

봉형접지전극의 임펄스임피던스 도출

金 王

동신대학교

Impulse Impedance of a Rod type Grounding Electrode

Wang Kim

Dongshin Univ.

Abstracts

The impulse impedance of grounding system must be accurately evaluated for a safe grounding design. However, a calculation method of the impulse impedance of a horizontal grounding electrode has not been established yet.

This paper presents a method to compute the impulse impedance of a rod type grounding electrode and deals with the analysis of the transient characteristics on the electrodes.

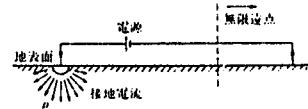


그림2 접지회로 모델

뇌격전류파형을 감안한 접지전극의 등가회로와 접지회로모델은 각각 그림1, 그림2 와 같이 나타낼수있고, 이상적인 뇌격전류로서 램프임펄스 $i(t) = I \cdot T$ 를 가정하면 접지와 원지점간에 나타나는 전압 $v(t)$ 는 다음과 같이 구해진다.[1 ~ 3]

$$v(t) = I \left[\frac{1}{C \cdot I / (R^2 C^2)} (e^{-t/RC} + \frac{t}{RC} - 1) + \frac{L}{3} \right] \quad (1)$$

1. 서론

접지계는 일반적으로 수평접지전극과 수직접지전극으로 구성되어 있는데, 상용주파수에서의 접지저항계산식은 ANSI/IEEE Std-80을 비롯 많은 연구결과가 발표되어 있으나 접지계의 과도특성해석에 관한 문헌은 거의 없는 실정이다.

다만, 문헌[1]등에 제안된 계산식이 있으나 이들 문헌에서는 수평도체를 가정한 경우이다.

따라서, 본고에서는 수직 접지도체의 임펄스임피던스를 도출하고자한다.

2. 접지전극의 등가회로와 접지회로 모델

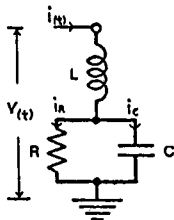


그림1 등가회로

3. 봉형접지전극의 R,L,C 정수

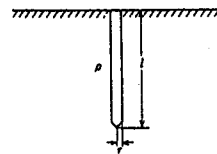
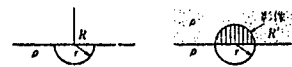


그림3 봉형 전극



(a) 반공간 (b) 전공간

그림4 영상법

접지저항R은 주로 라플라스의 미분방정식에 의해 해석적으로 도출되고 경계조건이나 가정에 의해 계산식이 다르지만, 본고에서는 그림3과 같은 일반적인 봉형전극에 대하여 가장 간단한 Tagg의 식을 적용하고 전극의 인덕턴스L은 문헌[4]에서 의해 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l}{r} [\Omega] \quad (2)$$

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} \ln \frac{2l}{r} [H] \quad (3)$$

한편, 전극과 토양과의 캐패시턴스C는 접지 저항과 정전용량의 상사성으로부터 구할 수 있다. 즉, 그림4에서 유전율이 ϵ 인 매질중에 있는 반경 r 인 구의 정전용량과 반구형 전극의 접지저항은 다음과 같이 구해진다.

$$C = 4\pi \epsilon r \quad (4)$$

$$R' = \epsilon \rho / C = \rho / 4\pi r \quad (5)$$

$$R = \rho / 2\pi r = 2\epsilon \rho / C \quad (6)$$

$$\therefore C = 4\pi l \epsilon / \ln \frac{2l}{r} \quad (7)$$

4. 접지 임펄스임피던스

이상으로부터 봉형 접지전극의 임펄스임피던스 $Z_g(t)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$I(s) = \mathcal{L}\{i(t)\}, \quad V(s) = \mathcal{L}\{v(t)\} \quad (8)$$

$$Z_g(s) = V(s) / I(s) \quad (9)$$

$$\therefore Z_g(t) = \mathcal{L}^{-1}\{Z_g(s)\}$$

5. 적용예

문헌 [5]의 실측치와 비교를 보인 표1로부터 본고에서 제안한 방법에 의한 계산치는 실측결과와 양호하게 일치함을 알 수 있다.

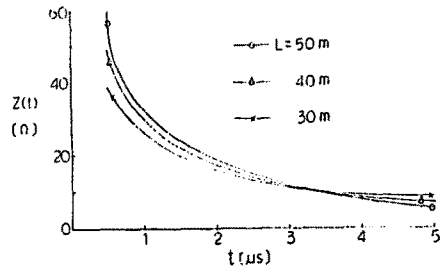
(단, $\rho: 200[\Omega\text{-m}]$, $l=40[\text{m}]$, $r=24.3[\text{mm}]$, $\epsilon_s = 9$, $\mu_s = 1$ 로 가정하였다)

표1 실측치와의 비교

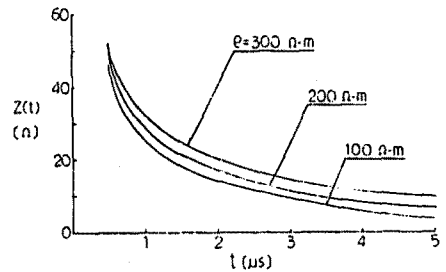
$t(\mu\text{s})$	0.5		1.0		2.0		∞	
	A	B	A	B	A	R	A	B
40	47.0	49.07	26.25	27.87	17.25	17.27	6.51	6.68

주: 1. A는 실측치이고 B는 계산치임.

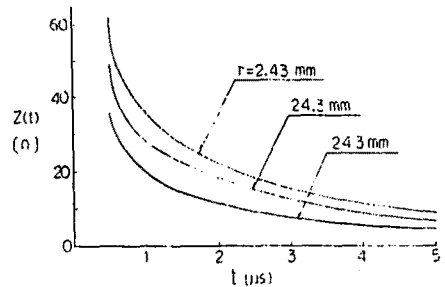
2. 실측치는 텀프파에 대응한 응답으로 보정한 값임.



(a) $\rho: 200[\Omega\text{-m}]$, $r=24.3[\text{mm}]$



(b) $l=40[\text{m}]$, $r=24.3[\text{mm}]$



(c) $\rho: 200[\Omega\text{-m}]$, $l=40[\text{m}]$

그림5. 봉형접지전극의 임펄스임피던스

그림5는 각변수에 의한 봉형접지전극의 $Z(t)$ 를 보인 것인데, 심타할수록 R 은 저감되지만 정상치로 되기까지의 시간이 지연되고 임펄스임피던스의 초기치는 높아진다.

또한 ρ 가 적을수록 그리고 접지봉의 반경이 커질수록 $Z(t)$ 는 저감되지만 ρ 를 변수로 한 경우는 $Z(t)$ 의 초기치 45~55[Ω]으로 거의 일정하고 R 의 차가 커지는 반면, 반경에 따른 변화의 경우에는 그 반대의 경향을 보이고 있다.

6. 결론

본 연구에서는 발번전소는 물론이고 각종 전기 전자 및 통신기기(설비)의 접지계에 널리 사용되고 있는 봉형접지전극의 임펄스임피던스 계산식을 도출하여 실용화 하였다.

또한, 봉형접지전극의 과도 특성을 검토한 결과 $Z(t)$ 의 크기는 대지저항율보다 전극의 길이와 반경에 크게 의존함을 알 수 있었다.

<참고문헌>

- [1] R.Verma and D.Mukhedkar, "Fundamental considerations and impulse impedance of grounding grids," IEEE Trans., Vol. PAS-100, No. 3, PP. 1023~1030, Mar. 1981
- [2] IEEE Substation Committee, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, ANSI/IEEE Std 80, PP. 277~284, 1986
- [3] 高橋, 接地 技術入門, オム사, PP. 36~45, 1990
- [4] 關根·雨谷, 分布定數回路論, 그로스사, P. 110, 1990
- [5] 電力通信耐雷設計專門委員會, "電力通信耐雷設計", 電氣協同研究, 45卷, 3호, P. 40, 1990