



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0050107  
 (43) 공개일자 2017년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01R 27/08 (2006.01) G01R 19/00 (2006.01)  
 G01R 27/02 (2006.01) G01R 31/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
 G01R 27/08 (2013.01)  
 G01R 19/0023 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0151196  
 (22) 출원일자 2015년10월29일  
 심사청구일자 2015년10월29일

(71) 출원인  
**주식회사 티팩토리**  
 서울특별시 성동구 성수일로8길 5 에이동 803호, 804호, 805호, 806호, 807호, 808호, 809호, 810호(성수동2가, 서울숲에스케이브이1타워)

(72) 발명자  
**최형석**  
 경기도 구리시 건원대로76번길 134, 408동101호(인창동, 인창4단지주공아파트)

**정태훈**  
 경기도 군포시 산본천로 34, 636동403호(산본동, 세종아파트)

**이규영**  
 경기도 광명시 명일로91번길 3, 101호(광명동, 진주타운)

(74) 대리인  
**임평섭**

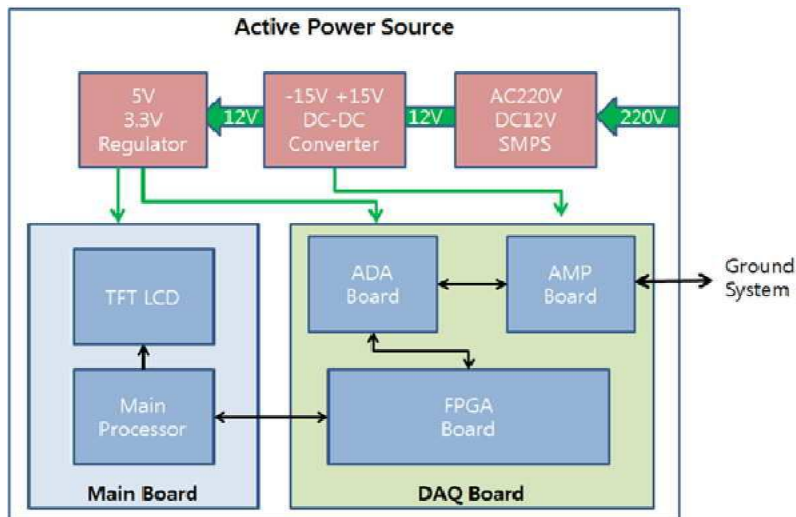
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **접지 임피던스 측정 시스템**

**(57) 요약**

본 발명은 접지측정장치와, 상기 접지측정장치에 고주파 발생 전원을 인가하는 능동형 전원 모듈(Active Power Module)이 설치되는 접지 임피던스 측정 시스템에 관한 것으로, 상기 능동형 전원 모듈은 제어 및 인터페이스를 위한 중앙처리장치 보드(panel CPU board); 상기 중앙처리장치 보드로부터 지정되는 주파수의 고주파 신호를 생성하는 고속신호처리장치인 FPGA(Field programmable gate array) 보드; 상기 FPGA로부터 출력되는 상기 고주파 신호를 증폭시키는 진류증폭 앰프 보드를 포함하는 것을 특징으로 하고 있다.

**대표도 - 도7**



(52) CPC특허분류

*G01R 27/02* (2013.01)

*G01R 31/024* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

접지측정장치와, 상기 접지측정장치에 고주파 발생 전원을 인가하는 능동형 전원 모듈(Active Power Module)이 설치되는 접지 임피던스 측정 시스템에 있어서;

상기 능동형 전원 모듈은

제어 및 인터페이스를 위한 중앙처리장치 보드(panel CPU board);

상기 중앙처리장치 보드로부터 지정되는 주파수의 고주파 신호를 생성하는 고속신호처리장치인 FPGA(Field programmable gate array) 보드,

상기 FPGA로부터 출력되는 상기 고주파 신호를 증폭시키는 전류증폭 앰프 보드를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지 임피던스 측정 시스템.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 상기 중앙처리장치 보드(panel CPU board)는 사용자로부터 시험 주파수 등의 정보를 입력받아 상기 FPGA 보드로 데이터를 전송하는 것을 특징으로 하는 접지 임피던스 측정 시스템.

**청구항 3**

청구항 2에 있어서, 상기 FPGA는 고주파 신호 생성부와 이를 출력신호로 내보내기 위한 D/A 변환부, 전압, 전류를 측정하기 위한 A/D 변환부를 포함하는 것을 특징으로 하는 접지 임피던스 측정 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 건물 내부의 전자전기 등의 다양한 설비를 보호하기 위하여 가변주파수에서 접지임피던스를 측정하기 위한 접지 임피던스 측정 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 종래의 접지시스템은 주로 지락 또는 단락사고 시 인체의 감전사고 예방측면에서 설계되어 왔으나 최근 신재생 에너지 및 스마트그리드 등이 혼재된 분산전원환경이 도입되어 운용중인 전기전자설비의 정상적인 동작상태 확보 관점에서 접지시스템의 재검토가 요구되는 상황이며, 전기환경 구축 및 전기공급의 신뢰성 향상을 위해 전기 시설물의 근간인 접지시스템을 주기적으로 모니터링하고 관리할 수 있는 평가기술 및 측정시스템 개발 기술 개발이 요구된다.

[0003] 종래의 접지시스템들은 국내등록실용신안 제20-0391837호(고안의 명칭: 접지시스템)과 같이 입력되는 서지뢰를 가능한 빠른 시간안에 대지로 방출함으로써 시설물 및 인명을 보호하기 위한 것들로 이루어져 있기 때문에 서지의 고조파들로부터 시설물 내부의 전자장비들을 보호하는 접지기능과 상시 접지상태를 측정할 수 있는 시스템을 구현할 수 없었다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 발명은 이러한 문제점들을 해결하기 위한 것으로, 건물 내부에 입력되는 서지로부터 발생하는 고조파 성분을 포함하는 이상전류로부터 기기를 보호하기 위하여 주파수 가변형 과도 접지임피던스 측정 시스템을 개발하고, 접지임피던스 분석용 전압/전류 측정 회로를 개발하고, 누설전류, 접지전위 측정용 회로를 개발하고, 이들 회로 및 장치로부터 측정되는 값들을 원격으로 모니터링하기 위한 시스템을 개발하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0005] 상기 과제를 해결하기 위한 해결수단은 접지측정장치와, 상기 접지측정장치에 고주파 발생 전원을 인가하는 능동형 전원 모듈(Active Power Module)이 설치되는 접지 임피던스 측정 시스템에 있어서; 상기 능동형 전원 모듈은 제어 및 인터페이스를 위한 중앙처리장치 보드(panel CPU board); 상기 중앙처리장치 보드로부터 지정되는 주파수의 고주파 신호를 생성하는 고속신호처리장치인 FPGA(Field programmable gate array) 보드; 상기 FPGA 보드로부터 출력되는 상기 고주파 신호를 증폭시키는 전류증폭 앰프 보드를 포함하는이다.
- [0006] 또한 본 발명에 있어서, 상기 중앙처리장치 보드(panel CPU board)는 사용자로부터 시험 주파수 등의 정보를 입력받아 상기 FPGA 보드로 데이터를 전송하는 것이 바람직하다.
- [0007] 또한 본 발명에 있어서, 상기 FPGA는 고주파 신호 생성부와 이를 출력신호로 내보내기 위한 D/A 변환부, 전압, 전류를 측정하기 위한 A/D 변환부를 포함하는 것이 바람직하다.

**발명의 효과**

- [0008] 상기 해결과제와 상기 해결수단을 갖는 본 발명에 따르면
- [0009] (1) 접지 임피던스 측정을 위하여 주파수 가변형 Active Power source module을 구현함으로써 최대 15V, 1MHz 의 출력이 가능하도록 하였으며 Panel CPU Board, FPGA 신호처리보드 등으로 모듈화하여 구성하였다.
- [0010] (2) 최근 전력분야의 핵심 이슈인 ESS 시스템과 연계를 위해 Rack 타입 형태로 하드웨어를 설계 하였으며 원격에서 상태 모니터링 및 제어가 가능하도록 네트워크 인터페이스를 구현하도록 하였으며, 접지 임피던스 이외에 중성선과 접지선간의 전위차 발생을 1kV 급까지 측정할 수 있도록 하였으며 접지선에 흐를 수 있는 누설전류도 측정이 가능하도록 기능을 실현하였으며, 이를 통해 정상접지 상태에서 접지선의 단선, 지락사고에 의한 접지전위상승 등의 이상이 발생하는 상태변화를 측정가능하며 설정값에 따라 알람을 발생시킬수 있는 시스템을 구현하였다.
- [0011] (3) 산업플랜트 현장에서 독립적으로 접지 임피던스를 측정할 수 있도록 휴대형 접지 임피던스 측정기를 구현하였으며, 독립적으로 사용 가능하도록 배터리 운용시스템으로 구현 하였다.
- [0012] (4) 다수의 현장에서 측정된 데이터를 중앙에서 모니터링 할 수 있도록 다채널 모니터링 디바이스 장치 및 분석용 소프트웨어를 설계하였다. RS-485, 이더넷 등의 통신이 가능하도록 하드웨어를 설계하였으며 취득된 데이터를 서버에 전송하고 과용자 필요시 모바일 환경에서도 관리가 가능하도록 구현하였다.

**도면의 간단한 설명**

- [0013] 도 1은 본 발명이 적용되는 균등간격의 시험 프로브의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명이 적용되는 불균등간격의 시험 프로브 구성도이다.
- 도 3은 본 발명이 적용되는 저항률 곡선 그래프이다.
- 도 4는 본 발명이 적용되는 전위 강하법을 설명하는 구성도이다.
- 도 5는 본 발명에 적용되는 전위강하법에 대표적인 임피던스 대 전위 프로브 간격을 표시하는 그래프이다.
- 도 6은 본 발명에 적용되는 접지 임피던스를 측정하기 위한 회로 구성도이다.
- 도 7은 본 발명의 능동형 파워 소스의 회로블록도이다.
- 도 8은 본 발명이 적용되는 휴대용 접지임피던스 측정기이다.
- 도 9는 본 발명에 적용되는 멀티채널 모니터링 디바이스의 회로블록도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0014] 가. 과도 접지임피던스 측정알고리즘 개발
- [0015] 최근 접지시스템은 60Hz 상용주파수 전원 계통에서의 안전을 위한 측면뿐만 아니라 효과적인 낙뢰 보호 시스템의 역할도 수행하여야 한다. 이 때 뇌격전류는 고주파 임펄스 특성을 가지고 있으므로 과도상태에서의 접지 계통의 특성이 중요하며 단지 낮은 접지저항을 나타낸다고 보호효과가 우수하다고 판단할 수는 없다. 낙뢰로 인한

전압 상승(대지전위상승)은 접지 시스템 의 저항성분 뿐만 아니라 시스템의 리액턴스 성분에도 의존한다. 낙뢰 임펄스는 고 주파수 및 저 주파수 성분을 모두 포함하며 임펄스 파형은 전압 및 전류의 아주 가파른 상승과 이후의 큰 피크치 값을 나타내는 특성이 있다. 전압 및 전류 상승 시간은 최초 낙뢰의 경우  $1\mu s \sim 10\mu s$ , 이후 재 낙뢰의 경우  $0.1\mu s \sim 1\mu s$  범위를 나타내고 있으며 고주파 성분을 포함한다. 이런 고주파 전류 상승율로 인해 접지 계통의 유도 리액턴스가 시스템의 전압 상승에 영향을 주는 우세한 요인이 되므로 접지 임피던스 개념으로 접지시스템을 분석할 필요가 있다.

[0016] 또한 아래에서 접지저항, 대지저항 및 접지 임피던스를 측정하는 방법들에 대하여 상술하기로 한다.

[0017] (1) 접지 저항 측정 기법

[0018] 일반적으로 접지저항은 아래의 목적에 의해 측정된다.

- [0019] a) 접지 계통의 지상 임피던스 추정
- [0020] b) 스텝 전압 및 접촉 전압을 포함하는 잠재적인 증감률 추정
- [0021] c) 이웃 전력과 통신 회로간의 유도 결합을 계산
- [0022] d) 음극 보호 계통을 설계
- [0023] e) 전송선과 파이프라인간의 결합을 위한 교류 경감을 설계
- [0024] f) 지질학적인 조사를 실시

[0025]

[0026] (2) 대지저항 측정법 (4전극법)

[0027] 대지의 겉보기 저항을 측정하는 일반적인 방법은 Wenner의 4 전극법이다. 4개의 보조 프로브를 대지에 깊이  $b$ 마다  $a$  간격으로 일직선으로 설치한다. 시험 전류  $I$ 가 2개의 외부 프로브 사이를 지나가고 2개의 내부 프로브 사이에서 전위차계 또는 고 임피던스 전압계를 이용하여 전압  $V$ 를 측정한다. 그런 다음  $V/I$  비율이 Ohms 단위로 저항률  $R$ 을 연산한다.

[0028] 실제 측정에서는 아래와 같은 방법이 사용된다.

[0029] a) 균등간격 시험방법

[0030] 이 구조의 경우 도 1과 같이 프로브를 균등한 간격으로 설치한다, 두 인근 프로브간의 거리가  $a$ , 설치 깊이가  $b$  일 때 겉보기 저항률  $\rho$ 는 다음과 같이 구한다.

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

[0031]

[0032] 이론적으로, 전극은 점 접촉 또는 반경  $b$ 의 반구 전극이 되어야 한다. 그러나 실제로 전극의 설치 간격이  $a$  일 때 깊이는 통상  $0.1a$ 를 넘지 않으므로  $b=0$  으로 간주하고 다음과 같은 등식을 사용한다.

$$\rho = 2\pi aR$$

[0033]

[0034] b) 불균등간격 시험방법

[0035] 균등간격 시험방법(Wenner)의 한 가지 결점은 간격이 상대적으로 큰 값으로 증가할 때, 2개의 내부 전극 사이 전극 크기가 급속도로 감소한다는 것이다. Wenner 방식의 또 한 가지 단점은 측정해야 하는 각 깊이의 4개 프로브를 모두 재 배치해야 한다는 것이다. 전류 프로브가 멀리 분리되어 있을 때 토양 저항률을 성공적으로 측정하기 위해 또는 다중 전류 프로브 위치에 대한 시험을 신속하게 처리하기 위해 도 2의 배치 구조가 사용될 수 있다.

[0036] 불균등간격 시험방법(Schlumberger)의 경우, 내부 프로브가 근접한 곳에 함께 위치하고 외부 프로브는 더 멀리 떨어져 위치한다. 모든 프로브를 움직여 다른 깊이에서 토양 저항률을 계산해야 했던 Wenner 방식과 달리, Schlumberger 방식은 차후 측정을 위해 외부 프로브를 다시 위치시키기만 하면 된다. 각 시험에 재 배치가 요구되는 프로브의 수를 줄이면 Schlumberger 방식은 다른 깊이에서 더 빠르게 시험을 수행할 수 있는 대안이 된다.

- [0037] 이 경우에 사용해야 하는 등식은 쉽게 구할 수 있다. 전극 b의 매설 깊이는 독립 접지 d와 c와 비교하여 적고  $c > 2d$  이므로 측정된 길보기 저항률은 다음과 같이 계산될 수 있다.
- [0038]  $\rho = \pi(c+d)R/d$
- [0039] 위식에 의해 계산된 저항률은 깊이 근사값  $[2c+d]/2$ 에 대한 길보기 저항률로 시험 중앙에서 외부 전류 프로브까지의 거리이다.
- [0040] 깊이 변경법과 같이 4전극법은 비록 더 넓다고 할지라도 특정한 부피의 토양에 관한 도 3과 같은 길보기 저항률을 제공한다. 근처의 전도성 물체로 인해 측정에 발생 가능한 간섭 효과를 결정할 뿐만 아니라 관련 구역 주변의 여러 단면을 따라 측정하여 토양 저항률의 측면 변경을 감지할 수 있다는 장점이 있다. 대지에서 전도성 물체가 측정에 영향을 미치지 않는다는 신뢰도를 획득할 수 있는 또 한 가지 방식은 동일한 위치에서 동일한 측정을 반복하는 것이지만, 첫 번째 위치와 비교하여 90도 위치에서 측정한다. 측정된 값은 연관성이 있어야 한다.
- [0041] (3) 접지임피던스
- [0042] 접지 그리드 또는 접지 전극의 저항 측정은 1950년 초기 이후 수행되었고 여전히 전기 사업 업계에서 가장 대중적인 시험이다. 저항 데이터를 취득하면 접지 전극의 전위 상승을 신속하게 추정할 수 있다.  $(I_g \times R_g)$ . 변전소 접지 그리드는 일반적으로 고장 전류 크기가 크고 노출 확률이 높으므로 표면 전압 상승률을 허용 가능한 값으로 제한하도록 설계된다.
- [0043] 접지시스템이 대지에 설치될 때에는 저항성분, 용량 및 유도 성분을 포함하는 복잡한 임피던스특성을 가지게 된다.
- [0044] ○ 전위강하법(Fall-of-potential method)
- [0045] 전위 강하법(FOP)은 접지 전극(G)과 전류 프로브(C)사이의 전류를 통과시켜 G와 전위 프로브(PP) 사이의 전압을 측정하는 것이다. 도 4에 전위강하법의 측정예를 나타내었으며 상호 저항으로 인한 전극간 영향을 최소화하기 위해, 전류 프로브를 시험 중인 접지 전극에서 상당한 먼 거리에 위치시키는 것이 일반적이다.
- [0046] 일반적으로, 이 거리는 시험 중인 접지 전극의 가장 큰 치수의 최소 5배 이상으로 한다. 전위 전극은 일반적으로 전류 프로브와 동일한 방향에 위치하지만, 도 4와 같이 반대 방향에 놓일 수도 있다. 실제로 전위 전극의 거리 X는 전류와 전위 전극이 동일한 방향일 때 전류 프로브의 62% 거리로 선택된다(62% 규정). 이 거리는 균일한 저항률을 가진 토양의 정확한 전극 임피던스 측정을 위해 이론적으로 정확한 위치를 기준으로 한 것으로 시험 중인 접지 전극과 시험 프로브를 반구로 간주할 수 있는 시험 프로브간의 충분한 거리를 전제로 하고 접지 전극에 외부 상호연결이 없음을 전제로 한다.
- [0047] 일단 전류 프로브의 기준이 충족되면, 접지 전극의 저항을 정확하게 측정하기 위해 전위 전극의 위치가 중요해진다. 위치는 시험 중인 접지 전극과 전류 프로브의 영향을 받지 않아야 한다. 실제로 전위 전극이 다른 전극의 영향을 받지 않는지 결정하는 방법은 접지 그리드와 전류 프로브 사이에서 전위 프로브를 움직여 여러 개의 저항 판독을 구하는 것이다. 2 ~ 3개의 연속 상수 저항 판독이 참 저항 값(평균 경사 방식)을 의미한다.
- [0048] 도 5는 대표적인 임피던스 그래프 대 지상에서의 PP 거리를 보여준다. 동일한 방향에서 보조 전극의 오리엔테이션을 나타내는 직선은 접지 전극 근처에서 제로(0)에 가까워지고 전류 프로브 근처에서 무한대에 가까워진다. 서로 반대 방향에서 PP와 CP에 해당하는 그래프는 파선으로 표시된 것처럼 다르게 나타난다. 이상적인 상황에서 시험 중인 전극의 임피던스에 근접하는 분명한 변곡점이 식별될 수 있다. 도 5의 그래프는 균등한 저항률을 가진 토양에 해당한다. 불균질 토양의 경우, 이 그래프에는 일반적으로 무 영향 지대를 표시하는 제로 경사 구간이 없을 수도 있다.
- [0049] FOP 이론은 저항률이 균등한 토양의 경우, 도 5의 파선이 항상 직선에 근접할 것이다. 그러나 반대쪽에 프로브를 사용할 때 요구되는 분리 거리는 더 커진다. 또한, PP와 CP가 반대 방향에 위치할 때(파선) 토양 불균질성으로 인한 편차가 더 커진다.
- [0050] FOP 방식의 추가 한계는 참 임피던스 값을 산출하는 것을 막는다. 임피던스의 정확한 측정은 주 접지 계통이 다양한 프로브 거리 측정을 위한 전기적 중심에 상응하는 반구로 표시될 수 있을 때만 구할 수 있다. 효과적인 전기적 중심은 대부분의 시험 전류가 흐르는 접지 계통의 한 지점으로 정의된다. 단순한 구조를 가진 대부분의 절연된 접지 그리드는 상응하는 반구에 의해 표시될 수 있다. 대형 변전소 접지 그리드와 같이 복잡한 접지 계통의 경우(심지어 상호 연결된 차폐 및 중성 시스템과 같은 소형 변전소 접지 그리드가 있는), 그런 표시를 구하

기가 아주 어렵다.

- [0051] ○ 접지임피던스 측정의 기본 구성 원리
- [0052] 전위강하법은 대규모 접지시스템의 접지임피던스 측정을 위한 기본적인 방법이다. 일반적으로 소규모 접지전극에서는 60[Hz] 정도의 주파수를 가지는 측정전류를 인가할 경우 측정전류와 접지전위의 파형이 동위상을 가진다. 따라서 저항 성분이 주를 이루기 때문에 일반적으로 접지저항으로 나타나게 된다. 하지만 접지전극의 규모가 대단히 크거나 측정전류의 주파수가 높아지게 되면 측정전류와 접지전위 파형에서 위상차가 발생하여 접지임피던스로 나타나게 된다.
- [0053] 도 6에서와 같이 접지시스템과 전류보조전극 사이의 측정전류  $I_s$ 와, 접지시스템과 전위보조전극 사이의 접지전위를 측정하여 접지임피던스를 산출한다. 이 방법은 접지임피던스와 더불어 접지시스템에 있어서 전류 분류, 설비와 병렬 연결된 상호 임피던스, 보폭전압, 접촉전압 등의 측정도 가능하다.
- [0054] 측정용 리드선 사이의 상호 유도에 의한 오차를 줄이기 위한 방법으로 C극과 P극을 90[°]의 각도를 이루도록 배치하여 측정한다. 테스트 전류  $I_s$ 에 의한 전압  $V_s$ 는 접지시스템과 약간 떨어진 전위보조전극 사이에 절연 분리된 고임피던스 전압계에 의해서 측정되어진다. 전위보조전극의 리드선은 전류보조전극과 전위보조전극사이의 상호 인덕턴스 커플링을 최소화하기 위해서 인가 전류 리드선에 비하여 90[°]의 각도를 갖도록 설치되어진다. 접지시스템 크기의 약 6.5배의 거리에 전류보조전극과 전위보조전극이 위치할 경우에는 접지임피던스의 95[%]가 측정되는 것으로 IEEE std.에서 제안하고 있다. 그러므로 접지임피던스를 결정하기 위해서 최대의 접지전극의 전위상승  $V_s$ 를 얻기 위해서는 접지시스템의 전위상승은 접지시스템으로부터 테스트 전류가 일정하다고 가정하면 두 개나 세 개의 연속적인 전압이 무시되어질 때까지 거리를 증가함으로써 전위보조전극을 변화하여 측정하여야 한다. 다음으로 전류보조전극의 접지시설로부터의 이격거리 또한 충분히 증가시켜야 한다. 완벽하게 균일한 토양에서 확장된 접지전극이 없는 이상적인 조건에서 균일한 보조전극의 위치가 접지시스템 크기의 50배 정도일 때 측정된 정확도는 98.5[%]가 된다.
- [0055] 전류보조전극과 전위보조전극이 원거리에 설치되어 있고 상호 커플링이나 다른 노이즈 성분에 의한 영향을 받지 않는다고 가정할 경우 측정된 접지임피던스는 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

[0057] 
$$Z_g = V_s / I_s$$

[0059] 인가전류의 전원으로는 전력증폭기를 장착한 신호 발생기, 휴대용 발전기, 변전소의 저전압전원으로부터 운전 가능한 임의의 변압기 등이 사용되어진 신호 발생기를 사용할 경우 전류범위는 0.1~10[A]의 범위에서 측정 전류원으로 사용할 수 있다. 신호발생기와 전력증폭기의 주파수는 50~600[Hz]의 범위가 적당하다. 휴대용 발전기와 변전소의 저전압 전원을 사용할 경우 높은 10~100[A]의 측정전류가 가능하나 주파수는 전력주파수에 제한되어지거나 전력주파수와 가까운 50~70[Hz]로 제한되어진다.

[0060] 나. 접지 임피던스 측정기 하드웨어 설계/제작

[0061] (1) 시험전원용 Active Power Module 개발

[0062] 과도 접지임피던스 측정을 위해 대지에 접지시스템에 인가하기 위한 시험전원으로 고주파 전원소스가 요구된다. 이를 위해 도 7과 같은 능동형 파워 소스(Active Power Source)가 설치된다. 저주파수부터 최대 1MHz까지의 고주파 전류원을 발생시키기 위한 Active Power Source는 크게 제어 및 인터페이스를 위한 중앙처리장치 보드(panel CPU board)와 고속 신호를 생성하는 FPGA 보드, 입출력 신호를 측정하기위한 AD, DA 보드로 구성되는 신호생성 및 검출부, 접지시스템에 충분한 고주파 전류를 인가하는 전류증폭 앰프 보드 등으로 구성된다. 이하 각 구성블록에 대하여 분설하기로 한다.

[0063] 1) Panel CPU board

[0064] Panel CPU board는 LCD 디스플레이 및 ARM core 기반 마이크로프로세서로 구성되며 사용자로부터 시험 주파수 등의 정보를 입력받아 신호생성을 위한 FPGA 보드로 데이터를 전송하는 기능을 담당한다.

[0065] 디스플레이로는 7인치 터치기능의 TFT LCD로 구현하는 것이 바람직하다.

[0066] 2) FPGA 회로 기반 신호 생성 및 검출부

[0067] 접지시스템에 인가하기 위한 1MHz급의 고주파 신호를 생성하기 위해서는 고속 신호처리 회로가 요구된다. 이를 위해 FPGA(Field programmable gate array) processor로 구성된 신호 생성부와 이를 출력신호로 내보내기 위한 D/A 변환부, 전압, 전류를 측정하기 위한 A/D 변환부를 구현하였다. FPGA 프로세서는 Altera사의 레퍼런스보드를 적용하여 프로그램을 구성한다.

[0068] 3) 전류증폭 앰프보드

[0069] 미약한 신호는 측정시 노이즈를 포함하게 되어 많은 오차를 유발시킬수 있다. 본 발명에서는 신호생성부에서 발생하는 고주파 신호를 증폭하기 위해 고주파 전류 앰플리파이어 IC를 이용하여 전류 증폭 앰프 회로를 구성하였다.

[0070] 출력신호는 주파수 1MHz 이상, 출력전압 10V 이상, 출력전류 20mA급의 회로를 구현한다.

[0071] (2) 접지 임피던스 측정기 설계 제작

[0072] 접지 임피던스 측정기는 마이크로프로셋 제어기 및 인가전류 소스, 전압, 전류 측정용 DAQ부 통신용 포트 등으로 구성하였다.

[0073] 주요 사양 :

[0074] - 렉 마운트 타입

[0075] - 누설전류 측정 : 1~24A 전류측정(+/- 5%)

[0076] - 접지저항 측정 : 0.1~10k옴 (+/- 5%)

[0077] - 접지전위 측정 : 100V ~ 1kV (+/- 5%)

[0078] - 측정주기 : 1초 이하

[0079] - 전원 : AC220

[0080] - 통신 방식 : RS-485

[0081] - 온도측정 : 0 ~ 60도

[0082] - 습도측정 : 0 ~ 90%

[0083] - Display : 4LED(POWER, ERROR, RX, TX), 20x4line CLCD

[0085] 접지저항측정기에서는 접지저항, 접지전류, 접지전압, 온도, 습도가 측정되며 독립적으로 화면에 표시된다. 또한 통신포트를 내장하고 있어 모니터링 장치와 연계하여 상태를 항상 원격에서 모니터링 할수 있도록 구성하였다. 접지저항 측정의 경우 약 1% 범위내에서 측정값이 유효하게 맞음을 확인하였으며 전압 측정시에도 설계 값인 5% 이내에서 1000V 까지 측정됨을 확인하였다.

**표 1**

접지저항 측정결과

[0086]

저항값[Ω]	측정값[Ω]	오차[%]	비고
1	1	0	
2	2	0	
5	5	0	
10	9.9	1	
20	19.8	1	
100	98.5	1	

**표 2**

[0087]

접지 전압 측정 결과

인가전압[V]	측정전압[V]	오차[%]	비고
100	96	4	
200	200	0	
300	301	1	
400	404	1	
500	506	2	
600	605	1	
700	709	2	
800	812	2	
900	918	2	
1000	999	1	

[0088]

(3) 휴대용 접지 임피던스 측정기

[0089]

접지 임피던스 측정기를 산업플랜트 현장에서 독립적으로 사용 가능하도록 휴대형 타입으로 설계, 제작하였다. 도 8에 도시된 바와 같이 휴대용은 메인 컨트롤러 및 디스플레이부는 앞에서 개발된 Panel CPU Board를 적용하였으며 검지 전류 출력부 및 전압, 전류 데이터 취득을 위한 신호처리용 회로부를 제작하고자 하였다. 또한 전원이 없는 현장에서 사용 가능하도록 배터리 구동부를 포함한다.

[0090]

주요 설계 사양은 다음과 같다.

[0092]

○ 주요 사양

[0093]

- 누설전류 측정 : 1~24A 전류측정(+ 5%)

[0094]

- 접지저항 측정 : 0.1~10k옴 (+ 5%)

[0095]

- 접지전위 측정 : 100V ~ 1kV (+ 5%)

[0096]

- 측정주기 : 1초 이하

[0097]

- 전원 : AC220

[0098]

- Battery Operation

[0099]

- 통신 방식 : RS-485

[0100]

다. 접지상태 관리를 위한 유무선 모니터링 시스템 개발

[0101]

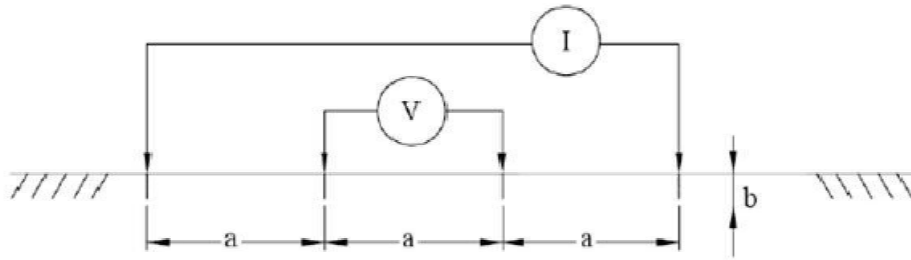
대규모 산업플랜트인 경우 다수의 설비, 구조물등이 분산되어 운용되고 있으며 접지측정시스템도 각 시설물에 따라 산재되어 운용된다. 따라서 중앙 관리실에서 각 시설물의 접지상태를 확인하기 위해 필드에 설치된 측정기의 통합 모니터링 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위해 최대 10개소에 산재된 접지측정기로부터 데이터 취득을 위한 멀티채널 모니터링 디바이스를 구현하였으며 이를 통해 모니터링 서버장치와 네트워크가 연계되도록 구성하였다.

[0102]

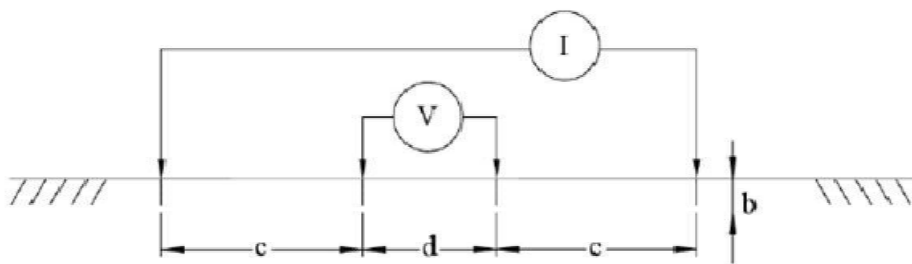
도 9는 멀티채널 모니터링 디바이스를 도시한다. 도시된 장치는 필드에 설치된 접지저항기와 RS485통신을 통해 연결되어 있으며 최대 10개의 측정기와 동시 연결이 가능하도록 구성되어진다. 서버장치와는 이더넷통신으로 연결되며 본 장치 자체로도 필드의 접지저항값과 데이터들을 표시할수 있도록 디스플레이 모듈을 탑재하여 구성하였다.

도면

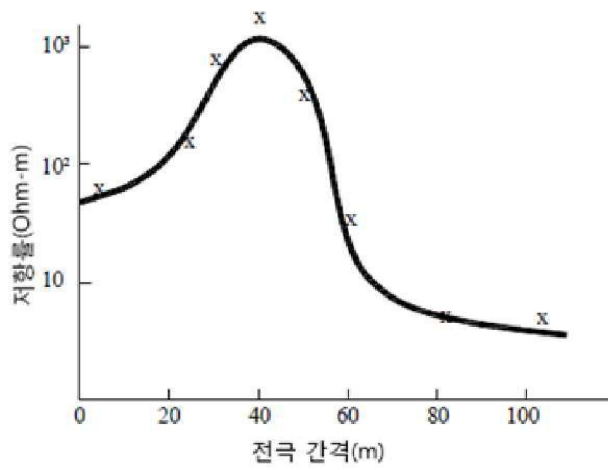
도면1



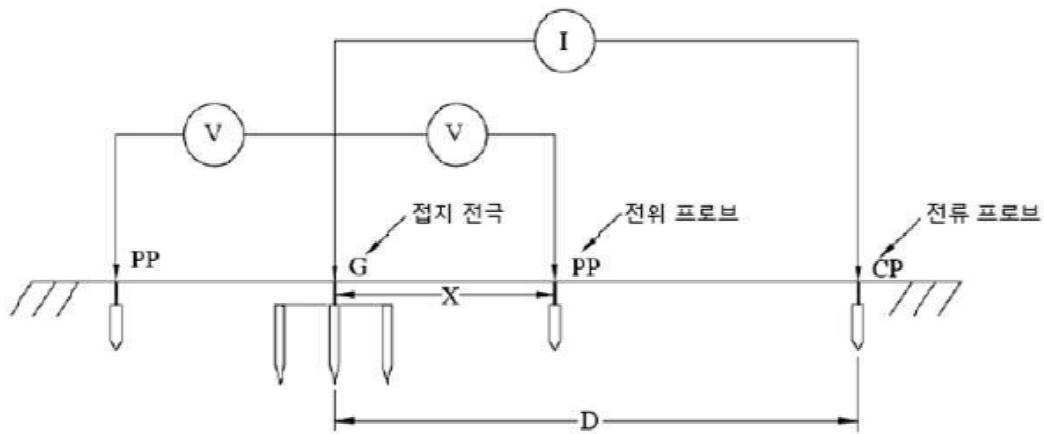
도면2



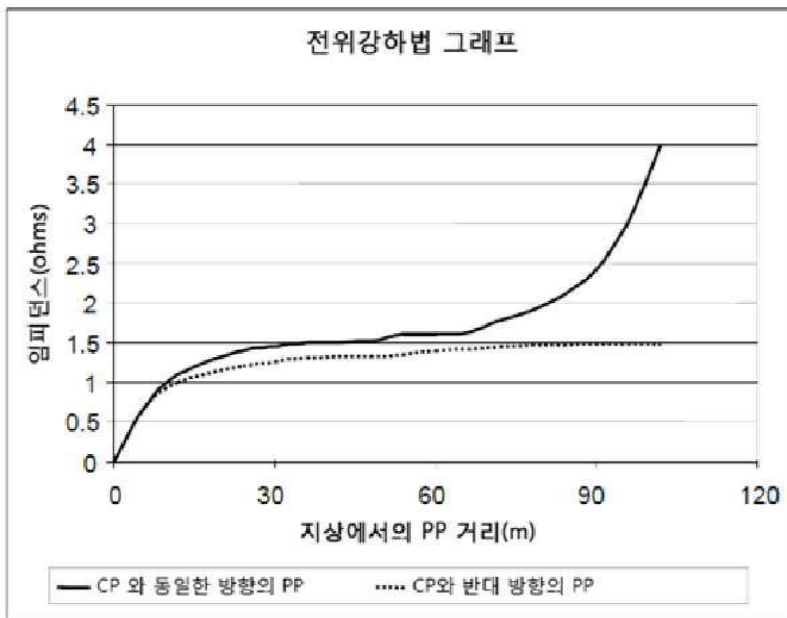
도면3



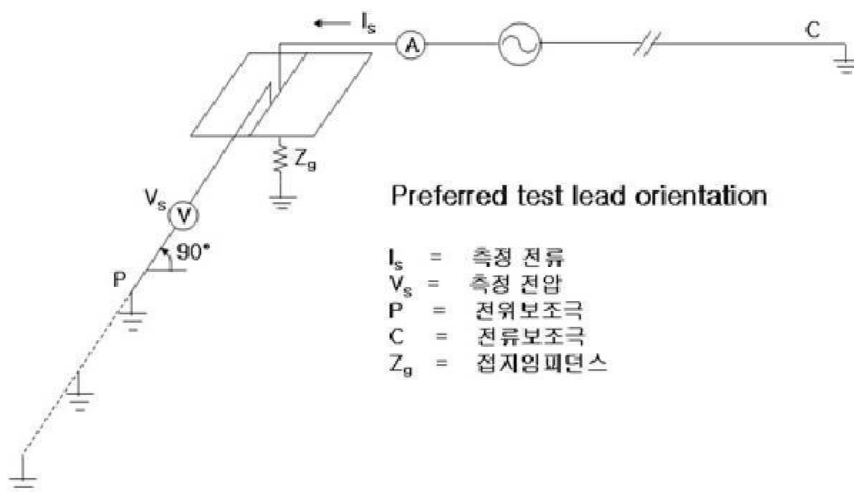
도면4



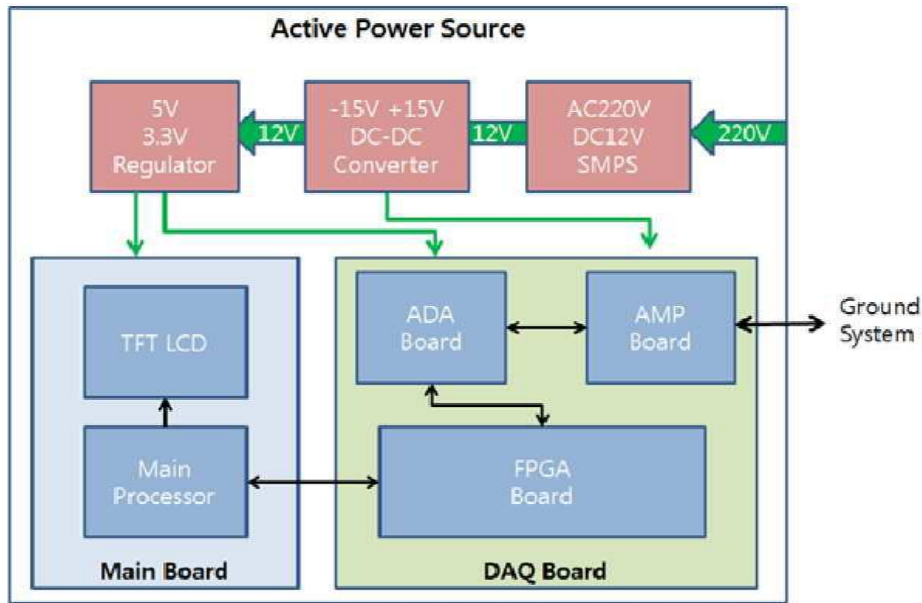
도면5



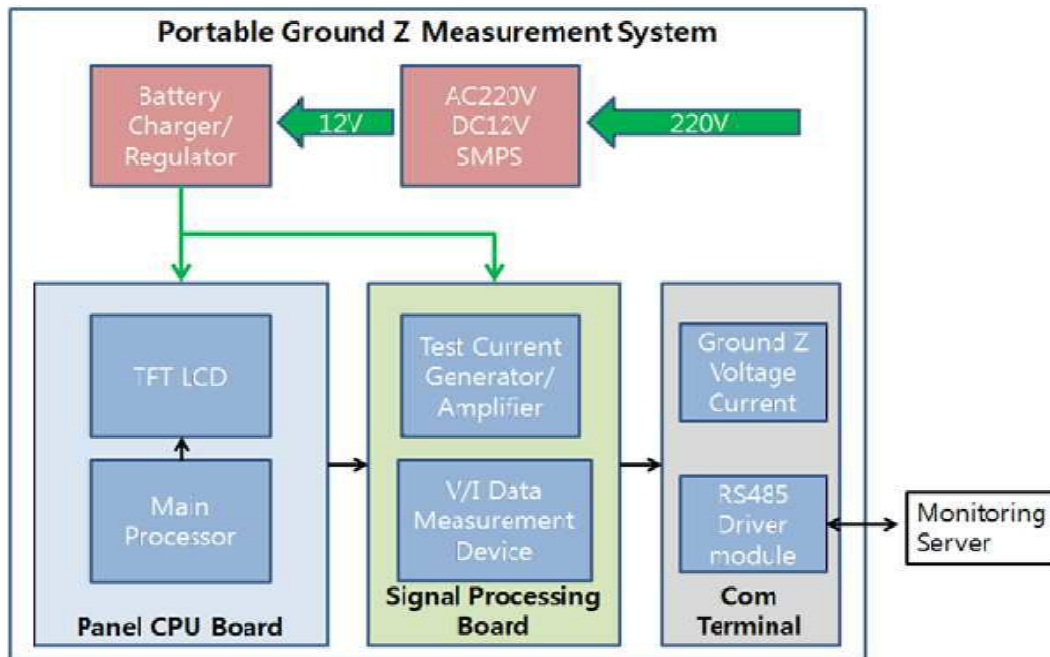
도면6



도면7



도면8



도면9

