

임펄스전압에 의한 근접 접지전극사이의 유도전위상승

이복희*, 엄주홍*, 이승철*, 전덕규**, 이경옥***
 *인하대, **서울산업대, ***인하부고

Induced Potential Rises between the Neighboring Grounding Electrodes due to the Impulse Voltages

B.H. Lee*, J.H. Eom*, S.C. Lee*, D.K. Jeon**, K.O. Lee***
 Inha Univ., Seoul Industry Univ., Attached High School to Inha Univ.

Abstract - This paper presents the induced ground potential rise distributions on several ground electrodes buried nearby. These experiments were conducted with the impulse currents as a function of the ground electrodes types and distances from the current injection point. The ground potential is significantly induced in the vicinity of ground electrodes, and the induced ground potential rises can cause unwanted erratic operation of electronic device.

1. 서 론

최근 전기설비에 있어서 접지를 시설할 때 각 접지전극을 공통으로 접속할 것인가 아니면 단독으로 시설할 것인가가 큰 문제로 대두되고 있다. 특히 피뢰침 접지와 인근의 전원용 접지 또는 통신용 접지와의 공통접속 여부는 더욱더 어려운 문제로 남아 있다. 접지를 하는 목적에 부합되도록 접지 서로간에 나타날 수 있는 유도전압 및 과급효과를 최소화하는 방향으로 공통접지와 단독접지를 결정해야 한다.^{[1][2]} 따라서 본 연구에서는 일반적으로 건물의 기초를 포함한 접지의 한 형태인 메시접지와 인근에 소규모 접지와의 사이에 발생하는 유도전압의 과급효과를 실험적으로 측정하여 그 정도를 분석하였다. 격자형 접지전극과 봉형 접지전극군, 판+봉형 접지전극과 판전극 간에 발생하는 유도전압의 과급효과도 실측을 통하여 분석하였다.

격자형 접지전극과 단일 봉형 접지전극의 경우에는 메시접지를 통하여 뇌격전류와 같은 임펄스성 전류가 유입되는 경우를 가정하여 인근의 소형 접지전극인 봉형 접지전극에 나타나는 전위를 각각의 거리에 따라 측정하였다. 격자형 접지전극과 봉형 접지전극군, 판+봉형 접지전극과 판전극의 경우에는 전류를 인가하는 전극을 서로 바꾸어 상대전극에 유도되는 전압과 공통으로 접속하였을 때에 접속점에 나타나는 전압을 측정하여 분석하였다.

2. 실험

2.1 측정방법

격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가한 경우 격자형 접지전극 인근의 봉형 접지전극에 유도되는 전위를 측정하기 위하여 그림 1과 같이 측정계를 구성하였다. 임펄스전류발생장치를 사용하여 측정대상전극인 격자형 접지전극(E극)과 전류보조전극(C극) 사이에 임펄스전류를 인가하였을 때 직각방향으로 0.5~10 [m] 거리에 있는 봉형 접지전극에 유도되는 전위를 측정하였다.^{[3][4]}

격자형 접지전극과 인근의 봉형 접지전극군 사이에 유도되는 전위상승을 측정하기 위한 측정계를 그림 2와 같이 구성하였다. 봉형 접지전극군은 길이 1.8 [m] 봉형 접지전극 9개를 병렬로 연결하여 시설하였으며 접지저항은 3.9 [Ω]이다. 격자형 접지전극의 접지저항은 2.7 [Ω]이다.

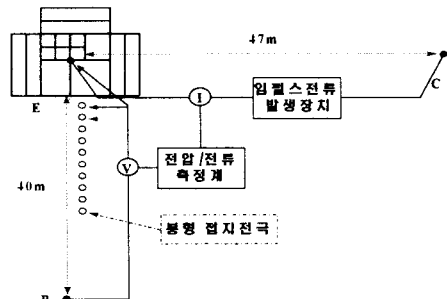


그림 1 격자형 접지전극과 봉형 접지전극 사이의 유도전위 측정회로

Fig. 1 Measuring circuit of the induced ground potential between the grounding grid and the grounding rod

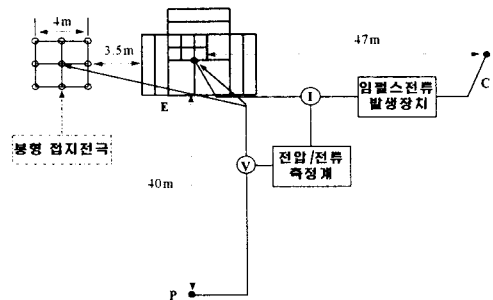


그림 2 격자형 접지전극과 봉형 접지전극군 사이의 유도전위 측정회로

Fig. 2 Measuring circuit of the induced ground potential between the grounding grid and the grounding rod group

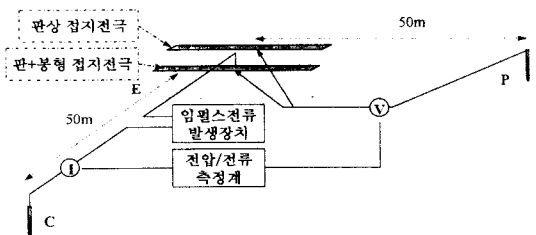


그림 3 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극 사이의 유도전위 측정회로

Fig. 3 Measuring circuit of the induced potential between the grounding plate and the grounding plate with grounding rod

격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가한 상태에서 봉형 접지전극군에 유도되는 전위상승을 측정하였으며, 봉형 접지전극군에 임펄스전류를 인가한 상태에서 격자형 접지전극에 역으로 유도되는 전위상승도 측정하였다. 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극 사이에 유도되는 전압을 측정하기 위하여 그림 3과 같이 측정계를 구성하였다. 판상 접지전극의 접지저항은 13.1 [Ω], 판+봉형 접지전극의 접지저항은 4.7 [Ω]이었다.

3. 측정결과 및 검토

3.1 격자형 접지전극과 봉형 접지전극 사이의 유도전위

격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가하였을 때 격자형 접지전극의 전위상승 파형과 1, 2 [m]의 거리만큼 떨어져 있는 길이 1 [m]의 봉형 접지전극에 나타나는 유도전위 파형을 그림 4에 나타내었다. 측정은 각각 3회씩 이루어졌으며, 인가전류 kA당 전위상승으로 규격화하여 그림 5에 나타내었다. 각각의 전류와 전위상승은 피크값으로 나타내었다.

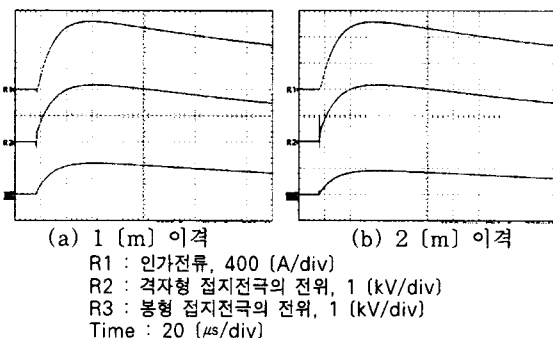


그림 4 격자형 접지전극과 봉형 접지전극 사이에 유도된 전위파형

Fig. 4 Waveshapes of the induced potential between the grounding grid and the grounding rod

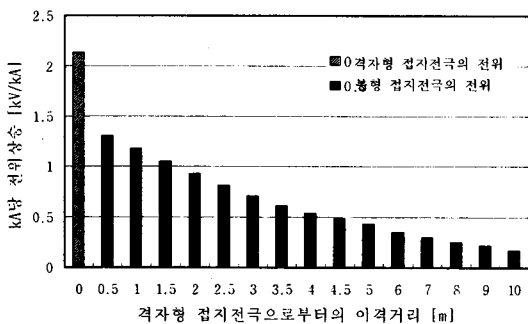


그림 5 봉형 접지전극에 유도된 전위상승
Fig. 5 Ground potential rises induced at a grounding rod

길이 1 [m] 봉형 접지전극에 유도되는 전위는 격자형 접지전극 최외곽도체로부터 거리 0.5 [m]에서 격자형 접지전극 전위상승값의 약 61 [%]에 해당하는 값을 가지는 것으로 측정되었다. 이후 거리가 증가함에 따라 감소하여 5 [m] 거리에서는 격자형 접지전극 전위상승의 약 20 [%], 10 [m] 거리에서는 약 8 [%] 정도의 전압이 유도되었다. 격자형 접지전극으로부터 봉형 접지전극이 멀리 떨어져 시설될수록 유도되는 전압은 점차 감소하였으나 거리가 10 [m] 정도까지 멀어지더라도

약 160 [V/kA] 정도의 값을 가지는 것으로 측정되었다.

3.2 격자형 접지전극과 근접한 봉형 접지전극군 사이의 유도전위

격자형 접지전극과 봉형 접지전극군으로 이루어진 접지전극을 3.5 [m] 거리를 두고 각각 시설하여 상호유도되는 전위상승을 측정·분석하였다. 격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가하였을 때 격자형 접지전극의 전위상승과 봉형 접지전극군에 나타나는 전위상승을 측정하여 그림 6(a)에 나타내었으며, 봉형 접지전극군에 임펄스전류를 인가하고 격자형 접지전극에 나타나는 전위상승을 측정하여 그림 6(b)에 나타내었다.

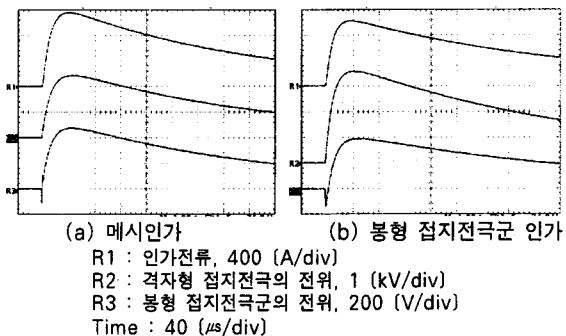


그림 6 격자형 접지전극과 봉형 접지전극군 사이에 유도된 전위상승 파형

Fig. 6 Waveshapes of the induced potential between the grounding grid and the grounding rod group

그림 7에 세 가지 경우에 유도되는 전위상승의 비율 임펄스 전류가 인가되는 전극별로 kA당 전위상승으로 규격화하여 비교하였다. 격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가한 경우에 kA당 전위상승은 약 2.1 [kV]이었으며, 3.5 [m] 떨어져 시설되어 있는 봉형 접지전극군에 유도되는 전위상승은 kA당 0.42 [kV]이었다. 봉형 접지전극군에 유도되는 전위상승은 격자형 접지전극의 전위상승에 대하여 약 20 [%] 수준인 것으로 측정되었다. 하지만 정상접지저항이 격자형 접지전극보다 높은 봉형 접지전극군에 임펄스전류를 인가한 경우에 봉형 접지전극군의 전위상승은 kA당 약 3.52 [kV]였으나 3.5 [m] 이격된 격자형 접지전극에 유도되는 전위상승은 kA당 약 0.41 [kV]로 약 12 [%] 정도로 측정되었다. 접지전극의 접지저항이 커서 kA당 전위상승이 높은 접지전극의 인근에서 유도되는 전위상승이 더 큰 것으로 추정하기 쉽지만 실제의 측정에서는 인근의 접지로 유도되는 전위상승값은 비슷한 결과를 나타내었다.

격자형 접지전극과 봉형 접지전극군을 공동으로 접속한 뒤 공동접속점에서 측정된 전위상승은 인가전류 kA당 1.53 [kV]로 측정되었다. 격자형 접지전극에 임펄스전류를 인가한 경우는 격자형 접지전극의 접지저항이 봉형 접지전극군의 접지저항보다 상대적으로 작은 값을 가지므로 전극전위상승이 봉형 접지전극군의 전위상승보다 훨씬 작은 값으로 나타났다. 하지만 인근의 접지전극에 유도되는 전위상승에 있어서는 접지저항이 크더라도 3.5 [m] 거리에서 비슷한 값을 가진다. 이러한 결과는 동일한 대지저항을 가지는 대지에 시설된 다른 접지전극에서 각 전극의 접지저항 차이는 그 전극이 점유하는 주위 대지의 저항구역에 의하여 결정됨을 시사한다.⁵⁾ 접지를 공동접속으로 하느냐 아니면 독립접지로 하느냐는 각각의 접지가 가지고 있는 성능과 위험전압의 파급 효과에 관련된 문제라고 할 수 있다. 격자형 접지전극과 봉형 접지전극군의 상호유도 특성에서 두 접지전극이 각

각 독립접지로 시설되었을 때 각각의 성능은 공통접속하였을 때 보다 낮으며, 등전위화 측면에서도 불리하다. 하지만 어느 정도 이격거리를 두고 시설하였다면 서로 다른 접지전극으로 유도되는 전위상승이 공통으로 접속하는 경우보다 낮으므로 위험전압이 서로에게 전파되어 영향을 주는 정도는 훨씬 작다. 또한 두 접지전극 사이의 거리가 너무 좁다거나 독립접지로 시설하였을 때 어느 한쪽의 접지성능이 월등히 낮은 경우에는 전체적인 접지성능 향상과 더불어 등전위화를 통한 안정화를 추구할 수 있을 것으로 예상된다.

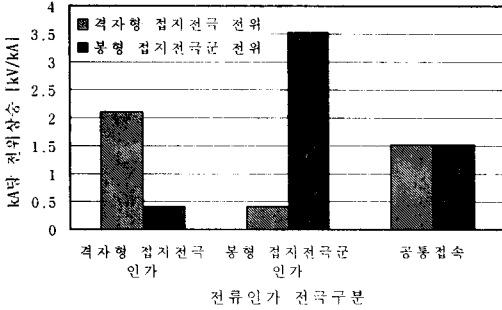
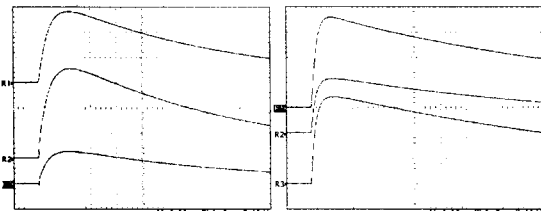


그림 7 격자형 접지전극과 봉형 접지전극 사이의 kA당 유도전위상승
Fig. 7 Induced potential rises per kA between the grounding grid and the grounding rod group

3.3 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극 사이의 유도전위

판+봉형 접지전극과 판상 접지전극에 각각 임펄스전류를 인가하였을 때 상대 접지전극에 유도되는 전위상승과형을 그림 8에 나타내었다. 인가전류의 피크값은 약 0.8~1 [kA]였다.



(a) 판+봉형 접지전극에 인가 (b) 판상 접지전극에 인가
(a)
R1 : 인가전류, 400 [A/div]
R2 : 판+봉형 접지전극의 전위, 2 [kV/div]
R3 : 판상 접지전극의 전위, 1 [kV/div]
(b)
R1 : 인가전류, 200 [A/div]
R2 : 판+봉형 접지전극의 전위, 400 [V/div]
R3 : 판상 접지전극의 전위, 2 [kV/div]
Time : 40 [μs/div]

그림 8 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극 사이의 유도전위 파형
Fig. 8 Waveshapes of the induced potential between the grounding plate and the grounding plate with grounding rods

그림 9에 임펄스전류가 인가되는 전극별로 유도되어 발생하는 전위상승을 kA당 전위상승으로 규격화하여 비교하였다. 판+봉형 접지전극에 임펄스전류를 인가한 경우에 kA당 전위상승은 약 3.2 [kV]였으며, 3 [m] 떨어진 판상 접지전극에 유도되는 전위상승은 kA당 1.1

[kV]였다. 즉, 판상 접지전극에 유도되는 전위상승은 판+봉형 접지전극의 전위상승에 대하여 약 34 [%] 정도인 것으로 측정되었다. 정상접지저항이 판+봉형 접지전극보다 높은 판상 접지전극에 임펄스전류를 인가한 경우에는 판상 접지전극의 전위상승은 kA당 약 9.6 [kV]였으나 3 [m] 이격된 판+봉형 접지전극에 유도되는 전위상승은 kA당 약 1.2 [kV]로 약 13 [%] 정도가 유도되는 것으로 측정되었다.

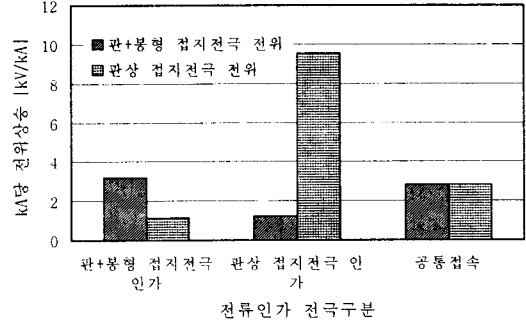


그림 9 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극사이의 kA당 유도전위상승
Fig. 9 Induced potential rises per kA between the grounding plate and the grounding plate with the grounding rods

4. 결 론

여러 가지 접지전극에서 나타나는 전위상승이 인근의 다른 접지전극에 유도되는 특성을 측정하여 분석하였다. 격자형 접지전극으로부터 떨어진 거리에 따라 봉형 접지전극에 유도되는 전위상승은 5 [m] 지점에서 격자형 접지전극 전위의 약 20 [%]로, 10 [m] 지점에서는 약 8 [%]로 측정되었다. 격자형 접지전극과 봉형 접지전극 구, 판+봉형 접지전극과 판상 접지전극의 상호유도는 두 접지전극이 각각 독립접지로 시설되었을 때 각각의 성능은 공통으로 접속하였을 때 보다 낮으며, 등전위화 측면에서도 불리하다. 하지만 충분한 이격거리를 두고 시설하였다면 서로 다른 접지전극으로 유도되는 전위상승이 공통접속의 경우보다 낮으므로 위험전압이 서로에게 전파되어 영향을 주는 정도는 훨씬 작다.

접지전극을 공통으로 접속하느냐 독립으로 시설하느냐의 전체는 각각의 접지성능을 충분히 평가한 후에 각각의 접지성능과 서로에게 유도되는 전위상승 및 보호하고자 하는 설비나 시스템에의 파급효과를 고려하여 결정하여야 하는 중요한 문제이다.

[참고 문헌]

- [1] F. P. Dawalibi, "Lightning Transient Response of Communication Towers and Associated Grounding Networks", International Conference on Electromagnetic Compatibility, April 11-13, 1995.
- [2] 이복희, 이승철, "접지의 핵심 기초 기술", 도서출판 義僖, pp.18~20, 1999.
- [3] J. Ma and F. P. Dawalibi, "Effects of Inductive Coupling between Leads in Ground Impedance Measurements using the Fall-of-potential Method", 1999 IEEE Transmission and Distribution Conference, Vol. 1, pp.266~271, 1999.
- [4] C.G. Wang, T. Takasima, "Grounding Resistance Measurement Using Fall-of -Potential Method with Potential Probe Located in Opposite Direction to the Current Probe", IEEE Trans. on PD, Vol.13, No.4, pp.1128~1135.
- [5] J. H. Bogensperger, J. Frei and S. Pack, "Resistance of Grounding Systems Stationary and Transient Behavior", Proc. 9th International Symposium on High Voltage Engineering, pp.6715~4, 1995.9.