



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0031106
(43) 공개일자 2013년03월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/08 (2006.01) G01R 31/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0094839
(22) 출원일자 2011년09월20일
심사청구일자 2011년09월20일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신
촌동)
주식회사 휴보
경기도 수원시 장안구 영화동 401-2
유원엔지니어링(주)
서울특별시 성동구 아차산로15길 52, 삼환디지털
벤처타워 303호 (성수동2가)
(72) 발명자
박진배
경기도 고양시 일산서구 탄현동 198 일신삼익아파
트 106동 2304호
정석명
서울특별시 서대문구 창천동 412번지 402호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인가산

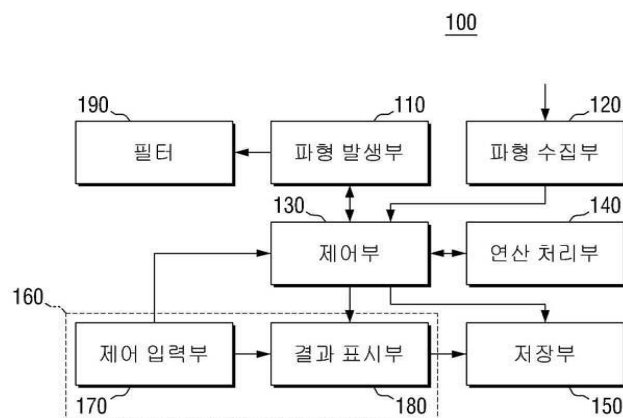
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 누설 전류 진단 장치 및 그 방법

(57) 요약

누설 전류 진단 장치 및 그 방법이 제공된다. 상기 누설 전류 진단 장치는 피진단 배선에 기준 신호를 생성하여 제공하는 파형 발생부, 상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하고, 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 파형 수집부, 상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 연산 처리부, 및 상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하고 사용자 제어 명령을 입력받는 사용자 인터페이스부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박기석

서울특별시 동대문구 고산자로 534, 107동 1704호
(제기동, 한신아파트)

이신호

서울특별시 구로구 새말로 31, 롯데아파트 102동
503호 (구로동)

이춘구

서울특별시 강북구 미아동 1353 SK북한산시티아파트 104동 1402호

장승진

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 제3공학관
609호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 PA100070

부처명 서울특별시

연구사업명 서울시 산학연 협력사업 (2010년도 특허기술상품화 기술개발 지원사업)

연구과제명 AMI와 연계된 반사파 계측법 기반 배선 진단 시스템 개발

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2010.10.01 ~ 2011.09.30

특허청구의 범위

청구항 1

피진단 배선에 기준 신호를 생성하여 제공하는 파형 발생부;

상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하고, 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 파형 수집부;

상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 연산 처리부; 및

상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하고 사용자 제어 명령을 입력받는 사용자 인터페이스부를 포함하는 누설 전류 진단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 파형 수집부에 의해 디지털 신호로 변환된 파형 또는 상기 연산 처리부가 분석한 결과를 저장하는 저장부를 더 포함하는 누설 전류 진단 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 누설 전류 진단 장치는 TFDR(Time Frequency Domain Reflectory) 방식을 사용하는 누설 전류 진단 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 파형 발생부는 상기 피진단 배선의 주파수 특성에 따른 주파수 대역 및 시간폭을 갖는 상기 기준 신호를 생성하는 누설 전류 진단 장치.

청구항 5

피진단 배선의 주파수 특성에 따른 주파수 대역 및 시간폭을 갖는 기준 신호를 생성하는 단계;

입력된 사용자 제어 명령에 따라 상기 피진단 배선에 상기 기준 신호를 제공하는 단계;

상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하는 단계;

상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계;

상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 단계; 및

상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하는 단계를 포함하는 누설 전류 진단 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

입력된 사용자 제어 명령에 따라, 상기 디지털 신호로 변환된 파형 또는 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 저장하는 단계를 더 포함하는 누설 전류 진단 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 피진단 배선은 활성 상태의 저압 배선인 누설 전류 진단 방법.

청구항 8

고주파 기준 신호를 발생하여 피진단 배선에 제공하고, 상기 피진단 배선 내의 누설점 또는 블로킹 필터로부터 반사되어 돌아오는 반사 신호를 수신 및 분석하는 누설 전류 진단 장치;

일단이 상기 누설 전류 진단 장치에 연결되고 다른 일단은 상기 피진단 배선과 연결되어, 저주파 신호가 상기 누설 전류 진단 장치로 인가되지 못하도록 차단하고, 상기 고주파 기준 신호가 상기 피진단 배선에 인가되게 하는 커플러; 및

상기 피진단 배선상에 배치되어, 상기 고주파 기준 신호를 차단하는 제1 블로킹 필터를 포함하는 누설 전류 진단 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 커플러를 기준으로 상기 제1 블로킹 필터의 반대편 배선상에 배치되어, 상기 고주파 기준 신호를 차단하는 제2 블로킹 필터를 더 포함하는 누설 전류 진단 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 누설 전류 진단 장치는,

피진단 배선에 기준 신호를 생성하여 제공하는 파형 발생부;

상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하고, 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 파형 수집부;

상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 연산 처리부; 및

상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하고 사용자 제어 명령을 입력받는 사용자 인터페이스부를 포함하는 누설 전류 진단 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 누설 전류 진단 장치는, 상기 고주파 기준 신호와 상기 반사 신호를 이용하여 상기 피진단 배선 상의 상기 누설점의 존재 여부 및 존재 위치를 계산하는 누설 전류 진단 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 반사파 계측 방법을 이용한 배선 진단 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전자기 신호를 진단을 위한 저압 배선에 인가한 뒤 배선 내부의 결함 지점에서 반사되는 반사파를 취득하여 시간-주파수 영역 분석을 통하여 결함의 위치를 추정하고 결함의 상태를 진단하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적인 가정에서부터 고도의 안정성을 요구하는 원자력 발전소 제어 시스템, 우주 왕복선, 항공기 등에 이르기까지 전기, 전자 시스템의 배선에 대한 신뢰성 있는 진단과 구체적인 평가의 필요성이 꾸준히 제기되어 왔다. 고도의 안정성을 요구하는 시스템에서의 전기, 전자 시스템의 배선에 대해 실시간으로 이루어지는 진단과 계측이 요구되고 있다.

[0003] 그러나, 기존의 진단 기능이 있는 전력량계 또는 선로 고장을 진단하는 기술들의 경우 스마트 미터 기능만 들어가거나, 간단한 배전선이나 전자회로의 진단에 이용할 수 있을 뿐이거나, 혹은 단순히 고장을 감지하고 알려주

는 기능을 할 수 있을 뿐, 시간-주파수 영역 반사파 계측(Time-Frequency Domain Reflectometry) 기술을 사용함으로써 활성 상태인 저압 배선의 고장 발생 여부를 실시간으로 감시하거나 고장 발생 지점을 정확하게 검출할 수 있는 장치 및 그 방법은 제시하지 못하고 있다.

[0004] 일반적으로 반사파 계측법은 시간영역 또는 주파수 영역에서만 이루어지는데, 일정한 신호를 배선에 전송한 후 반사되어 돌아오는 신호를 측정하여, 배선의 단선(open), 단락(short), 불연속점(discontinuity) 등의 결함(fault) 유무와 결함 위치, 배선의 특성 임피던스를 측정하는 것이다. 이러한 종래의 반사파 계측법은 시간영역 반사파 계측법(TDR: Time Domain Reflectometry), 정상파 반사파 계측법(SWR: Standing Wave Reflectometry) 및 주파수 영역 반사파 계측법(FDR: Frequency Domain Reflectometry) 등으로 요약된다.

[0005] 그러나, 상기 각각의 방식들은 모두 물리적인 분해능(resolution)의 한계를 갖고 있으며, 노이즈에 민감하고, 한 영역(domain)에서 신호를 분석한다는 단점을 가지고 있다.

[0006] 먼저, 시간영역 반사파 계측법(TDR)은 배선에 펄스파를 인가하여 결함부분에서 반사되어 돌아오는 펄스파의 위상(phase)을 분석하여 결함 상태를 예측하고, 지연시간으로부터 결함 위치를 알아내는 방식이다. 이 방식은 펄스파의 상승시간(rise time)으로부터 분해능의 한계를 가지며, 이러한 한계를 보완하기 위하여 디지털변환시간(time-to-digital conversion) 기법을 도입하고 있지만, 펄스파가 노이즈에 민감하고 또한 시간영역에서만 신호를 분석하기 때문에 신호의 왜곡 발생시 거리계측 오차율이 커진다는 단점을 가진다.

[0007] 주파수영역 반사파 계측법(FDR)은 사인파(sinusoidal wave)를 기준신호로 하여 배선의 입사파와 반사파 간의 위상 차이의 직접적인 측정을 통하여 배선의 이상 유무, 거리, 특성 임피던스를 측정하게 된다. 배선에 어떤 결함이 존재하면 두 신호사이에는 공명현상이 발생한다. 상기 주파수영역 반사파 계측법(FDR)은 주파수영역에서만 신호를 분석하며, 주파수 소인(sweep)대역폭에 의해 분해능의 제한을 받는다. 또한, 상기 시간영역 반사파 계측법(TDR)과 마찬가지로 노이즈가 존재시 결함 거리 측정의 정확도가 낮아지는 단점을 가진다.

[0008] 정재파 반사파 계측법(SWR)은 사인파(sinusoidal wave)를 배선에 인가하여 입사된 사인파와 반사되는 사인파가 융합되어 정재파(standing wave)를 만들어 낸다. 이 정재파의 피크(peak)와 널(null)로부터 배선의 결함 상태, 거리, 특성 임피던스 등을 측정하는 방식인데, 주파수 소인(sweep)대역폭에 의한 분해능의 한계 특징을 보인다. 또한 이 방식도 주파수영역에서만 신호를 분석하며, 노이즈에 민감하여 배선 결함 측정의 정확도와 신뢰도가 낮아지는 기술적 문제점을 나타내고 있다.

[0009] 이에 반해, 본 발명에서 사용하는 시간-주파수 영역 반사파 계측(Time-Frequency Domain Reflectometry) 기술은 시간과 주파수 측면에서 대상 배선에 물리적으로 최적인 기준 신호를 설계하고 기준신호와 반사파 신호를 분석함에 있어서도 시간-주파수 영역에서의 에너지 분포를 이용하기 때문에 주변 환경이나 부하에 의한 잡음이 존재하는 상황에서도 신뢰할만한 결함 측정 결과를 제시한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 해결하려는 과제는, 시간-주파수 영역 반사파 측정 기법을 이용하여 활성 상태인 저압 배선의 고장 발생 여부를 실시간으로 감시하여 고장 발생 지점을 정확하게 검출하고, 이를 사용자가 용이하게 모니터링 할 수 있게 하는 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명이 해결하려는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 누설 전류 진단 장치의 일 태양은 피진단 배선에 기준 신호를 생성하여 제공하는 파형 발생부; 상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하고, 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 파형 수집부; 상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 연산 처리부; 및 상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하고 사용자 제어 명령을 입력받는 사용자 인터페이스부를 포함할 수 있다.

[0013] 더 나아가, 상기 누설 전류 진단 장치는 상기 파형 수집부에 의해 디지털 신호로 변환된 파형 또는 상기 연산 처리부가 분석한 결과를 저장하는 저장부를 더 포함할 수 있다.

- [0014] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 누설 전류 진단 방법의 일 태양은 피진단 배선의 주파수 특성에 따른 주파수 대역 및 시간폭을 갖는 기준 신호를 생성하는 단계; 입력된 사용자 제어 명령에 따라 상기 피진단 배선에 상기 기준 신호를 제공하는 단계; 상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하는 단계; 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계; 상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 단계; 및 상기 기준 신호, 상기 반사된 신호 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 더 나아가, 상기 누설 전류 진단 방법은 입력된 사용자 제어 명령에 따라, 상기 디지털 신호로 변환된 파형 또는 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 누설 전류 진단 시스템의 일 태양은 고주파 기준 신호를 발생하여 피진단 배선에 제공하고, 상기 피진단 배선 내의 누설점 또는 블로킹 필터로부터 반사되어 돌아오는 반사 신호를 수신 및 분석하는 누설 전류 진단 장치; 일단이 상기 누설 전류 진단 장치에 연결되고 다른 일단은 상기 피진단 배선과 연결되어, 저주파 신호가 상기 누설 전류 진단 장치로 인가되지 못하도록 차단하고, 상기 고주파 기준 신호가 상기 피진단 배선에 인가되게 하는 커플러; 및 상기 피진단 배선상에 배치되어, 상기 고주파 기준 신호를 차단하는 제1 블로킹 필터를 포함할 수 있다.
- [0017] 더 나아가, 상기 누설 전류 진단 시스템은 상기 커플러를 기준으로 상기 제1 블로킹 필터의 반대편 배선상에 배치되어, 상기 고주파 기준 신호를 차단하는 제2 블로킹 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 누설 전류 진단 장치 및 그 방법에 따르면, 시간-주파수 영역 반사파 측정 기술을 기반으로 각 가정이나 산업 시설에 포설된 저압 배선의 상태, 즉 단락, 단선 및 누전의 발생 여부 및 이와 같은 결함이 발생한 구간을 추정할 수 있다.
- [0020] 더 나아가, 본 발명은 이러한 배선 상태 정보를 체계적으로 관리 및 감시할 수 있도록 정보를 제공하는 모니터링 시스템 및 사용자 인터페이스를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치에 대한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 실제 회로 구성의 일부를 보여주는 사진이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 각 구성요소간 동작 과정을 개략적으로 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 4는 가우시안 포락선 처프 신호의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 파형 발생부에 의해 인가된 기준신호와 내선 내부의 누설점 혹은 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호를 보여주는 그래프이다.
- 도 6은 저압배선에 사용되는 CV 6SQ 길이 60미터의 배선을 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치를 이용하여 실험한 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 도 6의 신호에 시간-주파수 영역 신호처리 분석을 통하여 얻어진 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 신호의 전달 속도를 측정하는 과정에서 사용된 오실로스코프의 디스플레이 사진이다.
- 도 9는 저압배선에 사용되는 CV 6SQ 길이 60미터의 배선의 중간 30미터 지점에 배선의 피복을 제거한 후 선간 누선이 발생하도록 한 상태에서 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치를 이용하여 실험한 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 도 9의 신호에 시간-주파수 영역 신호처리 분석을 통하여 얻어진 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 사용자 인터페이스부의 예를 나타낸다.
- 도 12는 도 11에 인가된 기준신호와 배선 누설점에서 되돌아온 반사 신호의 결과 파형이 함께 나타난 경우를 보

여주는 그림이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 시스템의 작동을 설명하기 위한 블록도이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 방법에 대한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0023] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치에 대한 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 실제 회로 구성의 일부를 보여주는 사진이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 각 구성요소간 동작 과정을 개략적으로 설명하기 위한 블록도이고, 도 4는 가우시안 포락선 처프 신호의 일례를 나타내는 그래프이다.
- [0025] 우선, 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 누설 전류 진단 장치는 과형 발생부(110), 과형 수집부(120), 연산 처리부(140), 사용자 인터페이스부(160)를 포함하며, 더 나아가 저장부(150), 신호 처리 과정에서 각 구성요소들의 동작을 제어하는 제어부(130)를 더 포함할 수 있다. 또한 사용자 인터페이스부(160)는 제어 입력부(170)와 결과 표시부(180)를 포함할 수 있다.
- [0026] 먼저, 제어 입력부(170)에서 제어부(130)에 과형 발생 명령을 내리면, 과형 발생부(110)는 진단의 대상이 되는 피진단 배선에 기준 신호를 생성하여 제공한다.
- [0027] 여기에서 기준 신호란 배선의 상태를 진단하는데 사용되는 고주파 신호로서, 가우시안 처프 신호가 사용될 수 있다. 처프(Chirp) 신호란 시간에 따라 주파수가 선형으로 변화하는 신호로서, 여기에서는 시간에 따라 주파수가 선형적으로 증가하는 신호를 사용하여 설명한다. 또한, 상기 신호에 가우시안 포락선(Gaussian Envelope)을 곱해주어 시간 및 주파수 영역에서의 지역화(Localize)를 용이하게 할 수 있다. 도 4는 가우시안 포락선 처프 신호의 일례를 나타내는 그래프이다. 가우시안 처프 신호를 사용한 기준 신호의 적용에 대해서는, 후에 시간-주파수 영역 신호처리 분석 과정을 설명하는 곳에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0028] 본 발명에서는 시간-주파수 영역 반사파 계측 기술(Time-Frequency Domain Reflectometry, 이하 TFDR이라 함)을 사용하는데, TFDR에서는 통상적으로 시간-주파수 영역에서 동시에 분석이 가능한 기준 신호를 사용한다. 이 TFDR 기준 신호는 위에서 설명한 바와 같이 선형적으로 주파수가 변화하고 시간적으로 지역화되어 있다.
- [0029] 또한, TRDR은 시간과 주파수 측면에서 진단의 대상이 되는 피진단 배선에 물리적으로 최적화된 신호를 상기 기준 신호로 설계하여 사용할 수 있다는 장점을 갖는다. 물리적으로 최적화된 신호의 설계를 위한 기본적인 방법은, 진단하고자 하는 피진단 배선이 결정되면 네트워크 분석기 등을 통하여 배선에 대한 주파수 특성을 분석함으로써 최적의 주파수 대역과 시간폭을 결정하는 것이다.
- [0030] 통상적으로 통신 케이블의 경우는 케이블 제조사에서 주파수 특성을 데이터 시트로 제공하기도 하는데 이러한 자료를 이용하여 주파수 대역 및 시간폭을 결정할 수도 있다. 다만, 보다 정확한 기준 신호의 설정을 위해, 또는 본 발명이 주로 사용될 저압 배선과 같은 전기 배선의 경우 주파수 특성에 대한 상기 데이터 시트가 제공되지 않을 수 있기 때문에, 네트워크 분석기와 같은 장비를 이용하여 선 실험을 통해 기준신호의 사양을 결정할 수 있다. 예를 들어 일부 저압 배선의 경우 선 실험을 통해 5Mhz 내지 20Mhz 대역의 주파수와 100nsec 내지 300nsec의 시간폭을 사용하는 것이 상기 저압 배선의 물리적 특성에 최적화된 것이라고 판단된다면, 이를 기준 신호로 사용할 수 있다.
- [0031] 이렇게 결정된 기준신호에 대한 사양은 제어 입력부(170)를 통해 입력되고, 이를 전달 받은 제어부(130)는 과형

발생부(110)에 명령을 내려 입력된 사양에 따른 파형을 발생시켜 피진단 배선에 인가하는 것이다. 혹은 파형 발생부(110)가 생성하여 제공하는 신호는 필터(190)를 거쳐서 출력될 수도 있다.

- [0032] 파형 수집부(120)는 피진단 배선에 인가된 기준 신호가 배선 내부를 이동하다가 누설 지점 혹은 종단점에서 반사되어 되돌아오는 경우, 상기 신호를 수신하여 이를 디지털 신호로 변환한다. 이와 같이 수집된 디지털 신호는 파형 수집부(120)에서 제어부(130)로 전송되며, 제어부(130)는 연산 처리부(140)를 사용하여 상기 디지털 신호에 대한 시간-주파수 영역 신호 처리를 수행한다.
- [0033] 연산 처리부(140)는 제어부(130)의 제어 명령에 따라 시간-주파수 영역 신호 처리를 수행하고 그 결과를 제어부(130)에 전송한다. 시간-주파수 영역 신호 처리에 대해서는 이후 도 5 내지 도 10에서 상세히 설명하도록 한다.
- [0034] 연산 처리부(140)에서 수행한 분석 결과는 결과 표시부(180)에서 화면에 나타난다.
- [0035] 저장부(150)는 연산 처리부(140)에서 수행한 분석 결과 또는 파형 수집부(120)가 수집한 디지털 신호를 저장한다. 이처럼 저장부(150)가 데이터를 저장함으로써 사고 발생 후, 시간에 따른 배선 상태의 누적 데이터를 통하여 배선 상태의 관리가 가능하게 된다. 저장부(150)는 하드 디스크, 플래시 메모리, CF 카드(Compact Flash Card), SD 카드(Secure Digital Card), SM 카드(Smart Media Card), MMC(Multimedia Card) 또는 메모리 스틱(Memory Stick) 등 정보의 입출력이 가능한 모듈로서, 누설 전류 진단 장치의 내부에 구비되어 있을 수도 있고, 별도의 장치에 구비되어 있을 수도 있다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 각 구성요소간 동작 과정을 개략적으로 설명하기 위한 블록도이다. 도 3에서는 도 1에서 설명하는 본 발명의 각 구성요소들의 역할을 담당하는 칩들의 구체적인 제품 명을 사용하여 설명하고 있으나, 반드시 도 3에서 언급되는 제품에 한정되는 것이 아님은 자명하다.
- [0037] 윈도 CE ARM은 도 1에서 사용자 인터페이스부(160)의 역할을 수행한다. 진단 대상인 피진단 배선의 물리적 특성에 적합한 기준 신호의 사양이 결정되면 그에 따라 세팅된 파형에 대한 정보는 마이크로 컨트롤러로 전송된다. 도 3에서는 마이크로 컨트롤러로서 ATmega128을 사용하는 것으로 예를 들어 설명하고 있으며, 이 마이크로 컨트롤러는 도 1에서 제어부(130)의 역할을 수행한다.
- [0038] 세팅된 파형에 대한 정보는 파형 구동을 명하는 제어신호와 함께 주파수 생성기(Frequency generator)로 전달되고, 주파수 생성기는 이에 따른 기준 파형을 형성하여 배선에 인가한다. 주파수 생성기는 도 1에서의 파형 발생부(110)에 대응되는 역할을 수행하며, 도 2 및 도 3에서는 아날로그 디바이스사의 AD9854를 사용하는 것을 예로 들어 설명하고 있다.
- [0039] 인가된 기준 신호는 배선을 통과하다가 누설 지점 또는 배선의 종단점에서 반사되어 돌아오고 이를 AD 컨버터가 수신하는데, 마이크로 컨트롤러로부터 구동 명령을 받은 AD 컨버터는 수신된 상기 반사 신호를 디지털 신호로 변환한다. AD 컨버터는 도 1에서의 파형 수집부(120)에 대응되는 역할을 수행하며, 도 2 및 도 3에서는 내셔널 세미컨덕터사의 ADC08100을 사용하는 것을 예로 들어 설명하고 있다.
- [0040] 마이크로 컨트롤러는 주파수 생성기에 파형 형성 정지 명령을 전송하고, AD 컨버터는 디지털 신호로 변환한 반사 신호에 대한 데이터를 MIMO 메모리로 전달한다. 도 2 및 도 3에서는 상기 MIMO 메모리에 대해 ALTERA사의 FPGA를 사용하는 것을 예로 들어 설명하고 있다.
- [0041] 마이크로 컨트롤러는 AD 컨버터의 구동을 정지시키고 MIMO 메모리로부터 데이터를 읽어들이어 이를 윈도 CE ARM으로 전송한다. 윈도 CE ARM은 전송받은 데이터를 토대로 시간-주파수 영역 신호처리를 수행하여 이를 사용자에게 제시한다.
- [0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 실제 회로 구성의 일부를 보여주는 사진이다. 도 2에서는 AD 컨버터, 주파수 발생기 및 FPGA가 장착되어 있는 모듈을 보여주고 있는데, 제어를 담당하는 제어부와 시간-주파수 영역 신호처리를 수행하는 연산 처리부 및 사용자 인터페이스부는 별도의 모듈을 구성하여 도 2의 모듈의 상부에 장착된다(미도시).
- [0043] 지금까지 도 1의 각 구성요소는 도 2 및 도 3에서 설명한 바와 같이, 소프트웨어(software) 또는, FPGA(field-programmable gate array)나 ASIC(application-specific integrated circuit)과 같은 하드웨어(hardware)를 의미할 수 있다. 그렇지만 상기 구성요소들은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 어드레싱(addressing)할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 실행시키도록 구성될 수도 있다. 상기 구성요소들 안에서 제공되는 기능은 더 세분화된 구성요소에 의하여 구현될 수 있으며,

복수의 구성요소들을 합하여 특정한 기능을 수행하는 하나의 구성요소로 구현할 수도 있다.

[0044] 이하 도 5 내지 도 7 및 도 9와 도 10의 그래프는 상기 반사신호가 파형 수집부(120)에 변환된 디지털 신호로서 표시된 것이다. 이들 도면의 가로축은 실질적으로는 시간축에 해당되지만, 단위는 샘플(sample)로 표시되는데 이는 디지털 신호로 변환된 결과이기 때문이다.

[0045] 도 5는 파형 발생부에 의해 인가된 기준신호와 내선 내부의 누설점 혹은 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호를 보여주는 그래프이다. 도 5의 신호 1은 파형 발생부(110)에서 인가된 시간-주파수 영역에서 설계된 기준신호를 나타내고 신호 2는 배선 내부의 누설 지점 혹은 종단점에서 되돌아온 반사신호를 나타낸다.

[0046] 본 발명에서 제안하는 누설 전류 진단 장치 및 방법은 이처럼 인가된 기준 신호와 반사되어 돌아온 신호를 시간-주파수 영역 신호처리 기법을 이용하여 저압 배선 누설 전류 및 그 누설의 발생 위치를 추정하는 시스템이다.

[0047] 또한 본 발명은, 종래의 반사파 계측법을 사용하여 선로에 전류를 흘리지 않은 상태인 사선상태에서만 상기 선로의 결함 여부를 판단하는 것이 아니라, 선로에 전류가 흐르는 상태, 즉, 활선상태일 때에도 상기 선로의 결함 여부를 판단한다. 이로써 실시간으로 배선의 이상 여부를 모니터링할 수 있게 됨으로써, 사고 발생시 신속하게 복구할 수 있게 된다.

[0048] 도 6은 저압 배선에 사용되는 CV 6SQ 길이 60미터의 배선을 이용하여 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치를 이용하여 실험한 결과를 나타내는 그래프이고, 도 7은 도 6의 신호에 시간-주파수 영역 신호처리 분석을 행하여 얻어진 결과를 나타내는 그래프이며, 도 8은 신호의 전달 속도를 측정하는 과정에서 사용된 오실로스코프의 디스플레이 사진이다.

[0049] 도 9는 저압배선에 사용되는 CV 6SQ 길이 60미터의 배선의 중간 30미터 지점에 배선의 피복을 제거한 후 선간 누선이 발생하도록 한 상태에서 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치를 이용하여 실험한 결과를 나타내는 그래프이고, 도 10은 도 9의 신호에 시간-주파수 영역 신호처리 분석을 행하여 얻어진 결과를 나타내는 그래프이다.

[0050] 이하 연산 처리부(140)에서 수행하는 시간-주파수 영역 신호처리 분석 과정을 설명한다.

[0051] 우선 파형 발생부(110)에 의해 생성되어 저압 배선에 인가되는 기준 신호는 이미 설명한 바와 같이 가우시안 포락선 처프(Chirp) 신호(도 4)로서, [수학식 1]로 표시될 수 있다.

[0052] [수학식 1]

$$s(t) = (\alpha/\pi)^{1/4} \exp[-\alpha(t-t_0)^2/2 + j\beta(t-t_0)^2 + j\omega_0(t-t_0)]$$

[0053]

[0054] 수학식 (1)에서, t_0 는 초기 시간이며, α 는 가우시안 분포의 폭을 결정하는 인자이며, β 는 시간에 대한 주파수의 증가율을 나타내는 인자이고, ω_0 는 초기 각속도를 나타낸다. 수학식 1을 이용해서 신호의 시간축에서의 중심(time center : t_s)과 신호 지속 시간(time duration : T_s)을 [수학식 2]와 같이 구할 수 있다.

[0055] [수학식 2]

$$t_s = \int t |s(t)|^2 dt = t_0, \quad T_s^2 = \int (t-t_s)^2 |s(t)|^2 dt = \frac{1}{2\alpha}$$

[0056]

[0057] 또한, 입력신호의 푸리에 트랜스폼(Fourier Transform)[수학식 3]을 구함으로서 주파수축에서의 중심(frequency center : ω_0)과 대역폭(Bandwidth : B_s)을 구할 수 있다[수학식 4].

[0058] [수학식 3]

$$S(\omega) = \sqrt{\frac{\sqrt{\alpha}}{\sqrt{\pi(\alpha-j\beta)}}} e^{-(\omega-\omega_0)^2/2(\alpha-j\beta)}$$

[0059]

[0060] [수학식 4]

$$\omega_s = \int \omega |S(\omega)|^2 d\omega = \omega_0, \quad B_s^2 = \int (\omega - \omega_s)^2 |S(\omega)|^2 d\omega = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{2\alpha}$$

[0061]

[0062] 이러한 기준 신호를 대상 배선에 적용하기 위해서는 대상 배선의 주파수 특성에 맞추어 신호의 파라미터 α 와 β 그리고 ω_0 를 선택하여 기준 신호를 설계해야한다. 신호의 파라미터는 다음의 다섯 단계에 따라 결정될 수 있다.

[0063]

1. 배선의 주파수 특성을 크기와 위상차로 구한다.

[0064]

2. 주파수 영역에서의 크기의 감쇄를 고려하여 최대 주파수를 선택한다.

[0065]

3. 신호 발생부(131)의 주파수 폭을 고려하여 최소 주파수를 선택한다. 이때, 최대 주파수와 최소 주파수의 평균으로 ω_0 를 선택한다.

[0066]

4. 선택된 주파수 폭의 역수보다 큰 시간 영역의 폭을 선택하여 파라미터 α 를 결정한다.

[0067]

5. 선택한 시간의 폭 내에서 최소 주파수에서 최대 주파수까지의 증가율을 계산하여 파라미터 β 를 결정한다.

[0068]

기준 신호로 사용되는 가우시안 포락선 처프 신호의 발생을 위한 파라미터 값의 계산은 제어부(130)에서 이루어지며, 이에 따라 파형 발생부(110)가 기준 신호를 생성한다.

[0069]

이렇게 발생된 기준 신호는 선택된 배선을 따라 진행하게 되며, 배선 내부에서 결함을 만나게 되면 반사 계수에 의하여 진행하던 기준신호의 일부는 반사되고, 일부는 계속하여 배선 내부를 진행하게 된다. 배선 내에 존재하는 결함 혹은 종단점에서 반사가 되어 반대 방향으로 진행하는 반사 신호를 파형 수집부(120)가 취득한다.

[0070]

계산량을 줄이고 유용한 신호만을 지역화(Localize)하기 위해서 기준신호와 반사된 신호의 Wigner Distribution과 정규화된 시간-주파수 영역 상호 상관관계 함수(Normalized Cross Correlation function)가 각각 [수학식 5] 내지 [수학식 7]에 따라 구해진다.

[0071]

[수학식 5]

$$w(t, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int s^*(t - \frac{1}{2}\tau) s(t + \frac{1}{2}\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau$$

[0072]

[0073] 기준 신호의 Wigner Distribution를 나타내는 $w_s(t, \omega)$ 는 수학식 6과 같다.

[0074]

[수학식 6]

$$w_s(t, \omega) = \frac{1}{\pi} e^{-\alpha(t-t_0)^2 - (\omega - \beta(t-t_0) - \omega_0)^2/\alpha}$$

[0075]

[0076] 반사된 신호의 Wigner Distribution $W_r(t, \omega)$ 도 위와 같은 방법으로 구할 수 있다.

[0077]

[수학식 7]

$$C_{sr}(t) = \frac{1}{E_s(t)E_r(t)} \int_{t'=t-T}^{t'=t+T} W_r(t', \omega) W_s(t'-t, \omega) d\omega dt'$$

[0078]

[0079] [수학식 8]

[0080]

[0081]

$$E_s(t) = \iint W_s(t', \omega) d\omega dt', \quad E_r(t) = \int_{t' = t - T_s}^{t' = t + T_s} \int W_r(t', \omega) d\omega dt'$$

위의 정규화된 시간-주파수 영역 상호 상관관계 함수로부터 기준 신호와 반사된 신호 사이에 시간-주파수 분포의 시간에 대한 유사성을 측정할 수 있다. 이를 통해 결함이 발생된 부분에서 반사된 신호를 지역화할 수 있다. 정규화된 시간-주파수 상호 상관관계 함수는 시간-주파수 분포의 시간에 대한 반사파와 기준 신호간의 유사성을 측정하기 때문에 적절한 경계값 이상의 값을 갖는 시간을 찾아냄으로써 입력된 시계열 신호들로부터 반사파를 지역화할 수 있는 정보를 얻을 수 있다. 또한, 반사파의 존재 여부를 판단함으로써 배선의 이상 유무를 진단할 수 있다.

[0082]

입력 신호는 주파수와 거리의 상관함수인 매질의 전달함수 $H(\omega, x)$ 에 의해 진행 거리와 시간에 따라 그 크기가 감소하는 함수 $u(x, t)$ 이다. 입력 신호의 초기조건으로, $t_0 = 0, x = 0$ 으로 가정한다면, $u(x, t) = s(t)$ 로 나타낼 수 있다. 그 때, 그 일반해는 다음과 같이 구할 수 있다.

[0083]

[수학식 9]

$$u(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int S(\omega, x) e^{-j\omega t} d\omega$$

[0084]

[0085]

따라서, x만큼 기준 신호가 진행하였을 때 주파수 영역에서의 기준 신호는 처음 기준 신호와 매질의 전달함수의 곱으로 나타낼 수 있다. 또, 매질의 전달 함수는 $\alpha(\omega)$: frequency-dependent attenuation, $k(\omega)$: dispersion에 의해 결정되므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

[0086]

[수학식 10]

$$H(w, \omega) = C_e^{(\alpha(\omega) - jk(\omega))x}$$

[0087]

[0088]

여기에서, C는 정규화 인자이다.

[0089]

그러므로, 입력 신호의 시간과 거리에 대한 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

[0090]

[수학식 11]

$$u(x, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int S(w, x=0) H(w, x) e^{-j\omega t} dw$$

[0091]

[0092]

만약, 입력 신호가 이상이 없는 매질을 통과했다면, 이론적으로는 통과된 신호에는 매질의 거리만큼 시간 지연(time delay: t_d)만 생기고 처음 입력 신호와 같은 모양을 유지할 것이다. 하지만 실제로는 기준 신호가 매질을 통과할 때 감쇄 현상이 일어나고, 특히 도선의 경우 고주파 성분의 감쇄 현상이 두드러지게 나타난다. 이로 인해 기준 신호의 시간축에서의 중심과 주파수축에서의 중심이 각각 $t_u(x), \omega_u(x)$ 로 새롭게 바뀌게 되며 이로 인하여 이상의 위치 측정에 있어서 오차를 유발하게 된다.

[0093]

기준 신호를 $\alpha(\omega)$ 와 $k(\omega)$ 가 선형적인 구간으로 설계를 했기 때문에, $\alpha(\omega) \approx A\omega, k(\omega) \approx K\omega$ 로 가정할 수 있다. 따라서, 매질을 통과한 입력 신호의 새로운 시간축에서의 중심(center time: $t_u(x)$)은 다음과 같이 구할 수 있다.

[0094] [수학식 12]

$$t_{ux} = \int t |u(x, t)|^2 dt$$

$$= \text{Re} \left\{ \int S^*(w, x) \left(-\frac{1}{j} \frac{\partial}{\partial w} S(w, x) \right) dw \right\} = K \cdot x$$

[0095]

[0096] 마찬가지로 주파수축에서의 중심(center frequency: $\omega_u(x)$)도 구할 수 있다.

[0097] [수학식 13]

$$W_{u(x)} = \int w |S(w)|^2 dw$$

$$= w_0 - \frac{\alpha^2 + \beta^2}{\alpha} Ax = w_0 - \delta w$$

[0098]

[0099] 그러므로, 실제 파의 기준 신호인 처프 신호의 β 인자와 $\delta \omega$ 에 의해 보상된 시간 지연은 다음과 같다.

[0100] [수학식 14]

$$t_{ddelay} = t_{u(x)} - t_s + \frac{\delta w}{\beta} = \Delta t + \delta t$$

[0101]

[0102] 위의 정보들로부터 도선의 이상이 발생한 지점에 대한 정보를 얻을 수 있다.

[0103] 도 6은 피진단 저압 배선에 결함이 존재하지 않는 경우에 인가 신호 및 반사 신호를 나타낸다. 즉, 도 6의 A는 저압 배선에 인가된 기준 신호이고, 도 6의 B는 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호이다. 그리고 도 7은 도 6과 같은 신호에 대해 연산 처리부(140)에서 시간-주파수 영역 신호처리 분석을 행하여 얻어진 결과를 나타내는 그래프이다. 도 7의 A' 과 B' 은 각각 인가된 기준 신호의 중심 인덱스(tf1)와 피진단 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호의 중심 인덱스(tf2)를 나타낸다.

[0104] 도 9는 피진단 저압 배선에 결함이 존재하는 경우에 인가 신호 및 반사 신호를 나타낸다. 구체적으로 도 9의 A는 저압 배선에 인가된 기준 신호이고, 도 9의 B는 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호이며, 도 9의 C는 배선 내 결함에서 반사되어 되돌아온 신호이다. 마찬가지로 도 10의 A' , B' 및 C' 은 각각 인가된 기준 신호의 중심 인덱스(tf1), 배선의 종단점에서 반사되어 돌아온 신호의 중심 인덱스 및 배선 누설지점에서 반사되어 돌아온 신호의 중심 인덱스(tf2)이다.

[0105] 도 9와 도 6을 비교해 보면 알 수 있듯이, 도 9에서 배선 내 결함에서 반사되어 되돌아온 신호를 나타내는 신호 C는 마치 잡음 성분처럼 매우 작은 크기여서 눈으로 식별하기가 쉽지 않다. 더욱이 이렇게 결함에서 반사된 신호(C)의 크기가 작기 때문에 기존의 반사파 계측 방법으로는 측정 정확도의 한계를 가질 수밖에 없다.

[0106] 그러나, 본 발명에서와 같이 TFDR(Time Frequency Domain Reflectory) 기준 신호와 획득된 반사 신호에 대해서 TFDR 결함 진단 및 결함 위치 추정 알고리즘을 수행한 결과, 도 6 및 도 9에서 볼 수 있는 동일한 데이터들(신호 A, B 및 C)에 대해서 기준 신호와 반사된 신호(A' , B' 및 C')의 크기가 도 7 및 도 10과 같이 확연하게 구분되어 표시됨을 알 수 있다. 이렇게 TFDR 계측 방식은 시간-주파수 영역에서 동시에 정규화된 상호 상관관계 함수를 이용하기 때문에 기존의 반사파 계측 방법보다 측정의 정확도가 높고 잡음에 강한 특성을 보이는 장점이

있다.

[0107] 위, 인가된 기준 신호의 중심 인덱스(tf1)와 배선 누설지점에서 반사되어 돌아온 신호의 중심 인덱스(tf2)를 획득하면 [수학식 15]를 이용하여 배선 내부에 존재하는 결함의 위치나 종단점의 위치를 계산할 수 있다.

[0108] [수학식 15]

$$l = ((tf2 - tf1) \times v) / 2$$

[0109]

[0110] 여기에서, l은 결함의 위치나 종단점의 위치를 의미하고, v는 기준 신호가 배선 내부를 이동하는 속도를 나타내고 tf2 - tf1은 인가된 기준신호와 반사되어 되돌아온 신호 사이의 시간적인 차이를 나타낸다.

[0111] 여기에서 기준 신호가 배선 내부를 이동하는 속도인 v는 피진단 배선에 따라서 달라질 수 있기 때문에, 해당 피진단 배선에 대한 사전 측정 작업을 통해 v를 구하여 이를 [수학식 15]에 적용할 수 있다.

[0112] 도 8은 신호의 전달 속도를 측정하는 과정에서 볼 수 있는 오실로스코프의 화면으로서, 도 8의 좌측에 나타나는 신호(a지점)와 도 8의 우측에 나타나는 신호(b지점) 간의 시간 차이를 측정하고, 위 a와 b지점간의 거리를 이용하여 신호의 이동 속도를 구한다. 예를 들어, 실험적으로 어떠한 특정 저압 배선에 대한 신호의 이동 속도를 측정해 본 결과, 이동 속도가 206,310,000m/s로 계산되었으며 이는 빛의 속도의 68.77%에 해당하는 속도이다.

[0113] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 장치의 사용자 인터페이스부의 일 실시예를 나타낸다.

[0114] 사용자 인터페이스부(160)는 도 11에서 예시한 바와 같이, 결과 그래프 창(1110), 배선 진단 진행률 표시 상태 막대(1120), 결과 텍스트 창(1130), 복수의 확대 및 축소 버튼(1140), 및 각종 명령 버튼(1150)을 포함할 수 있다. 이 중에서 결과 그래프 창(1110), 배선 진단 진행률 표시 상태 막대(1120), 결과 텍스트 창(1130)은 도 1의 결과 표시부(180)의 일부에 해당할 수 있고, 복수의 확대 및 축소 버튼(1140)과 각종 명령 버튼(1150)은 도 1의 제어 입력부의 일부에 해당할 수 있다.

[0115] 결과 그래프 창(1110)은 인가된 기준 신호와 배선 누설점 및/또는 배선 종단점에서 되돌아온 반사신호의 결과 파형을 제시한다. 도 12는 도 11에 인가된 기준신호와 배선 누설점에서 되돌아온 반사 신호의 결과 파형이 함께 나타난 경우를 보여주는 그림이다.

[0116] 배선 진단 진행률 표시 상태 막대(1120)는 획득된 파형 데이터를 토대로 시간-주파수 영역 신호처리 기법을 이용하여 배선의 누설점 존재 여부, 및 누설점이 존재할 경우 그 누설점의 위치를 추정하는 알고리즘이 수행되는 동안 알고리즘 수행 진행 상태를 표시한다.

[0117] 결과 텍스트 창(1130)에는 누설점 존재 여부 및 그 위치 추정 알고리즘의 결과가 표시되며, 이 결과 텍스트 창(1130)에 누설 지점의 위치가 미터 단위로 표시될 수 있다.

[0118] 확대 및 축소 버튼(1140)은 결과 파형 그래프를 시간축으로 확대하여 미세하게 분석이 가능하도록 하는 'wide', 'narrow' 버튼과, 파형의 크기를 확대 또는 축소하여 분석할 수 있도록 하기 위한 '+', '-' 버튼을 포함할 수 있다.

[0119] 각종 명령 버튼(1150)은 배선 진단을 위한 모든 준비가 완료된 상태에서 진단을 실시하는 명령인 'CHECK' 버튼, 진단 명령 후 얻어지는 모든 데이터의 저장을 위한 'SAVE' 버튼, SD 메모리와 같은 별도의 대용량 저장소에 저장을 위한 'SD' 버튼, 및 프로그램의 종료를 위한 'EXIT' 버튼 등을 포함할 수 있다.

[0120] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 시스템의 작동을 설명하기 위한 블록도이다.

[0121] 도 13을 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 시스템은 누설 전류 진단 장치(100), 커플러(200) 및 제1 블로킹 필터(300)를 포함할 수 있고, 더 나아가 커플러(200)를 기준으로 제1 블로킹 필터(300)의 반대편 배선상에 배치된 제2 블로킹 필터(400)를 더 포함할 수 있다.

[0122] 누설 전류 진단 장치(100)는 기준 신호로서 고주파 신호를 발생 및 피진단 배선에 인가하고, 상기 피진단 배선 내의 누설점 또는 블로킹 필터로부터 반사되어 돌아오는 반사 신호를 수신 및 분석한다. 구체적으로 누설 전류 진단 장치(100)는 도 1에서 도시된 누설 전류 진단 장치일 수 있으며, 이에 대해서는 도 1 내지 도 3 및 해당하는 설명 부분을 참조할 수 있다.

- [0123] 커플러(200)는 일단이 누설 전류 진단 장치(100)에 연결되고 다른 일단은 상기 피진단 배선과 연결되어, 저주파 신호가 누설 전류 진단 장치(100)로 인가되지 못하도록 차단하고, 상기 고주파 기준 신호가 상기 피진단 배선에 인가되게 하는 역할을 수행한다. 즉, 커플러는 누설 전류 진단 장치(100)와 상기 피진단 배선 사이에서 고주파 신호는 통과시키고, 저주파 신호는 차단하는 고역 통과 필터를 포함할 수 있는데, 이러한 고주파 통과 특성을 나타내는 한 상기 필터의 형태는 다양하게 구현될 수 있음은 당업자에게 자명하다.
- [0124] 제1 블로킹 필터(300)는 상기 피진단 배선상의 중단부 부근에 설치되어, 상기 고주파 기준 신호를 차단함으로써, 상기 고주파 기준 신호가 전자제품에 영향을 미치지 못하도록 차단해줄 뿐만 아니라, 상기 고주파 기준 신호를 반사시켜 고주파 신호가 커플러(200)를 거친 후 다시 누설 전류 진단 장치(100)로 돌아오게 하는 역할을 한다.
- [0125] 제2 블로킹 필터(300) 역시 제1 블로킹 필터와 같은 역할을 하며, 커플러(200)를 기준으로 하여 제1 블로킹 필터의 반대편 배선상에 배치되어, 고주파 신호를 차단함으로써, 누설 전류 진단 장치(100)에서 인가된 고주파 기준 신호가 외부로 흘러가지 않도록 한다.
- [0126] 도 13에서 점선 화살표와 숫자 1 내지 4는 누설 전류 진단 장치(100)에서 생성하여 인가한 고주파 기준 신호가 이동하는 순서 및 방향을 예시한다. 누설 전류 진단 장치(100)가 인가한(1) 신호는 커플러를 거쳐 저압 배선을 흐르다가(2), 제1 블로킹 필터에 의해 반사되어(3) 되돌아 오며, 커플러(200)를 거쳐 누설 전류 진단 장치(100)가 이를 취득한다(4).
- [0127] 만약, 위 과정(2)에서 만약 저압 배선상에 전류가 누설되는 지점이 존재할 경우, 저압 배선을 흐르는 상기 고주파 기준 신호 중 일부는 상기 누설 지점에서 반사되어 돌아온다. 이처럼 누설 지점에서 일부가 반사되어 돌아오는 신호는 누설 전류 진단 장치(100)에 의해 취득된다. 이 경우, 예를 들어 도 9와 같은 파형이 얻어지게 되면 시간-주파수 영역 신호 처리 분석을 통하여 도 10과 같은 결과 파형이 얻어진다. 이로써 상기 저압 배선 상의 누설점이 존재하고 있는지 여부 및 존재하고 있는 경우 위 [수학식 15]를 통해 그 존재 위치를 계산한다.
- [0128] 지금까지, 도 13을 비롯하여, 본 명세서에서는 본 발명인 전류 누설 진단 장치를 저압 배선에 적용하는 것을 주로 설명하였으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니고, 고압의 전류가 흐르는 배선에도 적용될 수 있다. 고압의 전류가 흐르는 고압 배선의 경우 저압 배선에 적용되는 커플러(200)와는 그에 적용되는 필터의 구조가 다소 달라질 수 있거나, 비 접촉식 커플러를 사용할 수도 있을 것이다. 다만, 도 13에서 볼 수 있는 바와 같은 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 시스템의 기본적인 구조에는 변함이 없다.
- [0129] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 방법에 대한 순서도이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 누설 전류 진단 방법은 피진단 배선의 주파수 특성에 따른 주파수 대역 및 시간폭을 갖는 기준 신호를 생성하는 단계(S1100), 입력된 사용자 제어 명령에 따라 상기 피진단 배선에 상기 기준 신호를 제공하는 단계(S1110), 상기 피진단 배선에서 반사된 신호를 수신하는 단계(S1120), 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호를 디지털 신호로 변환하는 단계(S1130), 상기 디지털 신호로 변환된 상기 반사된 신호와 상기 기준 신호를 이용하여 상기 배선의 상태를 분석하는 단계(S1140), 및 상기 기준 신호와 상기 반사된 신호의 표시 및 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 표시하는 단계(S1150)를 포함할 수 있다.
- [0130] 더 나아가 입력된 사용자로부터의 제어 명령에 따라, 상기 디지털 신호로 변환된 파형 또는 상기 분석된 배선의 상태에 대한 결과를 저장하는 단계(S1160)를 더 포함할 수 있다.
- [0131] 위 단계들의 기술적 내용에 대해서는 도 1 내지 도 13 및 그에 해당하는 설명 부분에서 이미 설명된 바와 같으므로 여기에서는 설명을 생략하도록 한다.
- [0132] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

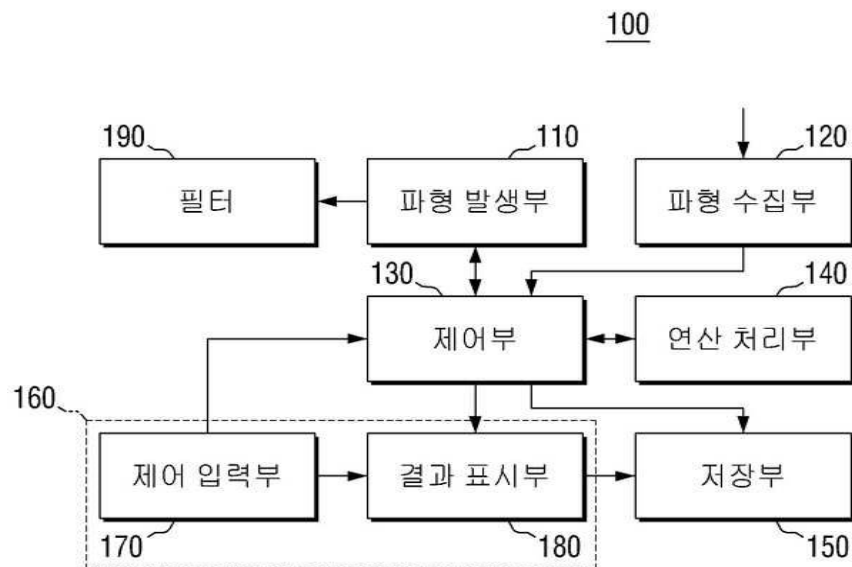
부호의 설명

- [0133] 100: 누설 전류 진단 장치
110: 파형 발생부
120: 파형 수집부

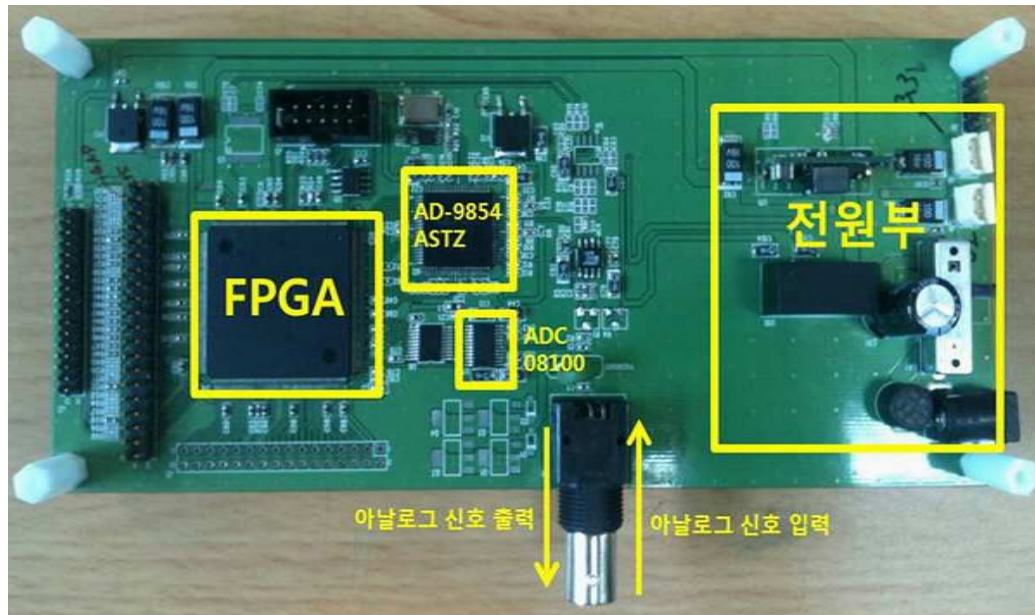
- 130: 제어부
- 140: 연산 처리부
- 150: 저장부
- 160: 사용자 인터페이스부
- 170: 제어 입력부
- 180: 결과 표시부
- 200: 커플러
- 300: 제1 블로킹 필터
- 400: 제2 블로킹 필터

도면

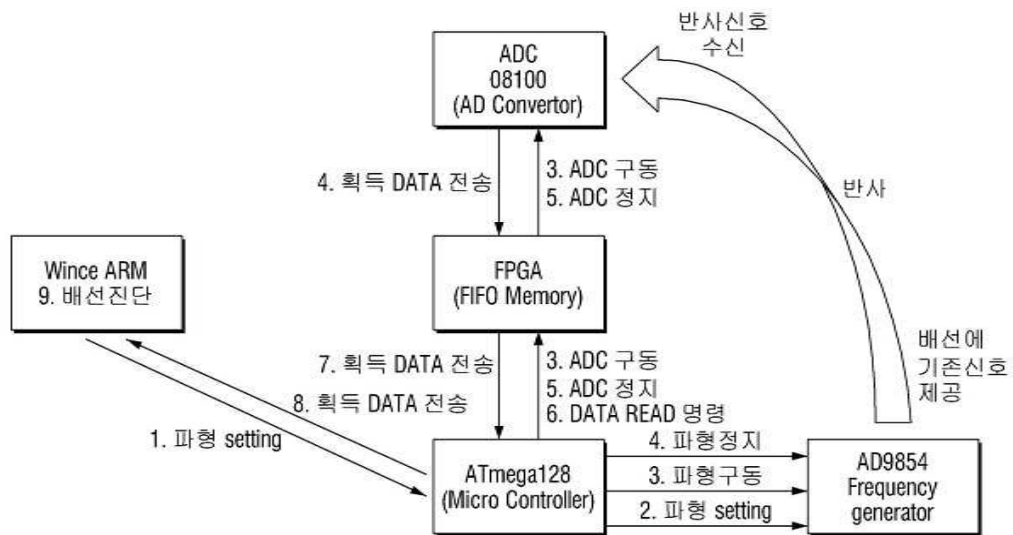
도면1



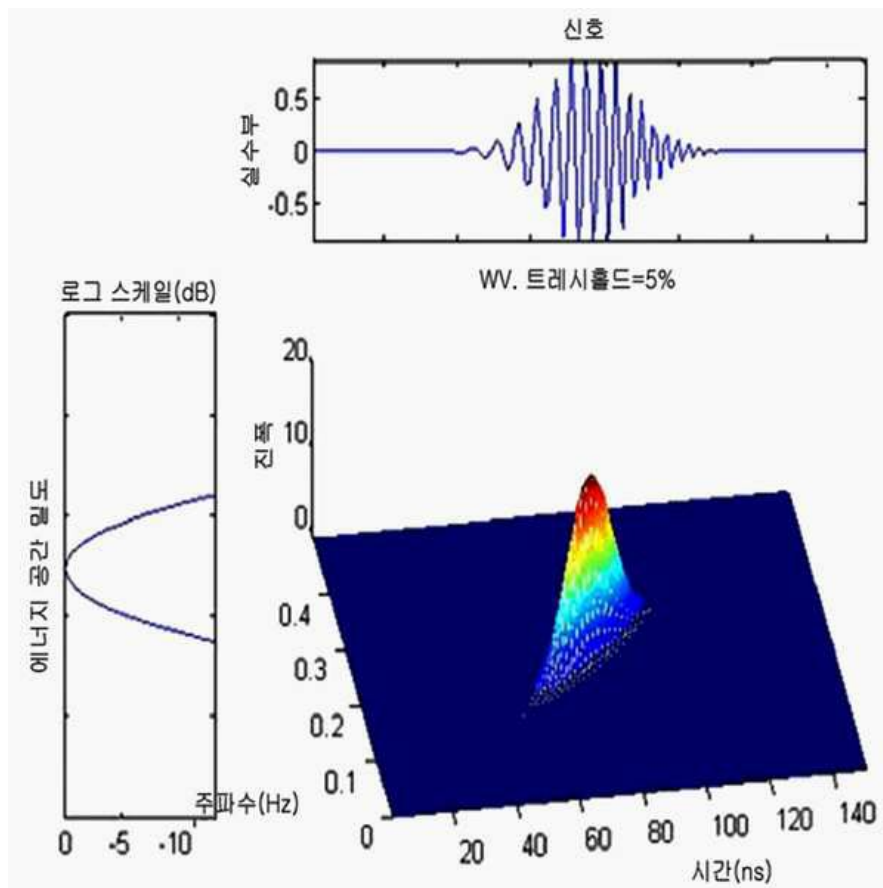
도면2



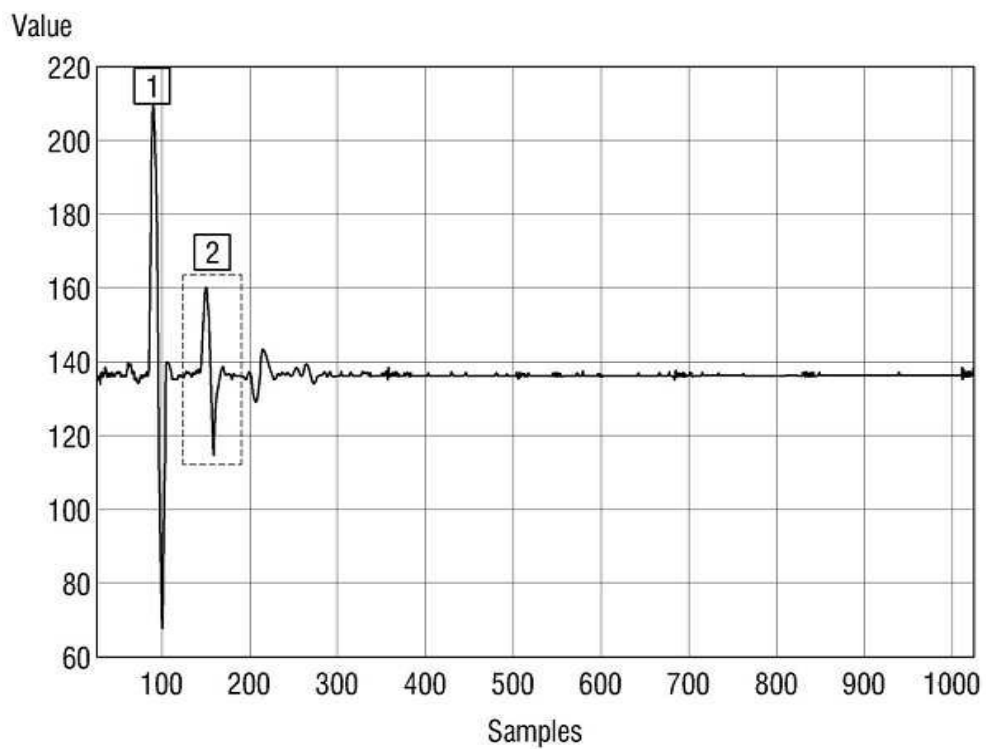
도면3



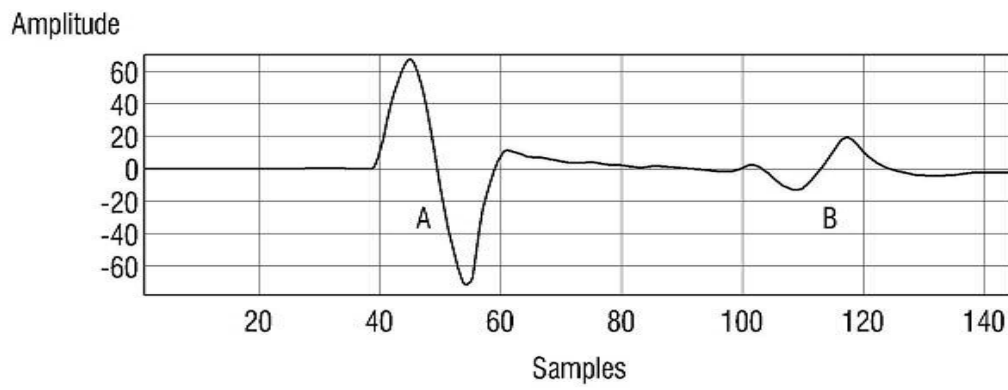
도면4



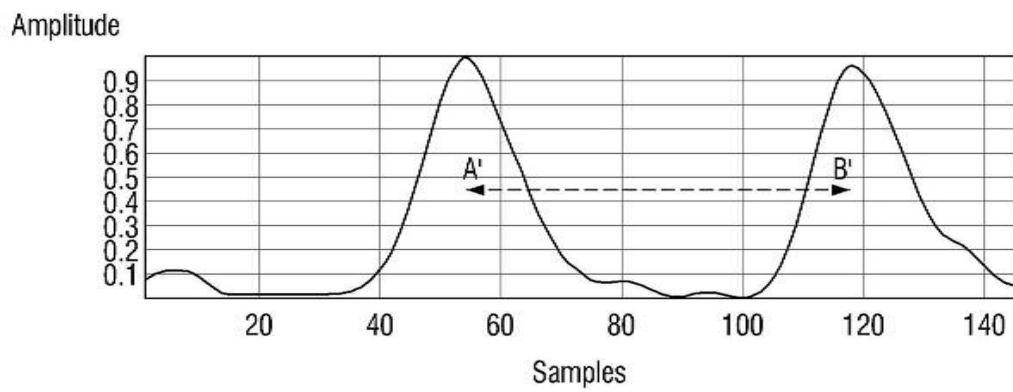
도면5



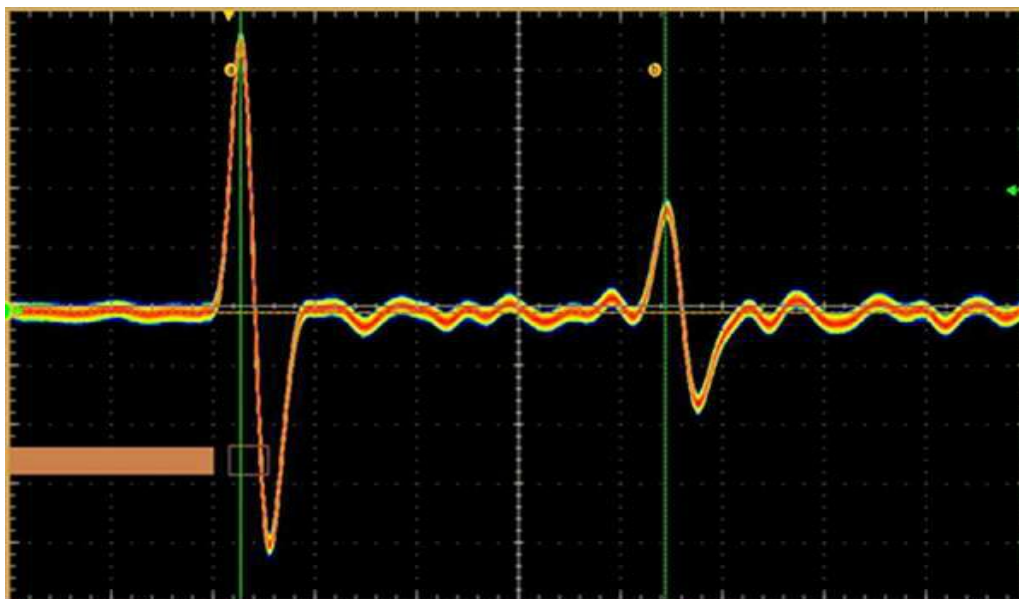
도면6



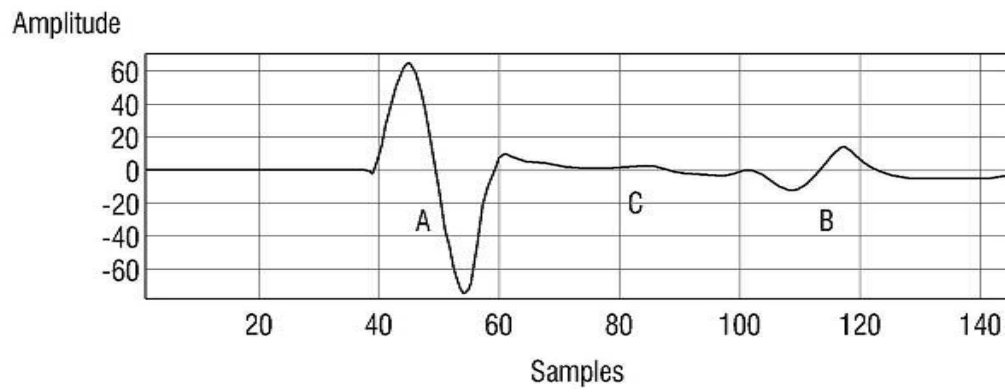
도면7



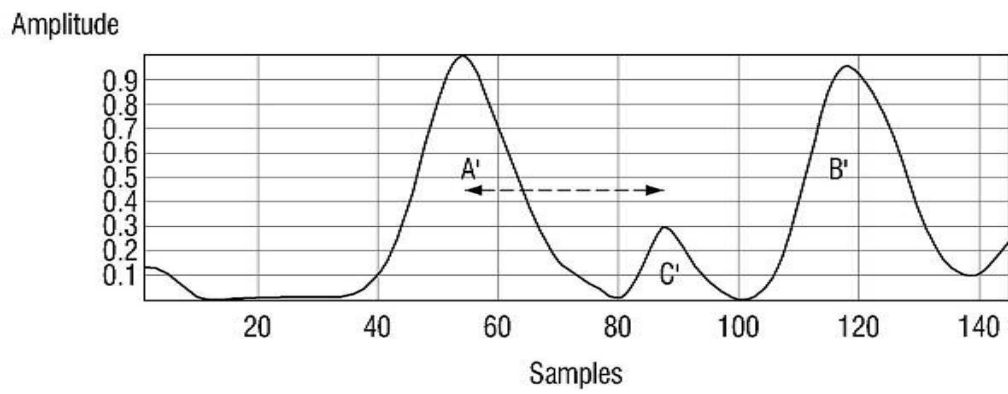
도면8



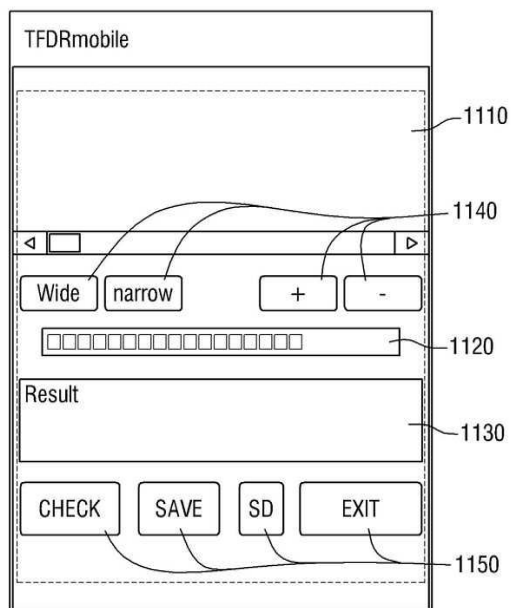
도면9



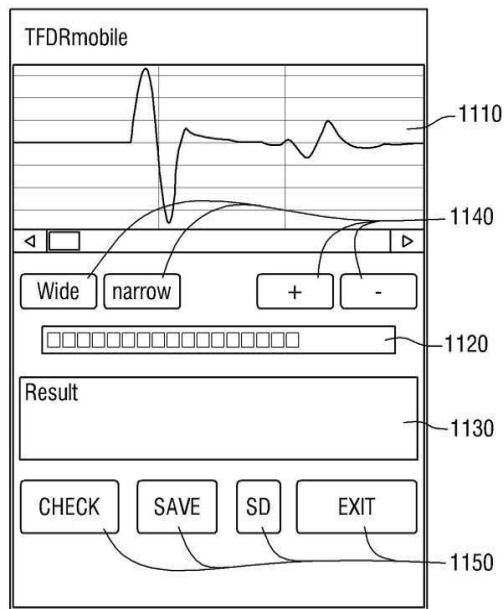
도면10



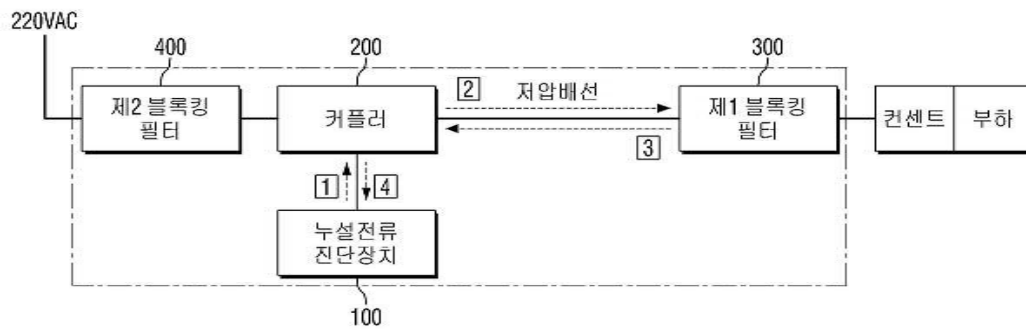
도면11



도면12



도면13



도면14

