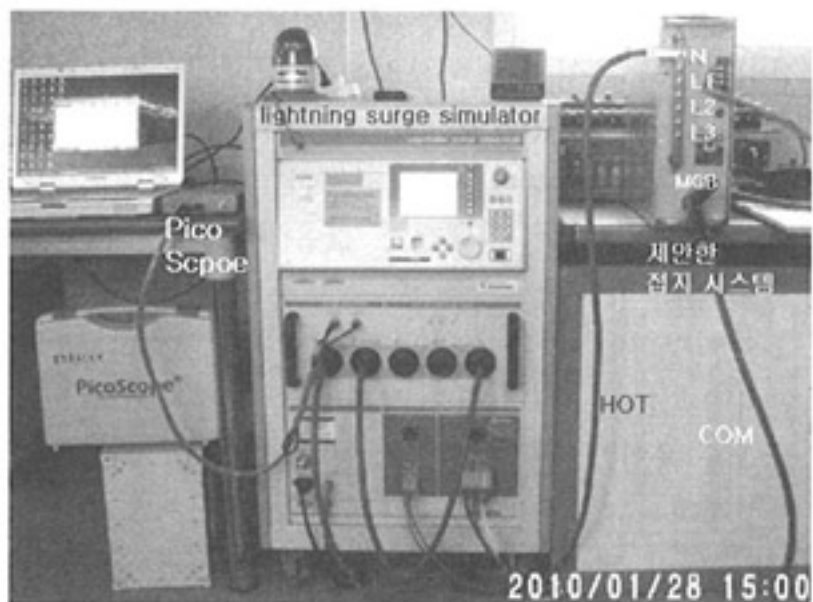


그림 5. 제안한 접지시스템의 측정 구성도

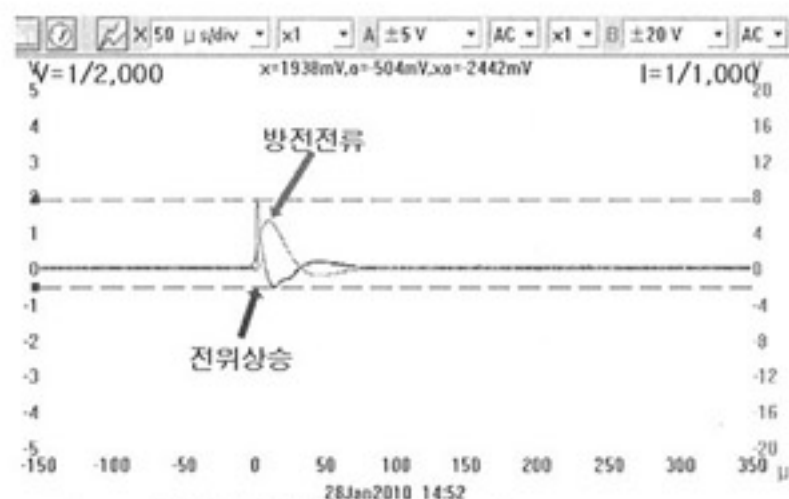


그림 6. 제안한 접지시스템의 측정 값

표 1. 접지시스템의 측정 결과

구분	측정대상 [mm]	설치 방법	접지 저항 [Ω]	인가 전압 [kV]	인가 전류 [kA]	전위 상승 [kV]	방전 전류 [kA]
기존 전극	(φ20*7,000*3)	보링 매설	12	10	5	9.068	0.45
제안 전극	eca(500*500*200)	지상 설치	-	10	5	4.88	6

대지저항율: 170[Ω·m], 시험조건: 온도 19℃, 습도: 40%, 시험오차: ±10%

값은 서지시험기의 서지 전압과 서지전류가 피시험체에 인가된 후에 측정된 전압과 전류를 나타내는 값으로, 서지시험기 내부의 시스템 저항(약 2Ω)과 피시험체의 저항에 의한 전압과 전류값을 나타낸 것이다. 측정결과 전위상승은 기존 접지시스템보다 제안한 접지시스템이 약 2배 적게 측정되었으며, 이는 피시험체의 저항이 작을수록 전위상승이 낮으며, 피시험체의 저항이 클수록 전위상승이 높아지기 때문이다.

방전전류 측정결과 기존 접지시스템보다 제안한 접지시스템이 약 13배 많은 전류를 방전하였다.

이는 전원의 중성선과 독립된 접지전극을 매설하고 접지를 통한 대지 방전에 의존한 기존의 독립접지시스템과, 전원의 중성선과 등전위의 공통접지방식으로 대지에 방전이 아닌 자체 에너지변환을 통한 방전기술에 의한 제안한 대지에 매설하지 않는 접지시스템의 비교측정에서, 기존 접지시스템에 비해 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템이 방전전류가 많아서 전위상승을 작게 한 것으로 측정되었다.

V. 결론 및 향후과제

본 논문에서 제안한 제3세대 접지시스템인 대지에 매설할 필요가 없는 접지시스템은 기존 접지시스템보다 많은 전류를 신속하게 방전하고 전위 상

승을 감소시켜 접지의 목적인 인명의 안전과 전기, 전자 및 정보통신설비의 안정적으로 운용하여 전기를 이용한 모든 시스템의 안정화에 큰 기여를 할 수 있다.

또한 제3세대 접지시스템은 그린 IT 환경 솔루션으로 대지에 접지전극을 매설하지 않아도 되기 때문에 기존 접지시스템의 문제점인 시공면적, 환경오염(특히 토양오염), 시공 시간 및 시공비용을 줄일 수 있으며, 이동차량과 암반지역 등 접지전극을 시공하기 어려운 장소에도 간편하게 접지를 할 수 있게 되었다. 그리고 국제 접지기술규정에 적합하도록 공통접지, 등전위화 및 기준전위의 안정화를 효과적으로 이룰 수 있다. 향후에는 낙뢰와 서지로부터 통신, 전자 및 전기설비의 보호와 관련된 접지저항값과 전자기충격의 상관관계를 시험분석하여 접지저항값의 실체를 확인하는 연구가 이루어져야 하겠다.

참고 문헌

- [1] 이복희, "전자환경친화형 뇌 보호설비의 구축기법에 관한 연구," 한국전기공사협회 보고서, p.1, 2003.
- [2] S. J. Ahn, J. W. Woo, S. J. Ahn, C. G. Park, and S. J. Ahn, "Optimization of Earth Resistance by Investigating the Surge Wave Response," *Materials Science Forum*, vol. 569, pp.253-256, 2008.
- [3] 우제욱, "낙뢰 Surge 방호를 위한 효율적인 접지시스템에 대한 연구," 선문대 석사 학위 논문, p.5, 2009.
- [4] 이복희, "신뢰성 높은 뇌보호방식 및 설치기법에 관한 연구," 한국전기공사협회 보고서, p.15, 2002.
- [5] Dong-Hwa Seol, Myeong-Saeng Kim, Chang-Bong Kim, Jea-Wook Woo, "A Study on the Earthing System of use Discharge Electrodes," *Journal of The Institute of Information and Telecommunication Facilities Engineering*, Vol.8, No.2, June. 2009.
- [6] L. Greiv, M. Heimbach, "Frequency Dependent and Transient Characteristics of Substation Grounding Systems," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol.12, No.1, pp.168-170, Jan, 1997.
- [7] 박철근, 안성준, 우제욱, 안수준, 유용정, 안승준,

“접지품질 개선을 위한 접지저항 최적화 및 접지
충진제의 전기적 특성 연구,” 한국산학기술학회
논문지, Vol.7, No.6, pp.1078-1085, 2006.

설 동 화 (Dong-Hwa Seol)

정회원



1996년 안양대 정보통신공학과
학사

1998년 광운대 대학원 전자통
신공학과 석사

2007년 공주대 대학원 전기전
자정보공학과 수료

현재 한국정보통신기능대 광통
신설비과 조교수

<관심분야> 접지 및 낙뢰시스템, 광통신

김 창 봉 (Chang-Bong Kim)

중신회원



1983년 고려대 전자공학과 학사

1988년 미국 Florida Institute
of Technology 전기전자공
학과 석사

1992년 미국 Texas A&M
University 전기전자공학과
박사

현재 공주대 공과대 전파전공 정교수

<관심분야> 광통신용 WDM 광소자, 광통신시스템