2003년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2003.7.21-23

신개발 접지장치의 성능평가시스템에 관한 연구

박상만*, 장상옥, 박창호, 강문호, 최종기, 이문석, 최하옥☆, 이용한☆, 황광수☆☆
한전 전력연구원, 한국전기연구원☆, 한국전력공사☆☆

A study on the system to evaluate the performance of novel ground apparatus

Sangman Park, Sangok Jang, Changho Park, Moonho Kang, Munseok Lee, Jongkee Choi, Haok Choi☆, Yonghan Lee☆, Kwangsoo Hwang☆☆
Korea Electric Power Research Institute KEPCO, KERI☆, KEPCO☆☆

Abstract - The most widely employed grounding apparatus in distribution systems is a driven rod. But this method has some difficulties to get a specified ground resistivity in cities or islands. Recently, the new ground apparatus are proposed. This paper describes the research which relates with the system to evaluate the performance of novel grounding apparatus.

1. 서 론

우리나라 배전계통에서 사용하는 일반적인 접지 시스템은 접지봉을 사용하여 시공하는 것이다. 전기설비기술기준에 규정된 접지저항 값을 얻기 위하여, 지지물 개소에 접지봉 1개 ~ 2개를 직렬로 접지시공하게 되며, 접지개소의 접지저항이 기준치보다 높게 나오는 경우 접지봉을 직·병렬로 추가 시공을 하게 된다. 접지봉을 이용한 기존 접지시공방법은 대도시 지역과 도서지역 등에서 기준 접지 저항치를 얻기 어렵고, 접지공사비가 높게 되는 경향이 있다. 이런 점의 개선 방법으로 신개발 접지장치가 제안되고 있으며, 이러한 신개발 접지장치가 배전선로에서 적정한지를 단기간 검토 할 수 있는 성능평가시스템이 필요하다. 본 논문에서는 신개발 접지장치의 성능평가를 통하여 실시한 접지장치의 성능평가시스템 진행방법을 기술하였다.

2. 본 론

2.1 접지시스템 성능평가를 위한 고려사항

접지시스템은 사용목적에 따라 시공방식이 다양하다. 전력계통에서 사용되는 접지는 변전소의 망 접지, 송전선로의 철탑 각 접지와 배전선로의 접지봉이 대표적 접지 시스템이다. 이들 접지는 접지저항 값을 한정된 장소에서 낮게 할 목적으로 접지시스템을 구성한다. 신개발 접지 시스템을 성능평가 하는 것은 현재 사용되는 접지시스템과 비교 시험 평가를 실시하여 하는 방법이 효율적이며, 이러한 비교평가시험 시 고려할 사항은 다음과 같다.

2.1.1 접지 시스템 실험 장소

대지접지저항은 진흙 토양의 경우 1.5Ω-m, 산악 토양인 경우 10,000Ω-m정도로 토양별 차이가 크게 나타난다. 비교시험 장소의 토양은 일정한 대지저항을 갖는 토양으로 정하여 실험장소를 선정하는 것이 필요하다. 최근 개발된 접지장치의 시험을 위하여 표 1과 같은 조건을 적용, 일정한 대지고유저항을 가지며 대지저항의 변화율이 적은 시험장소를 선정하여 본 성능평가 시험을 실시하였다.

표 1 접지시스템 시험장소 선정 조건

구 분	선 정 조 건	범 위
대지저항	일반적인 토양의 저항 값	100~500Ω-m
저항변화	계절별 대지변화율이 최소	3배 이하

본 시험을 위하여 그림 1과 표 2와 같이 Wenner 4 전극법을 이용하여 대지저항 값을 측정하고, 대지고유저항을 계산하였다.

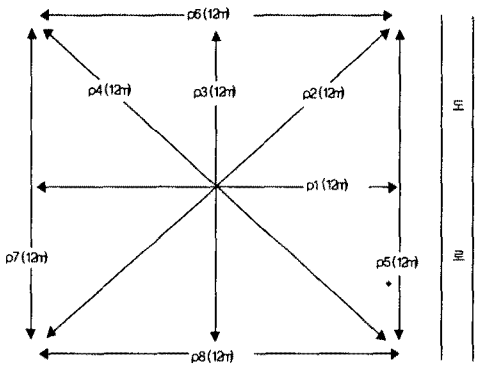


그림 1 대지고유저항 측정 위치

표 2 대지저항 측정 결과

(단위 : Ω)

측정간격 / 측정저항	0.5m	1.0m	2.0m	2.5m	3.0m
R_1	183.4	101	36.9	21.5	16.7
R_2	151.9	89.7	30.5	15.6	13.2
R_3	154.3	98.3	38.4	19.1	17.8
R_4	111.6	70.6	37.3	21.8	19.6
R_5	138.1	85.2	36.8	19.2	17.3
R_6	199	89	38	16.2	18.0
R_7	149.1	77.5	33	19.4	17.5
R_8	169.2	96.5	37.3	21.8	16.0

Wenner의 4전극법으로 측정한 대지저항 값을 사용하여 대지고유저항 값으로 계산하면 표 3과 같다.

$$\rho = 2 \times \pi \times R \times a \qquad < 식\ 1 >$$

ρ : 대지고유저항
R : 측정 대지저항
a : 측정간격

표 3 대지고유저항 산정 결과

(단위 : Ω-m)

측정간격 / 고유저항	0.5m	1.0m	2.0m	2.5m	3.0m
ρ_1	575	634	463	337	314
ρ_2	476	563	383	244	248
ρ_3	484	617	482	299	335
ρ_4	350	443	468	342	369
ρ_5	433	535	462	301	325
ρ_6	624	558	477	254	339
ρ_7	468	486	414	304	329
ρ_8	531	606	468	342	301

2.1.2 접지 시스템 설치방법

배전선로에 접지시공은 기계화 작업이 주로 이루어지고 있으며, 대도시 지역에서는 원형굴착이 대부분이다. 신개발 접지장치도 대부분 건주작업 시 별도의 추가적인 굴착 작업 없이, 접지시공 될 수 있도록 개발되고 있다. 그 결과 지지물 가까이에 접지장치가 시설되도록 설치방법이 변경되고 있으며, 성능평가 시험에서도 각 제안된 사항에 맞게 실험될 수 있는 접지시스템을 설치하여야 한다. 그림 2는 신개발 접지장치의 설치 모델을 나타냈다.

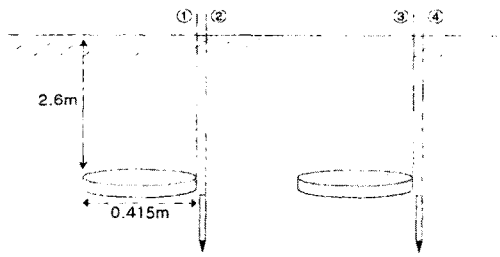


그림 2 신개발 접지장치 설치 모델

2.1.3 신개발 접지 시스템의 안정성

배전계통 접지시스템의 안전성은 선로 고장전류가 접지 시스템을 통하여 흐를 경우 발생하는 보폭전압과 접촉전압의 검토가 필수적이다. 이러한 검토는 현장 비교시험으로는 정확성을 얻기는 어렵다. 그러므로 이러한 안정성 검토는 토양상태를 고정하고, 구조체에 따른 저항 값의 변화만을 고려한 접지계산프로그램으로 모델화하여 검토하는 것이 필요하다.

2.1.4 신개발 접지 시스템의 재질

접지재의 주재료는 동, 스테인리스강 등 금속체가 대부분이다. 금속은 토양에서 부식이 쉬운 관계로 동으로 피복처리를 하거나 스테인리스강처리를 한다. 이러한 금속재는 주로 침상형 동과 같이 형태를 변화시켜 새로 개발되는 것이 많은 추세이다. 배전계통에서는 주로 접지저항 값을 적게 하는 것이 중요하므로 금속재 접지장치에 도전선 콘크리트를 부착시켜, 접지시공 후, 규정된 접지저항을 쉽게 얻고 그 접지 저항 값을 지속적으로 유지하는 효과를 얻는 방법으로 개발되고 있다. 이러한 도전성 콘크리트는 토양에 대한 부식정도를 알기위하여 화학적 분석이 필요하다. 특히, 대지에 대한 화학적 반응은 pH 값을 비교하여 토양에 대한 영향을 검토하여야 한다.

2.1.5 접지저항의 변화측정

접지저항 값은 습도, 온도 등 많은 요소에 따라 변화하게 된다. 배전계통에서 사용되는 접지시스템은 유지보수가 어려운 관계로 저항 값의 변화가 적은 접지시스템을 사용하게 된다. 이러한 변화를 분석하는 방식은 연단위로 변화 특성을 보는 경년특성과 약 2개월 정도 일정기간동안 변화특성을 관찰하는 경시특성 분석이 있다. 경년특성 분석에는 장기간 시간 소요가 필요하나, 접지시스템분석에 많은 정보를 제공할 수 있다. 경시특성 분석은 현장 사용여부를 단기간에 검토하여 접지개발자 또는 사용자에게 기본적인 자료를 제공할 수 있어, 신개발 접지 시스템의 성능평가에 적용하는 것이 효율적이라 사료된다. 본 신개발 접지장치도 경시특성 변화로 검토하였다.

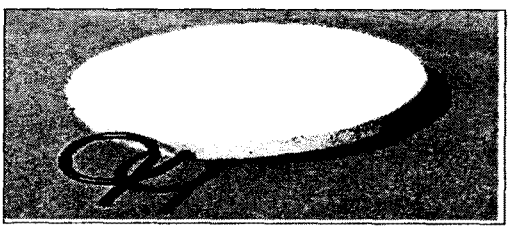
2.2 신개발 접지 시스템의 성능평가시스템

앞에서 접지시스템의 고려한 사항 등을 참고로 하여 최근 개발된 "전주용 접지장치"의 성능 평가를 다음과 같이 적용 검토하였다.

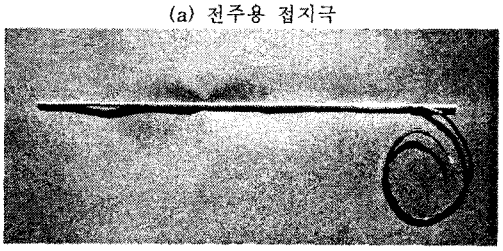
표 5 신개발 접지장치

오차 : ± 5%

명 칭	직경 (㎜)	두께 또는 길이(㎜)
전주용 접지극	415	30
스테인리스 접지봉	16	2,000



(a) 전주용 접지극



(b) 스테인리스 접지봉

그림 4 신개발 전주용 접지장치

2.2.1 접지 시스템의 안정성

다중접지계통에서는 상시 접지 시스템에 불평형 전류가 흘러 인축 안전에 영향을 줄 수 있으나, 실질적으로 선로 고장시 또는 뇌 서지(surge) 등이 유입되는 경우 접지개소의 전압상승이 안전성 검토 대상이 된다. 신개발 접지 시스템의 안전성은 기존 사용되고 있는 접지봉(16×1300㎜)의 접촉전압과 보폭전압을 기준으로 신개발 접지 시스템 적용시 나타나는 양 전압을 비교 검토하는 것이다. 본 검토를 위하여 CDEGS 프로그램을 사용하였으며, 22.9kV-y 배전계통에서 1선 지락시 고장전류를 약 3.5 kA정도로 계산하였다. 접지전류 계산회로는 그림 5와 같이 모의회로를 구성한다.

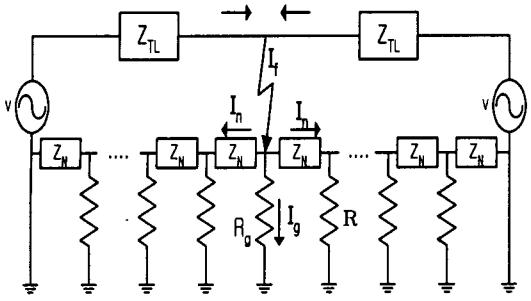


그림 5 접지전류 계산회로

시뮬레이션 결과는 다음 표 6과 같으며, 접지전극에 대한 지표면 전위 분포 결과는 그림 6과 같다. 표에서 접지저항 값은 구조물 형태와 관련된 저항 값이다.

표 6 접지 시스템 접지저항 및 대지전위

구분 \ 접지	원판전극	접지봉
접지저항 [Ω]	48	44
접촉전압 [V]	491	408
보폭전압 [V]	425	352

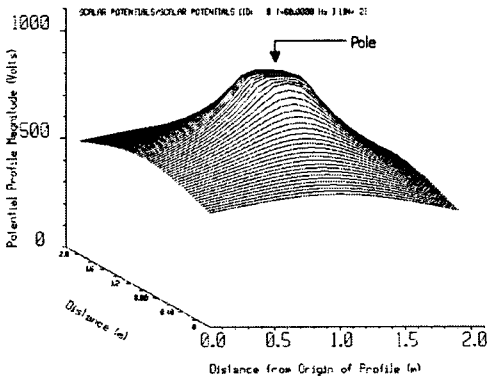


그림 6 원판전극의 지표 전위 분포

2.2.2 접지 시스템의 화학적 분석

신개발 접지 시스템의 분석대상은 도전성 콘크리트이며, 도전성 콘크리트에 대한 비교대상은 현재 없으므로 본 자료를 기준으로 하면, 추후 개발되는 유사한 접지 시스템의 비교 자료로 활용할 수 있다. 화학성분은 유도결합 플라즈마 발광분광기로 검정곡선법에 의하여 각 성분원소를 정량 측정하였다. 신개발 접지전극의 화학분석 결과는 표 7과 같다. 분석결과에서 pH값은 12.11pH로 알카리성을 나타났으며, 이것은 일반 지하구조물 제작에 이용되는 시멘트류의 pH값이 11~13 pH인 것으로 보아 지하 매설시 주위환경에 큰 영향이 없을 것으로 판단한다.

표 7 도전성콘크리트 화학분석

Sample	항 목 / 단 위		분석값
1	Si as SiO_2	Wt%	50.26
2	Al as Al_2O_3	"	2,56
3	Na as Na_2O	"	0.15
4	Ca as CaO	"	39.54
5	Cr as Cr_2O_3	"	0.05
6	Mg as MgO	"	1.13
7	Fe as Fe_2O_3	"	1.48
8	Ni as NiO	"	0.04
9	Zn as ZnO	"	0.02
10	P as P_2O_5	"	0.09
11	Ti as TiO_2	"	0.06
12	탄 소	"	4.61
	pH		12.11

2.2.2 접지 시스템의 경시특성

신개발 접지 시스템의 접지저항의 경시특성은 2개월 정도 관측을 통하여 분석하였으며, 동일계절에 대한 접지 저항치 변화율을 가지고도 현장 사용에 대한 초기 검토가 가능하다고 판단된다. 저항률 변화는 대지고유저항이 303Ωm일 때 그림 7과 같으며, 그림 2의 접지장치의 연결 상태를 수식으로 나타냈다.

①, ②, ③, ④ : 접지전극, 접지봉, 접지전극, 접지봉
①+②, ③+④ : 접지전극과 접지봉 병렬접속
①+②+③, ①+②+④ : 접지장치 3개 병렬연결
①+②+③+④ : 접지장치 4개 병렬연결

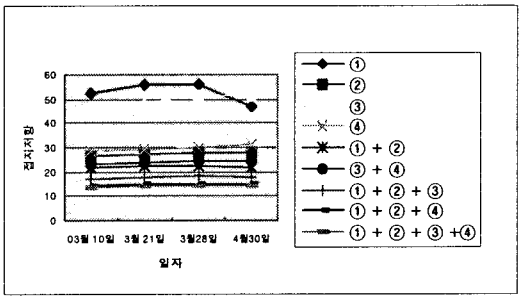


그림 7 접지장치의 경시변화 특성

3. 결 론

본 연구내용은 배전계통에서 신개발 접지장치들의 초기 성능평가에 사용될 수 있으며, 현재 실무부서에서 신개발 접지 시스템 검토에 적용되고 있다. 본 시험은 고창 배전 실증시험장내 접지 시스템 시험장을 활용하였으며, 향후 신개발 접지장치에 대한 비교특성시험을 진행하여 접지관련 기술축적에 도움이 될 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] 최종기, 정길조, "기술지원결과보고서", 전력연구원 TM, , '01전력연-정016, PP30, 2001
[2] 박상만, 이문석, "영등포지점 개봉간18L7R6호 절연전선 단선으로 인한 지락고장 유입사고 분석보고서", 전력연구원, '03 전력연-단060, pp4, 2003