고기능 신기술의 XIT 접지시스템의 성능 비교

조 대 훈*, 정 절 희**
한국XIT(주)

(XIT Grounding System of Hi-Performance and New-Technology)

(Dae-Hoon Cho · Chul-Hee Jung)
XIT Korea Co. Ltd.

1. 서 론

오늘날의 반도체 기술 및 초고속 종합정보통신의 급속한 발전은 장비의 소형화와 대용량화를 이룩하였고, 빌딩 내에 기술 집약적인 다양한 통신시스템과 빌딩자동화 시스템의 통합 운용을 가능케 하였지만, 고 집적화된 다양한 시스템의 통합 운용은 서지 및 노이즈 그리고 고주파 신호 간섭에 대해 매우 취약한 특성을 지니게 되어, 시스템 운용시 많은 오동작과 운용 품질을 크게 악화시키는 주요 원인이 되었다. 이와 같이 인명이나 장비의 손상을 가져오는 서지나 노이즈 간섭에 대한 보호대책으로 더 안전하고 신뢰성 있는 접지시스템(Grounding System)의 역할과 그 중요성은 거의 모든 분야에서 새롭게 인식되고 있다. 최근의 접지시스템의 역활은 단순히 접지봉을 설치하여 접지저항 만을 낮추는 것이 아니라 외부환경과 운용 환경 그리고 장비 특성 등을 종합적으로 검토하여 인명이나 설비 보호를 위한 최적의 시스템 보호환경과 안정적인 동작을 확보하는 측면에서 새롭게 발전하고 있다.

이러한 접지시스템을 구축하기 위해서는 접지설계 단계에서 접지 성능 및 시공에 영향을 미치는 현장의 여러 요소들을 분석하여 정확하고 신뢰성 있는 접지 설계가 반영하는 것이 필수적이며, 또한 정상 상태와 과도상태에 대한 접지시스템의 성능을 분석하여 성능 면에서나 경제성 면에서 가장 효율적이고 안전한 접지시스템을 구축하는 것이 중요하다.

또한 접지시스템은 특성상 한번 설치되면 재 설치나 유지보수가 어렵고, 항상 일정한 접지성능을 유지해야함으로 접지봉의 안정적 성능과 긴 수명은 필수적이며, 제한적 공간 내에 많은 시설이 설치됨으로 접지 설치 면적의 효율적 활용이 요구된다.

본 논문에서는 고기능 신기술의 XIT 접지시스템과 전통적인 방법의 접지 형태를 비교 연구하고, 새로운 접지 설계 기술을 검토함으로써 접지 엔지니어링으로써 접지시스템을 연구 검토한다.

2. 본 론

2.1 시공 현장의 특성 분석

최적 접지시스템을 설계하는데 있어 접지성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 대지저항률(Soil Resistivity)과 시공 현장의 분석이다. 현장에서 측정된 대지저항률의 분석을 통해 현장의 지질 구조를 분석할 수 있으며, 현장 분석을 통해 접지봉의 배치와 간격, 접지 배선 간격, 그리고 접지전극의 형태와 접지 봉수를 결정하여 요구하는 접지저항치를 얻기 위한 최적의 접지시스템을 설계 시공할 수 있다. 또한 시공 현장에 대한 확실한 조사를 접지 설치 공사 시에 인접 설비와 매설물로 인해 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지할 수 있다. 따라서 시공 현장의 분석은 정확한 접지 설계와 경제적이고 신뢰성 있는 접지 시공을 위해 절대적으로 필요한 사항이다. 공사 현장의 정확한 확인은 인명의 안전과 경제적 손실을 최소화하고 가장 효과적인 접지 시공을 위해 필수적인 과정이며, 기본적으로 다음과 같은 사항을 확인 분석한다. [2],[10]

(1) 시공 현장의 대지 저항률 및 지질 특성의 확인
(2) 가능한 접지 시공 면적의 확인
(3) 지질 특성에 따른 시공 가능한 접지 종류의 결정
(4) 지하 매설물의 종류 및 위치 확인
(5) 외부 서지 발생원의 유무 확인
(6) 타 접지 시스템의 유무 확인

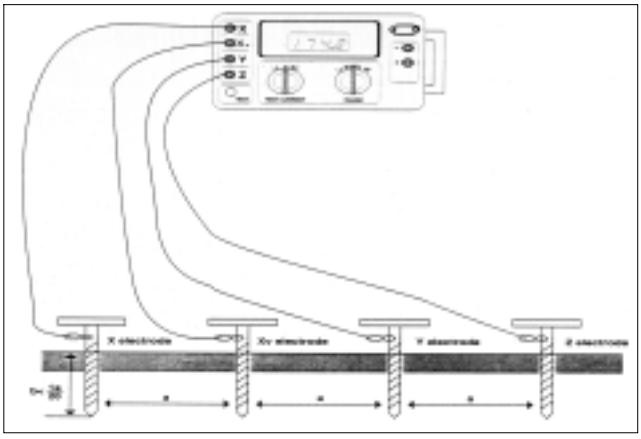
2.2 대지저항률 측정 분석

대지저항률은 각 면의 길이가 1m인 정육면체의 양 단면 사이의 저항으로 정의되며, 단위는 Ohm.m 혹은 ohm.cm로 표기된다. 대지저항률의 크기는 토양의 구조, 토양의 성분, 토양 내에 화학적 이온 상태, 토양 내 수분의 함유 상태 그리고 대지의 온도에 따라 매우 큰 차이를 나타내므로 정확한 설계를 위해서는 현장에서 실측해야 한다. 대지저항률 측정에서 가장 널리 사용하는 측정법은 4-점 웨너 측정법(4-Point Wennet Method)과 Schlumberger 측정법이 가장 널리 쓰인다.

본 논문에서는 4-점 웨너 측정법(4-Point Wennet Method)을 이용한 측정과 분석을 통해 접지시스템을 설계하였다. [1]~[4],[6]

1) 4-점 웨너(Wenner) 측정법

이 측정법은 4개의 측정 탐침(4-Test Probe)을 지표면에 일직선 상에 일정한 간격으로 박아서 측정장비 내에서 저주파 전류를 탐침을 통해 대지에 흘려보내어 측정하는 방법이며, 정확한 측정 데이터를 얻기 위해 등거리로 이격된 탐침의 측정 간격을 다르게 하여 여러 번 측정하게 된다. 탐침들 중에 측정 회로의 내부에 있는 두개의 탐침 거리가 토양 내의 깊이까지의 대지저항률을 측정한 것이 된다.
측정치는 대지저항으로 나타나며, 이 측정치와 간격에 2π를 곱하여 대지저항률을 얻게 되고 단위는 Ω-cm 혹은 Ω-m 이다. 측정을 위한 연결 방법은 다음과 같다.



(그림2-1) 측정 탐침간의 구성도

(그림2-1)에서 바깥쪽 탐침(X, Z)은 전류회로이고, 내부쪽 탐침(Xv, Y)은 전원회로가 되며, 외부 2개의 탐침에 직류전원과 전류 미터를 연결되고, 내부 2개의 탐침에는 전위 측정을 위한 전압계를 함께 연결하는 구성이 된다. 이러한 2개의 전압계 및 전류계로 얻어진 측정값은 식 R = E/I로부터 계산된 저항(R)을 표시하게 되며, 측정된 대지저항으로부터 간략화된 대지저항률 계산식은 다음과 같다.

$$\rho = 2\pi a R \quad (\Omega.m),\ 단,\ a >> 20d \quad \text{--------} \quad (2\text{-}1)$$

2) 대지저항률 분석

현장에서 4-점 웨너법에 의해 측정된 데이터에 대한 정확한 분석을 위해 컴퓨터 분석 프로그램인 SES사의 RESAP 모듈을 이용하여 분석한다. 토양 내의 지질 구조와 전기적 특성을 정량적으로 분석하여 적용함으로써 효율적인 접지시스템 설계가 가능하고 정확한 접지 성능을 예측할 수 있다. 실제적 대지저항률 분석 예로써 4-점 웨네법에 의해 현장에서 측정된 대지저항률 데이터를 정량적인 값을 갖는 토양 구조로 분석하여 모델링을 하였다.[1]-[2],[5]

그림2.2(a)는 현장 측정의 대지저항률 데이터를 나타낸다.

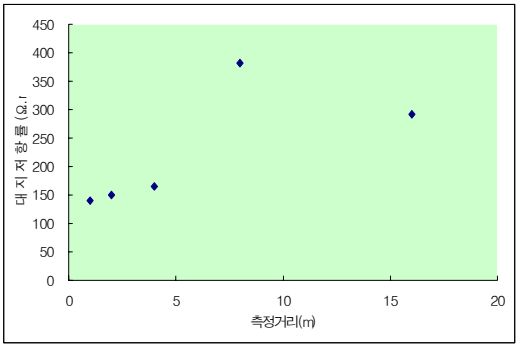


그림2.2(a) 대지저항률 측정 데이터
Fig.2.2 Measurement Data of Soil Resistivity

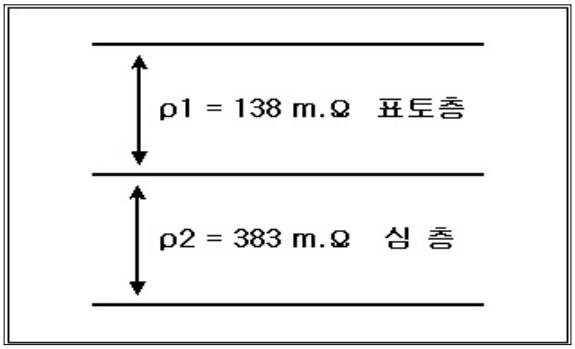


그림 2.2(b) 수평2-지층 모델링
Fig 2.2 Horizontal-2 Layer Model

대지저항률$\rho_{1,2}$는 토양 성분, 함수율, 온도 등에 의해 결정되는 대단히 복잡한 함수이며, 현장에서 실측 분석된 토양은 2층 구조를 지닌 대지구조로 분석되며, 모델링 구조는 그림2.2(b) 와 같다.

2.3 접지시스템 비교 특성

현존하는 여러 가지 접지시스템의 특성과 장단점을 비교 분석하고, 신기술의 XIT 접지시스템의 구조적 특석과 성능을 확인하여 보았다.

접지분야에서 가장 많이 쓰이는 접지방식은 접지동봉 방식으로 지표면에서 75㎝ 이상 터를 파서 금속강봉을 타입한 후 되메우는 접지방식이다. 다양한 크기와 재료의 모델이 있으며, 주로 시공면적이 넓고, 대지저항률이 낮은 지역에 좋은 성능을 발휘하며, 타 접지시스템과 연계성이 좋은 장점이 있다. 다음은 Mesh 접지방식으로 지표면에서 0.75m 이상 터를 파고 나동선(Bare Copper Wire)을 그물모양(Mesh Type)으로 포설하여 되메우는 접지방식이다. 시공 면적이 넓고, 비교적 대지저항률이 높은 곳에서 좋은 성능을 나타낸다. 또한 기존 접지방식의 접지성능을 보완하는 방법으로 접지봉이나 접지선에 저감제를 도포하거나 매입하는 방식이 저감제 접지방식이다. 이러한 전통적인 접지방식의 단점을 보완하고 접지수명과 성능을 높이는 방식으로 개발된 것이 XIT 접지방식이다.

접지성능과 접지수명은 외부 환경에 영향을 크게 받게 되므로 접지시스템에 영향을 주는 변수들을 접지시스템 자체 내에서 최소화하여 접지성능을 개선한 접지방식이 XIT 접지방식이다. XIT 접지시스템은의 구조적 특성과 자재 특성에 의해 토양과 접지봉과의 접촉저항을 최소화하여 서지 및 접지임피던스 특성을 특성이 자체적으로 안정 활성화되는 특징이 있다.

현재 적용되고 있는 접지봉의 부식성, 수명, 접지저항의 변동, 서지 및 잡음의 제거특성 등을 비교 분석하여 보았다. [3],[4],[6]~[8]

1). 접지방식의 장단점 비교

항목 / 접지	접지 시공 방법	특 징				특 징
		대지 저항율	시공 면적	경년 변화	신뢰성	
접지동봉 (Driven Rod)	구리도금봉, 금속봉등을 두들겨 박는 방식. 작업이 간단. 낮은 대지 저항율에 적용	낮은 지역	넓음	좋지 않음	좋지 않음	습도, 온도등 외부 기후에 영향이 큼. 수명이 짧음. 암반에 적용불가.
접지메쉬 (Mesh Type)	대지를 망상으로 파고 나동선을 접속하여 망상 형태로 시공	중간 지역	넓음	좋음	좋음	습도, 온도등에 영향이 비교적 적음. 아주 넓은 지역에 시공.
XIT 접지시스템	지반을 천공한 후 접지봉을 넣고 접지저감재료를 채움. 모든 지역에 적용 가능.	모든 지역	좁음	아주 좋음	아주 좋음	습도,온도등에 영향이 없음. 신뢰성은 가장 우수.
확인사항	- XIT 접지봉 . 규격 : Φ54/3m . 재질 : 순동봉 . 무게 : 31Kg	- 접지동봉 . 규격 : Φ18/2.4m . 재질 : 동피막강철봉 . 무게 : 1.2kg		- 접지 메쉬 . 규격: 나동선(BC100sq) . 재질 : 순동나선		

2) 접지시스템별 부식성 비교

접지 / 특성	XIT 접지시스템	접지 메쉬	접지동봉
접지봉부식 및 전식파괴	Ph10 강알칼리성 전해질 보호 특성으로 부식 및 전식으로 인한 파손은 거의 없음.	접지선에 흐르는 전류로 인해 전식이 발생하여 접지체가 지속적으로 파손. 토양과의 직접 접촉으로 부식이 발생.	타설시 동피막의 파괴로 토양과의 부식이 빠르게 진행. 토양과의 직접접촉으로 전식이 발생하여 접지봉이 크게 파손.
접지봉 수명	50~80년의 성능유지. 안정적인 접지성능 유지.	접지체 수명은 약10년 접지성능의 지속적 저하. 외부변화 요인에 따라 접지저항 변화.	접지봉수명은 약5년 접지성능의 지속적 저하. 변화요인에 접지저항의 큰 변화.
안정성 및 신뢰성	외부 환경, 기후 및 경년 변화에 영향이 거의 없으므로 장비및 인명의 안전 보호.	외부환경, 기후 및 경년변화에 따라 접지 저항은 변화되며, 장비 및 인명에 치명적 손상을 가져올 수 있음.	외부환경, 기후 및 경년변화에 따라 접지 저항은 크게 변화되며, 장비 및 인명에 치명적 손상을 가져올 수 있음.

3) 외부 환경 변화에 대한 접지 성능 비교

접지 / 항목	XIT 접지시스템		접지메쉬 / 접지동봉	
	특 성	위 험 성	특 성	위 험 성
기준접지 저항	안정되고 우수한 성능 유지	강알칼리성 전해질 특성으로 안정된 기능유지	계절 및 기후등에 따라 크게 변동	접지저항 상승시 장비의 수명 단축 및 운용시 오동작
뇌전류 영향	XIT 봉의 넓은 표면적과 전해질뿌리 기능으로 큰 뇌전류를 안전하고 신속하게 방전. 강한 방전특성에 의해 뇌전류 영향 최소화.	XIT 접지를 통한 뇌전류의 방전 경로 및 내구성으로 위험성 제거.	접지동봉의 표면적 협소로 강한 뇌전류 유입시 접지봉 파괴. 접지봉 제기능 발휘 못함.	변화요인에 의해 접지상승시 뇌전류 유입으로 장비 및 인명에 치명적 손상 가져옴.
서지 전압 영향	접지봉의 넓은 표면적에 의한 안전한 방전경로로 인명 및 장비 보호.	확실한 성능으로 유입되는 서지 및 고주파 노이즈를 제거.	봉의 성능악화 및 접지봉 부식과 전식 파손으로 서지 유입시 위험	시간 경과에 따른 접지 저항 상승으로 Surge 전압 유입시 장비에 치명적 손상.
기타 Noise 영향	안정적이고 확실한 접지로 고주파 및 잡음 제거.	성능의 불변의 의해 미세 Noise가 빠르게 제거됨.	기준 접지 저항의 증가로 대지전위 상승. Noise 쉽게 제거되지 않음.	접지저항의 증가로 대지전위상승. 취약한 Noise 제거로 장비 오동작-정보의 손실.
확인 사항	안정적이고 신뢰성 있는 접지는 장비의 손상 및 오동작을 방지하며, 낙뢰 발생시 뇌전류 및 유입되는 서지에 의한 영향으로부터 기기 및 인명을 보호.			

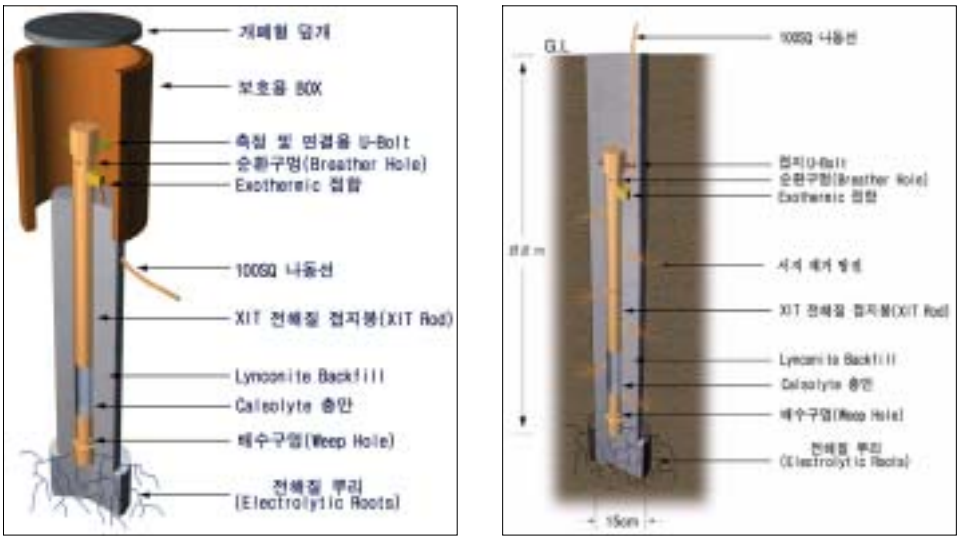
4) XIT 접지시스템의 구조와 특성

외부 환경 요인에 의한 영향을 최소화하고 안정된 성능을 지니도록 개선된 구조를 가진 접지봉의 작용과 접지봉의 주위를 감싸는 보호저감재료를 응용하여 탁월한 접지성능을 지니도록 개발된 것이 XIT 접지시스템이다. 접지봉의 내부에 강알칼리성 전해질을 채운 후 접지봉의 상부와 하부에 구멍을 뚫어 접지봉의 내부에서 고전도의 전해질수분을 생성시키고, 접지봉의 규격과 구조를 개선하여 서지 및 고주파 노이즈를 제거하도록 고안되었다.

접지봉의 위쪽 구멍은외부로 부터 수분을 공급받는 역할을 하며, 공급받은 수분을 이용하여 접지봉 내부의 전해질 성분이 봉의 내부에서 물방울 형태로 만들어져 지속적으로 봉의 내부에 축적됨에 따라 고전도의 강알칼리성 전해질 수분이 생성된다. 생성된 수분의 축적량이 증가함에 따라 접지봉의 아래쪽으로 흐르고 봉의 하부 구멍을 통하여 봉 주위의 대지로 공급된다.
이때 접지봉을 감싸고 있는 저감보호재료에 공급된 강알칼리성 수분은 일정한 상태를 유지하며, 접지봉의 부식을 방지하고 성능을 높인다.

이러한 전해질 수분 생성작용이 지속적으로 이루어짐으로 봉에 “전해질 뿌리”가 생성되어 접

지전극과 토양 사이의 전기저항을 감소시켜 안정된 상태를 유지한다. 따라서 시간이 경과함에 따라 주위는 더 많은 강알칼리성 전해질 수분이 공급되어 안정된 낮은 접지저항값을 유지한다. XIT 전해질접지시스템은 구조적으로 완전한 보습성을 지니며, 외부 환경의 변화에 무관한 안정성과 성능을 유지한다. 또한 다른 접지방식과의 연계성 좋으며, 설치 면적이 좁고, 설치가 용이하며, 시간경과에 따라 접지성능 및 임피던스 감소 효과가 매우 탁월하다.
(그림2-3)은 XIT 접지시스템의 기본 구조를 나타낸다. [6],[10]



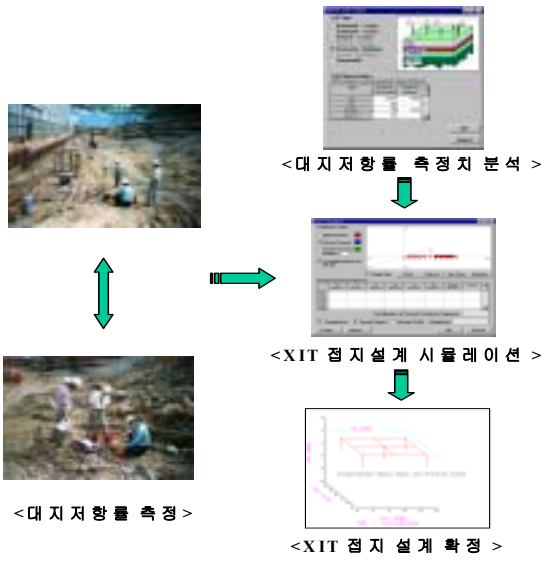
(a) 노출형 (b) 매설형

(그림2-3) XIT 접지시스템의 기본 구조

2.4 접지시스템의 설계

1) XIT 접지 설계 엔지니어링

XIT 접지시스템의 설계 엔지니어링 기술은 현장에 맞는 최적의 접지 전극을 설계하기 위해서 현장 특성을 조사 분석하여 접지 설계에 반영한다. 현장에서 접지 성능에 영향을 미치는 다양한 요인들을 분석하여 접지 설계에 적용함으로써 서지나 노이즈가 유입될 때 최적의 성능을 유지하도록 한다. 최적의 접지설계를 위한 엔지니어
링 과정은 다음과 같다. [2],[10]

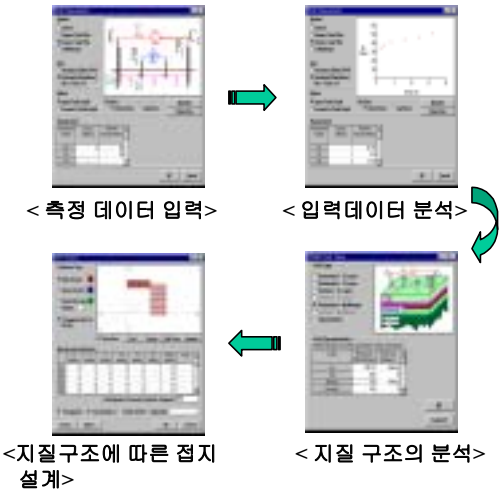


(그림2.4) XIT 접지 설계 엔지니어링

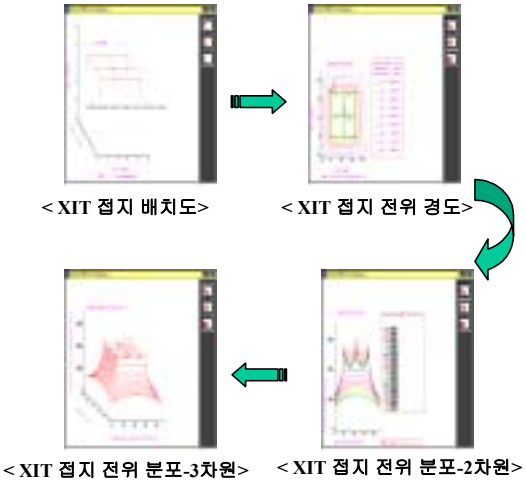
2) XIT 접지시스템 설계 시뮬레이션

XIT 접지시스템의 설계 및 시뮬레이션 과정은 현장에서 실측되어 모델링된 대지저항률을 적용하여 현장 여건에 맞춰 설계되며, 접지계통으로 유입되는 서지에 따른 임피던스 특성을 시뮬레이션 분석한다. XIT 접지봉을 현장에 맞게 다양한 형태로 배치하여 실제적인 특성에 맞는 설계 시뮬레이션을 수행한다. 접지저항 및 주파수 특성에 대한 분석은 CDEGS의 MART와 HIFREQ 모듈을 이용한다. [2]-[6],[9],[10]
설계 시뮬레이션을 통해 다양한 요소(factor)를 분석하며 전류 분포특성, 전계 분포 및 전위 특성을 검증한다. (그림2.5a,b)는 XIT 접지 설계 시뮬레이션 과정을 나타낸다. 또한 접지 전문 컴퓨터 프로그램을 이용한 XIT 접지의 설계 특성은 다음과 같다.

(1) 토양에 접촉하는 접지 전극을 세분화하여 접지 저항을 계산
(2) 접지 전극 간의 상호 작용을 분석하여 접지 저항 계산
(3) 임의 형상의 접지 전극 및 접지 망을 구성한 접지 설계가 가능
(4) 세분화된 접지 전극의 부분별로 누설전류를 계산
(5) 전체 접지 전극을 통한 대지 전위 경도의 분포 계산
(6) 전체 접지 전극의 2차원 및 3차원 대지 전위 분포를 계산
(7) 접촉전압 및 보폭 전압 특성을 계산
(8) 현장에서와 거의 유사한 환경을 통한 접지 설계가 가능
(9) 설계 및 시공 오류를 최소화
(10) 공사 전에 오류와 실수를 줄여 돈과 시간의 낭비를 최소화
(11) 고주파 서지 및 과도 응답 특성의 분석



(그림2.5a) XIT 접지 설계 과정



(그림2.5a) XIT 접지 설계 시뮬레이션 과정

제 3 장 결 론

본 연구를 통해 여러 접지시스템의 특성을 비교 확인하였으며, 신기술 고기능의 XIT 접지시스템 특성을 확인하였다. 최적의 접지시스템 구축을 위해서는 뇌서지 및 노이즈에 대한 보호 대책을 반영하여야 하며, 이를 위해서는 접지시스템의 정상 접지저항 특성뿐만 아니라 서지에 대한 과도특성도 고려하여 접지설계에 반영하여야 한다. 따라서 현장 분석 및 대지저항률 측정 분석은 최적의 접지설계에 있어서 절대적인 필요사항이다. 특히, 전력 및 통신 설비의 발달과 정보 통신기기의 발달로 그 대책이 중요시되는 접지임피던스 및 과도특성은 접지성능의 안정도에 절대적 중요성을 지니게 되었다.

접지 설계 시뮬레이션을 통해 사전에 최적의 접지시스템을 모델링하여 정상 상태 하에 접지성능을 확보하고 서지 및 고주파 노이즈를 효율적으로 제거할 수 있는 최적의 접지시스템의 구축하는 설계 엔지니어링 기술의 적용은 절대적이라 할 수 있다.

XIT 접지시스템은 임피던스 특성, 전위분포, 전계 분포 특성을 시뮬레이션하여 설계에 적용함으로써 고주파 서지에 대한 보호 대책과 최적의 접지시스템을 구축에 활용하고 있다.

결론적으로, XIT 접지시스템의 특성을 살린 신기술의 최적의 접지시스템을 설계 적용하는 방법은

(1) 접지 엔지니어링을 통한 현장 분석 및 대지저항률 측정 분석을 통한 접지설계

(2) 접지 설계 단계에서 서지 및 고주파 노이즈 보호 대책을 반영.

(3) 접지방식별 장점을 활용한 개선된 성능의 연계된 접지시스템을 설계.

차후에는 장비의 배치 및 내부 구조물 그리고 신호선과 접지 배선간의 노이즈 간섭를 고려한 접지시스템 설계에 관한 연구와 고주파 서지의 접지 임피던스를 감소시키는 방안에 관한 연구가 지속적으로 수행되어야 하겠으며, 또한 현장의 전자계 노이즈 및 고주파 서지를 실측 분석하여 현장 시스템에 적합한 최적의 접지시스템을 설치하는 방안에 대한 연구가 이루어져야 하겠다.

[참 고 문 헌]

[1] IEEE Std. 81, “Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Groud System”, 1983

[2] SES (Safe Engineering Services & technologies ltd.), CDEGS (Current and Soil structure analysis) 사용자지침서. Version 2000 for Windows.

[3] 신동호, 김 용, 이은영, 김필수, 조대훈, “3-가지 접지방식에 대한 접지특성 비교”,전기학회논문지 49권 6호, 2000. 06,

[4] 신동호, 김 용, 정철희, 조대훈, “ 지질분석에 따른 접지 방식별 특성연구”, 대한전기학회논문집 PP1293~1296, 1999

[5] 박우현, 이기식, 조대훈, “노이즈 간섭의 효율적 제거를 위한 접지시스템 구축 방안 연구”, 대한전기학회논문집 2001. 11.

[6] 최세하, “알기쉬운 접지기술 실무”, 진한도서. 1998

[7] 高橋建彦,이형수역. 接地設計入門, オーム 社, 동일출판사,1993

[8] 高橋建彦,이형수역. 接地技術入門, オーム 社, 동일출판사,19957

[9] David M, Volz "Morden Land Mobile Communications Site Grounding" Telecomputer Energy World Proceeding, 1995

[10] XIT 접지 시스템, 한국xit(주), 2000

저자 소개

조 대 훈(趙 大 勳)

1963년 7월 19일 생, 1988년 2월 동국대학교 전자공학과 졸업.

동 대학원 전자공학과 졸업(석사), 현 한국XIT(주) 연구개발부 부장

정 철 희(鄭 鐵 熙)

1960년 1월 생, 1988년 2월 동국대학교 전자공학과 졸업. 동 대학원 전자공학과 졸업 (석사), 동 대학원 전자공학과 졸업(박사과정), 현 한국XIT(주) 대표이사