



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월19일  
(11) 등록번호 10-1880258  
(24) 등록일자 2018년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H02J 17/00 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7009317  
(22) 출원일자(국제) 2012년09월10일  
심사청구일자 2017년08월31일  
(85) 번역문제출일자 2014년04월08일  
(65) 공개번호 10-2014-0067101  
(43) 공개일자 2014년06월03일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/054490  
(87) 국제공개번호 WO 2013/036947  
국제공개일자 2013년03월14일  
(30) 우선권주장  
61/532,785 2011년09월09일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2011072074 A  
JP2009219177 A\*  
JP10327539 A  
KR1020030092970 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
위트리시티 코퍼레이션  
미국 메사추세츠주 02472 워터타운 워터 스트리트 57  
(72) 발명자  
버거스 사이먼  
미국 02474 매사추세츠주 앨링턴 파커 로드 5  
케슬러 모리스 피.  
미국 01730 매사추세츠주 베드포드 헨콕 스트리트 95  
(74) 대리인  
(뒷면에 계속)  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 17 항

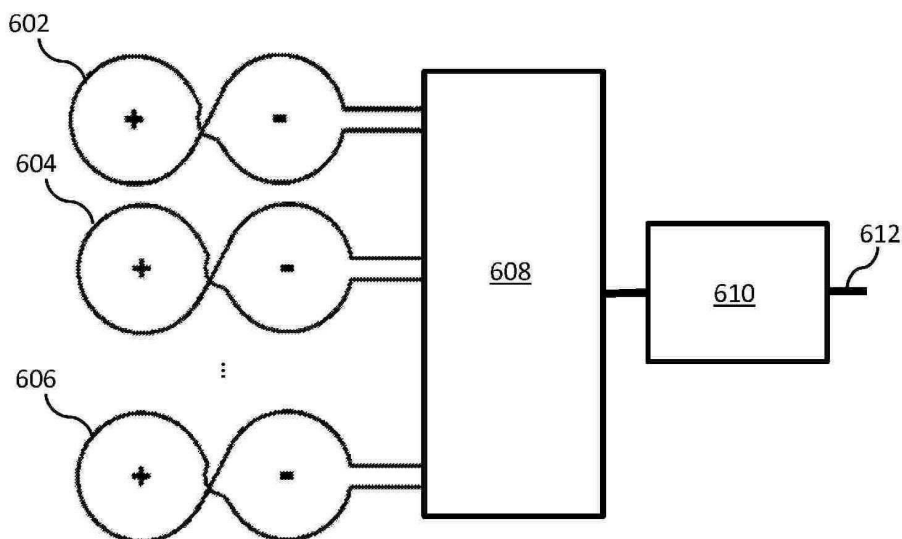
심사관 : 박형준

(54) 발명의 명칭 무선 에너지 전송 시스템에서의 이물질 검출

(57) 요약

무선 에너지 전송 시스템은 이물질 잔해 검출 시스템을 포함한다. 이 시스템은 진동하는 자기장을 생성하도록 구성되는 적어도 하나의 무선 에너지 전송 소스를 포함한다. 이물질 잔해는 진동하는 자기장 내에 포지셔닝된 적어도 하나의 자기장 구배측정기에 의하여 검출될 수도 있다. 적어도 하나의 자기장 구배측정기의 전압은 관독 회로부 및 피드백 루프를 사용하여 측정될 수도 있고 구배측정기로부터의 판독치는 무선 에너지 소스의 파라미터를 제어하기 위하여 사용될 수도 있다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

홀 케서린 엘.

미국 02474 매사추세츠 앨링턴 커터 힐 로드 82

러우 허버트 티.

미국 01741 매사추세츠주 칼라일 패치 매도우 레인  
84

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템으로서,

적어도 하나의 자기장 구배측정기(magnetic field gradiometer)를 포함하는 적어도 하나의 자기장 센서, 및

상기 적어도 하나의 자기장 센서의 전기적 파라미터를 측정하기 위한 적어도 하나의 판독 회로를 포함하며,

상기 적어도 하나의 자기장 센서는 상기 무선 에너지 전송 시스템의 자기장 내에 포지셔닝되는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자기장 구배측정기는 8자형 사극자 도체 루프(quadrupole conductor loop)를 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자기장 구배측정기는 팔극자 도체 루프(octupole conductor loop)를 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 판독 회로는 상기 적어도 하나의 자기장 구배측정기 내의 순환 전류를 실질적으로 방지하기에 충분한 입력 임피던스를 가지는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 8자형 사극자 도체 루프는 회로 보드 상에 인쇄되는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 8자형 사극자 도체 루프는 방형인, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 8

제 3 항에 있어서,

상기 시스템은 무선 에너지 전송 시스템의 자기장 내에 포지셔닝된 구배측정기 루프들의 어레이를 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 시스템은 오프셋되고 중첩된 구배측정기 루프들의 다수의 층을 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 판독 회로는 복수 개의 구배측정기 루프들 사이에서 다중화되는, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

제 2 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자기장 구배측정기는 검출될 최소 이물질 잔해(FOD)의 사이즈의 적어도 두 배인, 무선 에너지 전송 시스템용 이물질 잔해 검출 시스템.

#### 청구항 13

이물질 잔해 검출을 이용하는 무선 에너지 전송 시스템으로서,

진동하는 자기장을 생성하도록 구성되는 적어도 하나의 무선 에너지 전송 소스;

상기 진동하는 자기장 내에 포지셔닝된 적어도 하나의 자기장 구배측정기;

상기 자기장 구배측정기의 전기적 파라미터를 측정하기 위한 판독 회로; 및

상기 무선 에너지 전송 소스의 파라미터를 상기 자기장 구배측정기의 측정된 전기적 파라미터에 응답하여 제어하기 위한 피드백 루프를 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 무선 에너지 전송 소스와 연관된 온도를 측정하도록 포지셔닝되는 적어도 하나의 온도 센서를 더 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자기장 구배측정기로부터의 판독치가 상기 적어도 하나의 무선 에너지 전송 소스의 에너지 전송을 셧 다운하는데 사용되는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 16

제 13 항에 있어서,

고-입력-임피던스 판독 회로에 접속된 자기장 구배측정기들의 어레이를 더 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 고-입력-임피던스 판독 회로는 자기장 구배측정기들의 전압 신호를 모니터링하는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 고-입력-임피던스 관독 회로는 자기장 구배측정기들의 전압 신호의 위상을 모니터링하는, 무선 에너지 전송 시스템.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 관독 회로를 상기 적어도 하나의 무선 에너지 전송 소스의 진동하는 자기장의 주파수와 동기화하기 위한 필드 감지 루프를 더 포함하는, 무선 에너지 전송 시스템.

### 발명의 설명

### 기술 분야

#### [0001] 관련 출원들에의 상호-참조

[0002] 이 출원서는 2011년 9월 9일에 출원된 미국 가출원 번호 제 61/532,785 호에 대한 우선권을 주장한다.

#### [0003] 분야:

[0004] 본 개시물은 무선 에너지 전송 및 무선 전력 송신 시스템에서의 이물질 잔해(foreign object debris; FOD)를 검출하는 방법에 관련된다.

### 배경 기술

#### [0005] 관련 기술의 설명

[0006] 에너지 또는 전력은, 예를 들어 모두 동일한 소유인, 2010 년 5 월 6 일에 US 2010/010909445 호로서 공개되고 발명의 명칭이 "Wireless Energy Transfer Systems"인 미국 특허 출원 제 12/613,686 호, 2010 년 12 월 9 일 에 2010/0308939 로서 공개되고 발명의 명칭이 "Integrated Resonator-Shield Structures"인 미국 특허 출원 제 12/860,375 호, 2012 년 3 월 15 일에 2012/0062345 로서 공개되고 발명의 명칭이 "Low Resistance Electrical Conductor"인 미국 특허 출원 제 13/222,915 호, 공개되며 발명의 명칭이 "Multi-Resonator Wireless Energy Transfer for Lighting"인 미국 특허 출원 제 13/283,811 호에서 구체적으로 기술되는 바와 같은 다양한 공지된 방사성 또는 원거리장(far-field), 및 비-방사성 또는 근거리장 기법들을 사용하여 무선으로 전송될 수도 있으며, 이들의 콘텐츠는 원용에 의하여 통합된다.

[0007] 두 개의 커플링된 공진기들 사이의 진동하는 자기장에 의존하는 무선 충전 시스템은 효율적이고, 비-방사성이며, 안전할 수 있다. 공진기들 사이에 삽입되는 비-자기적 및/또는 비-금속성 오브젝트는 무선 에너지 전송을 위하여 사용되는 자기장과 실질적으로 상호작용한다. 몇 가지 실시예들에서, 무선 전력 전송 시스템의 사용자는 이러한 "이물질"의 존재를 검출하려고 원할 수도 있으며 무선 전력 전송 시스템을 제어, 턴 다운, 턴 오프, 알람발생 등을 하기를 원할 수도 있다. 공진기 들 사이에 삽입된 금속성 오브젝트 및/또는 다른 오브젝트들은 금속성 및/또는 다른 오브젝트가 무선 에너지 전송에 요동을 일으키고(perturb) 및/또는 크게 온도가 올라가게 하는 방식으로 무선 전력 전송 시스템의 자기장과 상호작용할 수도 있다. 몇 가지 실시예들에서, 무선 전력 전송 시스템의 사용자는 이러한 "이물질"의 존재를 검출하려고 원할 수도 있으며 무선 전력 전송 시스템을 제어, 턴 다운, 턴 오프, 알람발생 등을 하기를 원할 수도 있다.

[0008] 무선 전력 송신 시스템의 근방에 포지셔닝된 이물질 잔해(Foreign Object Debris; FOD)는 양성(benign)일 수 있고 및/또는 양성 방식으로 에너지 전송을 위하여 사용되는 필드와 상호작용할 수도 있다. 양성 FOD는 먼지, 모래, 나뭇잎, 나뭇가지, 눈, 구리스(grease), 오일, 물, 및 저-주파수 자기장과는 크게 상호작용하지 않을 수도 있는 다른 물질을 포함할 수도 있다. 실시예들에서, FOD는 양성 방식으로 무선 에너지 전송을 위하여 사용되는 필드와 상호작용할 수도 있는 오브젝트를 포함할 수도 있는데, 하지만 이것은 지각된 위험, 또는 주의력의 양호함 때문에 무선 전송 시스템의 공진기에 매우 근접한 지역으로부터 제한될 수도 있다. 이러한 타입의 FOD의 공통적인 예는 예를 들어 무선 EV 충전 시스템의 코일들 사이에서 잠을 자려고 할 수도 있는 고양이이다. 실시예들에서, 몇몇 FOD는 에너지 전송을 위하여 사용되는 공진기의 특징에 요동을 일으키는 방식으로 자기장과 상호작용할 수도 있고, 에너지 전송을 위하여 사용되는 자기장을 차폐하거나 감소시킬 수도 있으며, 또는 화재 및 또는 화재의 위험을 발생시킬 수도 있다. 일부 애플리케이션에서 고-전력 충전 도중에 가연성 금속성 오브

젝트가 발화하기에 충분하게 되는 것을 방지하기 위하여 특별한 주의가 필요할 수도 있다. 몇몇 금속성 오브젝트들은 가열되고 이것이 여전히 뜨거운 동안에 이것을 집으려는 사람에게 화상을 입히거나 불쾌감을 주기에 충분한 열용량을 가질 수 있다. 예들은 툴, 코일, 금속 조각, 소다 캔, 강철 울(wool), 음식(씹는 검, 버거 등) 래퍼(wrapper), 금속 호일이 있는 담배갑, 및 기타 등등을 포함한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 따라서 무선 에너지 전송 시스템 근방에 있는 FOD의 효과를 검출하거나 완화시키기 위한 방법 및 디자인이 요구된다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 이물질 잔해 검출 시스템은 측정 무선 에너지 전송 시스템의 공진기 주위의 자기장에 있는 동요를 자기장 센서 및/또는 구배측정기를 사용하여 측정할 수도 있다. 센서 및/또는 구배측정기는 무선 에너지 전송 시스템의 자기장 내에 포지셔닝될 수도 있다. 센서 및/또는 구배측정기는 와이어의 루프 및/또는 루프를 형성하는 인쇄된 도체 트레이스, 8자형 루프, 및/또는 자신의 표면을 관통하는 자기적 플럭스의 양에 비례하는 전기 신호를 생성하는 하나의 루프 또는 다중 루프를 포함하는 구조를 포함할 수도 있다. 루프 및/또는 루프들은 고-입력-임피던스 관독 회로부에 연결될 수도 있다. 관독 회로부는 루프 내의 전압 및/또는 전류 및/또는 전압 및/또는 전류의 상대적인 위상을 측정할 수도 있다. 실시예들에서 시스템은 루프들의 다중층을 포함하여 FOD의 검출 확률을 증가시킬 수도 있다. 실시예들에서, 루프는 공진기의 동요된 품질 인자, 에너지 전송의 효율, 전송된 전력의 양, 시스템에 의하여 생성된 열 및 기타 등등과 같은 무선 전력 전송 시스템의 특징에 크게 영향을 미치지 않고 동작하도록 설계될 수도 있다.

[0011] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 이물질 잔해 검출 시스템을 포함할 수도 있는 무선 에너지 전송 시스템이 제공된다. 이 시스템은 진동하는 자기장을 생성하도록 구성되는 적어도 하나의 무선 에너지 전송 소스를 포함할 수도 있다. 이물질 잔해는 진동하는 자기장 내에 포지셔닝된 자기장 구배측정기에 의하여 검출될 수도 있다. 구배측정기의 전압 및/또는 전류는 관독 회로부 및 피드백 루프를 사용하여 측정될 수도 있고 구배측정기로부터의 관독치는 무선 에너지 소스의 파라미터를 제어하기 위하여 사용될 수도 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 도 1 은 수동 FOD 완화를 제공하는 공진기 커버가 있는 공진기의 측면도를 도시한다.

도 2 는 각각의 필드 센서로서 사용될 수도 있으며 두 개의 개개의 필드 센서들에 의한 자기적 플럭스 캡처에서의 차분을 감지하는 구배측정기 내로 패셔닝될 수도 있는 와이어의 두 개의 루프를 도시한다.

도 3a 는 대향하는 자기적 쌍극자를 가지도록 정렬되는 두 개의 작은 도체 루프의 2-로브 구성(이러한 구조는 자기적 사극자(magnetic quadrupole)라고 지칭될 수도 있음)를 도시한다; 도 3b 는 정렬된 자기적 사극자의 4-로브 구성을 도시한다; 도 3c 는 대향된 사극자의 4-로브 구성으로서 흔히 팔극자(octupole)라고 불리는 것을 도시한다; 그리고 도 3d 는 선형 차원에서 연장하는 4-로브 구성을 도시한다. "+" 및 "-" 부호들은 상대적 참조 프레임에서, 각각의 루프의 자기적 쌍극자의 방향을 표시한다.

도 4a 는 높은 영역-충진 인자를 획득하기 위한 정방형 형상을 가진 루프를 포함하는 FOD 검출기 어레이를 도시한다; 그리고 도 4b 는 두 개의 오프셋 어레이가 있는 일 실시예로서 블라인드 스팟을 제거하기 위하여 사용될 수도 있는 배치구성을 도시한다.

도 5 는 관독 회로에 접속된 FOD 검출기를 도시한다.

도 6 은 관독 회로부에 접속된 FOD 검출기들의 어레이를 도시한다.

도 7 은 관독 회로부 및 동기화 루프에 접속된 FOD 검출기들의 어레이를 도시한다.

도 8 은 FOD 검출기 루프들의 일 예시적인 실시예를 도시한다.

도 9a 내지 도 9c 는 8자형 구배측정기 센서로부터의 예시적인 전압 측정 곡선들을 도시한다.

도 10 은 예시적인 EV 충전기 시스템의 블록도를 도시한다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] FOD 위험을 완화시키기 위한 방법은 수동 완화 기법 및 능동 완화 기법으로 범주화될 수 있다. 수동 완화 기법은 FOD가 높은 자기장의 지역 내에 진입하거나 거기에 머무는 것을 방지하기 위하여 사용될 수도 있다. 수동 완화 기법은 FOD가 자기장과 위험하게 상호작용할 우도를 낮출 수도 있다. 능동 완화 기법은 FOD의 존재를 감출하고 이에 대응하기 위하여 사용될 수도 있다.
- [0014] **수동 완화 기법**
- [0015] 수동 완화 기법은 FOD가 공진기들 사이의 지역 또는 높은 자기장의 특정한 지역에 진입하는 것을 방지하고, 이를 통하여 FOD의 자기장과의 상호작용을 방지하도록 사용될 수도 있다.
- [0016] 추가적인 예시적 실시예를 통하여, 무선 전력 전송 시스템의 공진기 커버의 디자인이 수동 FOD 완화 기법을 제공할 수도 있다. 실시예들에서, 소스 및/또는 디바이스 및/또는 리피터 공진기의 엔클로저는 FOD가 자기장이 매우 클 수도 있는 공진기 및/또는 공진기 코일의 영역에 근접하게 접근하는 것을 방지하도록 성형될 수도 있다. 공진기 엔클로저는 만곡되거나, 각지도록 설계되거나, 또는 커버 상의 임의의 FOD가 커버 밖으로 구르고 공진기 및/또는 높은 자기장으로부터 멀어지게 밀어내도록 성형될 수도 있다. 공진기 엔클로저는 중력이 오브젝트를 공진기로부터 멀리 끌어당기도록 성형되거나 포지셔닝될 수도 있다. 다른 실시예들에서 공진기의 엔클로저 및 포지션은 FOD를 멀리 이동시키기 위하여 다른 자연적이거나 편재하는(omnipresent) 힘을 사용하도록 설계될 수도 있다. 예를 들어, 물 흐름, 바람, 진동 등의 힘이 FOD가 공진기 주위의 원치 않는 지역에서 축적하거나 머무는 것을 방지하기 위하여 사용될 수도 있다. 실시예들에서, 공진기는 지면과 실질적으로 수직이 되도록 정렬됨으로써, 오브젝트들이 공진기 상에 자연적으로 정지하거나 축적하지 않도록 할 수도 있다. 실시예들에서, 공진기 엔클로저는 FOD 및 공진기 컴포넌트 사이의 최소 거리를 허용하는 금지 존을 포함할 수도 있다. 금지 존은 금지 존 외부의 필드가 안전성 또는 성능 문제들을 야기하지 않을 만큼 충분히 작도록 보장하기 위하여 충분히 클 수도 있다.
- [0017] 어느 정도의 수동 FOD 보호를 제공하는 일 예시적인 공진기 커버가 도 1에 도시된다. 무선 전력 전송 시스템의 자기적 공진기(104)는 성형된 커버(102)에 의하여 둘러싸이거나 밀폐되거나 또는 그 아래에 배치될 수도 있다. 커버(102)는 FOD(106)가 중력의 힘에 기인하여 커버(102) 아래로 굴러가게 하도록 성형될 수도 있다. 커버(102)의 형상은 임의의 FOD를 공진기의 측면으로 및/또는 자기장의 크기가 FOD의 가열에 기인하여 위험 상태를 야기하기에 충분히 큰 공진기를 둘러싸는 지역으로부터 멀리 보냄으로써, FOD(106)가 커버(102)의 상단에 및/또는 공진기(104)의 근방에 축적하는 것을 방지할 수도 있다. 실시예들에서, FOD는 높은 필드 지역으로부터 충분히 멀리 보내져서 더 이상 필드에 의하여 가열되고 및/또는 점화되는 위험을 가지지 않게 할 수도 있다.
- [0018] 다른 예시적이고 비한정적인 실시예에서, 수동 FOD 기법은 원하는 한계 아래의 무선 전력 교환의 지역 내의 임의의 장소에서 최대 자기장 밀도를 감소시키기 위하여 공진기 및/또는 공진기 컴포넌트를 크기결정하는 것을 포함할 수도 있다. 실시예들에서, 상대적으로 큰 공진기 코일이 FOD 위험의 서브세트를 완화시키기 위하여 사용될 수도 있다. 전력 전송의 고정된 레벨에 대하여, 더 큰 공진기 코일의 사용이, 어떤 양의 전력을 무선으로 전송하기 위하여 요구되는 단위 면적당 자기장 세기를 감소시키기 위하여 사용될 수도 있다. 예를 들어, 소스에 의하여 생성된 최대 자기장 세기는 발열 또는 다른 위험이 발생하는 것으로 알려진 임계 아래로 감소될 수도 있다. 수동 완화 기법이 언제나 가능하거나 실용적이거나 충분한 것은 아닐 수도 있다. 예를 들어, 공진기 사이즈를 크게 함으로써 FOD 위험을 감소시키는 것은 시스템 비용 제한에 기인하거나 공진기를 특정 크기의 시스템 내에 통합시키고자 하는 희망에 기인하여 실용적이지 않을 수도 있다. 그러나, 완전히 수동적인 기법이 가능하거나 실용적이거나 및/또는 충분하지 않을 수도 있는 애플리케이션에서도, 수동 완화 기법은 FOD 위험을 적어도 부분적으로 감소시키기 위하여 사용될 수도 있고 능동 완화 기법에 대하여 상보적일 수도 있다.
- [0019] **능동 완화 기법**
- [0020] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD에 대한 능동 완화 기법은 금속성 오브젝트, 고온 오브젝트, 공진기 파라미터에서의 요동, 및/또는 자기장 분포에서의 요동을 검출할 수도 있는 검출기 시스템을 포함할 수도 있다.
- [0021] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD 오브젝트, 예컨대 금속성 오브젝트는 무선 에너지 전송 시스템의 효율 또는 전력 전송 능력에 요동을 발생시키기에 충분한 크기, 규모, 및/또는 물질 조성을 가질 수도 있다. 이러한 경우들에서, 상기 FOD 오브젝트들의 존재는 소스 공진기 및/또는 디바이스 공진기 및/또는 무선 전력 시스템의 리피터 공진기와 연관된 전압, 전류, 및/또는 전력 중 하나 이상에서의 변화를 검사함으로써 결정될 수



도 있다. 몇몇 FOD 오브젝트들은 에너지 전송을 위하여 사용되는 공진기의 파라미터에 요동을 일으킬 수도 있고 및/또는 에너지 전송의 특징에 요동을 일으킬 수도 있다. FOD 오브젝트는 예를 들어 공진기의 임피던스를 변경시킬 수도 있다. 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 이러한 요동은 공진기 및 무선 에너지 전송의 전류, 전력, 위상, 주파수 등을 측정함으로써 검출될 수도 있다. 기대되거나 예측된 값으로부터의 변화 또는 편차가 FOD의 존재를 검출하기 위하여 사용될 수도 있다. 예시적인 실시예에서, 무선 전력 시스템 내의 FOD를 검출하고 이에 대응하기 위하여 전용 FOD 센서가 필요하지 않을 수도 있다.

[0022] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD 오브젝트는 무선 에너지 전송에 오직 약하게만 요동을 일으킬 수도 있고 공진기의 전기적 파라미터 및/또는 무선 에너지 전송의 특징을 모니터링함으로써 실질적으로 검출가능하지 않을 수도 있다. 그러나, 이러한 오브젝트도 여전히 위험을 생성할 수 있다. 예를 들어, 자기장과 오직 약하게만 상호작용하는 FOD 오브젝트들도 여전히 크게 가열될 수도 있다. 자기장과 오직 약하게만 상호작용할 수도 있지만 큰 발열을 겪을 수도 있는 FOD 오브젝트의 일 예는 추잉 검 및 담배 패키지에서 흔히 발견되는 것과 같으며 버거 킹 및 켄터키 프라이드 치킨과 같은 패스트 푸드 회사로부터의 음식을 포장하기 위하여 흔히 사용되는 것과 같은 금속-호일-및-종이 래퍼(wrapper)이다. 3.3-kW 무선 에너지 차량 충전 시스템의 공진기들 사이에 배치되면, 추잉 검 래퍼는 공진기 및/또는 에너지 전송 시스템과 연관된 전기적 파라미터를 검사함으로써 검출가능하지 않을 수도 있다. 그러나, 상기 래퍼는 급격하게 가열되고 종이가 결국 불타게 하는 충분히 전력을 여전히 흡수할 수도 있다.

[0023] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD에 대한 능동 완화 시스템은 무선 에너지 전송 시스템 근처의 고온 스팟, 고온 영역, 및/또는 고온 오브젝트를 검출하기 위한 온도 센서를 포함할 수도 있다. 시스템은 에너지 전송 시스템 주위의 열원, 열 구배(heat gradient) 등을 검출하기 위한 임의의 개수의 온도 센서, 적외선 검출기, 카메라 등을 포함할 수도 있다. 실시예들에서, 고온 오브젝트 감지는 독자적으로 또는 다른 능동 및 수동 완화 기법에 추가하여 사용될 수도 있고 가열된 FOD의 검출가능성을 더욱 향상시키고 및/또는 다른 능동 FOD 시스템의 오-경보 레이트를 감소시키기 위하여 사용될 수 있다.

[0024] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 두 개의 공진기들 사이의 자기장에 오직 약하게 요동을 발생시키는 FOD 오브젝트에 대한 능동 완화 시스템은 FOD 오브젝트 근방의 자기장에서의 작은 변화를 측정하기 위한 센서를 포함할 수도 있다. 예를 들어, 금속-호일-및-종이 추잉 검 래퍼는 두 개의 공진기들 사이의 자기적 플럭스를 실질적으로 변경시키지 않을 수도 있는데, 하지만 이것이 코일 또는 루프 영역 중 임의의 부분을 커버하고 및/또는 차폐했다면 이것은 훨씬 더 작은 센서 코일 또는 루프를 통과하는 자기적 플럭스를 실질적으로 변경시킬 수도 있다. 실시예들에서, FOD의 존재에 의하여 야기된 자기장에서의 국지적 외란(disturbances)은 FOD 근방의 자기장 변화, 변동, 구배, 및 기타 등등을 측정함으로써 검출될 수도 있다.

[0025] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD 센서는 두 개의 작은 와이어 루프(202, 204)를 사용하여 도 2 에 도시된 바와 같이 실현될 수도 있다. 이러한 센서는 무선 에너지 전송을 위하여 사용되는 공진기 상에 또는 이에 근접하게 배치될 수도 있다. 동작 도중에 무선 에너지 전송 시스템은 두 개의 루프들을 관통하는 자기장을 생성한다. 각각의 개별 루프는 각각의 루프(206, 208) 내부로 스레딩하는(threading) 자기적 플럭스의 양에 비례하는 전압을 발생시킨다. 두 개의 루프에 의하여 발생된 전압들 간의 차분은, 1 차 함수로서 루프에 근접한 자기장의 구배에 비례한다. 만일 두 개의 루프가 균일한 필드의 지역에 배치되고 루프들이 실질적으로 유사하다면, 두 개의 루프에 의하여 발생된 전압들 사이의 차분은 매우 작을 수도 있다. 만일, 예를 들어, 추잉 검 래퍼가 부분적으로 하나를 커버하지만 다른 것은 커버하지 않도록 배치된다면, 두 개의 루프들에 의하여 발생된 전압들 사이의 차분은, 검 래퍼의 금속 호일이 그 루프를 관통하여 지나갔을 자기적 플럭스 중 일부를 편향시키고 또는/또는 흡수할 수도 있기 때문에, 래퍼가 존재하지 않았을 경우보다 더 클 것이다. 실시예들에서, 두 개의 루프로부터의 출력은 서로로부터 감산됨으로써 루프들의 조합이 감지된 필드가 실질적으로 균일한 경우에는 소신호를 생성하고 두 개의 루프들 사이의 필드에 구배가 존재하는 경우에는 충분히 더 큰 신호를 생성하도록 할 수도 있다. 루프 및/또는 코일이 필드 구배의 존재 시에 신호를 생성하도록 구성되는 경우에, 이들은 구배 측정기(gradimeter)로서 정렬되고 있는 것으로 지칭될 수도 있다. 루프들로부터의 신호가 아날로그 회로부, 디지털 회로부를 사용하거나 및/또는 루프를 특정한 구성으로 서로 연결함으로써 감산될 수도 있다는 것에 주의한다. 센서 및/또는 구배측정기의 민감도는 두 개의 루프들 사이의 전압 차분의 크기 및/또는 위상에 관련될 수도 있다.

[0026] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 센서 및/또는 구배측정기의 민감도는 주어진 사이즈, 또는 주어진 사이즈보다 큰 오브젝트를 우선적으로 검출하도록 조절될 수도 있다. 민감도가 잘못된 검출 레이트를 감소시키거나, 검출 시스템의 노이즈를 낮추거나, 및/또는 주파수의 범위 위에서 동작하게 조절될 수도 있다. 실시예들에



서, 루프들의 사이즈 및 형상은 센서의 민감도를 조절하기 위하여 조절될 수도 있다. 루프들은 더 많은 권선수를 포함하거나, 및/또는 추가적 루프, 예컨대 4 개의 루프를 포함하거나, 또는 예를 들어 8 개의 루프를 포함하도록 조절될 수도 있다. 실시예들에서, 루프들은 회전 대칭성을 가지도록 포지셔닝될 수도 있고 또는 이들은 선형 배치로 정렬되거나 또는 임의의 사이즈 및 형상의 지역을 충전하도록 성형될 수도 있다.

[0027] 필드 밀도가 구배측정기가 배치될 수도 있는 위치 및/또는 다른 구배측정기 및/또는 루프 디자인들이 구현될 수도 있는 위치에서 불균일할 수도 있는 실시예들에서, 금속성 오브젝트의 존재는 결과적으로 두 개의 루프 전압들 간의 차분에 대응하여 파형에서의 진폭 및/또는 위상 변화 차분을 초래할 수도 있다. 실시예들에서, 루프들은 복수 개의 권선수를 가질 수도 있다. 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 루프 영역(206, 208)은 무선 에너지 전송 시스템의 자기장 세기, 검출 방법의 원하는 민감도, 시스템의 복잡성 및 기타 등등에 따라서 크기 결정될 수도 있다. 만일 금속성 FOD가 루프 영역보다 실질적으로 더 작다면, FOD가 존재할 경우 약한 신호만이 발생될 수도 있다. 이러한 약한 신호는 노이즈 또는 간섭하는 신호에 의하여 압도될 수도 있다. 루프가 대략 검출될 최소 FOD 사이즈의 크기로(예를 들어 3 의 인자 내에서) 크기결정된다면, 신호는 낮은 오-경고 레이트를 가지는 검출을 위하여 충분히 클 수도 있다. 실시예들에서, FOD 센서 및/또는 구배측정기는 상이한 사이즈, 형상 및/또는 배치를 가지는 하나 이상의 루프를 포함할 수도 있다. 실시예들에서, FOD 센서는 하나의 센서, 두 개 이상의 센서 또는 센서가 없는 지역을 포함할 수도 있다.

[0028] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 금속성 오브젝트 근방의 필드 구배를 측정하기 위한 다른 방법은 코일(또한 루프라고도 지칭됨)을 자기장 내의 로컬 구배에 비례하는 전압을 직접적으로 출력하는 방식으로 생성하는 것일 수도 있다. 이러한 코일들은 도 2 에서 묘사되는 두 개의 코일의 목적을 수행하는데, 하지만 오직 하나의 전압 측정만을 요구한다. 만일, 예를 들어 도 2 에서 묘사되는 루프들 중 하나의 면적을 두 배로 하고 이것을 8자형상(8자형의 각각의 로브가 근사적으로 동일한 면적을 가지지만 로컬 자기장에 의하여 각각의 루프 내에 유도된 전류는 반대 방향으로 나아감)으로 트위스트하고자 한다면, 자신의 두 개의 단말 사이에 생성되는 전압은 두 개의 로브들 사이의 자기적 플럭스 간의 차분에 비례할 것이다. 도 3a 내지 도 3d 는 자기장에서의 로컬 구배에 비례하는 전압을 직접적으로 출력할 수도 있는 꼬인 루프들의 몇몇 예시적인 구성을 묘사한다.

[0029] 도 2 에 도시되는 두 개의 루프들은 자기적 쌍극자라고 지칭될 수도 있고 도 3a 에서의 루프들은 구배측정기 및/또는 자기적 사극자라고 지칭될 수도 있으며 도 3b 에서의 루프들은 구배측정기 및/또는 팔극자라고 각각 지칭될 수도 있다. 사극자 구성은 좌측-우측 방위에서의 자기장 구배에 비례하는 전압을 생성할 수도 있다. 4-로브 구성은 필드 구배(도 3b), 및 필드 구배의 구배(도 3c)를 측정하도록 구성될 수 있다. 도 3d 는 다중 로브들이 선형 차원을 따라서 연장할 수도 있는 실시예들을 나타낸다. 실시예들에서, 로브들의 짝수 개의 개수를 가지는 더 높은 차수의 다중자(multipoles)들이 자기장으로의 공간적 요동을 측정하기 위하여 역시 구성될 수 있다. 실시예들에서, 도 3a 내지 도 3d 에서 묘사되는 로브들은 도체의 다중 권선수를 사용할 수도 있다.

[0030] 이러한 구성의 각각은 금속성 FOD의 존재에 기인한 자기장 요동을 측정하는 목표를 달성할 수 있다. 다중 로브를 가지는 구성은 로브와 유사한 특징적 사이즈를 가지는 FOD를 측정하는 우도를 실질적으로 감소시키는 것이 없이 더 큰 면적을 커버하는 데에 있어서 장점을 가질 수도 있다.

[0031] 도 2 및 도 3a 내지 도 3d 에서 묘사되는 루프 구성들은 진동하는 자기장의 존재 시에 유도된 전류의 방향을 예시하기 위하여 원형으로서 묘사된다. + 및 - 부호는 유도된 전류가 거의 반시계로 또는 시계 방향으로 흐르는지 여부를 표시한다. 원이 아닌 형상들이 고-영역 충전 인자(high-area fill factor)를 가지는 어레이에 대하여 더욱 적합할 수도 있다. 예들은 정사각형, 사각형, 육각형, 및 그들 사이에 거의 사이 틈새가 없는 타일을 가지는 다른 형상을 포함한다. 도 4a 는 어레이가 도시된 것보다 더 멀리 연장하며 동등한 개수의 + 및 - 루프를 가지는 것으로 추정되는 정방형-형상 코일들의 일 예를 도시한다. 코일의 와이어들은 유도된 전류가 + 및 - 부호로써 표시된 방향으로 흐르도록 연결될 수도 있다.

[0032] 도 4a 에 도시되는 구성에 대하여 FOD의 대칭적 조각이 인접한 루프들 사이의 포지션에 배치됨으로써, 필드 요동이 검출가능한 자기장 구배를 생성하지 않을 수도 있도록 할 수 있다. 이러한 "블라인드 스팟"이 도 4a 에서 묘사된다. 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 어레이된 루프들의 제 2 층은 제 1 층 위에 배치될 수도 있고 도 4b 에 도시된 바와 같이 측면으로 오프셋될 수도 있다. 오프셋은, 센서의 제 1 층의 "블라인드 스팟"이 제 2 층에 대한 최대 검출가능성의 위치에 대응하도록 선택될 수도 있다. 실시예들에서, 오프셋은 단일 어레이 검출 확률에 비하여 FOD의 검출의 우도를 개선시키는 임의의 오프셋일 수도 있다. 이러한 방식으로, FOD의 조각이 검출가능하지 않을 수도 있는 위치인 실질적 블라인드 스팟을 가질 우도가 감소될 수도 있다. 하나 이상의 오프셋 어레이의 유사한 방식들이 블라인드 스팟을 감소시키는 데에 있어서 대략적으로 동일한 장점을

획득할 수 있다. 다중 어레이에서의 루프들의 방위도 역시 불균일한 자기장을 다루기 위하여 변경될 수도 있다.

[0033] 실시예들에서, 쌍극자, 사극자, 팔극자 등의 개개의 루프 또는 로브들은 다중 크기들을 가지거나 불균일한 크기를 가질 수도 있다. 구배측정기가 불균일한 자기장 루프의 면적을 커버하는 실시예들에서, 루프는 FOD가 존재하지 않는 경우 구배측정기 루프의 출력에서 최소의 전압을 보장하도록 크기결정될 수도 있다. 루프는 더 큰 루프가 더 약한 자기장의 영역 내에 포지셔닝되고 더 작은 루프가 더 높은 자기장의 영역 내에 포지셔닝되도록 크기결정될 수도 있다. 실시예들에서 루프는 더 큰 루프가 더 균일한 자기장의 영역 내에 포지셔닝되고 더 작은 루프가 덜 균일한 자기장의 영역 내에 포지셔닝되도록 크기결정될 수도 있다.

[0034] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, FOD 센서들의 어레이는 센서들의 다중 타입을 포함할 수도 있다. 실시예들에서, FOD 센서는 단일 루프 센서 및/또는 쌍극자 구배측정기 및/또는 사극자 구배측정기 및/또는 팔극자 구배측정기 및 기타 등등을 포함할 수도 있다. FOD 센서의 몇몇 영역들은 구배측정기를 포함하지 않을 수도 있다. FOD 센서는 온도 센서, 유기 물질 센서, 전기장 센서, 자기장 센서, 용량성 센서, 자기적 센서, 모션 센서, 가중치 센서, 압력 센서, 물 센서, 진동 센서, 광 센서, 및 센서들의 임의의 조합을 포함할 수도 있다.

### [0035] 능동 FOD 검출 프로세스

[0036] 위에서 설명된(도 2 내지 도 4) 코일 구성들은 예를 들어, FOD의 존재 때문에 불균일한 진동하는 자기장의 존재시에 진동하는 전압을 생성할 수도 있다. 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 주어진 코일에 접속된 판독 증폭기는 고 입력 임피던스를 가질 수도 있다. 이러한 배치구성물은 실질적 순환 전류가 센서 코일에서 발생하는 것을 방지할 수도 있고, 이것은 이제 무선 에너지 전송을 위하여 사용되는 공진기의 Q-인자를 손상시킬 수 있다. 실시예들에서, 루프, 코일, 구배측정기 등은 증폭기 및/또는 필터 및/또는 아날로그-디지털 컨버터 및/또는 연산 증폭기, 및 또는 고-입력-임피던스를 가지도록 구현될 수도 있는 임의의 전자적 컴포넌트에 연결될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 센서는 도전 루프 및 고-입력-임피던스 전자적 컴포넌트를 포함할 수도 있다.

[0037] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면, 어레이 내의 각각의 코일(루프, 센서, 구배측정기)로부터의 각각의 도체 쌍은 도 5 에 도시된 바와 같이 판독 증폭기 및/또는 아날로그-디지털 컨버터에 연결될 수도 있다. 각각의 루프 도체(502)는 증폭기(506) 및/또는 아날로그-디지털 컨버터(508)에 연결될 수도 있고 무선 에너지 전송 시스템의 다른 엘리먼트에 의하여 또는 처리 엘리먼트(미도시), 예컨대 마이크로프로세서로의 입력으로서 사용되어 코일, 루프, 센서 및/또는 구배측정기의 출력을 저장하고 분석할 수도 있다.

[0038] 다른 실시예들에서, 어레이 내의 각각의 코일 상의 전압은 순차적으로 측정될 수도 있고 또는 더 적은 판독 증폭기 또는 아날로그-디지털 컨버터가 도 6 에 도시된 바와 같은 어레이를 샘플링하도록 하는 방식으로 다중화될 수도 있다. 구배측정기(602, 604, 606)의 루프들의 어레이는 다중화된 증폭기(608)에 연결되고 하나 이상의 디지털-아날로그 컨버터(610)에 연결될 수도 있다. 디지털-아날로그 컨버터(612)의 출력은 무선 에너지 전송 시스템의 다른 엘리먼트에 의하여 또는 처리 엘리먼트(미도시), 예컨대 마이크로프로세서로의 입력으로서 사용되어 구배측정기의 출력을 저장하고 분석할 수도 있다.

[0039] 실시예들에서, 센서 및/또는 구배측정기 루프의 각각의 도체 쌍은 능동 또는 수동 필터 회로부에 연결되어 매우 높은 또는 매우 낮은 주파수에서 높은 종단 임피던스를 제공할 수도 있다.

[0040] 주어진 코일 상의 전압은 프로세서가 유도된 파형의 진폭 및 위상을 참조 파형에 대하여 결정하도록 허용하는 증분으로 샘플링될 수도 있다. 실시예들에서, 주어진 코일 상의 전압은 진동 주기의 적어도 두 배에서(나이퀴스트 레이트에서 또는 그 이상에서) 샘플링될 수도 있다. 실시예들에서, 주어진 코일 상의 전압은 덜 빈번하게(즉 더 높은 차원의 나이퀴스트 대역에서) 샘플링될 수도 있다. 전압 파형은 샘플링 이전에 아날로그 필터링되거나 컨디셔닝되어 신호-대-잡음 비를 개선하거나 샘플링된 신호의 고조파 콘텐츠를 감소시킬 수도 있다. 전압 파형은 샘플링 이후에 디지털적으로 필터링되거나 컨디셔닝될 수도 있다.

[0041] FOD 검출기 코일로부터의 시간-샘플링된 전기 신호는 참조 신호에 상대적으로 진폭 및 위상을 결정하도록 처리될 수도 있다. 참조 신호는 무선 에너지 전송을 위하여 사용되는 공진기를 여기하기 위하여 사용되는 동일한 클럭으로부터 유도될 수도 있다.

[0042] 몇 가지 실시예들에서 FOD 검출 시스템은 별개의 주파수, 필드 크기, 및/또는 위상 샘플링 루프(704) 및 센서 및/또는 구배측정기 판독치를 도 7 에 도시된 바와 같은 무선 에너지 전송 시스템의 진동하는 자기장에 동기화하기 위한 전자장치(702)를 포함할 수도 있다.

- [0043] 실시예들에서, 참조 신호는 상이한 주파수에서 상이한 발진기로부터 얻어질 수도 있다.
- [0044] 처리의 일 예에서, FOD 검출을 위한 8자형 사극자 구성(도 3a)은 다음과 같을 수도 있다:
- [0045] 1. FOD가 존재하지 않으면, 시간-샘플링된 전압 파형을 8자형 루프들 중 하나로부터 수집한다.
- [0046] 2. 기본 주파수 컴포넌트(또는 그것의 고조파의) 진폭 및 위상을 계산한다.
- [0047] 3. 진폭 및 위상을 베이스라인 참조로서 저장한다.
- [0048] 4. FOD가 존재하면, 전압 파형을 동일한 8자형 루프로부터 수집한다.
- [0049] 5. 기본(또는 자신의 고조파)의 진폭 및 위상을 계산한다.
- [0050] 6. 진폭 및 위상을 참조와 비교한다.
- [0051] 7. 극성 플롯(또는 진폭-및-위상 공간)에서, 만일 신호 및 참조 간의 거리가 선결정된 임계를 초과한다면, FOD의 검출을 선언한다.
- [0052] 실시예들에서, 신호의 처리는 아날로그 전자 회로, 디지털 전자장치 또는 이들 모두를 사용하여 수행될 수도 있다. 실시예들에서, 다중 센서들로부터의 신호들은 비교되고 처리될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 센서는 무선 전력 전송 시스템 내의 공진기들 중 오직 하나, 또는 전부, 또는 이들 중 일부에 상주할 수도 있다. 실시예들에서, 상이한 공진기들 상의 FOD 센서로부터의 신호들은 FOD의 존재를 결정하기 위하여 및/또는 제어 정보를 무선 전력 시스템으로 제공하기 위하여 처리될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 검출은 제어가능하도록 턴온 및 턴오프될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 검출 및 처리 SMS 무선 전력 전송 시스템의 주파수, 무선 전력 시스템에 의하여 전송된 전력 레벨, 및/또는 무선 전력 전송이 이네이블된 및/또는 디스에이블된 시간 기간을 제어하기 위하여 사용될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 검출기는 시스템 사용자에게 FOD가 존재한다고 보고할 수도 있고 및/또는 더 높은 레벨 시스템에게 FOD가 존재한다고 또는 존재하지 않는다고 보고할 수도 있는 보고 시스템의 일부일 수도 있다. 실시예들에서, FOD 검출 시스템은 FOD의 특정 타입을 식별하기 위하여 사용될 수도 있고 FOD의 타입을 무해함, 과열의 위험이 있음, 다른 이유 때문에 허용되지 않음 등으로 범주화하기 위한 시스템 및/또는 시스템 피드백을 포함할 수도 있는 "학습 능력"을 포함할 수도 있다.
- [0053] 예시적이고 비한정적인 실시예에 따르면 처리는 FOD 검출 서브시스템에 임베딩될 수도 있고 또는 데이터는 중앙 프로세서로 다시 전송될 수도 있다. 처리는 수집된 전압 파형을 참조 파형과 비교하고 통계적으로 유의미한 변경을 검색할 수도 있다. 당업자들은 파형들이 진폭 및 위상, I 또는 Q 컴포넌트, 정현 또는 여현 컴포넌트에서, 복소 평면에서 및 기타 등등에서 비교될 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- [0054] **예시적인 능동 FOD 검출 실시예**
- [0055] 제작되었던 FOD 검출 시스템의 두 개의 특정하고 비한정적인 실시예들이 이하 설명된다. 데이터들이 양자의 실시예들로부터 수집되어 이들이 FOD 검출기로서 동작하고 있다는 것을 보여준다.
- [0056] 제 1 실시예에서 스트랜드(stranded) 와이어가, 더 긴 와이어가 두 개의 루프들 사이에 있는, 도 8 에 도시된 바와 같은 사극자를 형성하는 8자형 루프로 형성되었다(구배측정기 1). 제 2 실시예는 8자형 도 8 에서의 구배측정기 2로서 도시되도록 설계되었다. 8자형 루프들은 약 5 cm 길이였다. 도 9a 내지 도 9c 는, 시스템이 3.3 kW를 부하로 전달하고 있는 경우 3.3-kW 무선 에너지 전송 시스템에 대한 공진기들 사이의 무선 에너지 소스의 상단에 배치된 두 개의 센서들로부터 수집된 전압 파형을 도시한다. 도 9a 는 도 8 에 도시된 두 개의 구배측정기 상의 작은 잔차 전압(~30 mVrms)을 도시한다. 잔차 전압은 불균일한 자기장, 로브 영역에서의 작은 변동, 및 전기적 간섭의 조합에 기인한다. 구배측정기 #1 및 #2 로부터의 결과들은 각각 곡선(904) 및 곡선(902)으로서 도시된다. 금속성 추잉 검 호일이 구배측정기 #2 의 우측 로브 상에 배치되는 경우, 일부 플럭스가 차폐되고 실질적 진폭 증가 및 적은 위상 천이가 도 9b 에서, 곡선(902)으로서 관찰가능하다. 반대로, 호일이 구배측정기 #2 의 좌측 로브로 이동되는 경우, 진폭은 동일하게 유지되지만 위상은 도 9c 에 도시된 바와 같이 180° 만큼 변동한다. 이러한 위상 및 진폭 판독치에서의 변화가 센서 상의 FOD의 존재를 검출하기 위하여 사용될 수도 있다.
- [0057] 8자형 센서의 일 실시예도 역시 인쇄-회로 보드(PCB) 기법을 사용하여 제작되어 센서 코일 또는 루프를 실현한다. 이러한 실시예는 낮은 비용, 더 높은 충전 인자(루프들이 임의의 형상으로 제작되고 표준 PCB 프로세스 기법을 사용하여 용이하게 타일될(tiled) 수 있기 때문), 더 높은 균일성, 더 높은 재현성, 작은 사이즈 및 기타

등등을 포함하는 장점을 가질 수도 있다. 더 높은-충진 인자가 단일 8자형 센서의 16-채널 어레이에 대한 타일된(tiled) 사각형 루프를 사용하여 획득되었다. 인쇄된 루프들은 매우 균일하여 결과적으로 FOD가 존재하지 않았을 경우에 센서로부터의 더 작은(그리고 더 평평한) 베이스라인 판독치를 초래하였다.

[0058] **다른 실시예**

[0059] 실시예들에서 위에서 설명된 센서 및 구배측정기 센서들은 다른 타입의 FOD 센서들과 통합되어 검출 우도를 개선하고 오 경보(FOD가 존재하지 않을 경우에 시스템이 FOD를 검출하는 것)를 낮출 수 있다. 예를 들어, 온도 센서들의 어레이는 공진기 어셈블리로 통합될 수 있다. 만일 FOD의 조각이 가열되기 시작하면, 이것은 일반적으로 기대되는 공간적 온도 분포를 교란할 것이다. 이러한 편차가 경보를 시스템 제어기로 전송하기 위하여 사용될 수 있다. 실시예들에서, 온도 센서는 독자적으로 사용되거나 금속 오브젝트 센서와 조합하여 사용될 수도 있고 및/또는 이것은 금속성 오브젝트 센서에 대한 백업 또는 확인 센서로서 사용될 수도 있다.

[0060] 애완 동물과 같은 살아있는 존재들은 검출하기가 어려울 수 있다. 일반적으로, 이들은 자기장과 실질적 방식으로 상호작용하지 않을 수도 있다. 추가적으로, 살아있는 존재들은 자기장에 노출되는 경우 크게 가열되지 않을 수도 있다. 그럼에도 불구하고, 무선 전력 시스템은 살아있는 존재가 어떤 필드 세기의 자기장에 침입하면 꺼질 필요가 있을 수도 있다. 필드 세기 제한은 주파수 의존적일 수도 있고 규제 제한, 안전성 제한, 표준 제한, 공용 인지 제한(public perception limits), 및 기타 등등에 기초할 수도 있다. 실시예들에서, 긴 와이어와 같은 도체로부터의 프링지(fringe) 커패시턴스에서의 변화를 측정하는 유전체 센서는 살아있는 존재들의 근접성을 검출할 수 있다. 실시예들에서, 이러한 타입의 센서가 무선 에너지 전송 이전에 그리고 무선 에너지 전송 도중에, 진단 테스트를 하는 동안 사용될 수도 있다.

[0061] **차량 충전에 대한 애플리케이션**

[0062] FOD의 검출은 많은 타입의 무선 에너지 전송 시스템들에서 중요한 안전성 주의사항일 수도 있다. 3.3-kW 차량 충전 시스템의 예에 대하여, 일 실시예의 일 예는 다음과 같다.

[0063] 예시적인 EV 충전기 시스템의 블록도가 도 10 에 도시된다. 시스템은 소스 모듈 및 디바이스 모듈로 파티셔닝될 수도 있다. 소스 모듈은 충전국의 일부일 수도 있고 디바이스 모듈은 전기 차량 상에 탑재될 수도 있다. 전력은 소스로부터 디바이스로 공진기를 통하여 무선으로 전송된다. 송신된 전력의 페루프 제어는 소스 및 디바이스 모듈 사이의 대역내 및/또는 대역외 RF 통신 링크를 통하여 수행될 수도 있다.

[0064] FOD 검출기 시스템(미도시)은 다양한 위치에서 시스템 내에 통합될 수 있다. 실시예들에서, FOD 시스템은 소스 모듈로, 소스 공진기로, 소스 공진기의 하우징 또는 엔클로저 및 기타 등등으로 통합될 수도 있다. 다른 실시예들에서, FOD 시스템은 시스템의 디바이스 측에서 통합될 수도 있다. 다른 실시예들에서, FOD 시스템은 무선 전력 송신 시스템의 소스 및 디바이스 측 모두에서 구현될 수도 있다. 실시예들에서, FOD 검출 시스템은 다중 센서 및 구별 알고리즘을 가진 프로세서를 포함할 수도 있다. 프로세서는 소스 제어 전자장치 내의 인터록으로서 기능하는 인터페이스에 연결될 수 있다. 다른 FOD 검출기 시스템은 추가적 인터페이스를 통하여 또는 외부 인터페이스를 통하여 충전기 시스템으로 연결될 수도 있다. 각각의 모듈에서의 로컬 I/O는 FOD 검출을 이용하는 무선 전력 시스템 내의 시스템 레벨 관리 및 제어 기능을 위한 인터페이스를 제공할 수도 있다.

[0065] 고 전력(3.3+ kW) 차량 충전 시스템의 소스 공진기는 자신의 최고 자기장 밀도를 권취 및, 선택적으로, 임의의 자기적 재료의 경계 근처에서 가질 수도 있다. 이러한 영역에서, 사각형-형상 로브를 가진 이중-8자형 코일의 다중 채널을 포함하는 어레이는 금속성 FOD의 우연한 과열에 대해 보호할 수 있다. 어레이는 PCB 상에 제작될 수도 있고 보드 상에 포함된 집적된 필터링 및 신호 컨디셔닝을 가질 수도 있다. 균등물 디자인의 제 2 PCB는 제 1 PCB의 바로 위에 포지셔닝되고 도 4b 에서 설명된 방식으로 측면으로 병진될 수도 있다. 위에서 설명된 알고리즘은 그 출력이 시스템 제어기로 송신될 수도 있는 온-보드 프로세서에서 실행할 수도 있다. 시스템 제어기는 금속성 FOD 검출기의 출력을 추가적 FOD 검출기, 예컨대 온도 프로파일 또는 유전체 변화를 측정하는 것들의 출력과 비교할 수 있다. 그러면 시스템은 FOD가 검출되는 경우 시스템을 끄거나 셧 다운할지 여부를 결정할 수 있다.

[0066] FOD 검출 시스템의 몇몇 가능한 동작 모드들은 다음과 같다:

[0067] 저-전력 진단 테스트가 충전국의 견실성 및 상태를 점검하기 위하여 차량이 존재함이 없이(덜 자주 일어남) 그리고 차량이 소스 상에서 구동하기 이전에 FOD에 대하여 점검하는 것(더 빈번함)이 없이 수행될 수 있다.

[0068] 차량이 도착하고 소스 모듈 상에 포지셔닝된 이후에, 하지만 고-전력 충전 이전에, FOD 검출기는 소스에 여전히



FOD가 없다는 것을 검증할 수도 있다.

[0069] 고-전력 충전 도중에 FOD 검출기는 추가적 FOD가 코일 상으로 이동한 바 없다는 것을 검증할 수 있다.

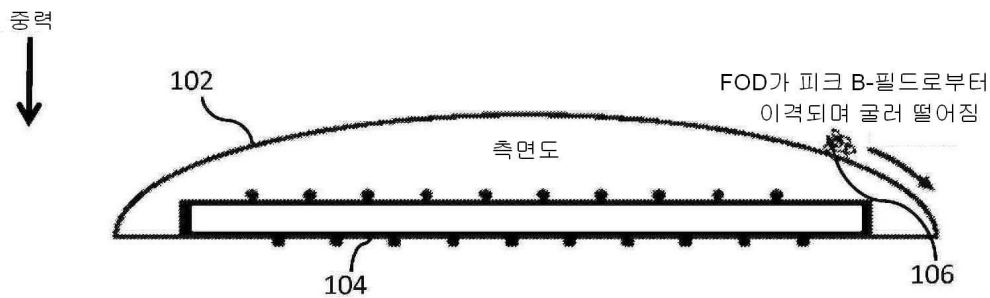
[0070] 본 발명은 특정한 바람직한 실시예들과 연계하여 설명되었지만, 다른 실시예들이 당업자에게 이해될 것이고 본 개시물의 범위 내에 속하도록 의도되며, 이것들은 법률에 의해 허용될 수 있는 넓은 의미로 해석되어야 한다. 예를 들어, 무선 전력을 송신하는 것에 관련된 컴포넌트 등의 디자인, 방법, 구성은 다양한 특정한 애플리케이션 및 그것의 예들과 함께 위에서 설명된 바 있다. 당업자들은 어느 경우에 본 명세서에서 설명되는 디자인, 컴포넌트, 구성 또는 컴포넌트가 조합하거나 상호교환가능하도록 사용될 수 있는지를, 그리고 위의 설명이 컴포넌트들의 이러한 상호교환 가능성 또는 조합을 본 명세서에서 설명되는 것으로만 한정하지 않는다는 것을 인정할 것이다.

[0071] 또한, 본 명세서에서 설명된 기법들이 전력을 전자기장을 사용하여 송신하는 임의의 무선 전력 시스템에 적용될 수도 있다는 것에 주의한다. 우리가 고공진 무선 전력 시스템의 소스 및 디바이스 공진기를 설명한 바 있는 경우에도, 당업자들은 동일한 센서, 검출기, 알고리즘, 서브시스템 등이 일차 및 이차 코일을 사용하는 유도성 시스템에 대해서 설명될 수 있다는 것을 이해할 것이다.

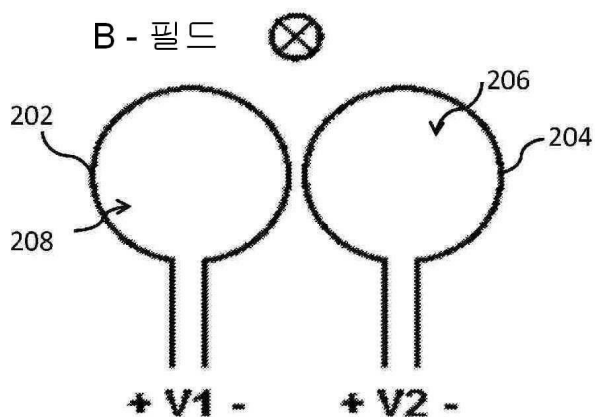
[0072] 본 명세서에서 참조된 모든 문서들은 본 명세서에 원용에 의하여 통합된다.

## 도면

### 도면1

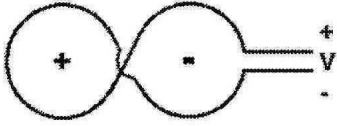


### 도면2

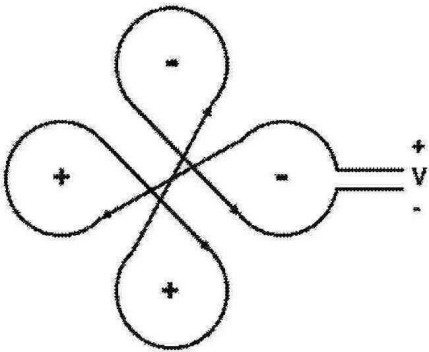


도면3a

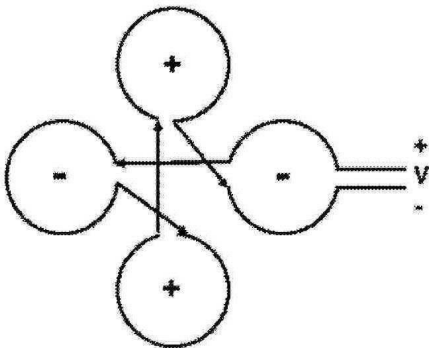
B-필드 



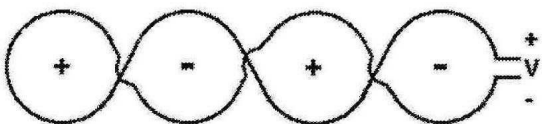
도면3b



도면3c

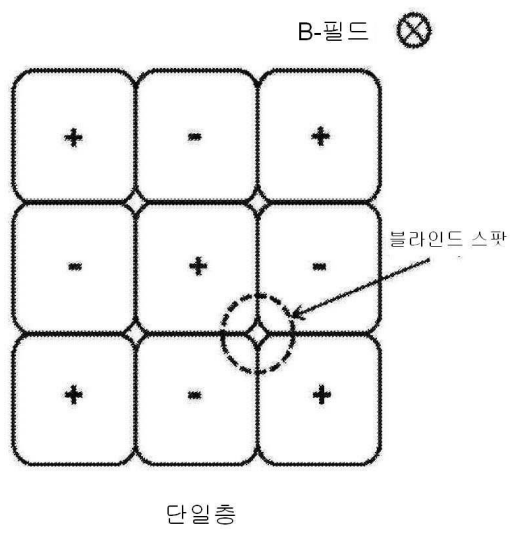


도면3d

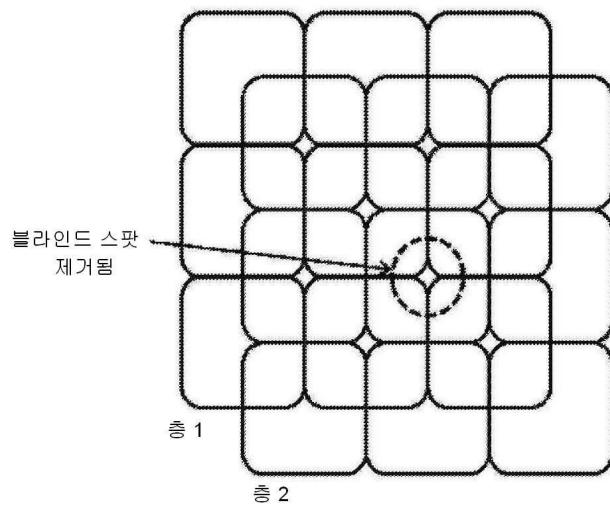




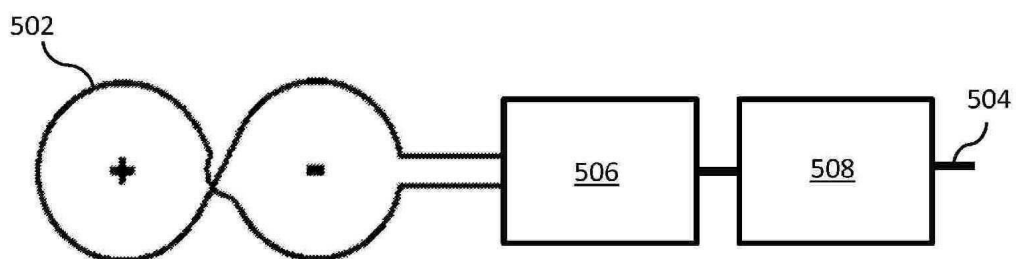
도면4a



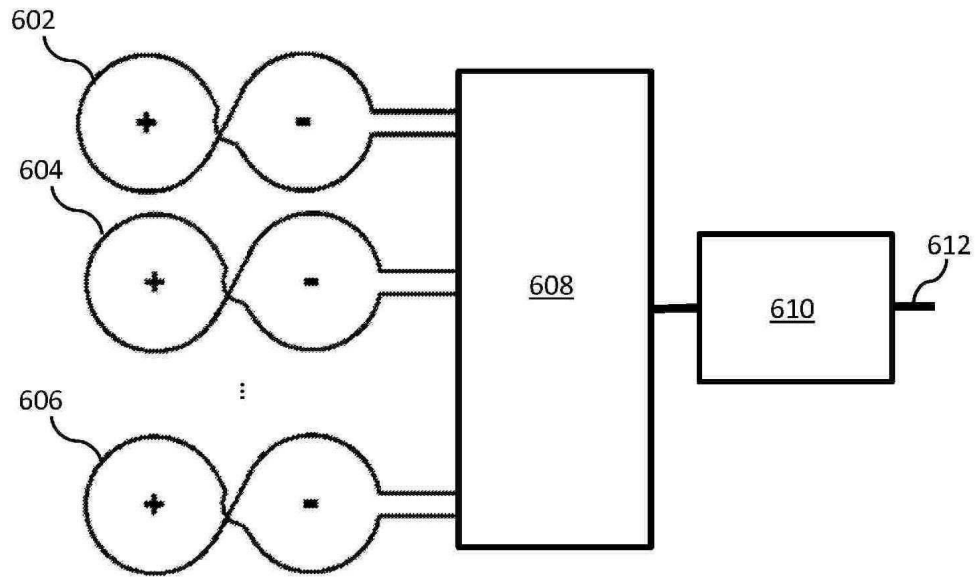
도면4b



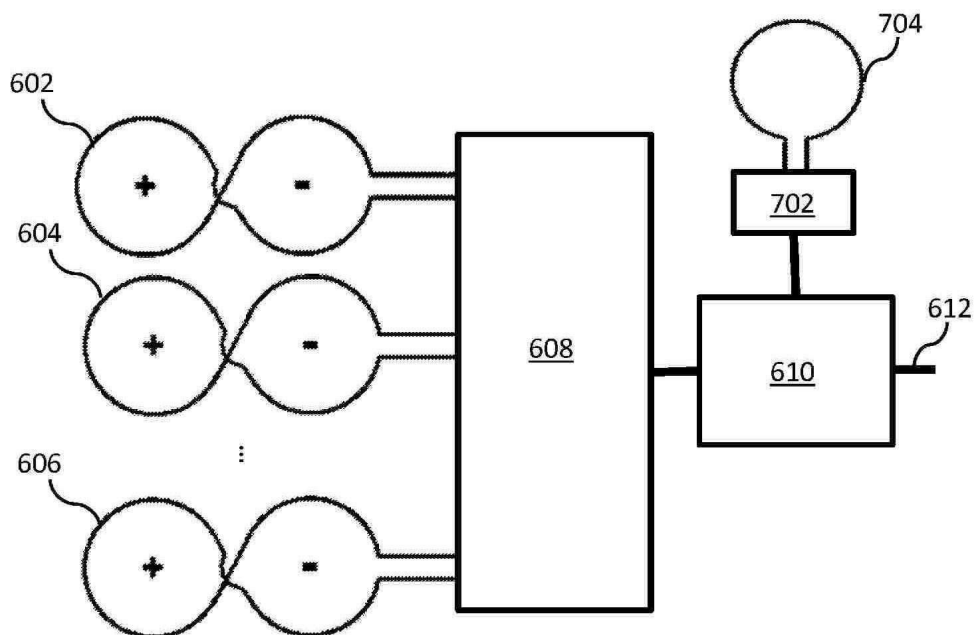
도면5



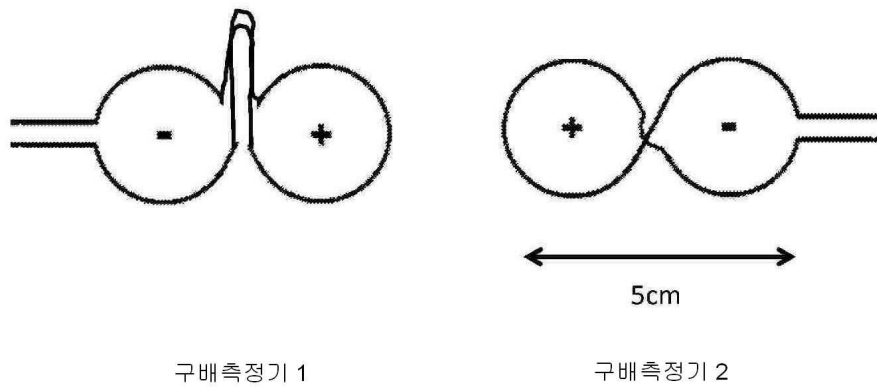
도면6



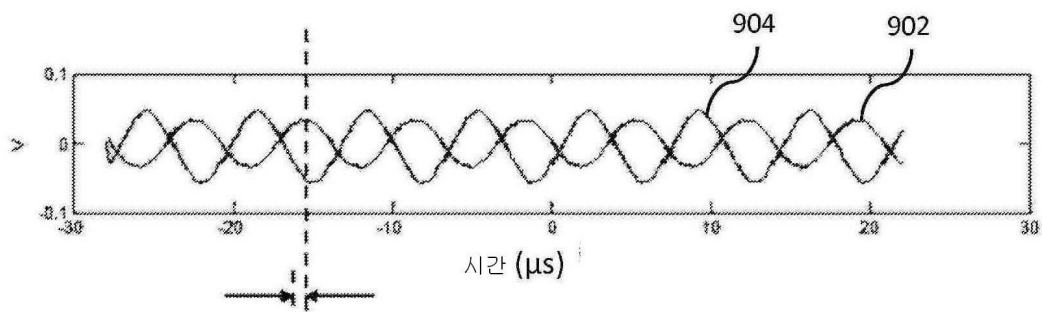
도면7



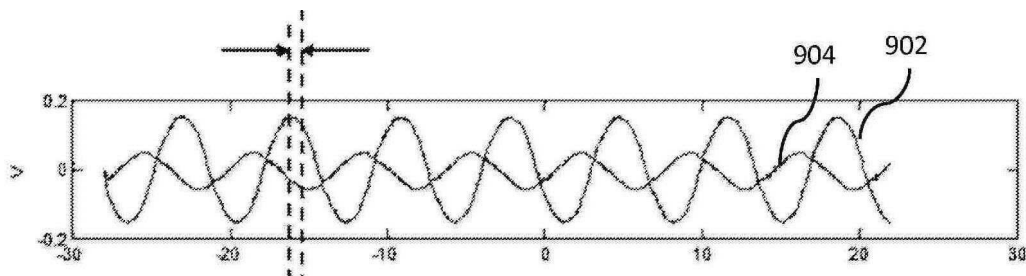
도면8



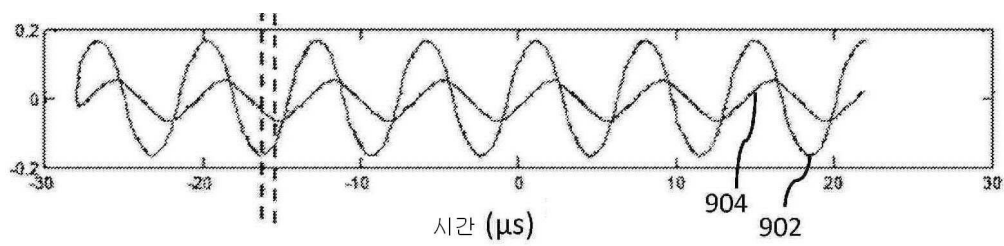
도면9a



도면9b



도면9c



도면10

