Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 18, No.5, pp. 69~73 September 2004 논문 18-5-10

기준신호용 그리드와 절연/독립접지방식의 비교

(Performance Comparison of Signal Reference Grid and Insulated/Isolated Ground Using HIFREQ Simulator)

김경철 · 최종기 · 백승현*
(Kyung-Chul Kim · Jong-Ki Choi · Seung-Hyun Paik)

요 약

본 논문은 낙뢰나 스위칭 등에 의해 건물 내에서 발생할 수 있는 과도 현상에 대하여, 기준신호그리드와 절연/독립접지 방식을 비교한 것이다. 전자계 해석프로그램인 HIFREQ을 이용함으로써 정량적인 해석결과에 근거하여 건물내 접지방식의 차이에 따라 접지점에서 어떠한 과도현상이 발생하는지의 고찰이 가능하였다. 본 논문에서 시도한 건축물 내 과도현상 해석방법 및 사례연구 결과는 정보화 건축물에 필요한 접지 방식의 선정을 위한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

Abstract

This paper deals with the transient performance of zero signal reference grid(ZSRG) and insulated/isolated ground(IG) in case of lightning strike or surge currents in buildings. Using HIFREQ, which is a commercial code for electromagnetic field analysis, the difference of transient performances of ZSRG and IG type grounding structure have been presented based on the numerical calculations. It is expected that the quantitative and numerical calculation based analysis, which is adopted in this paper, will attribute to the selection of optimal grounding method in the intelligent buildings.

Key Words : zero signal reference grid, insulated/isolated ground

1. 서 론

기준신호접지(Signal reference ground)의 가장 중요한 특성들 중 하나는 그것이 넓은 범위의 주파수영역에서 낮은 임피던스를 유지해야만 한다는 것이다. 적어도 낮은 주파수영역에서 이를 위한 한가지 방법은 적절한 크기의 접지도체를 사용하는 것이다. 필요한 크기보다 더 작은 접지도체는 큰 값의 임피던스를 갖는 문제가 있다. 전력품질문제를 줄이기 위해서는 접지도체는 최소한 상도체와 중성선 도체와 같은 크기이어야만 한다.

주파수가 증가함에 따라 상대적으로 짧은길이의 배선에서는 공진현상이 나타날 정도로 파장이 짧아지게 된다. 개략적인 법칙에 의하면 접지선의 길이가

* 주저자 : 홍익대학교 전기공학과 석사과정
Tel : 041-860-2568, Fax : 041-863-7605
E-mail : kingpaik2@hotmail.com
접수일자 : 2003년 11월 26일
1차심사 : 2003년 11월 28일, 2차심사 : 2004년 3월 3일
심사완료 : 2004년 3월 24일

신호의 파장보다 1/12보다 클 경우, 접지도체는 그 주파수대에서 더 이상 효과적이지 않다고 한다. 건물의 접지계통은 그 구성이 매우 복잡하므로 실제의 주파수별 임피던스 특성은 복잡한 특성을 갖게된다.

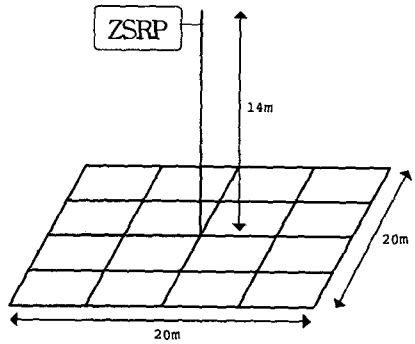
넓은 주파수대역(0~30[㎒])에서 효과적으로 민감한 장비에 기준신호접지를 제공하는 한가지 방법은 기준신호 그리드(Zero Signal Reference Grid, 이하 ZSRG)를 이용하는 것이다(그림 1 (b), (c) 참조). 이 방법은 약 2-ft 간격으로 구리선의 직사각형 메쉬를 사용하는 것이며, 넓은 면적의 데이터 처리실(data processing room)에 흔히 적용된다. 접지도체 경로의 일부가 특정 주파수에서의 공진을 한다고 하더라도, 전류는 다른 많은 전류통로 중 공진없는 통로로 흐르게 된다. ZSRG를 사용할 경우, 각각의 장비외함은 접지도체를 통해서 단일의 공통접지에 접속되어야만 한다(NEC 요구사항). 외함은 고주파수에서 저임피던스 기준신호점을 제공하기 위하여 가장 가까운 그리드 접속점에 연결할 수도 있다.

절연/독립접지방식(Insulated/Isolated Ground, 이하 IG)에서 접지선은 건물 내 다른 어떤 도전성 구조물과 절연 및 독립된다(그림 1 (a) 참조). 절연/독립접지방식은 빌딩 구조체(building steel)나 기타 접지극으로부터 독립된 전류경로를 제공함으로써, 장비에 연결되는 접지선 외의 접지경로를 통해 유입되는 노이즈나 그로 인한 오동작으로부터 장비를 보호한다.

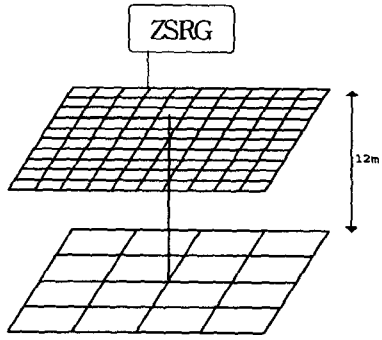
2. ZSRG 및 IG의 특성 시뮬레이션

낙뢰유입시 ZSRG와 IG의 특성비교를 위한 모의실험에는 HIFREQ가 사용되었다[1]. HIFREQ는 F.P.Dawalibi의 알고리즘에 기초한 상용의 계산코드로서, 지중 및 가공에 위치한 충전된 도체로부터 발생되는 전자계 해석이 가능하다[2,3]. 또한 고려할 수 있는 주파수대역이 DC-수백[㎒]로 접지극의 과도특성 계산[4,5], 철탑의 써지임피던스 계산[6] 등에 활용되고 있다.

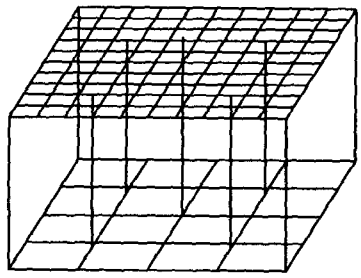
본 모의실험은 낙뢰유입시 ZSRG와 IG의 접지성능 비교하기 위하여 수행되었다. 그림 1은 신호접지점에서 접지임피던스 계산을 위한 접지계 모델의 종류를 보인 것이다. 그림 1 (a)는 ZSRG가 없는 IG접지계통, 1(b)는 ZSRG가 있고 ZSRG는 단일의 접지도체로 접지망과 연결되어 있는 접지계통, 1(c)는 접지망과 여러개의 연결선을 갖는 ZSRG을 보인 것이다. 그림의 접지망 도체간격은 5[m], 매설깊이는 1[m], 도체굵기는 150[㎟]를, 토양의 저항율, 비유전율, 비투자율은 100[Ωm], 1.0, 1.0을 각각 가정하였다.



(a) IG



(b) SRG1

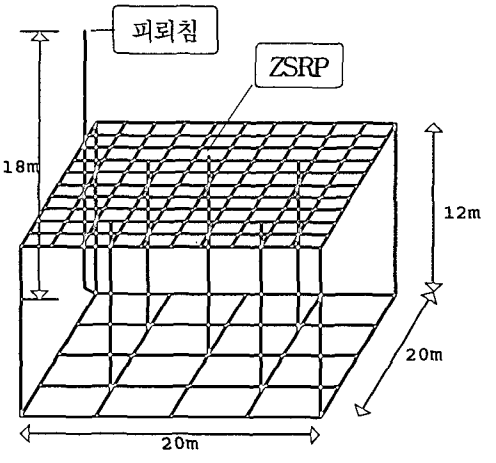


(c) SRG2

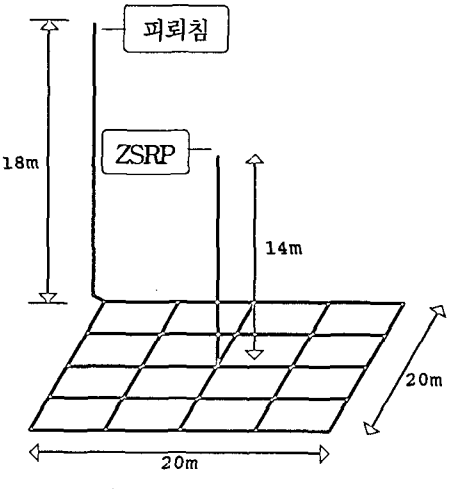
그림 1. 접지임피던스 계산을 위한 3가지 접지계통
Fig. 1. 3 grounding systems for impedance calculation

기타 접지선의 굵기는 38[㎟]로 가정하였으며, 도체 세그먼트들의 길이는 파장의 1/12 이하가 되도록 주의깊게 선택되었다. 이 모델에서 Zero Signal Reference Grid(이하 ZSRP)에서 단위전류를 주입했을 때 주입점의 전위상승, 즉 주입점에서 접지임피던스를 계산하였다.

그림 2는 피뢰도선을 통해 낙뢰전류가 유입되는 경우의 특성모의를 위한 컴퓨터 모델들을 보여주고



(a) signal reference grid



(b) IG earthing system

그림 2. 낙뢰유입시 전위상승 시뮬레이션을 위한 2가지 접지계통
Fig. 2. ZSRG and IG systems for transient potential rise calculation under lightning strikes

있다. 그림 2 (a)는 ZSRG를 채용하고 이를 신호접지점으로 사용한 경우이며, 그림 2 (b)는 ZSRG 없이 기기외함접지나 안전접지선을 신호접지로 사용한 경우를 가정한 것이다. 아래 그림 1, 2와 같이 서로 다른 구성을 갖는 접지계에서 ① ZSRP에서의 접지임피던스, ② 빌딩의 피뢰침을 통하여 낙뢰전류가 유입되는 경우 ZSRG 위의 접지인출선(Zero Signal Reference Point(이하 ZSRP))의 전압상승을 각각 계산하였다(그림 5, 7).

아래 그림 3은 그림 1의 접지계에서 0~5[㎒] 대역에서의 신호접지점(ZSRP) 접지임피던스 계산결과를 보인 것이다. ZSRG를 채용한 경우(그림 1 (b), (c))가, 그렇지 않은 경우(그림 1 (a))에 비하여 넓은 주파수대역에서 낮은 접지임피던스를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이는 그림 1(a)에 비하여 ZSRG와 접지극 사이의 많은 접지전류의 통로가 형성되어, 고주파수 성분의 접지전류가 그 중 가장 낮은 임피던스 통로를 통해 흐르기 때문인 것으로 판단된다.

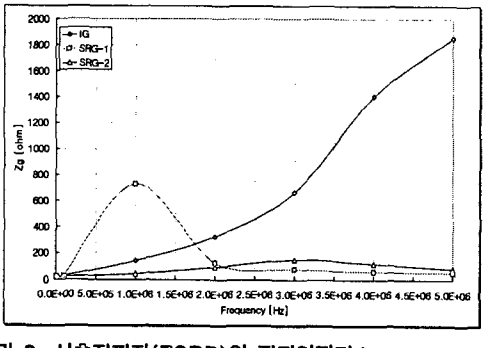


그림 3. 신호접지점(ZSRP)의 접지임피던스
Fig. 3. ground impedance at ZSRP

그림 4는 그림 2의 (a), (b)접지계에서 파두치 8.4 [kA], 파두장 1.5[μsec], 파미장 18.75[μsec]인 임펄스 전류가 피뢰침을 통해 유입될 때 피뢰침(그림 4)과 기준신호점(그림 5)의 전위상승을 계산한 결과이다. 그림 4에서 IG방식에 비하여 ZSRG를 채용한 경우가, 기준신호점 전위의 진동이 더 심하였다. 이러한 시뮬레이션 결과는 참고문헌[1] 즉, IG방식이 수년간의 현장경험에 의하여 낙뢰발생이 많은 미국의 경우 그 효과가 입증되었다는 것과도 일치하는 결과이다. 그러나 IG방식은 시간이 경과하고 설비가 증설

되면서 접지배선의 일관성이 유지되지 않는 경우가 있고, 잘못된 배선에 의한 결함의 검출이 매우 어려워 진다는 단점이 있다.

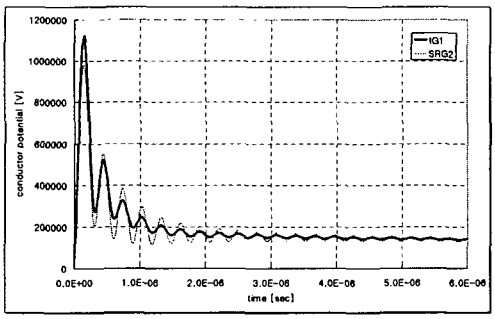


그림 4. 임펄스 전류유입시 피뢰침의 전위상승
Fig. 4. Transient potential rise of lightning rod at the current injection point

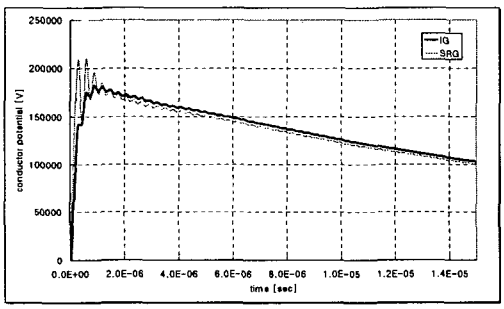


그림 5. ZSRP(zero signal reference point) 전위
Fig. 5. Transient potential rise at ZSRP

그림 6은 피뢰침을 통해 각 주파수대역에서 단위 전류가 유입되었을 때, ZSRP의 전위상승을 보인 것이다. 주파수대역이 3[㎒]를 지나면서, ZSRP를 채용한 경우가 IG방식에 비하여 더 불리해짐을 볼 수 있다. ZSRP의 전위가 안정적으로 유지되는가 여부를 접지성능의 판단기준으로 본다면, 이와 같은 결과는 잡음원인이 ZSRP근처에 있는 경우는 ZSRG를 채용하는 편이 접지성능이 좋으며(그림 3 참조), 써지발생원이 피뢰침 등과 같이 외부에 있을 때는 IG의 접지성능이 더 좋다(그림 5, 6)는 것을 보여준다.

그림 7은 그림 2 (a)-SRG, 그림 2 (b)-IG의 접지계에서 피뢰침 접지를 주접지망과 분리하고 동일한 써지전류(파두치 8.4[kA], 파두장 1.5[usec], 파미장 18.75[usec])를 피뢰침에 유입했을 때의 ZSRP 전위를 계산한 결과이다. 이 경우에도 IG방식이 ZSRG를 채용한 경우보다 전압변동이 덜 하였다.

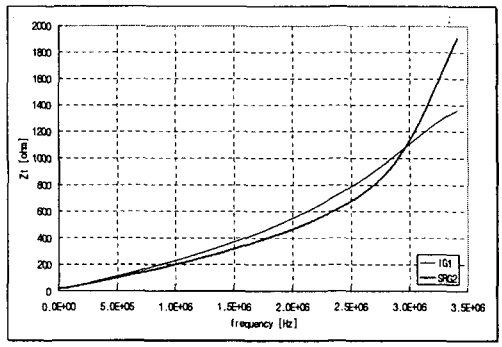


그림 6. 단위크기의 전류유입에 따른 ZSRP의 전위상승
Fig. 6. Potential rise at ZSRP per unit current energization at the lightning rod

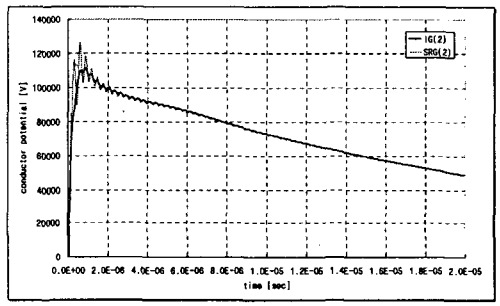


그림 7. 피뢰침 접지를 주접지와 분리했을 때 ZSRP 전위
Fig. 7. Transient potential rise at ZSRP with the main mesh disconnected from the lightning rod

3. 결 론

본 논문에서는 HIFREQ를 이용하여 ZSRG와 IG 방식에서 접지임피던스 및 낙뢰유입시 전위상승 계산을 통해, 두 접지방식의 과도특성 비교사례를 보였다. 일반적으로 접지계통의 과도특성은 낙뢰전류의 파형, 크기, 전류주입점, 토양특성 뿐만 아니라 배선을 포함한 접지계통의 구성 등에 의존적이어서 컴퓨터를 이용한 정밀한 모델링이나 일반적인 결론의 도출이 곤란한 점을 감안하면, 본 논문의 사례는 이를 위한 정량적인 해석사례를 제시하고 그에 근거한 성능비교를 시도하였다는 데에 그 의미가 있다고 할 수 있다.

모의실험 결과, ZSRG를 채용함으로써 넓은 주파수대역에서 낮은 접지임피던스를 얻을 수는 있으나, 낙뢰의 피뢰침 유입시 ZSRP 전위가 IG방식에 비하여 진동이 심하고 전위상승도 더 컸으며, 이같은 결과는 참고문헌[7]에서 낙뢰가 많은 미국에서 IG방식을 선호하고, 상대적으로 낙뢰가 적은 유럽에서 mesh earthing system을 채용하는 것이 효과적인 이유를 부분적으로 설명해 준다고 볼 수 있다.

References

[1] SES, HIFREQ Users' guide, 2000.

[2] F.P.Dawalibi, A.Selby, "Electromagnetic fields of energized conductors", IEEE Trans. on PD, Vol.8, July, 1993.

[3] F.P.Dawalibi, A.Selby, "Determination of current distribution in energized conductors for the computation of electromagnetic fields", IEEE Trans. on PD, Vol.9, April 1994.

[4] F.P.Dawalibi, F.Donoso, "Integrated analysis software for grounding, EMF, and EMI", IEEE Computer applications in Power, Vol.6, April 1993.

[5] F.P.Dawalibi, W.Xiong, "Transient performance of substation structures and associated grounding systems", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, 1994.

[6] N. Hatziargyriou, M. Lorentzou, I. Cotton, N. Jenkins, "Transferred overvoltages by windfarm grounding systems", 8th International Conference on Harmonics And Quality of Power, Vol.1, Oct 1998.

[7] F.P.Dawalibi, W.Ruan, S.Fortin, J.Ma, W.Daily, "Computation of power line structure surge impedances using the electromagnetic field method", IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Vol.2, Oct 2001 .

[8] J.Q.W.Hagen, A.F.Kirk, G.Monacelli, "Isolated ground plane and mesh earthing system", 18st Telecommunication Energy Conference, 1996.

◇ 저자소개 ◇

김경철 (金庚哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977~1982 국방과학연구소 연구원. 1982~1984 NMSU 전기공학과 석사. 1984~1988 UTA 전기공학과 박사. 1988~1991 한국전기연구소 선임연구원. 1991~현재 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수.

최종기 (催鍾基)

1969년 2월 1일생. 1992년 동국대학교 전기공학과 졸업. 1995년 홍익대학교 전기기제어공학과 석사. 1995~현재 한국전력공사 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원.

백승현 (白承鉉)

1975년 7월 13일생. 2002년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2003~현재 홍익대학교 대학원 석사과정.