

임펄스 전류에 대한 메쉬접지계의 과도임피던스 특성

이 복희 · 박 종순*

인하대학교 전기공학과

Transient Impedance Characteristics of Mesh Grounding System under Impulse Current

Bok-Hee Lee · Jhong-Soon Park

Dept. of Electrical Engineering, College of Engineering, Inha University

Abstract : Electronic devices are very weak against lightning surges injected from grounding systems and can be damaged. The malfunction and damage of electronic circuits bring about several disadvantages such as low operation performances, a lot of economical losses, and etc. In order to obtain the effective protection measure of electronic devices from overvoltages and lightning surges, the analysis of the transient grounding impedances is very important.

The aim of this work is to evaluate the behaviors of transient grounding impedances under impulse currents and to investigate the effect of grounding lead wire. $Z-t$, $Z-i$ and $V-i$ curves of transient grounding impedance under impulse current waveforms have been measured and analyzed.

1. 서론

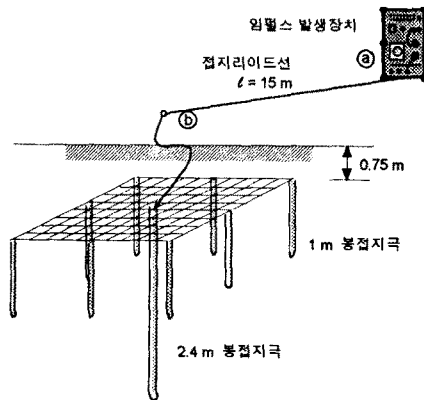
최근에 고도 정보화 시대가 급속히 발전함에 따라 각종 전력설비와 전자·통신 설비의 뇌서지에 대한 보호대책이 더욱 필요하게 되었다. 뇌서지가 침입한 경우의 접지임피던스는 정상 접지저항과는 상당한 차이가 있고 높은 전위상승을 유발하게 된다. 따라서 뇌서지에 대해 효과적인 보호대책을 수립하기 위해서는 이들 기기를 보호하는 접지시스템 설계의 초점을 정상접지저항 뿐만 아니라 과도접지임피던스의 정확한 특성 파악에 더욱 중점을 두어야 하며, 이에 대한 집중적인 연구가 절실히 요구된다.

뇌격 전류가 대지로 방출되기까지의 경로에는 접지극 뿐만 아니라 피뢰침이나 다른 뇌격지점으로부터 접지극을 통해 대지에 이르기까지 긴 도선을 통한 유도성 성분이 적지 않게 포함된다. 이러한 관점에 착안하여 서로 다른 파두시간과 파미시간을 가지는 임펄스전류를 인가한 경우 접지리이드선의 길이 및 전위상승 측정점에 따른 과도접지임피던스 특성을 비교·분석하였다.

2. 측정방법

접지시스템에 유입되는 뇌서지전류에 의한 전위상승 정도는 측정점의 위치에 따라 다르게 나타나며, 이에 따른 접지임피던스의 과도성분에 대한 평가도 전혀 달라지게 된다. 그림 1은 접지리이드선(길이 15m)을 포함한 메쉬와 봉접지극 조합 형태의 접지시스템에 임펄스전류를 인가하여 이에 대한 전위상승 정도와 과도접지임피던스를 측정하기 위한 실험계이다.

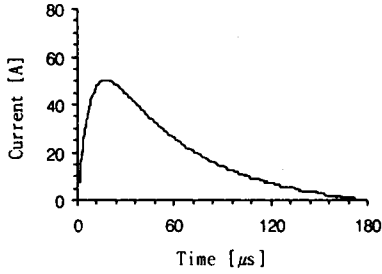
파두시간과 파미시간이 서로 다른 임펄스전류(15/60 μ s, 10/250 μ s)를 최대 50A의 동일한 크기로 다음의 두 경우(case I, case II)에 대해 메쉬와 봉접지극을 조합한 접지극에 접속된 접지리이드선에 인가하였다. 접지극의 정상접지저항은 6.2 Ω 이고 대지저항률은 60 Ω m로서 양호한 토양이며, 이 때의 15/60 μ s 임펄스전류와 전위상승 파형의 예를 그림 2에 나타내었다.



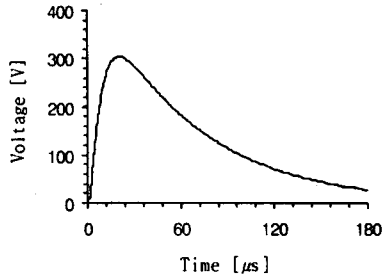
- case I : ①점에서 전위 측정.
- case II : ②점에서 전위 측정.

그림 1 과도접지임피던스의 측정계

Fig. 1 Measuring system of transient grounding impedance

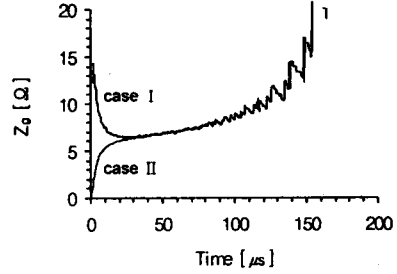


(a) 인가전류 파형

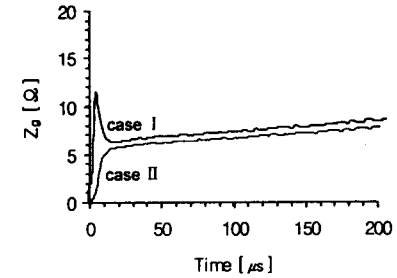


(b) 전위상승 파형

그림 2 15/60μs 임펄스전류에 의한 전위상승파형
Fig. 2 Electric potential rise due to 15/60μs impulse current



(a) 15/60μs 임펄스전류를 인가한 경우



(b) 10/250μs 임펄스전류를 인가한 경우

그림 3 임펄스전류에 대한 과도접지임피던스 파형
Fig. 3 Transient grounding impedance waveforms by impulse current

3. 결과 및 고찰

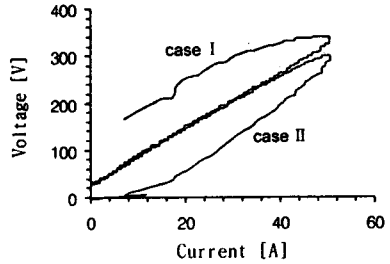
임펄스전류에 대한 접지임피던스(Z_g)의 시간변화특성을 그림 3에 나타내었다. 측정대상의 접지극과 전류보조극간의 패루프에 전류가 0으로 되어도 어느 정도의 전위는 남아있게 된다. 따라서, 과도접지임피던스 파형의 무한대로 발산하는 후반부는 낮은 전위상태에서 0에 가까운 전류값에 의해 산출(히스테리시스 효과)되어 높은 접지임피던스를 나타내는 부분 이므로 유효하지 않은 부분이다.

전류파형이 모두 50A의 최대값을 갖지만 파미시간이 긴 전류가 많은 에너지를 가지고 있으며, 이러한 전류가 접지시스템에 인가될수록 유도성 성분이 상대적으로 낮게 나타나고 있음을 알 수가 있다.

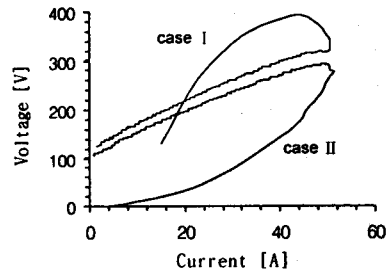
3.1 V-i 특성

그림 4에 임펄스전류에 대한 전위변동특성(V-i 특성)을 나타내었다. 곡선의 매끄러운 부분이 전반부, 즉 과도부분으로서 전류가 0에서 50A까지 상승하여 리플성분을 포함한 파미 부분에서는 다시 전류 0점으로 하강하는 형태를 띤다. 과도상태의 전위상승이 전류의 비와 일정한 정상접지저항을 그대로 유지한다면 곡선의 전반부와 후반부가 일치하게 되겠지만 어떠한 경우에도 일정한 비례곡선을 나타내지 않는 비선형적인 특성을 보이고 있다.

각 임펄스 인가전류에 대한 case I의 V-i 곡선의 상승부인



(a) 15/60μs 임펄스전류를 인가한 경우



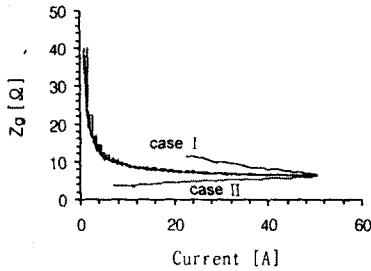
(b) 10/250μs 임펄스전류를 인가한 경우

그림 4 임펄스전류에 대한 V-i 파형
Fig. 4 V-i waveforms by impulse current

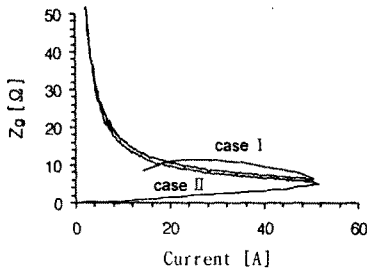
전반부가 전위축상을 기준으로 후반부보다 높은 전위값을 나타내고 있다. 반면에, case II의 경우는 전반부가 낮은 전위를 보였다. 또한 case I의 경우 전류 초기치에서 전위의 급상승이 일어나 긴 시간동안 전위가 높은 상태를 유지하고 있다.

3.2 Z-i 특성

임펄스전류에 대한 과도상태 접지임피던스와 정상접지저항의 비교·분석은 그림 5의 Z-i 곡선에서 쉽게 관찰할 수 있다. V-i 곡선에서와 마찬가지로 case I의 경우 후반부의 발산을 나타내는 곡선보다 높은 접지임피던스를 나타내고 있다. Z-i 특성에서 후반부의 히스테리시스 곡선은 서로 거의 일치하고 있으며, 전류 최고점 이후의 리플성분이 포함된 정상접지저항을 나타내는 후반부 곡선을 기준으로, case I의 Z-i 곡선 전반부는 case II와 다르게 높은 접지임피던스를 나타내었다. 즉, case I의 전반부 곡선은 후반부 곡선의 위쪽에 분포하고 있으며, 파미장이 짧은 경우가 대체적으로 유도성이 두드러진 형태를 띠고 있다.



(a) 15/60 μ s 임펄스전류를 인가한 경우



(b) 10/250 μ s 임펄스전류를 인가한 경우

그림 5 임펄스전류에 대한 Z-i 파형

Fig. 5 Z-i waveforms by impulse current

그림 6은 인가전류와 각 case별로 측정된 경우의 실효서지 임피던스(Z_{eff})를 나타낸 것이다. 실효서지임피던스는 V_{max} (최대전위)/ I_{max} (최대전위시의 전류)의 값으로 산출하며, case I과 case II의 임피던스값이 확연히 구분되어져 나타났다. case II의 경우는 접지극 자체에 포함된 용량성 성분에 의해 실효서

지임피던스가 6.2 Ω 이하로 분포되어 있다. 반면에, case I의 경우는 접지리이드선의 임피던스와 전류파형에 따라 차이는 있지만 모두 정상접지저항보다 높으며, 서지보호대책을 위한 접지설계 및 사공시 이러한 점을 반드시 고려해야 한다.

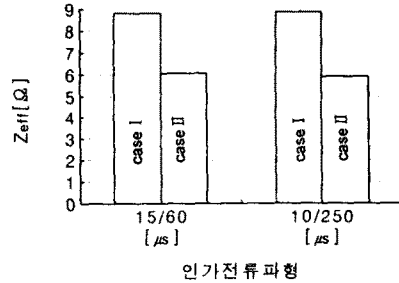


그림 6 각 case I, II에 대한 인가전류의 파형에 따른 실효서지임피던스

Fig. 6 Effective surge impedance according to incident current waveforms

4. 결론

봉접지극을 조합한 매쉬접지극의 임펄스전류에 대한 과도 접지임피던스 측정결과를 분석한 결과, 접지극 자체의 특성과 접지리이드선을 포함한 임펄스전류에 대한 접지시스템의 전위상승 정도는 현저한 차이를 나타내었다. 특히 접지리이드선을 포함한 경우는 높은 전위상승과 함께 과도접지임피던스가 유도성 성분에 의해 정상접지저항보다 높게 나타났다.

참고문헌

- [1] R. Kosztaluk, "Experimental Study of Transient Ground Impedances", IEEE Trans., Vol.PAS-100, No.11, 1981
- [2] S. Kato, "Surge Response Analysis of Tower Grounding by Numerical Electromagnetic Field Analysis", T.IEE Japan, Vol.115-8, 1995
- [3] E.E. Oettle, "A New General Estimation Curve For Predicting the Impulse of Concentrated Earthing Electrodes", IEEE/PES, SM567-1, 1987
- [4] B.H. Lee, J.S. Park, "Measurement and Analysis of Transient Grounding Resistance with The Pulse Generator", KIEE'96 Annual Conf. PDH 14, 1996
- [5] B.H. Lee, J.S. Park, "Characteristics of Transient Grounding Impedances of Rod Electrodes", KIEE '97 Annual Conf. Vol. E, DHO-3, 1997
- [6] C. Mazzetti, "Impulse Behavior of ground electrodes", IEEE Trans., Vol. PAS-102, No. 9, 1983
- [7] A.C. Liew, M. Darveniza, "Dynamic Model of Impulse Characteristics of Concentrated Earth", Proc. IEE, Vol. 121, No. 2, pp. 123-135, 1974