

사선형 메쉬접지

(Diagonal mesh grounding)

김태훈* · 최홍규 · 최병숙 · 송영주 · 심용식

홍사근 · 안윤기 · 박혜원

(Tae-Hoon Kim · Hong-Kyoo Choi · Byung-Sook Choi · Young-Joo Song · Yong-Sik Shim

Sa-Keun Hong · Youn-Ki An · Hye-Won Park)

홍익대학교 · 홍익대학교 · (주)SL KOREA · 동신대학교 · 홍익대학교

홍익대학교 · 홍익대학교 · 한국엑스아이티(주)

요 약

본 논문은 기존의 정사각형의 접지 면적에서 격자형 메쉬접지와 사선형 메쉬접지를 비교하였다. 사선형 메쉬 접지는 격자형 메쉬접지에 비해 최대예상 접촉전압, 접지저항, 등도체의 총길이가 모두 감소하였다. 본문에서는 사선형 메쉬접지의 형태와 시뮬레이션 결과비교, 감소 원리에 대해 설명하였다.

Abstract

In this paper, the grounding area of the latticed mesh grounding in the original spare is compared with diagonal one. the E_M , R_g and L_M of the diagonal mesh grounding were more decreased than latticed ones. The principles that, the diagonal mesh grounding elements, and compared with the simulation results also the reduction principle are explained in this paper.

1. 서 론

접지는 낙뢰는 물론 원하지 아니하는 과전류 및 과전압 유비, 전기적 잡음으로부터 전원, 통신 제어시스템 등의 복잡한 전기, 전자적 시스템을 안정적으로 동작하게 하는 경우와 인명이나 설비의 안전을 목적으로 한다. 이때 접지저항은 0[Ω]을 갖는 것이 이상적이나 실제적으로는 불가능하므로 접지에 접속된 장비나 설비에 아무런 장애가 없도록 접지시스템을 구성하는 것이 절대적으로 필요하다.[1]

일반적인 접지 전극의 종류 중 망상 접지(Mesh grounding) 방식은 그물모양으로 포설하는 접지로써 대지저항률이 높은 지역이나 건물의 밑바닥 같이 넓은 면적에 주로 시공한다.[1]

이 논문에서는 기존의 격자형 망상접지 방법과 사선형태의 망상접지 방법에 대해 설명하고 망상 접지시에 중요시하는 접촉전압과 접지저항을 비교 하겠다.

2. 본 론

2.1. IEEE std. 80-2000 Annex B의 예제

2.1.1. 접지설계 제원

기존 격자형 메쉬접지와 제안된 사선형 메쉬접지의 비교를 위해 IEEE std. 80-2000 Annex B의 예제를 선택하였다. 접지설계를 위해 선정된 접지 도체의 굵기, 안전한계 위험전압 결정(접촉전압, 보폭전압), 송전방식에 의한 고장전류 등의 값은 표1의 접지제원을 가지고 IEEE std. 80-2000의 방식을 통해 구하였다.

표 1. 접지설계 제원(3)
Table 1. The source of grounding design

접지설계의 제원	내용
접지공사 가능구역(A)	70×70[m ²]
대지 저항률(ρ)	400[Ω·m]
자갈(표면층)의 저항률(ρ_s)	2500[Ω·m]
자갈(표면층)의 두께(h_s)	0.102[m]
매설깊이(h)	0.5[m]
고장지속시간(t_s)	0.5[s]
지락시 정상 임피던스(Z_1)	4.0+j10.0[Ω]
지락시 영상 임피던스(Z_0)	10.0+j40.0[Ω]
변압기 임피던스($Z_1=Z_0$)	0.034+j1.014[Ω]
분류계수(S_f)	0.6
선간전압(V)	115[kV]
도체 전류 분류율(a)	1.0

2.1.2. 접지도체의 굵기

표 2. 접지도체(경동선) 상수[2]

Table 2. The constant of grounding conductor

도전율[%]	97.0
α_r 온도계수[20℃]	0.00381
K_0 $1/\alpha_r$ [0℃]	242
T_m 용단온도 [℃]	1084
ρ_r 고유저항 [20℃]	1.7774
TCAP 열용량계수[J/cm ³ /℃]	3.422

$$A = I \sqrt{\frac{t_c \alpha_n \rho_r \times 10^4}{TCAP} \ln 1 + \left(\frac{T_m - T_\alpha}{K_0 + T_0} \right)} \quad (1)$$

$$= 6.814 \sqrt{\frac{0.5 \times 0.00381 \times 1.7774 \times 10^4}{3.422} \ln 1 + \left(\frac{1084 - 40}{242 + 40} \right)}$$

$$= 17.277 \approx 22[\text{mm}^2]$$

도체 재료는 경동선을 사용하고, 재료의 물리적인 정수는 표2를 적용해 접지도체의 굵기를 정한다. 식1을 통해 구한 접지도체의 굵기인 17.277[mm²]의 경우 IEC 규정에 맞는 25[mm²]을 선정하는 것이 바람직 하나, 논문에서는 IEEE std. 80-2000 Annex B를 그대로 사용하여 22[mm²]로 선정하였다.

2.1.3. 접지저항 계산

표1의 접지설계 제원으로부터 접지망 매설깊이(h), 접지망 포설면적(A), 대지 저항률(ρ)과 총 도체길이 $L_T=1540[\text{m}]$ 를 적용해 접지저항을 구하였다.[2]

$$R_g = \rho \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1 + h \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \quad (2)$$

$$= 400 \frac{1}{1540} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 4900}} \left(1 + \frac{1}{1 + 0.5 \sqrt{\frac{20}{4900}}} \right)$$

$$= 2.7756 \approx 2.78[\Omega]$$

2.1.3 대지전류 계산

표1의 접지설계 제원으로부터 $S_f=0.6$, 계통확장계수 $C_p=1.0$, 고장지속시간 $t_s=0.5$, 비대칭분의 감소계수 $D_f=1.0$, 최대지락전류 $I_f=3180[\text{A}]$ 일 때 대지전류는 아래 식과 같이 구한다.[2]

$$I_G = S_f \cdot D_f \cdot C_p \cdot I_f \quad (3)$$

$$= 0.6 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 3180 = 1908[\text{A}]$$

2.1.4 최대예상 접촉전압

최대예상 접촉전압(E_m)은 식3을 적용해 구한다.

표 3. 최대예상 접촉전압 조건

Table 3. The condition of maximum value of touch voltage

대지 저항률 (ρ)	400[Ω·m]
간격계수 (K_m)	0.994
전위경도 보정계수 (K_i)	2.272
대지전류 (I_G)	1908[A]
접지도체 전체길이 (L_M)	1540[m]

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_M} \quad (4)$$

$$= \frac{400 \cdot 0.994 \cdot 2.272 \cdot 1908}{1540}$$

$$= 1119.21[V]$$

2.2. CDEGS의 MALT를 이용한 IEEE std. 80-2000 Annex B의 예제

IEEE std. 80-2000 Annex B의 예제를 접지 시뮬레이션 프로그램인 CDEGS의 MALT를 통해 구하고, 그 차이를 비교하였다.

2.2.1 최대예상 접촉전압

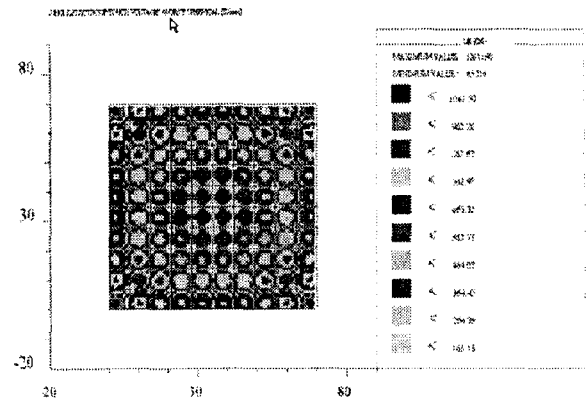


그림 1. 최대예상 접촉전압

Fig. 1. Maximum value of touch voltage

CDEGS의 MALT를 이용해 구한 최대 접촉전압은 1061.5[V]로 IEEE std. 80-2000를 통해 구한 1119.21[V]와 약 5%의 차이가 났다.

2.2.2 접지저항

Original Electrical Current Flowing in Electrode...	1900.0	amperes
Current Scaling Factor (SPLITS/FCDIST/specified)...	1.0000	
Adjusted Electrical Current Flowing in Electrode...	1900.0	amperes
Number of Conductors in Electrode.....	22	
Resistance of Electrode System.....	2.6532	ohms

SUBDIVISION		
Grand Total of Conductors after Subdivision.: 220		
Total Current Flowing in Main Electrode.....	1900.0	amperes
Average Current Density of Conductor Segments:	1.2998	amperes /meter
Total Buried Length of Main Electrode.....	1540.0	meters

그림 2 접지저항

Fig. 2. Ground Resistance

그림 2는 CDEGS의 MALT를 이용해 구한 접지저항, 도체의 총길이가 나와있다. 접지저항은 2.6532[Ω], 도체의 총길이는 1540[m]이다.

2.3. CDEGS의 MALT를 이용한 사선형 메쉬 접지의 설계

2.3.1 최대 예상 접촉전압

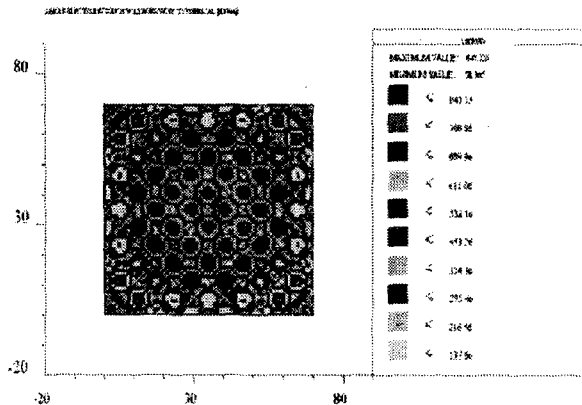


그림 3 최대 예상 접촉전압

Fig. 3. Maximum value of touch voltage

CDEGS의 MALT를 이용해 구한 사선형 메쉬 접지의 최대 접촉전압은 847.75[V]이다. 2.2.1절에서 구한 격자형 메쉬 접지의 접촉전압에 비해 213.75[V] 감소한 것으로 약 20[%]의 감소율을 보였다.

2.3.2 접지저항

CONFIGURATION OF MAIN ELECTRODE		
Original Electrical Current Flowing in Electrode...	1900.0	amperes
Current Scaling Factor (SPLITS/FCDIST/specified)...	1.0000	
Adjusted Electrical Current Flowing in Electrode...	1900.0	amperes
Number of Conductors in Electrode.....	26	
Resistance of Electrode System.....	2.6359	ohms

SUBDIVISION		
Grand Total of Conductors after Subdivision.: 160		
Total Current Flowing in Main Electrode.....	1900.0	amperes
Average Current Density of Conductor Segments:	1.2998	amperes /meter
Total Buried Length of Main Electrode.....	1467.9	meters

그림 4 접지저항

Fig. 4. Ground Resistance

CDEGS의 MALT를 이용해 구한 사선형 메쉬 접지의 접지저항은 2.6359[Ω]이다. 2.2.2절에서 구한 격자형 메쉬 접지의 접지저항에 비해 0.0173[Ω] 감소한 것으로 약 0.65[%]의 감소율을 보였다.

2.3.2 도체의 총길이

사선형 메쉬 접지의 동도체 길이는 1467.9[m]로 기존 격자형 메쉬 접지의 동도체 길이에 비해 72.1[m] 감소한 것으로 4.68[%]의 감소율을 보였다.

2.4. 사선형 메쉬 접지의 분석

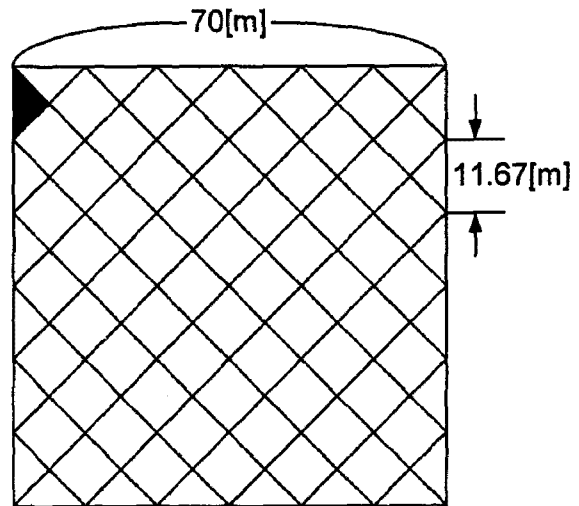


그림 5 사선형 메쉬 접지 형태

Fig. 5. The shape of diagonal mesh grounding

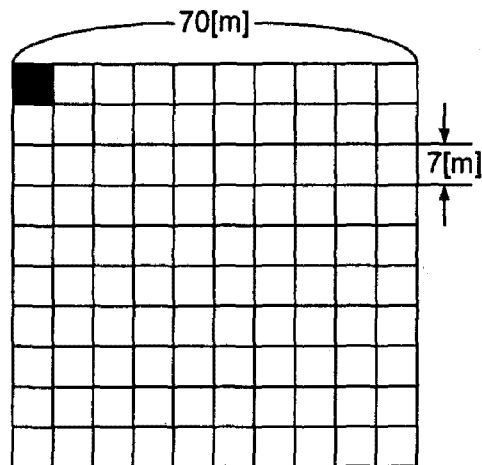


그림 6 격자형 메쉬 접지 형태

Fig. 6. The shape of latticed mesh grounding

메쉬 접지의 최대 접촉전압이 나타나는 부분은 메쉬 접지의 모서리 부분의 동선이 지나가지 않는 부분이다. 사선형 메쉬 접지의 경우 모서리 부분의 삼각형 면적은 34.05[m²]이고, 격자형 메쉬 접지의 모서리 부분 사각형의 면적은 49[m²]이다. 낮은 접촉 전압이 나타나는 중심 부분의 동선 간격을 넓히고, 이로 인해 감소된 동선을 높은 접촉 전압이 나타나는 모서리 부분에 더 많은 동선을 매설해 동선과 동선사이의 간격을 좁혔다.

3. 결 론

기존의 메쉬접지는 IEEE std. 80-2000에서 제안된 방법을 통해 설계되고 있다. 메쉬접지를 하고 안전한계 전압의 이상값이 나올 경우 메쉬접지의 내부 동선량을 증가하거나, 접지봉을 설치하여 안전한계 전압을 낮추는 방법이다.

사선형 메쉬접지의 방식을 이용할 경우 격자형 메쉬 접지에 비해 최대예상 접촉전압(E_m), 접지저항(R_g), 동도체 총 길이(L_M)가 감소한다.

최대예상 접촉전압(E_m), 접지저항(R_g)이 감소하여 접지의 안전성 및 신뢰성이 향상되고, 동도체의 총 길이(L_M)가 감소하여 경제성도 향상된다.

하지만 컴퓨터 모의 시뮬레이션으로 얻은 결과이므로, 접지공사를 통한 실증 실험이 필요하다. 또한 여러 가지 조건의 변화(면적, 접지면적의 형태, 접지조건 등)를 통해 사선형 메쉬접지의 특성의 연구도 이루어 져야 한다.

참 고 문 헌

- (1) 최홍규, 최병숙, 송영주, "접지설비및 설계", 성안당, vol4, , p.3, 2007. 1.
- (2) 송영주, "접지도체의 굵기 및 간격배치에 따른 새로운 접지 설비 모델", 홍익대학교 박사학위논문 2004.6.
- (3) IEEE std 80-2000 Annex B-Sample calculations