(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0007750
(43) 공개일자 2023년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/26 (2006.01) *H01F 27/12* (2006.01)
H01F 27/40 (2006.01) *H01M 10/42* (2014.01)
H01M 6/50 (2021.01)
(52) CPC특허분류
G01R 27/2617 (2013.01)
H01F 27/125 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0088459
(22) 출원일자 2021년07월06일
심사청구일자 2021년07월06일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
강승택
인천광역시 부평구 부개로 58, 102동 1001호(부개동, 푸른마을삼부한신아파트)
이창형
경상북도 울진군 울진읍 향교로 46-7
서예준
인천광역시 연수구 아트센터대로 131, 201동 424호(송도동)
(74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 10 항

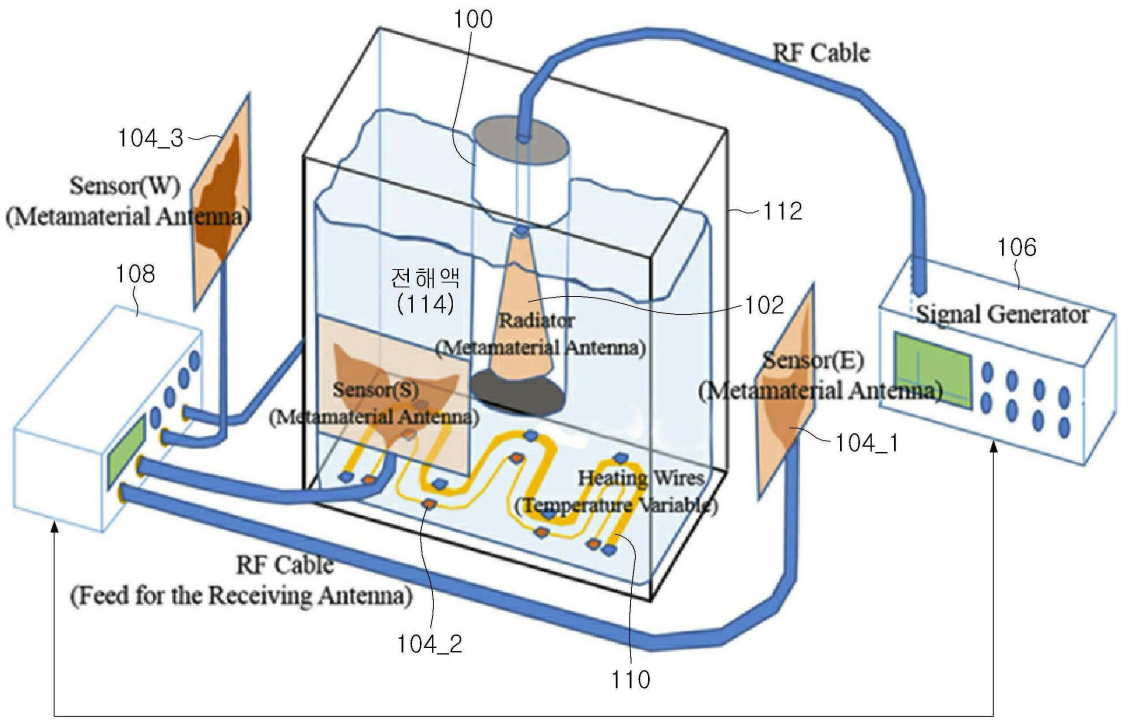
(54) 발명의 명칭 **에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 내부 유체의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 함체의 윗면을 뚫고 내려온 실린더; 상기 실린더 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high

(뒷면에 계속)

대 표 도



frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나; 상기 함체 내부의 유체 및 상기 함체를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 복수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나; 상기 송신 안테나에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기; 및 상기 반사파 및 상기 복수의 수신 안테나로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체 내부의 유체의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01M 10/4285 (2013.01)

H01M 6/5083 (2013.01)

H01F 2027/404 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

내부 유체의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 함체의 윗면을 뚫고 내려온 실린더;

상기 실린더 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나;

상기 함체 내부의 유체 및 상기 함체를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 복수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나;

상기 송신 안테나에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기; 및

상기 반사파 및 상기 복수의 수신 안테나로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체 내부의 유체의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파와 상기 함체 내부의 유체를 투과하는 전기자기 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율을 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 유체의 온도를 조절하기 위한 히터를 더 포함하고,

상기 유전율 추정기는, 상기 유체의 온도를 변화시키면서 상기 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 유체의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 유체의 온도를 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 함체의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부를 더 포함하고,

상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 온도 변화에 따라 상기 유체의 요동에 의해 상기 함체의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부에 의해 감지된 상기 함체의 표면의 진동에 따른 상기 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체의 표면의 진동과 상기 유체의 온도 변화의 상관 관계를 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 함체는 에너지 저장 시스템(ESS) 또는 변압기의 함체이고,

상기 함체가 에너지 저장 시스템인 경우 상기 유체는 상기 에너지 저장 시스템의 전해액이며,

상기 함체가 변압기인 경우 상기 유체는 상기 변압기의 절연유인 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 6

내부 유체의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 함체의 외부에 배치되어 상기 함체 내부의 유체를 향해 전기자기파를 송신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나;

상기 함체 내부의 유체 및 상기 함체를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 복수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나;

상기 송신 안테나에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기; 및

상기 반사파 및 상기 복수의 수신 안테나로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체 내부의 유체의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파와 상기 함체 내부의 유체를 투과하는 전기자기 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율을 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 유체의 온도를 조절하기 위한 히터를 더 포함하고,

상기 유전율 추정기는, 상기 유체의 온도를 변화시키면서 상기 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 유체의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 유체의 온도를 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 함체의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부를 더 포함하고,

상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 온도 변화에 따라 상기 유체의 요동에 의해 상기 함체의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부에 의해 감지된 상기 함체의 표면의 진동에 따른 상기 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체의 표면의 진동과 상기 유체의 온도 변화의 상관 관계를 추정하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 함체는 에너지 저장 시스템(ESS) 또는 변압기의 함체이고,

상기 함체가 에너지 저장 시스템인 경우 상기 유체는 상기 에너지 저장 시스템의 전해액이며,

상기 함체가 변압기인 경우 상기 유체는 상기 변압기의 절연유인 것을 특징으로 하는 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 관한 것으로, 용기(Container)에 들어있는 액체나 유체의 유전율(절연체에 전기장 인가 시 절연체 내부에 발생하는 전기력 다발 밀도의 비율)을, 용기를 해체하지 않거나 훼손하지 않고 전기자기장 투과형 비파괴 검사 방식으로 알아내기 위한 장치에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 용기내의 유체형 유전체의 온도 변화를 그에 해당하는 유전율의 변화로 나타낼 때, 비파괴 검사 장치의 전기자기장 투과 수치(크기와 위상)로 읽어내는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 기존의 거대한 전력공급 체계는 규모, 계층, 경직성으로 인해 효율저하, 문제의 빠른 전파력, 낮은 적응성이 단점으로 지적되는데, 스마트 그리드의 유연성(자가 전력망, 지역 전력망), 효율 증진, 전기 차의 자체동력원의 확보와 함께 에너지 저장 장치(ESS: Energy Storage System) 분야가 조명을 받고 크게 성장하였다.

[0004] ESS 셀, 파우치, 모듈을 생산하는 기업들이 최고의 주가를 달리는 상황에서, ESS를 갖춘 전력공급장치에서 화재가 발생하고 그 숫자가 늘자 여러 곳에서 사용이나 구입을 중단하는 상황에 이르렀다.

[0005] ESS 기업들은 ESS 화재 문제를 해결하고 이점을 극대화하기 위해 다양한 관점에서 여러 기술들을 도입하려고 한다. ESS 파우치의 열폭주가 화재 원인이므로, 내부에 온도 센서를 삽입하여 관찰하겠다는 일각의 접근법이 있는데 이것은 내부를 변경한다는 점에서 기업들의 원래 배터리 내부 형상과 맞지 않아 옳지 않다. 파우치 내부 온도상승을 바깥에서 관찰하기 위해 초음파를 쏘고 받는 방안도 언급되는데, 그 기계력이 내부의 기구물에 충격을 주어 정상의 ESS에도 문제를 야기할 수 있다고 지적된다.

[0006] 따라서, 비파괴 방식으로 내부의 상황을 알기 위해 RF 기반의 방법이 필요하다. 전기자기장을 송신하여 반사파만 또는 반사파와 투과파를 동시에 분석하는 방식으로서, 혹자는 이미 알려진 방법이라고 할 것이다. 현재까지의 RF 비파괴 검사의 경우 시료의 내부 결함에 초점을 맞춰 내부 결함의 유무, 깊이, 크기, 영상을 얻는 목적이었다. 그러나, 본 발명을 통해 시료의 비파괴 토모그래피 검사를 하되 내부 유전체의 유전율은 물론 온도변화를 유전율의 복소수로서의 특징을 통해 해석해 내겠다는 것이 종래 기술을 능가하는 본 발명의 차별점이다. 본 발명은 인프라 구조(Infra-structure)인 전력 계통에서 핵심 요소인 변압기, 화재 폭발사고가 잦은 변압기의 내부 열 변화를 유전율 변화로 모니터링 하는데도 적용가능하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-1739628 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 에너지 저장 장치(ESS)용 파우치 내의 유체 또는 전해액의 유전율은 물론 유전율의 변화 요인인 온도 변화를 전기자기장 기반의 비파괴 방식으로 알아내는 장치로서, 소형 광대역이거나 소형이면서 저주파를 방사하는 송신 안테나와, 같은 특징의 수신 안테나 또는 여러 수신 안테나로 구성되어, 반사파 및 파우치 모듈의 면마다 복수개의 투과파 감지 센싱 장치를 두어 용기 내부의 유체의 복소 유전율을 추출하는 것은 물론, 온도 변화에 의한 유전율의 변화를 감지하기 위한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도 변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는,

[0010] 내부 유체의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 함체의 윗면을 뚫고 내려온 실린더;

[0011] 상기 실린더 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나;

[0012] 상기 함체 내부의 유체 및 상기 함체를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 복수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나;

[0013] 상기 송신 안테나에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기; 및

[0014] 상기 반사파 및 상기 복수의 수신 안테나로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체 내부의 유체의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기를 포함한다.

[0015] 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 있어서, 상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파와 상기 함체 내부의 유체를 투과하는 전기자기 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율을 추정할 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 상기 유체의 온도를 조절하기 위한 히터를 더 포함하고,

[0017] 상기 유전율 추정기는, 상기 유체의 온도를 변화시키면서 상기 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 유체의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 유체의 온도를 추정할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 상기 함체의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부를 더 포함하고,

[0019] 상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 온도 변화에 따라 상기 유체의 요동에 의해 상기 함체의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부에 의해 감지된 상기 함체의 표면의 진동에 따른 상기 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체의 표면의 진동과 상기 유체의 온도 변화의 상관 관계를 추정할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 있어서, 상기 함체는 에너지 저장 시스템(ESS) 또는 변압기의 함체이고,

[0021] 상기 함체가 에너지 저장 시스템인 경우 상기 유체는 상기 에너지 저장 시스템의 전해액이며,

[0022] 상기 함체가 변압기인 경우 상기 유체는 상기 변압기의 절연유일 수 있다.

[0023] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는,

[0024] 내부 유체의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 함체의 윗면을 뚫고 내려온 실린더;

[0025] 상기 실린더 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나;

[0026] 상기 함체 내부의 유체 및 상기 함체를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 복수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나;

[0027] 상기 송신 안테나에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기; 및

[0028] 상기 반사파 및 상기 복수의 수신 안테나로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체 내부의 유체의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기를 포함한다.

[0029] 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 있어서, 상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파와 상기 함체 내부의 유체를 투과하는 전기자기 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율을 추정할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는 상기 유체의 온도를 조절하기 위한 히터를 더 포함하고,

[0031] 상기 유전율 추정기는, 상기 유체의 온도를 변화시키면서 상기 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 유체의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 유체의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 유체의 온도를 추정할 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 상기 함체의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부를 더 포함하고,

[0033] 상기 유전율 추정기는, 상기 함체 내부의 온도 변화에 따라 상기 유체의 요동에 의해 상기 함체의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부에 의해 감지된 상기 함체의 표면의 진동에 따른 상기 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체의 표면의 진동과 상기 유체의 온도 변화의 상관 관계를 추정할 수 있다.

[0034] 또한, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 있어서, 상기 함체는 에너지 저장 시스템(ESS) 또는 변압기의 함체이고,

[0035] 상기 함체가 에너지 저장 시스템인 경우 상기 유체는 상기 에너지 저장 시스템의 전해액이며,

[0036] 상기 함체가 변압기인 경우 상기 유체는 상기 변압기의 절연유일 수 있다.

[0037] 덧붙여 상기한 과제의 해결수단은, 본 발명의 특징을 모두 열거한 것이 아니다. 본 발명의 다양한 특징과 그에 따른 장점과 효과는 아래의 구체적인 실시형태를 참조하여 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이다.

발명의 효과

[0038] 도 1의 제안된 장치에서, 함체 내 실린더의 송신 안테나가 HF, VHF, UHF의 신호를 방사하면, 자기장의 우세한 힘으로 함체를 통과해 내부 유체를 통해 굴절되어 함체의 다른 부분으로 나오게 되며, 곳곳에 둔 HF, VHF, UHF 대역 메타재질형 소형 광대역 수신 안테나로 투과파를 수집한다.

[0039] 이 투과파와 송신 안테나가 획득한 반사파를 기반으로 NWS 알고리즘이나 Retrieval 알고리즘을 사용하여 복소 유전율을 추출한다. 특히, 위상 부분까지 이용하므로 복소 유전율의 정확도는 높아진다.

[0040] 또한, 내부 유체의 온도 변화는 유전율의 값과 기계적 거동을 일으켜 투과파의 위상을 변화시켜 결국 추출되는 복소 유전율이 온도 변화와 상관성을 가져, 내부 변화를 외부에서 알 수 있게 된다. 이 때, X 대역~밀리미터파 대역의 송수신부가 함체의 표면 진동이 만들어 내는 위상변화를 감지하면, 그 또한 온도 변화와의 연관성을 통해, 상기 함체 내부의 진동과 상기 전해액의 온도 변화의 상관 관계를 추정한다.

[0041] 도 2의 제안된 장치에서, 함체 밖에 위치한 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 송신 안테나가 신호를 방사하면, 자기장의 우세한 힘으로 함체를 통과해 내부 유체를 통해 굴절되어 함체의 다른 부분으로 나오게 되며, 곳곳에 둔 HF, VHF, UHF 대역 메타재질형 소형 광대역 수신 안테나로 투과파를 수집한다. 이 투과파와 송신 안테나가 획득한 반사파를 기반으로 NWS 알고리즘이나 Retrieval 알고리즘을 사용하여 복소 유전율을 추출한다. 특히, 위상부분까지 이용하므로 복소 유전율의 정확도는 높아진다. 또한, 내부 유체의 온도변화는 유전율의 값과 기계적 거동을 일으켜 투과파의 위상을 변화시켜 결국 추출되는 복소 유전율이 온도 변화와 상관성을 가져, 내부 변화를 외부에서 알 수 있게 된다. 이 때, X 대역~밀리미터파 대역의 송수신부가 함체의 표면 진동이 만들어 내는 위상

변화를 감지하면, 그 또한 온도 변화와 연관성을 통해, 내부 변화를 알아내게 된다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치를 도시한 도면으로서, ESS와 같은 함체(Enclosure, 용기)의 내부 유체인 전해액의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 금속 함체와 함체의 윗면을 뚫고 내려온 좁은 실린더(유체와 송신 안테나 분리를 위함), 좁은 실린더 안의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 송신 안테나(소형 광대역 안테나, 소형 저주파 안테나), 기존의 비파괴 검출 장치가 송신기 바로 옆에 수신기를 두어 반사파만으로써 얻은 유전율이므로 부정확한 것을 해결하기 위해, 반사파는 물론 전기자기 투과파까지 유전율 검출에 쓰려는 목적의 함체의 표면 곳곳에 둘 수 있는 다수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나로 구성되어 있음.

도 2는 도 1에 도시된 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치의 동작을 설명하기 위한 도면.

도 3은 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치를 도시한 도면으로서, ESS와 같은 전해질을 담은 함체와 그 외부에 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 송신 안테나(소형 광대역 안테나, 소형 저주파 안테나), 기존의 비파괴 검출장치가 송신기 바로 옆에 수신기를 두어 반사파만으로써 얻은 유전율이므로 부정확한 것을 해결하기 위해, 반사파는 물론 전기자기 투과파까지 유전율 검출에 쓰려는 목적의 함체의 표면 곳곳에 둘 수 있는 다수의 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나로 구성되어 있음.

도 4는 도 3에 도시된 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치의 동작을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 즉, 본 발명에서 사용되는 '부'라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '부'는 소프트웨어 구성요소들, 개체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '부'들로 더 분리될 수 있다.

[0044] 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0045] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에 대해 설명하기로 한다.

[0046] 도 1에 도시된 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 내부 유체인 전해액(114)의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체(Enclosure, 용기)(112)의 윗면을 뚫고 내려온 좁은 실린더(100), 상기 실린더(100) 안에 배치된 단파(HF: high frequency), 초단파(VHF: very high frequency), 극초단파(UHF: ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서 상기 함체 내부의 유체에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(102), 상기 함체(112) 내부의 전해액(114)에서 반사하는 반사파 및 상기 함체(112) 내부의 전해액(114)을

투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체(112)의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_1 내지 104_4), 상기 송신 안테나(102)에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기(106), 및 상기 반사파 및 상기 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_1 내지 104_4)로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체(112) 내부의 전해액(114)의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기(108)를 포함한다.

[0047] 도 1에서, 제2 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_2)와 마주보는 함체(112)의 표면을 전면이라고 하면, 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_4)는 함체(112)의 후면에 배치되어 있는 것으로 가정한다.

[0048] 상기 좁은 실린더(100)는 전해액(114)과 송신 안테나(102)를 분리하기 위한 것이고, 상기 송신 안테나는(102)는 소형 광대역 저주파 안테나로서 사방으로 단파(HF: high frequency), 초단파(VHF: very high frequency), 극초단파(UHF: ultra high frequency) 대역의 신호를 송신하기 위한 것이며, 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_1 내지 104_4)는 기존의 비파괴 검출 장치가 송신기 바로 옆에 수신기를 두어 반사파만을 사용하여 얻은 유전율이므로 부정확한 것을 해결하기 위해, 반사파는 물론 전기자기 투과파까지 유전율 검출에 쓰려는 목적으로 함체(112)의 표면 곳곳에 배치된다.

[0049] 또한, 도 1에 도시되지 않았지만, 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 상기 함체(112)의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부(미도시)를 더 포함한다.

[0050] 본 발명에서, HF 대역은 3~30MHz 대역, VF 대역은 30~300MHz 대역, UHF는 300~3000MHz 대역, X 대역은 8~12GHz 대역, 그리고 밀리미터파 대역은 30~300GHz 대역을 의미한다.

[0051] 또한, 본 발명의 제1 실시예에서는 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체(112) 내부의 전해액(114)의 유전율을 추정하지만, 본 발명의 실시예는 이에 한정되지 않고, 변압기(미도시)의 함체 내부의 절연유의 유전율을 추정할 수 있다.

[0052] 도 1 및 도 2를 참조하면, 신호 생성기(106)는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호를 생성하여 실린더(100) 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(102)에 제공한다.

[0053] HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(102)는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호를 사방으로 송신한다.

[0054] 그러면, 도 2에 도시된 바와 같이, HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(102)에서 사방으로 송신되는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호는 전해액(114)을 투과하여 굴절되어 함체(112)의 여러 부분들을 통과하여 나오게 되거나 전해액(114)에서 반사된다.

[0055] 그다음, 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_1 내지 104_4)는 전기자기장의 우세한 힘으로 상기 함체(112) 내부의 전해액(114)을 투과하여 굴절되어 함체(112)의 여러 부분들을 통과하여 나오는 전기자기 투과파를 수신한다.

[0056] 또한, 상기 함체(112) 내부의 전해액(114)에서 반사하는 반사파는 실린더(100) 안에 배치된 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(102)에 의해 획득되어 신호 생성기(106)에 전달된다. 신호 생성기(106)는 획득한 반사파에 관한 정보를 유전율 추정기(108)로 전달한다.

[0057] 그다음, 유전율 추정기(108)는 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(104_1 내지 104_4)로부터 수신되는 신호 및 신호 생성기(106)로부터 수신되는 반사파에 관한 정보에 기반하여 함체(112) 내부의 전해액(114)의 유전율을 추정한다.

[0058] 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에서 상기 유전율 추정기(108)는, 기존과 달리 전해액(114)에서 반사되는 반사파는 물론 전해액(114)을 투과하여 굴절되어 함체(112)를 통과하는 투과파를 이용하는데, 전기자

기장이 함체(112) 및 전해액(114)을 통과할 때 굴절되는 다양한 방향에서 투과파들을 수신하여 높은 정확도로 유전율을 추출한다.

[0059] 즉, 유전율 추정기(108)는 송신 안테나(102)가 획득한 반사파와 제1 내지 제4 수신 안테나(104_1 내지 104_4)가 획득한 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 NWS 알고르즘이나 Retrieval 알고리즘을 사용하여 전해액(114)의 복소 유전율을 추정한다. 유전율 추정기(108)는 특히 투과파의 위상 부분까지 이용하여 유전율을 추정하므로, 복소 유전율을 더 정확하게 추정할 수 있다.

[0060] 상기 유전율 추정기(108)는, 신호처리 시 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA), PSO(Particle Swarm of Optimization), 딥러닝 알고리즘(Deep Learning Algorithm)을 사용하여 기하구조, 실제 유전율 분포에 상응하는 수학적 유전율 값을 계산한다. 이 알고리즘들은 도함수 기반(Gradient method) 최적화법, 비선형 방정식의 해법과 결합될 수도 있다.

[0061] 그런데, 도 1 구조의 함체(112)의 바닥을 보면 기존의 특허나 논문에서도 볼 수 없는 히터(110)가 결합되어 있다.

[0062] 히터(110)는 전해액(114)의 온도를 조절하여 전해액(114)에 온도 변화를 가하기 위한 것으로서, 전해액(114)의 온도 변화에 따른 유전율의 변화, 그 변화에 의한 송신 전기자기장의 반사파와 투과파의 변화를 데이터베이스화하는 작업을 위한 것이다.

[0063] 미리 전해액(114)의 온도와 전해액(114)의 유전율, 반사파, 투과파의 상관관계를 데이터베이스를 통해 기록해두면, 실제 상황에서의 반사파와 투과파로써 온도 변화를 읽어내는데, 기준(Referencing) 자료 역할을 하게 된다.

[0064] 전술한 유전율 추출을 통한 전해액(114)의 온도 변화 감지는, 반사파와 투과파 복소수 특성에 기반하여 유전율을 정확하게 추출하기 위해, 크기뿐만 아니라, 위상의 분포와 위상 변화까지 활용하는 것이 차별점이다. 이로써, 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체(112)에 감춰진 전해액(114) 또는 변압기에 감춰진 절연유의 물질 상수와 온도 변화를 외부 장치만으로 알아내게 된다.

[0065] 즉, 상기 유전율 추정기(108)는, 히터(110)를 이용하여 상기 전해액(114)의 온도를 변화시키면서 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 전해액(114)의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 전해액(114)의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 전해액(114)의 온도를 추정한다.

[0066] 또한, 내부 전해액(114)의 온도 변화는 전해액(114)의 유전율의 값의 변화뿐만 아니라 온도 변화에 따른 기계적 거동을 일으켜 투과파의 위상을 변화시켜 결국 추출되는 복소 유전율이 전해액(114)의 온도 변화와 상관성을 가져, 내부 변화를 외부에서 알 수 있게 된다.

[0067] 이때, 상기 유전율 추정기(108)는, 상기 함체(112) 내부의 온도 변화에 따라 상기 전해액(114)의 요동에 의해 상기 함체(112)의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부(미도시)에 의해 감지된 상기 함체(112)의 표면의 진동에 따른 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체(112)의 표면의 진동과 상기 전해액(114)의 온도 변화의 상관 관계를 추정한다.

[0068] 한편, 도 3에 도시된 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 내부 유체인 전해액(312)의 유전율에 대한 비파괴 시험대상인 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체(310)의 외부에 배치되어 상기 함체(310) 내부의 전해액(312)을 향해 전기자기 파를 송신하는 단파(HF: high frequency), 초단파(VHF: very high frequency), 극초단파(UHF: ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나로서, 상기 함체(310) 내부의 전해액(312)에서 반사하는 반사파를 수신하는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(300), 상기 함체(310) 내부의 전해액(312) 및 상기 함체(310)를 투과하는 전기자기 투과파를 수신하고, 상기 함체(310)의 외부면 또는 외부면에 이격되어 배치된 제1 내지 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_1 내지 302_3), 상기 송신 안테나(300)에 신호를 제공하기 위한 신호 생성기(304), 및 상기 반사파 및 상기 제1 내지 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_1 내지 302_3)로부터 수신되는 신호에 기반하여 상기 함체(310) 내부의 전해액(312)의 유전율을 추정하기 위한 유전율 추정기(306)를 포함한다.

[0069] 도 3에서, 제1 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_1)와 마주보는 함체(310)의 표면을 전면이라고 하면, 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_3)는 함체(310)의 후면에 배치되어 있는 것으로

가정한다.

[0070] 또한, 도 3에 도시되지 않았지만, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는, 상기 함체(310)의 표면에 X 대역~밀리미터파 대역의 신호를 송신하고 반사된 신호를 수신하기 위한 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부(미도시)를 더 포함한다.

[0071] 또한, 본 발명의 제2 실시예에서는 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체 내부의 전해액(312)의 유전율을 추정하지만, 본 발명의 실시예는 이에 한정되지 않고, 변압기(미도시)의 함체 내부의 절연유의 유전율을 추정할 수 있다.

[0072] 도 3에 도시된 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치는 도 1에 도시된 본 발명의 제1 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치와 유사하다.

[0073] 그러나, 도 1에 있는 송신 안테나(102)와 전해액(114) 분리용 실린더(100)가 도 2에는 없고, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기 절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에서는 송신 안테나(300)가 제1 내지 제3 수신 안테나(302_1 내지 302_3)와 함께 함체(310)의 외부에 위치해 있다. 그렇다 하더라도, 도 2에 도시된 검사 장치는 도 1에 도시된 검사 장치와 같은 유전율 추정, 온도 변화 감지 방식을 취한다.

[0074] 도 1과 도 2 공히, 함체 내는 물론 전해액이나 절연유를 전기자기장이 통과하기 위해서는 UHF 대역 이하의 전기자기장 안테나가 쓰이는 VHF 대역과 무선전력전송에 쓰이는 HF 대역의 저주파 광대역 안테나를 송신 안테나(102, 300)로서 사용한다.

[0075] 종래 기술은 송신 안테나로서 혼 안테나 역삼각형 안테나를 쓰는데, 주로 GHz 이상에서 광대역 동작용이므로 그 전기자기장은 함체는 물론 내부 유체를 통과할 수가 없다. 본 발명은 저주파 대역에서 소형이면서 광대역을 가지도록 메타재질구조를 사용한다.

[0076] 또한, 함체 내부의 온도 변화에 따른 유체의 요동에 의해 함체 표면의 기계적 진동을 투과파의 위상 변화로서 감지하기 위해, X 대역~밀리미터파 대역의 송수신부(미도시)를 더 포함한다.

[0077] 도 3 및 도 4를 참조하면, 신호 생성기(304)에서 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호를 생성하여 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(300)에 제공한다.

[0078] HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(300)는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호를 함체(310) 내부의 전해액(312)을 향해 송신한다.

[0079] 그러면, 도 4에 도시된 바와 같이, HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(300)에서 송신되는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 신호는 함체(310)를 통과하여 전해액(312)을 투과하여 굴절되어 함체(310)의 여러 부분들을 통과하여 나오게 되거나 전해액(312)에서 반사된다.

[0080] 그다음, 제1 내지 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_1 내지 302_3)는 전기자기장의 우세한 힘으로 상기 함체(310)를 통과하여 함체(310) 내부의 전해액(312)을 투과하여 굴절되어 함체(310)의 여러 부분들을 통과하여 나오는 전기자기 투과파를 수신한다.

[0081] 또한, 상기 함체(310) 내부의 전해액(312)에서 반사하는 반사파는 HF(high frequency), VHF(very high frequency), UHF(ultra high frequency) 대역 메타재질 송신 안테나(300)에 의해 획득되어 신호 생성기(304)에 전달된다. 신호 생성기(304)는 획득한 반사파에 관한 정보를 유전율 추정기(306)로 전달한다.

[0082] 그다음, 유전율 추정기(306)는 제1 내지 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나(302_1 내지 302_3)로부터 수신되는 신호 및 신호 생성기(304)로부터 수신되는 반사파에 관한 정보에 기반하여 함체(310) 내부의 전해액(312)의 유전율을 추정한다.

[0083] 도 3 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 의한 에너지 저장 시스템용 리튬이온 건전지 전해액, 변압기

절연유의 유전율과 내부 온도변화의 RF기반 비파괴 토모그래피 검사 장치에서 상기 유전율 추정기(306)는, 기존과 달리 전해액(312)에서 반사되는 반사파는 물론 전해액(312)을 투과하여 굴절되어 함체(310)를 통과하는 투과파를 이용하는데, 전기자기장이 함체(310) 및 전해액(312)을 통과할 때 굴절되는 다양한 방향에서 투과파들을 수신하여 높은 정확도로 유전율을 추출한다.

[0084] 즉, 유전율 추정기(306)는 송신 안테나(300)가 획득한 반사파와 제1 내지 제3 수신 안테나(302_1 내지 302_3)가 획득한 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 NWS 알고르즘이나 Retrieval 알고리즘을 사용하여 전해액(312)의 복소 유전율을 추정한다. 유전율 추정기(306)는 특히 투과파의 위상 부분까지 이용하여 유전율을 추정하므로, 복소 유전율을 더 정확하게 추정할 수 있다. 즉, 유전율 추정기(306)는 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 전해액(312)의 복소 유전율을 추정한다.

[0085] 상기 유전율 추정기(306)는, 신호처리 시 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm, GA), PSO(Particle Swarm of Optimization), 딥러닝 알고리즘(Deep Learning Algorithm)을 사용하여 기하구조, 실제 유전율 분포에 상응하는 수학적 유전율 값을 계산한다. 이 알고리즘들은 도함수 기반(Gradient method) 최적화법, 비선형 방정식의 해법과 결합될 수도 있다.

[0086] 그런데, 도 3 구조의 함체(310)의 바닥을 보면 기존의 특허나 논문에서도 볼 수 없는 히터(308)가 결합되어 있다.

[0087] 히터(308)는 전해액(312)의 온도를 조절하여 전해액(312)에 온도 변화를 가하기 위한 것으로서, 전해액(312)의 온도 변화에 따른 유전율의 변화, 그 변화에 의한 송신 전기자기장의 반사파와 투과파의 변화를 데이터베이스화하는 작업을 위한 것이다.

[0088] 미리 전해액(312)의 온도와 전해액(312)의 유전율, 반사파, 투과파의 상관관계를 데이터베이스를 통해 기록해두면, 실제 상황에서의 반사파와 투과파로써 온도 변화를 읽어내는데, 기준(Referencing) 자료 역할을 하게 된다.

[0089] 전술한 유전율 추출을 통한 전해액(312)의 온도 변화 감지는, 반사파와 투과파 복소수 특성에 기반하여 유전율을 정확하게 추출하기 위해, 크기뿐만 아니라, 위상의 분포와 위상 변화까지 활용하는 것이 차별점이다. 이로써, 에너지 저장 시스템(ESS)의 함체(310)에 감춰진 전해액(312) 또는 변압기에 감춰진 절연유의 물질 상수와 온도 변화를 외부 장치만으로 알아내게 된다.

[0090] 즉, 상기 유전율 추정기(306)는, 히터(308)를 이용하여 상기 전해액(312)의 온도를 변화시키면서 상기 반사파와 투과파 및 상기 투과파의 위상에 기반하여 상기 전해액(312)의 복소 유전율의 변화를 추정하고, 상기 전해액(312)의 온도와 상기 추정된 유전율의 상관 관계에 기반하여, 상기 전해액(312)의 온도를 추정한다.

[0091] 또한, 내부 전해액(312)의 온도 변화는 전해액(312)의 유전율의 값의 변화뿐만 아니라 온도 변화에 따른 기계적 거동을 일으켜 투과파의 위상을 변화시켜 결국 추출되는 복소 유전율이 전해액(312)의 온도 변화와 상관성을 가져, 내부 변화를 외부에서 알 수 있게 된다.

[0092] 이때, 상기 유전율 추정기(306)는, 상기 함체(310) 내부의 온도 변화에 따라 상기 전해액(312)의 요동에 의해 상기 함체(310)의 표면에 진동이 발생하는 경우, 상기 X 대역~밀리미터파 대역 송수신부(미도시)에 의해 감지된 상기 함체(310)의 표면의 진동에 따른 반사파의 위상 변화에 기반하여, 상기 함체(310)의 표면의 진동과 상기 전해액(312)의 온도 변화의 상관 관계를 추정한다.

[0093] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

부호의 설명

[0094] 100 : 실린더

102 : 단파(HF), 초단파(VHF), 극초단파(UHF) 대역 메타재질 송신 안테나

104_1 내지 104_4 : 제1 내지 제4 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나

106, 304 : 신호 생성기

108, 306 : 유전율 추정기

110, 308 : 히터

112, 310 : 함체

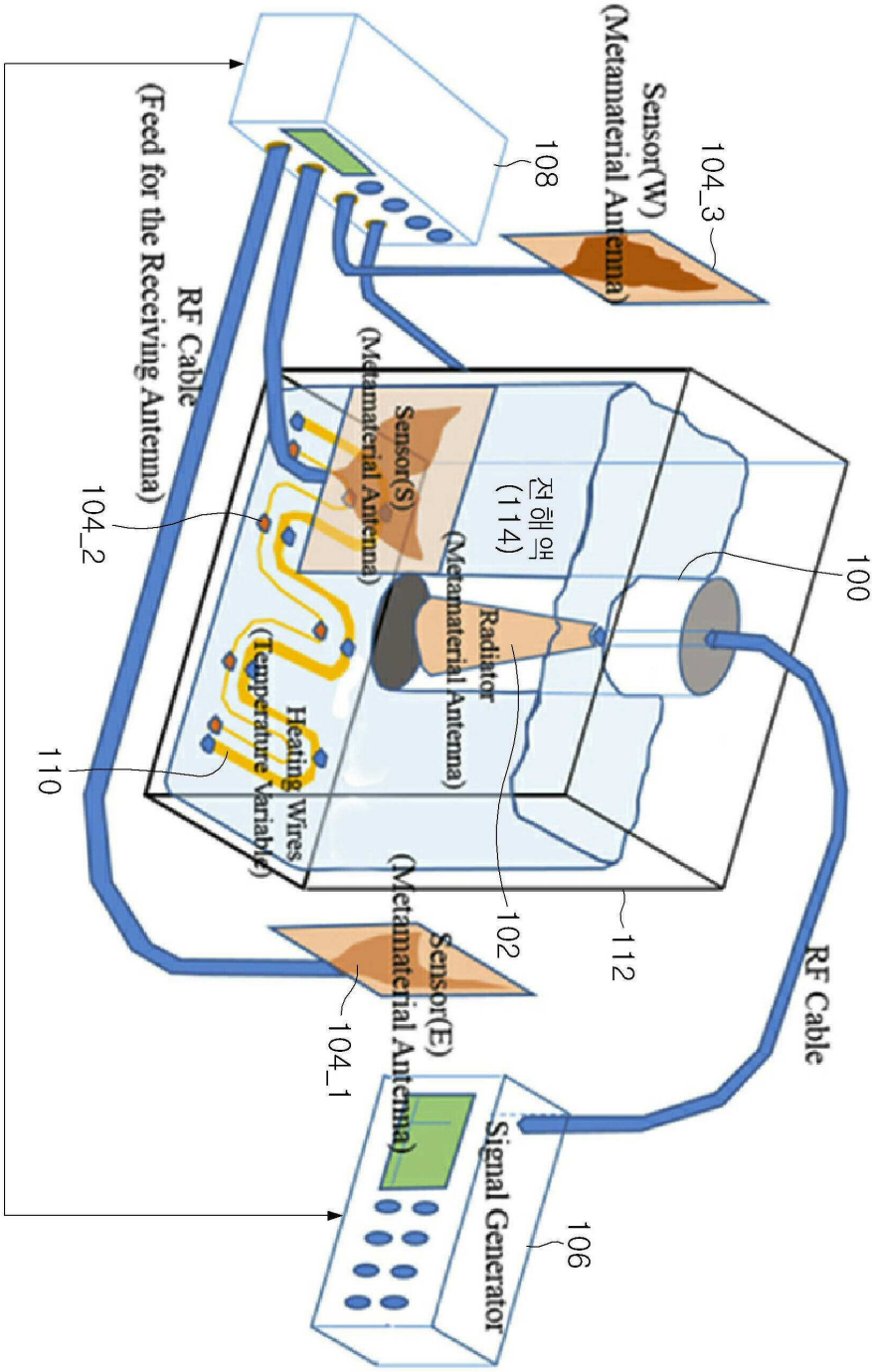
114, 312 : 전해액

300 : 단파(HF), 초단파(VHF), 극초단파(UHF) 대역 메타재질 송신 안테나

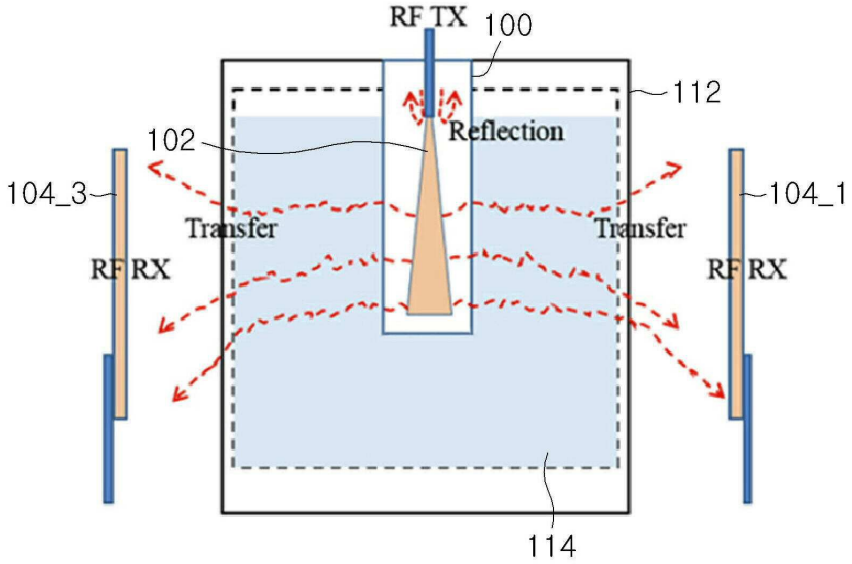
302_1 내지 302_3 : 제1 내지 제3 HF, VHF, UHF 대역 메타재질 수신 안테나

도면

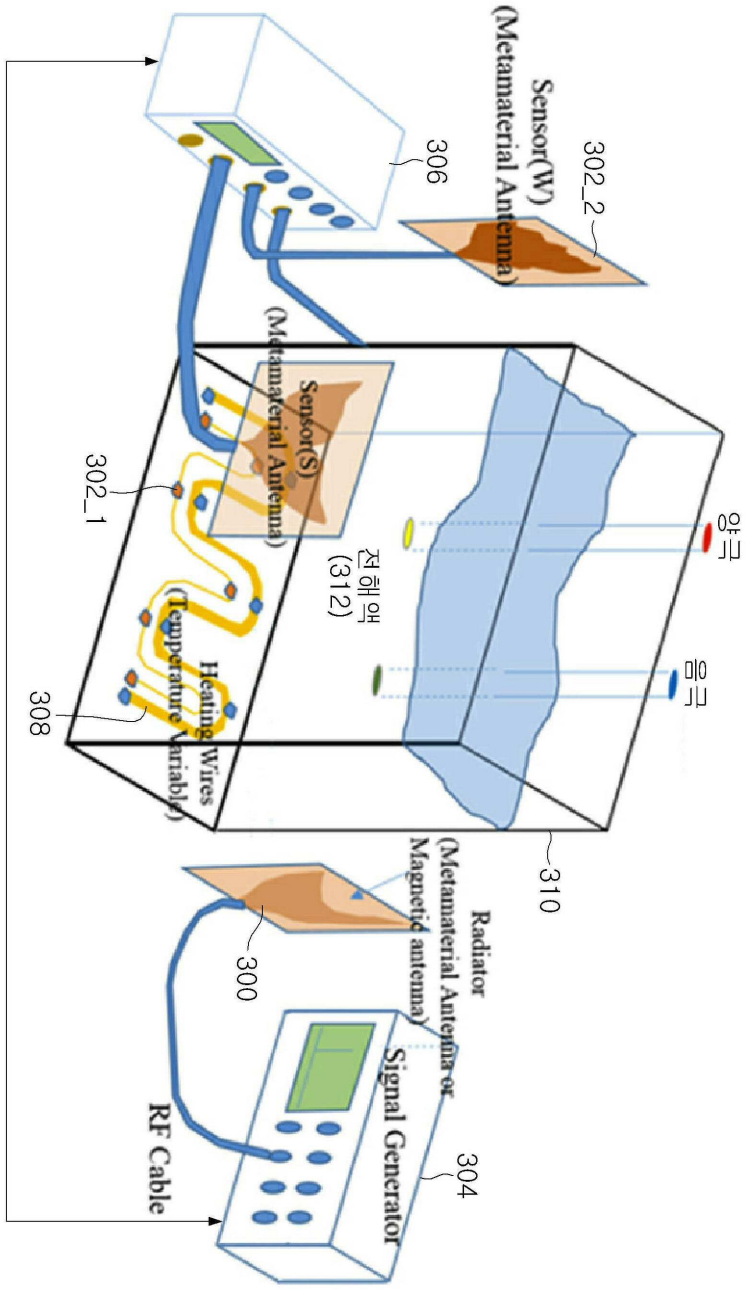
도면1



도면2


RF TX
100
112
Reflection
102
104_3
104_1
Transfer
Transfer
RF RX
RF RX
114

도면3


Sensor(W)
(Metamaterial Antenna)
306
302_2
(Metamaterial Antenna)
Sensor(S)
302_1
양극
전해액
(312)
음극
Heating Wires
(Temperature Variable)
308
310
Radiator
(Metamaterial Antenna or
Magnetic antenna)
300
Signal Generator
304
RF Cable

도면4

