

축소모델기법을 이용한 다중접지계의 특성분석

이재복, 명성호, 장석훈, 조연규, 김점식*, 길경석*
한국전기연구원, *한국해양대학교

Characteristic Analysis of Multi-grounding System by Using a Scale Model Technique

J.B.Lee, S.H.Myung, S.H.Chang, Y.G.Cho, J.S.Kim*, G.S.Kil*
Korea Electrotechnology Research Institute, *Korea Maritime University

Abstract - This paper deals with the characteristic analysis of multi-grounding system. In order to assess the effectiveness of bonding two grounding systems, the scale model grounding simulation system and grid grounding conductors which were downsized as a scale factor of 100:1 were designed and fabricated. A profile of GPR(Grounding Potential Rise) of each case was measured. Also the measured results were compared with the analysis results.

1. 서 론

산업플랜트설비의 대규모화, 복잡화에 따라 안전적인 측면과 경제적인 측면을 겸비한 접지시스템의 설계에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 각 산업체에서는 전원접지계와 신호통신용 접지계가 혼용되어 운용되고 있으나 이들 접지시스템을 실규모로 모의하기에는 현실적으로 어려우므로 이를 위해 축소모델 기법을 적용한 특성분석이 요구된다.⁽¹⁾

본 연구에서는 망상형 접지모델에 대해 고장전류 유입시 전위상승 분포특성을 분석하였으며 다중 접지시스템에 대해 각각 독립접지 및 본딩에 의한 공통접지시의 영향을 축소모델기법에 이용한 실험적인 방법을 통해 분석하였으며 수치해석에 의한 결과와 비교하였다.⁽²⁾⁽³⁾ 이를 통해 축소모델기법의 타당성을 검증하였으며 다양한 형태의 실규모 접지계의 특성을 분석하는데 이용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 축소 접지모의 시스템의 구성

균등한 대지면에 매설된 접지계를 모의하기 위해 직경 2 m의 반구형 수조탱크를 이용하여 축소접지모의 시스템을 구성하였다. 접지모의시스템은 지락전류를 일정하게 인가하기 위한 전원장치, 측정점의 이동 및 계측을 위한 제어측장치, 반구형 수조탱크, 시험접지계로 이루어진다. 그림 1에 접지모의 시스템의 구성도를 나타내었다. 저항률 39.1Ω·m의 지하수로 대지를 모의하였으며 외부저항 R_{ext} 는 반구의 크기와 대지저항률에 의존하는 값으로 본 실험에서는 6.22Ω을 적용하였다. 시험접지계로는 전원 접지계와 신호 접지계를 100:1의 비율로 축소 모의하였다. 실규모 접지계의 파라미터를 표 1에 나타내었다. 적용된 전원 접지계와 신호 접지계는 각각 0.32 x 0.32 m, 0.16 x 0.16 m의 망상 전극구조(그리드 간격 0.04m)로 표면에서 5mm 깊이 매설하였다. 여기서 접지도체의 반경은 제조상 문제로 10:1 축척을 이용하였다. 표면전위 측정용 프로브는 콘베이어를 통해 자동조정되며 출력전압은 Labview program에 의해 위치(X축)에 대한 전위(Y축)가 자동 계측된다.

그림 2에 구성된 축소 접지모의 시스템을 나타내었다.

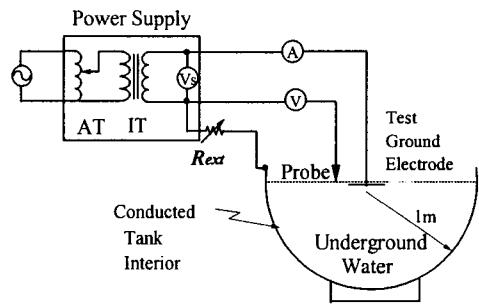


그림 1. 접지 모의 시스템의 구성도
Fig. 1. Schematic diagram of scale model grounding simulation system

표 1. 다중접지계의 파라미터
Table 1.Parameters of multi-grounding system

접지계	grid size	간격	접지도체 반경	매설깊이
전원접지계	32m x 32m	4m	5.25mm	0.5m
통신접지계	16m x 16m	4m	5.25mm	0.5m

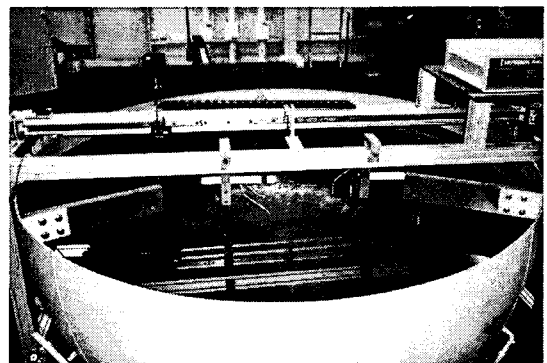


그림 2. 축소 접지 모의 시스템
Fig. 2. Scale model grounding simulation system

2.2 전원 접지계의 전위상승 분포

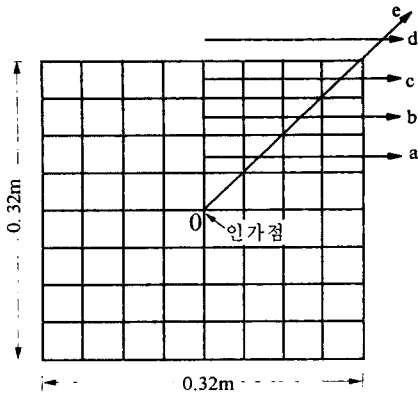


그림 3. 모의 전원접지 시스템의 구성
Fig. 3. Configuration of power grounding system

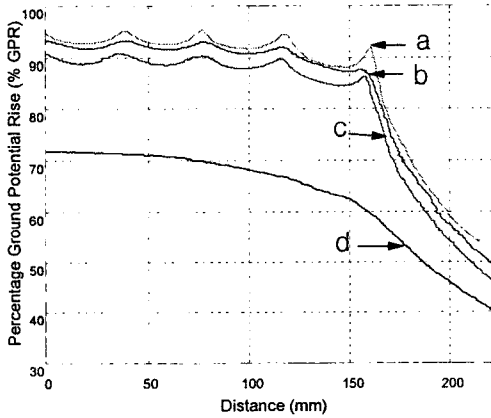


그림 4. 전원접지계의 전위상승분포(횡방향)
Fig. 4. GPR profiles of the power grounding system (normal profile)

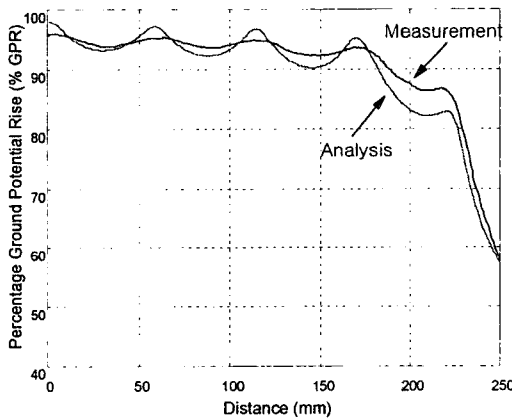


그림 5. 전원접지계의 대각방향 전위상승분포
Fig. 5. Diagonal GPR profiles of the power grounding system

모의된 접지계를 그림 3에 나타내었으며 접지전극의 중심에 1A의 전류를 인가시 표면의 전위상승 분포를 횡방향(a-d) 및 대각방향(e)으로 측정하였다. 그림 4는 a-d 방향에 대한 각각의 전위상승분포율을 나타낸 것이다. 전류 인가점에서 거리가 증가됨에 따라 전위상승은 서서히 감소하며 망상전극을 벗어난 지점에서 급격히 줄어드는 경향을 보이고 있다. 그림 5에 대각방향의 전위상승분포 측정결과와 수치해석 결과를 비교하였다. 메쉬 사이의 전압강하가 해석 결과에 비해 다소 완만하게 측정되었으나 전반적인 양상은 거의 유사하게 나타났다. 통신 접지계의 경우에도 유사한 경향이 관측되어졌으며 단독 접지시 모의한 전원접지계와 통신접지계의 접지저항을 표 2에 나타내었다. 접지저항은 각각 53.6Ω, 105.8Ω으로 해석에 의한 결과와 매우 근접하게 나타났다.

표 2. 각 접지계의 접지저항
Table 2. Grounding resistance for each case

구 분		접지저항 [Ω]	
		측정값	해석값
단독접지계	전원접지	53.6	55.2
	통신접지	105.8	112.6
다중접지계	독립접지	53.6	55.2
	공통접지	40.6	40.9

2.3 다중 접지계의 전위상승

독립접지와 공통접지의 전위상승분포를 측정하기 위해 그림 6과 같은 다중 접지계를 구성하였다. 접지계의 구성에 따른 접지저항 측정값은 표 2와 같다. 다중 접지계에서 독립접지시 접지저항은 전원 단독접지시와 거의 유사한 값을 나타내며 이는 통신접지에 비해 상대적으로 큰 규모의 전원접지계가 지배적인 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 두 접지계를 본딩하였을 때 접지저항은 42Ω으로 독립접지시 보다 낮게 나타났다.

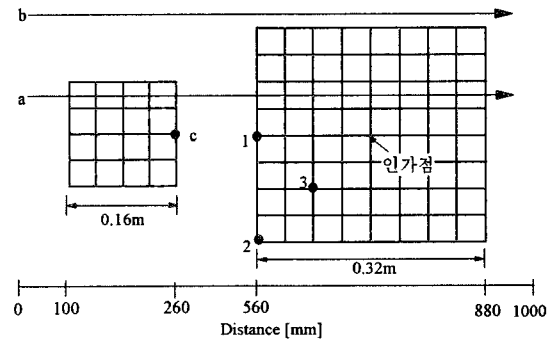


그림 6. 다중 접지계의 구성
Fig. 6. Configuration of multi-grounding system

독립접지시 a, b 방향에 대한 전위상승분포의 측정 및 해석결과를 그림 7에 나타내었다. 전원접지계의 중심에 1A의 전류 인가시 통신접지계의 전위상승은 이격거리의

증가에 따라 감소하였다. 측정결과는 해석결과와 비교해 거의 동일한 특성을 나타내었다. 독립접지시의 표면의 전위상승을 조합형 적분-행렬 알고리즘을 이용하여 나타내면 그림 8과 같으며 통신접지계가 있는 지점에서 약간의 왜곡이 발생함을 알 수 있다.

그림 9는 두 접지계를 본딩하여 공통접지한 경우의 전위상승 분포특성을 나타내었다. 그림 6에서 1-c 지점을 상호본딩시 통신접지계의 전위는 90%정도 상승하였으나 전원접지계와의 전위차는 5% 이내로 등전위화를 이룸을 알 수 있다. 측정치가 계산결과에 비해 접지전극이 없는 지점에서의 전위상승 정도가 다소 낮게 관측되었으나 전반적으로 유사한 경향을 나타낸다.

여기서 통신접지계의 전위상승은 단순히 대지전위상승의 관점에서 본다면 독립접지시가 유리함을 알 수 있다. 그러나 독립접지시 통신기기의 AC전원부는 전원접지에 연결되고 DC전원이나 실드선, 통신기기의 외함등을 통신접지계에 연결된 경우에는 두 접지계사이의 큰 전위차에 의해 기기의 소손을 초래할 수 있다. 따라서 두 접지계를 본딩하는 것이 접지저항을 저감할뿐 아니라 등전위화를 이루어 사고예방에도 효과가 있다고 판단된다. 본딩시 접속점의 위치를 변경(2-c, 3-c)하여 측정할 경우에는 두드러진 차이는 관측되지 않았다.

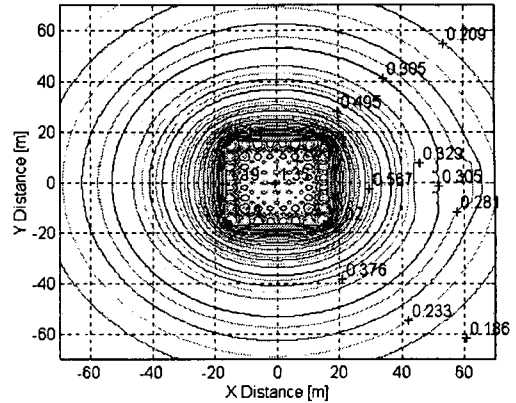
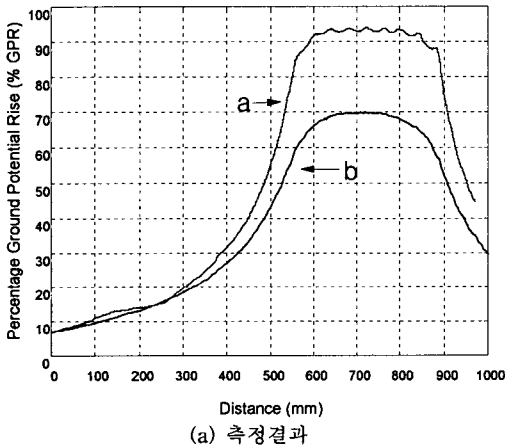
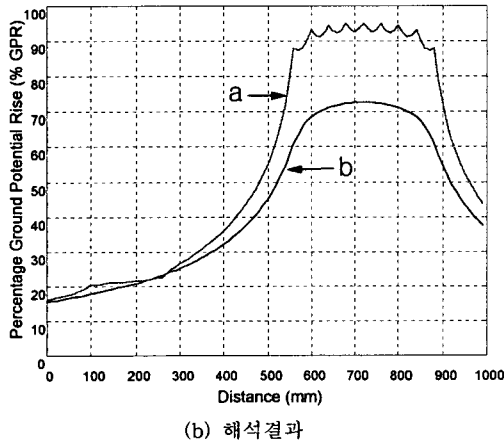


그림 8. GPR 윤곽선도
Fig. 8. GPR contour diagram



(a) 측정결과



(b) 해석결과

그림 7. 독립접지시의 표면 전위상승 분포
Fig. 7. Surface GPR profiles in case of a separated grounding system

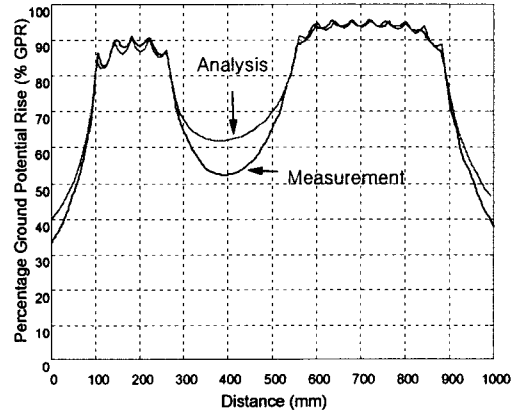


그림 9. 본딩시의 표면 전위상승 분포
Fig. 9. Surface GPR profiles in case of bonding

3. 결 론

다양한 접지 시스템의 특성분석을 위해 축소 모의 접지시스템을 구성하였으며 망상형 접지계에 대한 대지전위상승을 측정하였다. 또한 다중 접지계에 대해 독립접지시와 본딩에 의한 공통접지시의 전위상승분포를 각각 분석하였다. 적용된 축소 모델 기법의 유효성을 수치해석 결과와 비교를 통해 확인하였다. 이는 실규모의 접지시스템의 설계 및 특성분석에 활용 가능하다.

(참 고 문 헌)

- [1] R. Caldecott, D.G. Kasten, "Scale model study of station grounding grids", IEEE trans. on power apparatus and system, vol. PAS-102, No.3, pp.558-pp.566, 1983
- [2] A.P. Meliopoulos, Power System Grounding and Transients, Marcel dekker Inc., 1988.
- [3] F. Dawalibi, D. Mukedkar, "Optimum Design of Substation Grounding in a Earth Structure : Part I-Analytical Study", IEEE Trans. PAS., Vol.PAS-94, No.2, pp.252~261, 1975.