



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0008800
(43) 공개일자 2017년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01V 3/10 (2006.01) B60L 11/18 (2006.01)
H02J 50/12 (2016.01)
(52) CPC특허분류
G01V 3/101 (2013.01)
B60L 11/182 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7035096
(22) 출원일자(국제) 2015년05월11일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2016년12월14일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/030148
(87) 국제공개번호 WO 2015/175406
국제공개일자 2015년11월19일
(30) 우선권주장
14/279,112 2014년05월15일 미국(US)

(71) 출원인
켈컴 인코퍼레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
비드메르 한스 페터
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 30 항

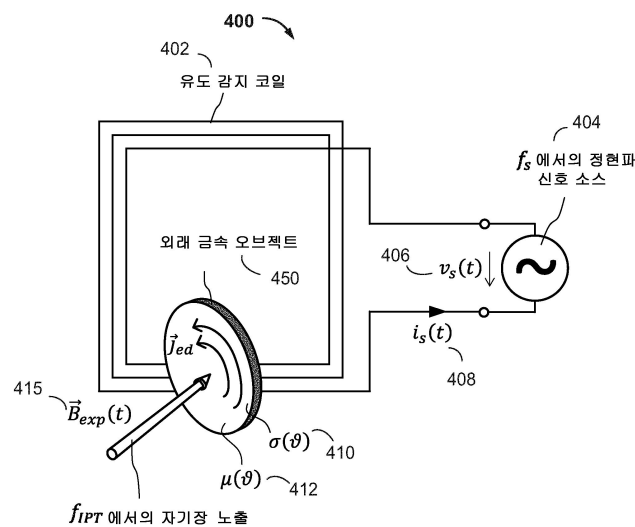
(54) 발명의 명칭 유도 열 감지에 기초한 외래 오브젝트 검출 루프를 위한 시스템들, 방법들 및 장치

(57) 요약

본 개시물은 외래 오브젝트들을 검출하기 위한 시스템들, 방법들 및 장치를 제공한다. 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 장치가 제공된다. 장치는 오브젝트가 교번 자기장에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 유도적으로 감지하도록 구성된 코일을 포함한다.

장치는 전기적 특성에서의 변화를 검출하도록 구성된 컨트롤러를 더 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

B60L 11/1829 (2013.01)

G01V 3/10 (2013.01)

H02J 50/12 (2016.02)

Y02T 90/122 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

오브젝트를 검출하기 위한 장치로서,

상기 오브젝트가 교번 자기장 (alternating magnetic field) 에 노출될 때 상기 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 상기 오브젝트의 존재를 유도적으로 감지하도록 구성된 코일; 및
상기 전기적 특성에서의 변화를 검출하도록 구성된 컨트롤러를 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전기적 특성은, 등가 저항, 등가 인덕턴스, 공진 주파수, 복소 공진 주파수, 감쇠 인자 (dampening factor), Q-인자, 임피던스, 또는 상기 코일이 공진에서 튜닝되고 정현파 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 위상을 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 전기적 특성은, 상기 코일이 펄스 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 임펄스 응답, 상기 코일이 전압 또는 전류 시간 함수 중 어느 것에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 응답, 또는 상기 코일이 공진에서 튜닝되고 전압 또는 전류 시간 함수에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 응답을 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 코일은, 복수의 코일들을 포함하며, 그리고

상기 컨트롤러는 또한, 상기 복수의 코일들의 상기 전기적 특성에서의 복수의 변화들의 측정들을 멀티플렉싱하도록 구성된, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 또한,

상기 자기장에 대한 노출 사이클을 스케줄링하고, 그리고

상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화를 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하고, 그리고

상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화와 상기 노출 사이클과의 상기 비교에 기초하여 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하도록 구성된, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 또한, 상기 노출 사이클 동안 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화가 임계값을 초과할 때 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하도록 구성된, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 컨트롤러는 또한, 상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화의 미분값 (derivative) 을 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하도록 구성된, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 자기장 노출을 조정하기 위해 신호를 송신하도록 구성된 송신기를 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 노출 사이클을 위한 타이밍 스케줄 및 상기 자기장 노출의 강도를 나타내는 피드백 신호를 수신하도록 구성된 수신기를 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 수신기는 또한, 상기 노출 자기장을 생성하는데 사용되는 전력 신호의 전기적 특성들을 나타내는 상기 노출 자기장 노출을 생성하는 디바이스로부터 참조 신호를 수신하도록 구성된, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 코일 및 상기 컨트롤러는 무선 전력 송신기 내에 위치한, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 12

오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법으로서,

상기 오브젝트가 교번 자기장 (alternating magnetic field) 에 노출될 때 상기 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 상기 오브젝트의 존재를 감지하는 단계; 및

상기 전기적 특성에서의 변화를 검출하는 단계를 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 전기적 특성은, 등가 저항, 등가 인덕턴스, 공진 주파수, 복소 공진 주파수, 감쇠 인자 (dampening factor), Q-인자, 임피던스, 또는 상기 코일이 공진에서 튜닝되고 정현파 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 위상을 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 전기적 특성은, 상기 코일이 펄스 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 임펄스 응답, 상기 코일이 전압 또는 전류 시간 함수 중 어느 것에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 응답, 또는 상기 코일이 공진에서 튜닝되고 전압 또는 전류 시간 함수에 의해 여기됐을 때의 상기 코일의 응답을 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 전기적 특성에서의 변화를 검출하는 단계는,

복수의 코일들의 각각에 있어서 전기적 특성에서의 변화를 검출하는 단계; 및

상기 복수의 코일들의 각각에 있어서 상기 전기적 특성에서의 상기 변화의 측정들을 멀티플렉싱하는 단계를 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 자기장에 대한 노출 사이클을 스케줄링하는 단계;

상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화를 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하는 단계; 및

상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화와 상기 노출 사이클과의 상기 비교에 기초하여 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하는 단계를 더 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하는 단계는,

상기 노출 사이클 동안 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화가 임계값을 초과할 때 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하는 단계를 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화를 비교하는 단계는,

상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화의 미분값(derivative)을 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하는 단계를 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 자기장 노출을 조정하기 위해 신호를 송신하는 단계를 더 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 노출 타이밍을 위한 타이밍 스케줄 및 상기 자기장 노출의 강도를 나타내는 피드백 신호를 수신하는 단계를 더 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 노출 자기장을 생성하는데 사용되는 전력 신호의 전기적 특성들을 나타내는 상기 노출 자기장을 생성하는 디바이스로부터 참조 신호를 수신하는 단계를 더 포함하는, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법.

청구항 22

오브젝트를 검출하기 위한 장치로서,

상기 오브젝트가 교번 자기장(alternating magnetic field)에 노출될 때 상기 오브젝트의 온도의 함수에 따라

변화하는 감지 수단의 전기적 특성에 기초하여 상기 오브젝트의 존재를 감지하기 위한 수단; 및
상기 전기적 특성에서의 변화를 검출하기 위한 수단을 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 감지 수단의 상기 전기적 특성은, 등가 저항, 등가 인덕턴스, 공진 주파수, 복소 공진 주파수, 감쇠 인자 (dampening factor), Q-인자, 임피던스, 또는 상기 코일이 공진에서 튜닝되고 정현파 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 위상을 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 전기적 특성은, 상기 감지 수단이 펄스 신호 소스에 의해 여기됐을 때의 상기 감지 수단의 임펄스 응답, 상기 감지 수단이 전압 또는 전류 시간 함수 중 어느 것에 의해 여기됐을 때의 상기 감지 수단의 응답, 또는 상기 감지 수단이 공진에서 튜닝되고 전압 또는 전류 시간 함수에 의해 여기됐을 때의 상기 감지 수단의 응답을 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 25

제 22 항에 있어서,

상기 자기장에 대한 노출 사이클을 스케줄링하기 위한 수단;

상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 감지 수단의 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화를 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하기 위한 수단; 및

상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화와 상기 노출 사이클과의 상기 비교에 기초하여 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 26

제 22 항에 있어서,

상기 결정 수단은,

상기 노출 사이클 동안 상기 감지 수단의 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화가 임계값을 초과할 때 상기 오브젝트의 상기 존재를 결정하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 27

제 22 항에 있어서,

상기 비교 수단은, 상기 노출 사이클의 시간의 적어도 일부에 걸친 상기 감지 수단의 상기 전기적 특성에서의 검출된 상기 변화의 미분값 (derivative) 을 동일한 시간 주기에 걸친 상기 노출 사이클과 비교하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 28

제 22 항에 있어서,

상기 자기장 노출을 조정하기 위해 신호를 송신하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 29

제 22 항에 있어서,

상기 노출 사이클을 위한 타이밍 스케줄 및 상기 자기장 노출의 강도를 나타내는 피드백 신호를 수신하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 수신 수단은, 상기 노출 자기장을 생성하는데 사용되는 전력 신호의 전기적 특성들을 나타내는 상기 노출 자기장을 생성하는 디바이스로부터 참조 신호를 수신하기 위한 수단을 더 포함하는, 오브젝트를 검출하기 위한 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시물은 일반적으로 무선 전력 전송에 관한 것이며, 더욱 상세하게는 소정 공간에서 유도-열 감지를 사용한 향상된 외래 오브젝트 검출을 위한 디바이스들, 시스템들, 및 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 차량들과 같은 원격 시스템들은 배터리와 같은 에너지 저장 디바이스로부터 수신된 전기로부터 도출된 운동 (locomotion) 전력을 포함하도록 도입되었다. 예를 들어, 하이브리드 전기 차량들은 차량 브레이킹으로부터 전력을 사용하는 온보드 충전기들 (on-board chargers) 및 차량들을 충전하는 종래의 모터들을 포함한다. 배터리 전기 차량들 (전기 차량들) 은 종종 가정용 또는 상업용 AC 공급 소스들과 같은 몇몇 타입의 유선 교류 (AC) 를 통해 충전되도록 제안된다. 유선 충전 접속은 케이블들 또는 전력 공급기에 물리적으로 접속되는 다른 유사한 커넥터를 필요로 한다. 케이블들 및 유사한 커넥터들은 불편하거나 다루기 힘들고 다른 결점이 있는 경우가 있을 수 있다. 전기 차량들을 충전하는데 사용되도록 자유 공간에서 (예컨대, 전자기장을 통해) 전력을 전송할 수 있는 무선 충전 시스템들은 유선 충전 해결책의 몇몇 결함들을 극복할 수 있다. 그러나, 전자기장을 사용하는 것은 전자기장 내에 위치한 전도성이 좋은 (예컨대, 금속성) 오브젝트에 와상 전류를 유도하여 오브젝트로 하여금 가열되거나, 진동하거나, 또는 주변 오브젝트가 녹거나 발화하게끔 유발하게 할 가능성도 있다. 이와 같이, 충전 전기 차량들을 위해 효율적이고 안전하게 전력을 전송하는 무선 충전 시스템들 및 방법들이 요구된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0003] 첨부된 청구항들의 범위 내의 시스템들, 방법들 및 디바이스들의 다양한 구현예들은 각각이 여러 양태들을 가지며, 이들 중 단일 하나만이 본원에서 설명되는 바람직한 속성들을 단독으로 담당하는 것은 아니다. 첨부된 청구항들의 범위를 제한하는 일 없이, 일부 두드러진 특징들이 본원에서 설명된다.

[0004] 본 명세서에서 설명된 주제의 하나 이상의 구현예들의 세부사항들은 첨부 도면들 및 아래의 설명에서 언급된다. 다른 특징들, 양태들 및 이점들은 상세한 설명, 도면들, 및 청구항들로부터 명확하게 될 것이다. 다음의 도면들의 상대적 치수들은 스케일대로 그려지지 않았을 수도 있음에 주의한다.

[0005] 본 개시물의 하나의 양태는 오브젝트를 검출하기 위한 장치를 제공한다. 장치는 오브젝트가 교번 자기장 (alternating magnetic field) 에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 유도적으로 감지하도록 구성된 코일을 포함한다. 장치는 또한 전기적 특성에서의 변화를 검출하도록 구성된 컨트롤러를 포함한다.

[0006] 본 개시물의 다른 양태는 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 방법의 구현예를 제공한다. 방법은 오브젝트가 교번 자기장에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 감지하는 단계를 포함한다. 방법은 또한 전기적 특성에서의 변화를 검출하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 개시물의 또 다른 양태는 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 장치를 제공한다. 장치는 오브젝트가 교번 자기장에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 감지하기 위한 수단을 포함한다. 장치는 또한 전기적 특성에서의 변화를 검출하기 위한 수단을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0008]

도 1 은 예시적인 실시형태에 따른, 전기 차량을 충전하기 위한 예시적인 무선 전력 전송 시스템의 도면이다.

도 2 는 도 1 의 무선 전력 전송 시스템의 예시적인 핵심 컴포넌트들의 개략도이다.

도 3 은 도 1 의 무선 전력 전송 시스템의 예시적인 핵심 및 보조 컴포넌트들을 도시하는 다른 기능 블록도이다.

도 4 는 본원에 설명된 실시형태들에 따라, 유도 감지 코일을 사용하여 오브젝트의 온도 변화에 기초한 외래 오브젝트 검출의 원리를 예시하는 외래 오브젝트 검출을 위한 예시적인 회로의 도면이다.

도 5 는 온도 변화하는 오브젝트의 존재에서 유도 감지 코일의 예시적인 등가 모델의 도면이다.

도 6 은 자기장 노출 사이클들 및 결과적인 오브젝트의 온도와 함께 감지 코일의 상이한 특성들의 예상 시간 경로들을 도시하면서, 본원에 설명된 실시형태들에 따라, 오브젝트의 유도된 와상 전류 열에 기초한 외래 오브젝트 검출의 원리를 예시하는 시간도이다.

도 7 은 예시적인 실시형태에 따른 외래 오브젝트 검출 (foreign object detection; FOD) 시스템의 개략도이다.

도 8a 는 복수의 감지 코일들 및 공통 커패시터 사이에 삽입된 멀티플렉서 (multiplexer) 스위치를 사용하여 직렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 8b 는 복수의 감지 코일들 및 공통 커패시터 사이에 삽입된 멀티플렉서 스위치를 사용하여 병렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 8c 는 복수의 커패시터들 및 인덕터들 및 공통 전압/전류 트랜스듀서 사이에 삽입된 멀티플렉서 스위치를 사용하여 직렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 8d 는 복수의 커패시터들 및 공통 전압/전류 트랜스듀서 사이에 삽입된 멀티플렉서 스위치를 사용하여 병렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 8e 는 복수의 전압/전류 트랜스듀서들 및 공통 신호 소스 사이에 삽입된 멀티플렉서 스위치를 사용하여 직렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 8f 는 복수의 측정 유닛들 및 공통 평가 유닛 사이에 삽입된 멀티플렉서 스위치를 사용하여 직렬 튜닝된 구성에서 감지 회로의 도면이다.

도 9 는 본원에 설명된 예시적인 실시형태에 따라, 임펄스 반응 방법에 기초한 외래 오브젝트 검출 시스템의 개략도이다.

도 10 은 예시적인 실시형태에 따라, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 예시적인 방법의 순서도이다.

도 11 은 예시적인 실시형태에 따라, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 장치의 기능 블록도이다.

도면들에 예시된 다양한 특징부들은 스케일대로 그려지지 않은 것일 수도 있다. 따라서, 다양한 특징부들의 치수들은 명료성을 위해 자의적으로 확대되거나 또는 축소될 수도 있다. 부가하여, 도면들 중 일부는 주어진 시스템, 방법 또는 디바이스의 컴포넌트들의 모두를 묘사하지는 않을 수도 있다. 마지막으로, 유사한 참조 번호들은 명세서 및 도면들 전반에 걸쳐 유사한 특징부들을 표시하는데 사용될 수도 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009]

첨부된 도면들에 관련하여 아래에서 언급하는 상세한 설명은 본원의 예시적인 실시형태들의 설명으로서 의도되고 본원이 실용화될 수도 있는 실시형태들만을 나타내도록 의도되지는 않는다. 명세서 전반에 걸쳐 사용되는 용어 "예시적인"은 "일 예, 사례 (instance), 또는 예시"로서 역할을 하고 다른 예시적인 실시형태들보다 더 바람직하거나 또는 유리한 것으로 반드시 해석되지는 않아야 한다. 상세한 설명은 예시적인 실시형태들의 철저한 이해를 제공할 목적을 위해 특정 세부사항들을 포함한다. 일부 사례들에서, 몇몇 디바이스들이 블록도 형태로 도시된다.

[0010]

전력을 무선으로 전송하는 것은 전기장들, 자기장들, 전자기장들에 연관된, 또는 그렇지 않으면 물리적 도전체들의 사용 없이 송신기로부터 수신기로 임의의 형태의 에너지를 전송하는 것을 지칭할 수도 있다 (예컨대, 전력은 자유 공간을 통해 전송될 수도 있다). 전자기장 (예컨대, 자기장) 속으로 출력된 전력은 전력 전송을 달성하기 위해 "수신 코일"에 의해 수신, 캡처 또는 커플링될 수도 있다.

- [0011] 전기 차량이 원격 시스템을 설명하기 위해 본원에서 사용되는데, 그 전기 차량의 일 예는, 그것의 운동(locomotion) 능력들의 일부로서, 충전가능 에너지 저장 디바이스(예컨대, 하나 이상의 재충전가능 전기화학적 셀들 또는 다른 유형의 배터리)로부터 도출된 전력을 포함하는 차량이다. 비제한적인 예들로서, 일부 전기 차량들은 전기 모터들 외에도, 직접 운동을 위한 또는 차량의 배터리를 충전하기 위한 종래의 연소 엔진을 포함하는 하이브리드 전기 차량들일 수도 있다. 다른 전기 차량들이 전력으로부터 모든 운동 능력을 끌어낼 수도 있다. 전기 차량이 자동차로 제한되지 않고 모터사이클들, 카트들, 스쿠터들 등을 포함할 수도 있다. 비제한적인 예로서, 원격 시스템이 전기 차량(electric vehicle; EV)의 형태로 본원에서 설명된다. 더욱이, 충전가능 에너지 저장 디바이스를 사용하여 적어도 부분적으로 전력공급될 수도 있는 다른 원격 시스템들(예컨대, 개인 컴퓨팅 디바이스들 등과 같은 전자 디바이스들)이 또한 고려된다.
- [0012] 도 1은 예시적인 실시형태에 따른, 전기 차량(112)을 충전하기 위한 예시적인 무선 전력 전송 시스템(100)의 도면이다. 무선 전력 전송 시스템(100)은 전기 차량(112)이 베이스 무선 충전 시스템(102a) 근처에 주차하고 있는 동안 전기 차량(112)의 충전을 가능하게 한다. 2개의 전기 차량들을 위한 공간들이 대응하는 베이스 무선 충전 시스템(102a 및 102b)상의 주차될 주차 영역에 예시되어 있다. 일부 실시형태들에서, 로컬 분배 센터(130)가 전력 백본(132)에 접속되고 전력 링크(110)를 통해 베이스 무선 충전 시스템(102a)으로 교류 전류(AC) 또는 직류 전류(DC)공급을 제공하도록 구성될 수도 있다. 베이스 무선 충전 시스템(102a)은 또한, 전력을 무선으로 전송 또는 수신하기 위한 베이스 시스템 유도 코일(104a)을 구비한다. 전기 차량(112)은 배터리 유닛(118), 전기 차량 유도 코일(116), 및 전기 차량 무선 충전 시스템(114)을 구비할 수도 있다. 전기 차량 유도 코일(116)은, 예를 들어, 베이스 시스템 유도 코일(104a)에 의해 생성된 전자기장의 지역을 통해 베이스 시스템 유도 코일(104a)과 상호작용할 수도 있다.
- [0013] 일부 예시적인 실시형태들에서, 전기 차량 유도 코일(116)은 전기 차량 유도 코일(116)이 베이스 시스템 유도 코일(104a)에 의해 생성된 에너지장(energy field)에 위치되는 경우 전력을 수신할 수도 있다. 그 장은 베이스 시스템 유도 코일(104a)에 의해 출력된 에너지가 전기 차량 유도 코일(116)에 의해 캡처될 수도 있는 지역에 대응한다. 예를 들어, 베이스 시스템 유도 코일(104a)에 의해 출력된 에너지는 전기 차량(112)을 충전 또는 전력공급하기에 충분한 레벨에 있을 수도 있다. 일부 경우들에서, 그 장은 베이스 시스템 유도 코일(104a)의 "근접장(near field)"에 대응할 수도 있다. 근접장은 베이스 시스템 유도 코일(104a)로부터 멀리 전력을 방사하지 않는 베이스 시스템 유도 코일(104a)에서의 전류들 및 전하들로부터 생기는 강한 반응장들이 있는 지역에 대응할 수도 있다. 일부 경우들에서 근접장은 아래에서 더 설명될 바와 같이 베이스 시스템 유도 코일(104a)의 파장의 약 $1/2\pi$ 내에 있는 지역에 대응할 수도 있다(그리고 전기 차량 유도 코일(116)의 경우 반대이다).
- [0014] 로컬 분배(1130)는 통신 백홀(backhaul)(134)을 통해 외부 소스들(예컨대, 전력 그리드)과, 그리고 통신 링크(108)를 통해 베이스 무선 충전 시스템(102a)과 통신하도록 구성될 수도 있다.
- [0015] 일부 실시형태들에서 전기 차량 유도 코일(116)은 베이스 시스템 유도 코일(104a)과 정렬되어, 단순히, 전기 차량(112)을 베이스 시스템 유도 코일(104a)에 대해 올바르게 포지셔닝하는 드라이버에 의해 근접장 지역 내에 배치될 수도 있다. 다른 실시형태들에서, 드라이버에게는 전기 차량(112)이 무선 전력 전송을 위해 적절하게 배치되는 경우를 결정하기 위해 시각적 피드백, 청각적 피드백, 또는 이들의 조합들이 주어질 수도 있다. 또 다른 실시형태들에서, 전기 차량(112)은, 정렬 에러가 허용가능 값에 도달하기까지 전기 차량(112)을 앞뒤로(예컨대, 지그재그 이동으로) 이동시킬 수도 있는 오토파일럿(autopilot) 시스템에 의해 포지셔닝될 수도 있다. 이는, 전기 차량(112)에 서보 스티어링 휠, 초음파 센서들, 및 차량을 조정하기 위한 지능이 제공된다면, 최소 드라이버 개입만으로 또는 그러한 개입 없이 전기 차량(112)에 의해 자동으로 그리고 자체적으로 수행될 수도 있다. 또 다른 실시형태들에서, 전기 차량 유도 코일(116), 베이스 시스템 유도 코일(104a) 또는 이들의 조합이 유도 코일들(116 및 104a)을 더욱 정확히 지향시키고 이들 간에 더욱 효율적인 커플링을 전개시키기 위해 그 유도 코일들을 서로에 대해 변위 및 이동시키는 기능을 가질 수도 있다.
- [0016] 베이스 무선 충전 시스템(102a)은 다양한 로케이션들에 위치될 수도 있다. 비제한적 예들로서, 일부 적합한 로케이션들은 전기 차량(112)소유자의 집에 있는 주차 영역, 기존의 석유계 주유소들(petroleum-based filling stations) 후에 모델링된 전기 차량 무선 충전을 위해 예비된 주차 영역들, 그리고 쇼핑 센터들 및 근무처들과 같은 다른 로케이션들에 있는 주차장들을 포함한다.
- [0017] 전기 차량들을 무선으로 충전하는 것은 수많은 이점들을 제공할 수도 있다. 예를 들어, 충전은 드라이버의 개입 및 조작들 없이 자동으로, 가상적으로 수행되고 이에 의해 사용자에게 대한 편의를 개선할 수도 있다.

또한 노출된 전기 접촉들이 없고 기계적 마모가 없으며, 이에 의해 무선 전력 전송 시스템 (100) 의 신뢰성을 개선할 수도 있다. 케이블들 및 커넥터들을 이용한 조작들이 필요하지 않을 수도 있고, 실외 환경에서 습기나 물에 노출될 수도 있는 케이블들, 플러그들, 또는 소켓들이 없을 수도 있으며, 이에 의해 안전성을 개선한다. 가시적이거나 액세스가능한 소켓들, 케이블들, 플러그들이 또한 없을 수도 있으며, 이에 의해 전력 충전 디바이스들의 잠재적인 공공기물 파손을 줄인다. 게다가, 전기 차량 (112) 이 전력 그리드를 안정화하기 위해 분산된 저장 디바이스들로서 사용될 수도 있으므로, 도킹-대-그리드 (docking-to-grid) 해결책이 차량-대-그리드 (Vehicle-to-Grid; V2G) 동작을 위한 차량들의 가용성을 증가시키는데 사용될 수도 있다.

[0018] 도 1 을 참조하여 설명된 바와 같은 무선 전력 전송 시스템 (100) 은 또한, 미학적이고 방해가 되지 않는 장점들을 제공할 수도 있다. 예를 들어, 차량들 및/또는 보행자들에 대해 방해가 될 수도 있는 충전 컬럼 (charge column) 들 및 케이블들이 없을 수도 있다.

[0019] 차량-대-그리드 능력의 추가의 설명으로서, 무선 전력 송신 및 수신 능력들은 베이스 무선 충전 시스템 (102a) 이 전력을 전기 차량 (112) 으로 전송하고, 예컨대, 에너지 부족 시에 전기 차량 (112) 이 전력을 베이스 무선 충전 시스템 (102a) 으로 전송하도록 상호적으로 구성될 수도 있다. 이 능력은 전기 차량들이 재생가능 (renewable) 에너지 생산 (예컨대, 바람 또는 태양) 에서의 파잉 수요 또는 부족분에 의해 초래된 에너지 부족 시에 전체 분배 시스템에 전력을 기여하는 것을 허용함으로써 전력 분배 그리드를 안정화하는데 유용할 수도 있다.

[0020] 도 2 는 도 1 의 무선 전력 전송 시스템 (100) 의 예시적인 핵심 컴포넌트들의 개략도이다. 도 2 에 도시된 바와 같이, 무선 전력 전송 시스템 (200) 은 인덕턴스 L_1 를 갖는 베이스 시스템 유도 코일 (204) 을 구비한 베이스 시스템 송신 회로 (206) 를 포함할 수도 있다. 무선 전력 전송 시스템 (200) 은 인덕턴스 L_2 를 갖는 전기 차량 유도 코일 (216) 을 구비한 전기 차량 수신 회로 (222) 를 더 포함한다. 본원에서 설명되는 실시 형태들은 일차 구조물 (송신기) 로부터 이차 구조물 (수신기) 로의 에너지를, 일차 및 이차 양쪽 모두가 공통 공진 주파수로 튜닝되면, 자기적 또는 전자기적 근접장을 통해 효율적으로 커플링할 수 있는 공진 구조를 형성하는 용량적으로 로딩된 와이어 루프들 (즉, 다중-턴 코일들) 을 사용할 수도 있다. 코일들은 전기 차량 유도 코일 (216) 및 베이스 시스템 유도 코일 (204) 로서 사용될 수도 있다. 에너지를 커플링하기 위한 공진 구조들을 사용하는 것은 "자기적 커플링된 공진", "전자기적 커플링된 공진", 및/또는 "공진 유도" 라고 지칭될 수도 있다. 무선 전력 전송 시스템 (200) 의 동작은 베이스 무선 전력 충전 시스템 (202) 으로부터 전기 차량 (112) 으로의 전력 전송에 기초하여 설명될 것이지만, 그와 같이 제한되지 않는다. 예를 들어, 위에서 논의된 바와 같이, 전기 차량 (112) 은 전력을 베이스 무선 충전 시스템 (102a) 으로 전송할 수도 있다.

[0021] 도 2 를 참조하여, 전력 공급부 (208) (예컨대, AC 또는 DC) 는 에너지를 전기 차량 (112) 으로 전송하기 위해 전력 (P^{SDC}) 을 베이스 무선 전력 충전 시스템 (202) 으로 공급한다. 베이스 무선 전력 충전 시스템 (202) 은 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (236) 를 포함한다. 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (236) 는 표준 본선 AC 로부터의 전력을 적합한 전압 레벨에서의 DC 전력으로 변환하도록 구성된 AC/DC 컨버터와 같은 회로와, DC 전력을 무선 고 전력 전송에 적합한 동작 주파수의 전력으로 변환하도록 구성된 DC/저 주파수 (LF) 컨버터를 포함할 수도 있다. 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (236) 는, 소망의 주파수에서 전자기장을 방출하기 위하여 베이스 시스템 유도 코일 (204) 과 직렬인 커패시터 (C_1) 를 포함하는 베이스 시스템 송신 회로 (206) 에 전력 (P_1) 을 공급한다. 커패시터 (C_1) 는 베이스 시스템 유도 코일 (204) 과 병렬 또는 직렬 중 어느 것으로 커플링될 수도 있으며, 또는 병렬 또는 직렬 토폴로지의 임의의 조합에서 여러 반응성 엘리먼트들을 형성할 수도 있다. 커패시터 (C_1) 는 소망의 주파수에서 공진하는 베이스 시스템 유도 코일 (204) 과 공진 회로를 형성하도록 제공될 수도 있다. 베이스 시스템 유도 코일 (204) 은 전력 (P_1) 을 수신하고 전기 차량 (112) 을 충전 또는 전력공급하기에 충분한 레벨의 전력을 무선으로 송신한다. 예를 들어, 베이스 시스템 유도 코일 (204) 에 의해 무선으로 제공된 전력 레벨은 대략 킬로와트 (kW) (예컨대, 대체로 1 kW 부터 110 kW 까지 또는 그것보다 더 높거나 또는 더 낮음) 일 수도 있다.

[0022] 베이스 시스템 유도 코일 (204) 을 구비한 베이스 시스템 송신 회로 (206) 및 전기 차량 유도 코일 (216) 을 구비한 전기 차량 수신 회로 (222) 는, 실질적으로 동일한 주파수들로 튜닝될 수도 있고, 베이스 시스템 유도 코일 (204) 및 전기 차량 유도 코일 (116) 중 하나에 의해 송신된 전자기장의 근접장 내에 위치될 수도 있다. 이 경우, 베이스 시스템 유도 코일 (204) 및 전기 차량 유도 코일 (116) 은 커패시터 (C_2) 및 전기 차량 유도

코일 (116) 을 구비한 전기 차량 수신 회로 (222) 로 전력이 전송될 수 있도록 서로 커플링될 수도 있다. 커패시터 (C_2) 는 소망의 주파수에서 공진하는 전기 차량 유도 코일 (216) 과 공진 회로를 형성하기 위해 제공될 수도 있다. 커패시터 (C_2) 는 전기 차량 유도 코일 (204) 과 병렬 또는 직렬 중 어느 것으로 커플링될

수도 있으며, 또는 병렬 또는 직렬 토폴로지의 임의의 조합에서 여러 반응성 엘리먼트들을 형성할 수도 있다.

엘리먼트 $k(d)$ 는 코일 분리의 결과인 상호 커플링 계수를 나타낸다. 등가 저항들 ($R_{eq,1}$ 및 $R_{eq,2}$) 은 유도 코일들 (204 및 216) 과 안티-리액턴스 (anti-reactance) 커패시터들 (C_1 및 C_2) 에 내재될 수도 있는 손실들을 나타낸다. 전기 차량 유도 코일 (316) 및 커패시터 (C_2) 를 구비한 전기 차량 수신 회로 (222) 는 전력 (P_2) 을 수신하고 그 전력 (P_2) 을 전기 차량 충전 시스템 (214) 의 전기 차량 전력 컨버터 (238) 에 제공한다.

[0023] 전기 차량 전력 컨버터 (238) 는, 무엇보다도, 동작 주파수에서의 전력을 전기 차량 배터리 유닛 (218) 의 전압 레벨에 매칭된 전압 레벨에서의 DC 전력으로 되 변환하도록 구성된 LF/DC 컨버터를 구비할 수도 있다. 전기 차량 전력 컨버터 (238) 는 전기 차량 배터리 유닛 (218) 을 충전하기 위해 변환된 전력 (P^{LDC}) 을 제공할 수도 있다. 전력 공급부 (208), 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (236), 및 베이스 시스템 유도 코일 (204) 은 정적 (stationary) 이고 위에서 논의된 바와 같은 다양한 로케이션들에 위치될 수도 있다. 배터리 유닛 (218), 전기 차량 전력 컨버터 (238), 및 전기 차량 유도 코일 (216) 은 전기 차량 (112) 의 일부 또는 배터리 팩 (미도시) 의 일부인 전기 차량 충전 시스템 (214) 내에 포함될 수도 있다. 전기 차량 충전 시스템 (214) 은 또한 그리드로 전력을 되 피드하기 위해 전력을 전기 차량 유도 코일 (216) 을 통해 무선으로 베이스 무선 전력 충전 시스템 (202) 으로 제공하도록 구성될 수도 있다. 전기 차량 유도 코일 (216) 및 베이스 시스템 유도 코일 (204) 의 각각은 동작의 모드에 기초하여 송신 또는 수신 유도 코일들로서 역할을 할 수도 있다.

[0024] 도시되지 않았으나, 무선 전력 전송 시스템 (200) 은 무선 전력 전송 시스템 (200) 으로부터 전기 차량 배터리 유닛 (218) 또는 전력 공급부 (208) 를 안전하게 접속해제하기 위해 부하 접속해제 유닛 (load disconnect unit; LDU) 을 구비할 수도 있다. 예를 들어, 긴급 또는 시스템 장애의 경우, LDU 는 무선 전력 전송 시스템 (200) 으로부터 부하를 접속해제하도록 트리거될 수도 있다. LDC 는 배터리에 대한 충전을 관리하게 하기 위해 배터리 관리 시스템이 추가로 제공될 수도 있거나, 또는 그것은 배터리 관리 시스템의 일부일 수도 있다.

[0025] 게다가, 전기 차량 충전 시스템 (214) 은 전기 차량 전력 컨버터 (238) 에 전기 차량 유도 코일 (216) 을 선택적으로 접속하고 접속해제하기 위한 스위칭 회로 (미도시) 를 구비할 수도 있다. 전기 차량 유도 코일 (216) 을 접속해제하는 것은 충전을 중지시킬 수도 있고, 베이스 무선 충전 시스템 (102a) (송신기로서 역할을 함) 에 의해 "보이는" 바와 같은 "부하"를 또한 조정할 수도 있는데, 이는 베이스 무선 충전 시스템 (102a) 으로부터 전기 차량 충전 시스템 (114) (수신기로서 역할을 함) 을 "클로킹"하는데 사용될 수도 있다. 송신기가 부하 감지 회로를 포함하면 부하 변경들이 검출될 수도 있다. 따라서, 송신기, 이를테면 베이스 무선 충전 시스템 (202) 은, 수신기들, 이를테면 전기 차량 충전 시스템 (114) 이 베이스 시스템 유도 코일 (204) 의 근접장에 존재하는 경우를 결정하기 위한 메커니즘을 가질 수도 있다.

[0026] 위에서 설명된 바와 같이, 동작 시, 차량 또는 배터리 쪽으로의 에너지 전송을 가정하면, 베이스 시스템 유도 코일 (204) 이 에너지 전송을 제공하기 위한 장을 생성하도록 입력 전력이 전력 공급부 (208) 로부터 제공된다. 전기 차량 유도 코일 (216) 은 방사된 장에 커플링되고 전기 차량 (11) 에 의한 저장 또는 소비를 위한 출력 전력을 생성한다. 위에서 설명된 바와 같이, 일부 실시형태들에서, 베이스 시스템 유도 코일 (204) 및 전기 차량 유도 코일 (116) 은 전기 차량 유도 코일 (116) 의 공진 주파수 및 베이스 시스템 유도 코일 (204) 의 공진 주파수가 매우 가깝거나 또는 실질적으로 동일한 경우가 되도록, 상호 공진 관계에 따라 구성된다. 베이스 무선 전력 충전 시스템 (202) 및 전기 차량 충전 시스템 (214) 사이의 송전 손실들은 전기 차량 유도 코일 (216) 이 베이스 시스템 유도 코일 (204) 의 근접장에 위치되는 경우 최소화이다.

[0027] 언급된 바와 같이, 전자기파에서의 에너지의 대부분을 원격장 (far-field) 으로 전파하는 대신 송신 유도 코일의 근접장에서의 에너지의 큰 부분을 수신 유도 코일에 커플링함으로써 효율적인 에너지 전송이 발생한다. 근접장에 있는 경우, 커플링 모드가 송신 유도 코일 및 수신 유도 코일 간에 확립될 수도 있다. 이 근접장 커플링이 발생할 수도 있는 유도 코일들 주위의 영역은 본원에서 근접장 커플링 모드 지역이라고 지칭된다.

[0028] 도시되지 않았으나, 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (26) 및 전기 차량 전력 컨버터 (238) 는 양쪽 모두가 발

진기, 전력 증폭기와 같은 구동기 회로, 필터, 및 무선 전력 유도 코일과의 효율적인 커플링을 위한 매칭 회로를 구비할 수도 있다. 발진기는 조정 신호에 응답하여 조정될 수도 있는 소망의 주파수를 생성하도록 구성될 수도 있다. 발진기 신호는 제어 신호들에 응답하는 증폭량으로 전력 증폭기에 의해 증폭될 수도 있다.

필터 및 매칭 회로는 고조파들 또는 다른 원치 않는 주파수들을 필터링하고 전력 변환 모듈의 임피던스를 무선 전력 유도 코일과 매칭시키도록 구비될 수도 있다. 전력 컨버터들 (236 및 238) 은 배터리를 충전하기 위한 적합한 전력 출력을 생성하기 위한 정류기 및 스위칭 회로를 또한 구비할 수도 있다.

[0029] 개시된 실시형태들 전체를 통해 설명되는 바와 같은 전기 차량 유도 코일 (216) 및 베이스 시스템 유도 코일 (204) 은, "루프" 안테나들, 보다 구체적으로는, 다중-턴 (multi-turn) 루프 안테나들로서 지칭되거나 또는 구성될 수도 있다. 유도 코일들 (204 및 216) 은 "자기" 안테나들이라고 본원에서 지칭되거나 또는 구성될 수도 있다. 용어 "코일들" 은 다른 "코일"에 커플링하기 위해 에너지를 무선으로 출력하거나 또는 수신할 수도 있는 컴포넌트를 지칭하도록 의도된다. 그 코일은 전력을 무선으로 출력하거나 또는 수신하도록 구성되는 유형의 "안테나"로서 또한 지칭될 수도 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 코일들 (204 및 216) 은 전력을 무선으로 출력하며, 무선으로 수신하며, 및/또는 무선으로 중계하도록 구성되는 유형의 "전력 송신 컴포넌트들"의 예들이다. 루프 (예컨대, 다중-턴 루프) 안테나들은 공심 (air core) 또는 페라이트 코어 (ferrite core) 와 같은 물리적 코어를 구비하도록 구성될 수도 있다. 공심 루프 안테나는 코어 영역 내의 다른 컴포넌트들의 배치를 허용할 수도 있다. 강자성 (ferromagnetic) 또는 강자성 재료들을 구비한 물리적 코어 안테나들은 더 강한 전자기장의 개선과 향상된 커플링을 허용할 수도 있다.

[0030] 위에서 논의된 바와 같이, 송신기와 수신기 사이의 에너지의 효율적인 전송은 송신기와 수신기 사이의 매칭된 또는 거의 매칭된 공진 동안 발생한다. 심지어 송신기와 수신기 사이의 공진이 매칭되지 않는 경우에도, 에너지는 더 낮은 효율로 전송될 수도 있다. 에너지의 전송은, 송신 유도 코일의 근접장으로부터, 송신용 유도 코일로부터 자유 공간 속으로 에너지를 전파하기보다는 이 근접장이 확립되는 지역 내에 (예컨대, 공진 주파수의 미리 결정된 주파수 범위 내에, 또는 근접장 지역의 미리 결정된 거리 내에) 존재하는 수신 유도 코일로의 커플링 에너지에 의해 발생한다.

[0031] 공진 주파수는 위에서 설명된 바와 같은 유도 코일 (예컨대, 베이스 시스템 유도 코일 (204)) 을 포함하는 송신 회로의 인덕턴스 및 커패시턴스에 기초할 수도 있다. 도 2 에 도시된 바와 같이, 인덕턴스는 일반적으로 유도 코일의 인덕턴스일 수도 있는 반면, 커패시턴스는 소망의 공진 주파수에서 공진 구조를 형성하기 위해 유도 코일에 추가될 수도 있다. 비제한적 예로서, 도 2 에 도시된 바와 같이, 커패시터는 전자기장을 생성하는 공진 회로 (예컨대, 베이스 시스템 송신 회로 (206)) 를 형성하기 위해 유도 코일과 직렬로 추가될 수도 있다. 따라서, 더 큰 직경의 유도 코일들에 대해, 공진을 유도하기 위한 커패시턴스의 값은 코일의 직경 또는 인덕턴스가 증가함에 따라 감소할 수도 있다. 인덕턴스는 또한 유도 코일의 권수 (number of turns) 에 의존할 수도 있다. 더욱이, 유도 코일의 직경이 증가함에 따라, 근접장의 효율적인 에너지 전송 영역이 증가할 수도 있다. 다른 공진 회로들이 가능하다. 다른 비제한적인 예로서, 커패시터는 유도 코일 (예컨대, 병렬 공진 회로) 의 2 개의 단자들 간에 병렬로 배치될 수도 있다. 더욱이 유도 코일은 유도 코일의 공진을 향상시키기 위하여 고품질 (Q) 팩터를 가지도록 설계될 수도 있다. 예를 들어, Q 팩터는 300 이상일 수 있다.

[0032] 위에서 설명된 바와 같이, 일부 실시형태들에 따르면, 서로의 근접장에 있는 2 개의 유도 코일들 간의 커플링력 (coupling power) 이 개시된다. 위에서 설명된 바와 같이, 근접장은 전자기장들이 존재하는 유도 코일 주위의 지역에 대응할 수 있으나, 유도 코일로부터 전파하거나 또는 방사되지는 않을 수 있다. 근접장 커플링-모드 지역들은 유도 코일의 물리적 체적에 가까운, 일반적으로 파장의 작은 분율 내에 있는 체적에 대응할 수도 있다. 일부 실시형태들에 따르면, 전자기 유도 코일들, 이를테면 단일 및 다중-턴 루프 안테나들이, 송신 및 수신 양방을 위해 사용되는데, 이는 실제 실시형태들에서의 자기적 근접장 진폭들이 전기형 안테나 (예컨대, 작은 다이폴) 의 전기적 근접장들과 비교하여 자기형 코일들에 대해 더 높은 경향이 있어서이다. 이는 쌍간에 잠재적으로 더 높은 커플링을 허용한다. 더욱이, "전기" 안테나들 (예컨대, 다이폴들 및 모노폴들) 또는 자기 및 전기 안테나들의 조합이 사용될 수도 있다.

[0033] 도 3 은 도 1 의 무선 전력 전송 시스템 (300) 의 예시적인 핵심 및 보조 컴포넌트들을 도시하는 다른 기능 블록도이다. 무선 전력 전송 시스템 (300) 은 통신 링크 (376), 안내 링크 (366), 그리고 베이스 시스템 유도 코일 (304) 및 전기 차량 유도 코일 (316) 을 위한 정렬 시스템들 (352 및 354) 을 예시한다. 도 2 를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 그리고 도 3 에 대해 전기 차량 (112) 쪽으로의 에너지 흐름을 가정하면, 베이스 충전 시스템 전력 인터페이스 (354) 는 전력 소스, 이를테면 AC 또는 DC 전력 공급부 (126) 로부터 충전 시스템 전력 컨버터 (336) 로 전력을 공급하도록 구성될 수도 있다. 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (336)

는 베이스 시스템 유도 코일 (304) 을 그것의 공진 주파수에서 또는 근처에서 여기시키기 위해 베이스 충전 시스템 전력 인터페이스 (354) 로부터 AC 또는 DC 전력을 수신할 수도 있다. 전기 차량 유도 코일 (316) 은, 근접장 커플링-모드 지역에 있는 경우, 그 공진 주파수에서 또는 근처에서 발진하도록 근접장 커플링 모드 지역으로부터 에너지를 수신할 수도 있다. 전기 차량 전력 컨버터 (338) 는 전기 차량 유도 코일 (316) 로부터의 발진 신호를 전기 차량 전력 인터페이스를 통해 배터리를 충전하기에 적합한 전력 신호로 변환한다.

[0034] 베이스 무선 충전 시스템 (302) 은 베이스 충전 시스템 컨트롤러 (342) 를 구비하며, 전기 차량 충전 시스템 (314) 은 전기 차량 컨트롤러 (344) 를 구비한다. 베이스 충전 시스템 컨트롤러 (342) 는 예를 들어, 컴퓨터와 같은 다른 시스템들 (미도시), 그리고 배전 센터, 또는 스마트 전력 그리드에 대한 베이스 충전 시스템 통신 인터페이스 (162) 를 구비할 수도 있다. 전기 차량 컨트롤러 (344) 는 예를 들어, 차량 상의 온보드 (on-board) 컴퓨터와 같은 다른 시스템들 (미도시), 다른 배터리 충전 컨트롤러, 차량들 내의 다른 전자 시스템들, 및 원격 전자 시스템들에 대한 전기 차량 통신 인터페이스를 구비할 수도 있다.

[0035] 베이스 충전 시스템 컨트롤러 (342) 및 전기 차량 컨트롤러 (344) 는 별개의 통신 채널들과의 특정 어플리케이션을 위한 서브시스템들 또는 모듈들을 구비할 수도 있다. 이들 통신 채널들은 별개의 물리적 채널들 또는 별개의 논리적 채널들일 수도 있다. 비제한적인 예들로서, 베이스 충전 정렬 시스템 (352) 은 베이스 시스템 유도 코일 (304) 및 전기 차량 유도 코일 (316) 을 자율적으로 또는 오퍼레이터 지원으로 더욱 밀접하게 정렬하기 위한 피드백 메커니즘을 제공하기 위해 통신 링크 (376) 를 통해 전기 차량 정렬 시스템 (354) 과 통신할 수도 있다. 마찬가지로, 베이스 충전 안내 시스템 (362) 은 베이스 시스템 유도 코일 (304) 및 전기 차량 유도 코일 (316) 을 정렬함에 있어서 오퍼레이터를 안내하는 피드백 메커니즘을 제공하기 위해 안내 링크를 통해 전기 차량 안내 시스템 (364) 과 통신할 수도 있다. 덧붙여서, 베이스 무선 전력 충전 시스템 (302) 과 전기 차량 충전 시스템 (314) 간에 다른 정보를 통신하기 위해 베이스 충전 통신 시스템 (372) 과 전기 차량 통신 시스템 (374) 에 의해 지원되는 별도의 범용 통신 링크들 (예컨대, 채널들) 이 있을 수도 있다. 이 정보는 전기 차량 특성들, 배터리 특성들, 충전 스테이터스, 그리고 베이스 무선 전력 충전 시스템 (302) 및 전기 차량 충전 시스템 (314) 양쪽 모두의 전력 능력들에 관한 정보, 뿐만 아니라 전기 차량 (112) 에 대한 유지보수 및 진단 데이터를 포함할 수도 있다. 이들 통신 채널들은 예를 들어, 블루투스, 지그비 (zigbee), 셀룰러 등과 같은 별개의 물리적 통신 채널들일 수도 있다.

[0036] 전기 차량 컨트롤러 (344) 는 또한 전기 차량 주 배터리, 마이크로파 또는 초음파 레이더 원리들에 기초한 주차 보조 시스템, 반자동 주차 동작을 수행하도록 구성된 브레이크 시스템, 및 크게 자동화된 주차인 '유선 주차 (park by wire)'를 돕도록 구성된 스티어링 휠 서보 시스템의 충전 및 방전을 관리하는 배터리 관리 시스템 (battery management system; BMS) (미도시) 을 포함할 수도 있으며, '유선 주차'는 더 높은 주차 정확도를 제공하여, 베이스 무선 충전 시스템 (102a) 및 전기 차량 충전 시스템 (114) 중 어느 것에서 기계 수평 유도 코일 정렬의 필요성을 감소시킬 수 있다. 더욱이, 전기 차량 컨트롤러 (344) 는 전기 차량 (112) 의 전자 제품들과 통신하도록 구성될 수도 있다. 예를 들어, 전기 차량 컨트롤러 (344) 는 시각 출력 디바이스들 (예컨대, 대시보드 디스플레이), 음향/오디오 출력 디바이스들 (예컨대, 버저, 스피커들), 기계 출력 디바이스들 (예컨대, 키보드, 터치 스크린, 그리고 조이스틱, 트랙볼과 같은 포인팅 디바이스들), 및 오디오 입력 디바이스들 (예컨대, 전자 음성 인식이 되는 마이크로폰) 과 통신하도록 구성될 수도 있다.

[0037] 뿐만 아니라, 무선 전력 전송 시스템 (300) 은 검출 및 센서 시스템들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 무선 전력 전송 시스템 (100) 은 운전자 또는 차량을 충전 지점에 적절히 안내하는 시스템들을 사용하기 위한 센서들, 요구되는 분리/커플링과 함께 유도 코일들을 상호 정렬하는 센서들, 커플링을 달성하기 위해 전기 차량 유도 코일 (316) 이 특정 높이 및/또는 위치로 이동하는 것을 막을 수 있는 물체들을 검출하는 센서들, 및 시스템에서 신뢰할 수 있고, 손상 없고, 안전한 동작을 수행하는 시스템들을 사용하기 위한 안전 센서들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 안전 센서는 안전 반경 밖에서 무선 전력 유도 코일들 (104a, 116) 에 접근하는 동물들 또는 어린이들의 존재의 검출, 가열 (유도 가열) 될 수도 있는 베이스 시스템 유도 코일 (304) 근처의 물체들의 검출, 베이스 시스템 유도 코일 (304) 상의 백열 물체들과 같은 위험 이벤트들의 검출, 및 베이스 무선 전력 충전 시스템 (302) 및 전기 차량 충전 시스템 (314) 컴포넌트들의 온도 모니터링을 위한 센서를 포함할 수도 있다.

[0038] 무선 전력 전송 시스템 (300) 은 또한 유선 연결을 통해 플러그인 충전을 지원할 수도 있다. 유선 충전 포트는 전기 차량 (112) 으로 또는 전기 차량 (112) 으로부터의 전송 전력 이전에 2 개의 상이한 충전기들의 출력들을 통합할 수도 있다. 스위칭 회로는 무선 충전 및 유선 충전 포트를 통한 충전의 양방을 지원하기 위해

필요되는 기능성을 제공할 수도 있다.

- [0039] 베이스 무선 충전 시스템 (302) 과 전기 차량 충전 시스템 (314) 간에 통신하기 위해, 무선 전력 전송 시스템 (300) 은 대역내 시그널링과 RF 데이터 모뎀 (예컨대, 무선 대역에서의 라디오를 통하는 이더넷) 양쪽 모두를 사용할 수도 있다. 대역의 통신은 차량 사용자/소유자에 대한 가치-부가 (value-add) 서비스들의 할당을 위한 충분한 대역폭을 제공할 수도 있다. 무선 전력 캐리어의 낮은 깊이 진폭 또는 위상 변조는 최소 간섭을 갖는 대역내 시그널링 시스템으로서 역할을 할 수도 있다.
- [0040] 덧붙여서, 일부 통신은 특정 통신들 안테나들을 사용하는 일 없이 무선 전력 링크를 통해 수행될 수도 있다. 예를 들어, 무선 전력 유도 코일들 (304 및 316) 은 또한 무선 통신 송신기들로서 역할을 하도록 구성될 수도 있다. 따라서, 베이스 무선 전력 충전 시스템 (302) 의 일부 실시형태들은 무선 전력 경로 상의 키잉 (keying) 형 프로토콜을 가능하게 하기 위한 컨트롤러 (미도시) 를 구비할 수도 있다. 미리 정의된 프로토콜로 미리 정의된 간격들에서 송신 전력 레벨을 키잉 (진폭 시프트 키잉) 함으로써, 수신기는 송신기로부터의 직렬 통신을 검출할 수도 있다. 베이스 충전 시스템 전력 컨버터 (336) 는 베이스 시스템 유도 코일 (304) 에 의해 생성된 근접장의 부근에서 액티브 전기 차량 수신기들의 존재 또는 부존재를 검출하기 위한 부하 감지 회로 (미도시) 를 구비할 수도 있다. 예로서, 부하 감지 회로는 전력 증폭기로 흐르는 전류를 모니터링하는데, 그 전류는 베이스 시스템 유도 코일 (104a) 에 의해 생성된 근접장의 부근에서의 액티브 수신기들의 존재 또는 부존재에 의해 영향을 받는다. 전력 증폭기 상의 부하에 대한 변경들의 검출은 에너지를 송신하기 위한 발진기를 가능하게 할지의 여부, 액티브 수신기와 통신할지의 여부, 또는 이들의 조합을 결정함에 있어서 사용하기 위해 베이스 충전 시스템 컨트롤러 (342) 에 의해 모니터링될 수도 있다.
- [0041] 무선 고 전력 전송을 가능하게 하기 위해, 일부 실시형태들은 20 ~ 150 kHz 의 범위에서의 주파수에서 전력을 전송하도록 구성될 수도 있다. 이 저 저파수 커플링은 고체 상태 디바이스들을 사용하여 달성될 수도 있는 매우 효율적인 전력 변환을 허용할 수도 있다. 덧붙여서, 다른 대역들에 비해 라디오 시스템들과 공존하는 문제들이 거의 없을 수도 있다.
- [0042] 유도 충전과 관련하여, 에너지 전송률 (전력 레벨), 동작 주파수, 1 차 및 2 차 자기 구조들의 크기와 디자인 및 그들 간 거리에 따라, 일부 로케이션들에서 공극 (air gap) 내의 플럭스 밀도는 0.5 mT 를 초과할 수도 있고 또한 수 밀리테슬라 (Millitesla) 에 달할 수도 있다. 소정 양의 전도성이 좋은 재료 (예컨대, 금속) 를 포함하는 오브젝트가 1 차 및 2 차 구조들 간의 공간에 삽입되면, 전력 소실 및 후속하는 열 효과들을 초래할 수 있는 와상 전류들이 이 물체 내에 생성된다. (패러데이 및 렌츠의 법칙) 이 유도 열 효과는 자기 플럭스 밀도, 교번 자기장의 주파수, 오브젝트의 도전 구조의 크기, 모양, 방향 및 전도성에 의존한다. 오브젝트가 충분히 오랜 시간 자기장에 노출되는 경우, 여러 관점에서 위험하다고 고려될 수도 있는 온도들까지 가열될 수도 있다. 오브젝트가 인화성 재료들을 포함하는 경우 또는 재료들, 예컨대 박막 금속화 호일을 포함하는 담배 포장과 직접적으로 접촉하는 경우 자기 점화 (self-ignition) 가 하나의 위험이 될 수 있다. 이러한 뜨거운 오브젝트, 예컨대 동전 또는 열쇠를 집을 수도 있는 사람의 손이 델 수도 있다는 것이 다른 위험이 될 수 있다. 1 차 또는 2 차 구조의 플라스틱 인클로저의 손상, 예컨대, 오브젝트가 플라스틱에 녹는 것이 다른 위험이 될 수 있다.
- [0043] 온도 상승은 또한 실질적으로 비전도성이나 뚜렷한 히스테리시스 (hysteresis) 효과를 나타내는 강자성 재료들을 포함하는 오브젝트들 내에서 또는 히스테리시스 및 와상 전류 손실들을 모두 생성하는 재료들 내에서 예상될 수도 있다. 이처럼, 이러한 오브젝트들을 검출하는 것은 대응하는 유해한 결과들을 피하는 이점이 있다. 오브젝트 검출 시스템이 무선 전력을 제공하기 위한 시스템 내에서 통합되면, 유해한 오브젝트를 검출하는 것에 반응하여, 시스템은 유해한 측정들이 오브젝트가 제거되는 것으로 향할 때까지 전력 레벨을 감소시키거나 단락될 수도 있다. 유도적으로 변화하는 그들 온도에 기초한 감지 오브젝트들은 "유도 열 감지"라고 불릴 수도 있다.
- [0044] 가정 또는 공용 구역에서의 전기 차량의 충전과 같은 유도 전력 전송의 특정 어플리케이션들 내에서, 임계 온도들까지 가열시킬 잠재력을 가진 외래 오브젝트들을 검출할 수 있는 능력은 사람들 및 장비의 안전의 이유들에서 필수적이다. 이는 특히 임계 공간이 개방되고 접근 가능하여 외래 오브젝트들이 우연히 얻어지거나 또는 의도적으로 이 공간에 놓여질 수도 있는 (예컨대, 사보타주의 경우) 시스템들에서 해당할 수도 있다.
- [0045] 본원에 설명된 실시형태들은 미리 정의된 공간 내에 위치될 수도 있는 위험한 외래 오브젝트들 (예컨대, '금속 오브젝트들') 을 자동적으로 검출하는 것에 관한 것이다. 특히, 특정 실시형태들은 자기 플럭스 밀도가 특정 값 (예컨대, 0.5 mT) 을 초과할 수도 있는 1 차 또는 2 차 자기 구조의 표면에 인접하게 위치한 작은 금속

오브젝트들(예컨대, 동전)을 검출하는 것에 관한 것이다.

[0046] 특정 실시형태들에 따라, 유도 열 감지는 미리 결정된 3-차원 공간에서 금속성 외래 오브젝트들의 특수한 카테고리들을 검출하는데 유용할 수도 있다. 이 특수한 카테고리는 통상적으로 무선 전력 전송 시스템(예컨대, 무선 전력 전송 시스템(100, 200, 및 300))의 임계 공간의 내부에 생성되면서 교번 자기장에 노출되면, 위험한 온도들까지 상대적으로 빠르게 가열되는 오브젝트들을 포함할 수도 있다. 이 카테고리에 속하는 오브젝트들의 비제한적 예들로는 금속화 호일을 포함하는 담뱃갑, 요구르트 컵의 커버, 풍선 껌 포장지, 및 금속화 라이터 헤드와 금속화 라이터가 될 수 있다. 일부 실시형태들에서, 유도 열 감지에 사용되는 컴포넌트들 및 기능들은 또한 일반적인 유도 감지에 적용될 수도 있다. 유도 열 감지의 일부 양태들은 분리되고 추가적인 장치보다는 강화된 외래 오브젝트 검출기의 부가 특징으로서 해석될 수도 있다.

[0047] 상기 정의된 카테고리의 금속 오브젝트들은 1 mT 이상의 플럭스 밀도 및 20 내지 150 kHz의 범위 내의 주파수의 교번 자기장에 노출되는 경우 예컨대 약 500 켈빈(K)의 온도까지 가열될 수도 있다. 500 K 이상 온도의 오브젝트들은 그 오브젝트가 종이, 마른 잎, 오일, 연료 등과 같은 가연성 재료들과 접촉하는 경우 화재의 가능성 있는 위험이 고려될 수도 있다. 따라서, 이러한 오브젝트들은 개방되고 접근 가능한 경우, 그들의 기능적 공간에서 밀리테슬라(mT) 범위의 플럭스 밀도 레벨들을 생성하는 무선 전력 전송 시스템을 위해 안전 관점에서 고려되어야 한다.

[0048] 일부 실시형태들에서, 미리 결정된 공간에서 오브젝트(예컨대, 금속성 오브젝트)의 존재는 전기 도전체의 적어도 하나의 루프(감지 루프 또는 감지 코일, 예컨대, 후술할 감지 코일(402) 또는 감지 코일(702))를 사용함으로써 그리고 이 적어도 하나의 감지 루프의 측정 가능한 특성, 예컨대, 등가 인덕턴스, 등가 저항, 또는 임펄스 반응에서의 변화들을 측정함으로써 유도적으로 검출될 수 있다. 본원에 설명된 감지 루프, 감지 코일, 또는 외래 물체 검출(foreign object detection; FOD) 시스템들은 무선 전력 수신기(예컨대, 전기 차량 유도 코일(116)) 또는 무선 전력 송신기(예컨대, 베이스 무선 충전 시스템(102a))에서 통합될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, FOD 시스템들은 또한 비-통합 단독(이산) 해결책들에 적용될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 무선 전력 수신기 또는 송신기는 "원형" 타입 커플러이다. 이 커플러 타입은 예시로서 해석되어야 하며 통합 해결책들이 이에 한정되는 것은 아니다. 이 예시적인 커플러는(예컨대, 카파 리츠 와이어(Copper Litz wire)로 만들어진) 코일 구조, 페라이트 구조(예컨대, 연성 페라이트 재료), 및 전도성 백플레이트(예컨대, 알루미늄)로 이루어진다. 본원의 상세한 설명들 및 도면들은 간결함을 위하여 단일 외래 오브젝트를 가정했으나, 미리 결정된 공간 내에서 하나 이상의 외래 오브젝트가 검출될 수도 있다. 감지 코일에 근접하게 이동된 충분한 크기의 오브젝트(예컨대, 금속성 오브젝트)는 전류에 놓여질 때 이 감지 루프에 의해 생성되면서 자기장 강도(H) 및 플럭스 밀도(B)를 변경할 수도 있으며, 따라서 감지 루프의 적어도 하나의 측정 가능한 특성들을 변화시킬 수도 있다. 따라서, 일부 양태들에서, 오브젝트의 존재는 그 오브젝트의 부존재 시 측정된 동일 특성(참조 측정)에 대비하여 적어도 하나의 측정된 특성에서의 차이를 검출함으로써 검출될 수도 있다. 참조 측정은 외래 오브젝트 검출 시스템을 캘리브레이션하는 프로세스에서 얻어졌을 수도 있다.

[0049] 그러나, 증가된 검출 민감도 요구들을 위해, 적어도 하나의 측정된 특성에서의 차를 검출하는 이 접근법은 제한이 있을 수 있다. 일부 양태들에서, 외래 오브젝트들을 무선 전력 전송 시스템의 감지 범위 내에 위치한 임의의 다른 금속성 또는 강자성 구조로부터 구분하는 것이 가능하지 않을 수도 있는데, 이는 이들이 감지 루프의 특성들에 유사하게 영향을 끼치기 때문이다. 이는 특히 구조가 이동 중이거나 그의 전기적 및 자기적 특성들을 변화시키는 중이어서 감지 루프의 특성들에의 그 영향 또한 변화하는 중인 경우에 해당할 수도 있으며, 따라서 단순히 캘리브레이션 프로세스에서 무효화될 수 없다.

[0050] 전기 차량(112) 아래 지면 상의 충전 베이스 무선 충전 시스템(102a) 그리고 베이스 무선 충전 시스템(102a)에 통합된 적어도 하나의 감지 코일과 함께 전기 차량 충전 어플리케이션에서는, 감지 루프의 특성들을 변화시킬 수도 있는 이러한 금속성 구조들이 전기 차량 유도 코일(116) 또는 차량의 하부일 수도 있다. 추가적으로, 베이스 무선 충전 시스템(102a)에서 전기적으로 전도성 또는 강자성인 구조들은 또한 감지 코일의 전기적 파라미터들을 변경할 수도 있다. 변화들은 예컨대, 기계적 스트레스 및/또는 변화하는 온도에 의해 야기된 미세-움직임(micro-movement)에 의하거나 또는 이러한 전도성 또는 강자성인 구조들의(예컨대, 변화하는 온도의 결과로서) 전기적 및/또는 자기적 재료 특성들의 변화들에 의한 것일 수도 있다. 더욱이, 감지 코일 스스로는 기계적 스트레스, 온도 영향들, 또는 감지 코일이 내장된 유전성 재료들의 특성들의 변화들에 의해 그 전기적 파라미터들을 변화시킬 수도 있다.

[0051] 변화하는 환경의 영향은 표면 (근본적으로 2-차원 공간에서) 근처에 위치한 금속성 오브젝트들을 검출하기 위해 설계된 시스템에서 덜 중요할 수도 있으나, 증가된 민감도를 위해, 예컨대 확장된 (3-차원) 공간에서 금속 오브젝트들을 검출하기 위해 설계된 시스템에서는 현저한 영향을 가질 수도 있다.

[0052] 상기 정의된 카테고리의 외래 오브젝트들은 현저하게 강한 교번 자기장에 노출되는 경우 발생하는 것으로서 그들의 온도 변화에 의해 검출될 수도 있다. 이는 특히 오브젝트의 온도가 교번 자기장 노출의 방식으로 간헐적으로 적용됨으로써 자극되어 오브젝트의 온도가 노출 온 사이클들 및 노출 오프 간격들을 구별되게 따라가는 경우에 해당할 수 있다.

[0053] 대부분 금속들의 전도성 및 투자율은 일반적으로 온도 θ 의 함수이다. 대부분 금속들은 아래 표 1 에서 보이는 바와 같이 0.003 내지 0.006 1/K 의 범위인 선형 온도 계수와 그들의 비저항 $\rho(\theta)$ 에 대해 공평하게 선형 온도 거동을 나타낸다.

표 1

금속/합금	300 K 에서의 전도성 δ [S/m]	300 K 에서의 비저항 ρ [Ωm]	선형 온도 계 수 α [1/K]	비투자율 μ_r
구리	$59 * 10^6$	$17 * 10^{-9}$	0.0039	1
알루미늄	$35 * 10^6$	$29 * 10^{-9}$	0.0039	1
아연	$16.9 * 10^6$	$59 * 10^{-9}$	0.0037	1
니켈	$14.3 * 10^6$	$70 * 10^{-9}$	0.006	100 - 600
철	$10 * 10^6$	$100 * 10^{-9}$	0.005	5000
주석	$9.2 * 10^6$	$109 * 10^{-9}$	0.0045	1
스틸	$1.5 * 10^6$	$667 * 10^{-9}$	0.003	1 - 1800
콘스탄탄	$2 * 10^6$	$500 * 10^{-9}$	0.000008	1

[0054]

[0055] 몇몇 예외들, 예컨대, 콘스탄탄, 니켈-구리 합금은 매우 낮은 온도 계수를 나타낸다. 선형 온도 모델은 $\rho(\theta) = \rho(\theta_0)(1 + \alpha(\theta - \theta_0))$ 로 표시될 수 있으며, 여기서 θ_0 는 참조 온도, 예컨대 300 K 를 의미한다. 선형 법칙의 유효함을 가정하면, $\theta - \theta_0 = 100$ K 의 온도 증가는 50 % 만큼 0.005 의 온도 계수로 금속의 전기적 저항을 변화시킬 것이다.

[0056] 금속의 투자율은 간단한 선형 모델로 접근될 수 없는 일반적으로 더 복잡한 거동을 나타낼 수도 있다. 전도성 및 투자율은 감지 코일의 특성들의 변화들에 대한 원인이 되는 재료 특성들이기에, 오브젝트의 온도의 변화는 또한 어쨌든 측정 가능한 효과를 가하는 오브젝트의 존재가 제공된다면 감지 코일의 특성들의 변화에서 반영된다. 오브젝트의 존재가 실질적으로 적어도 하나의 감지 코일의 특성들에 영향을 미치거나; 오브젝트의 온도가 현저하게, 예컨대 적어도 100 K 의 범위에 걸쳐 변화하거나; 또는 교번 자기장에 노출되었을 때 오브젝트의 온도 변화들이 금속성 환경의 온도보다 빠르게 (큰 시간 변화율에서) 변화하는 경우, 이러한 변화들이 가능하게는 예컨대 합리적인 복잡도 및 비용의 분석 회로로 측정될 수도 있다.

[0057] 유도 열 감지는 가능하게는 실질적으로 3 차원에서 확장되는 미리 결정된 공간 내에 상기 정의된 카테고리의 오브젝트들을 검출할 수 있는 강화된 외래 오브젝트 검출 (FOD) 회로에 대한 해결책을 제공할 수 있다. 이 카테고리의, 상술한 바와 같이, 자기장에 노출되었을 때 와상 전류들로 인한 상당한 단위 질량당 전력을 확산하거나, 상대적으로 낮은 열 용량을 가지고 있어 자기장에 노출되었을 때 환경의 금속성 구조들보다 더 빠르게 가열되거나, 또는 상기 숫자들 (예컨대, 0.003 내지 0.006) 에 의해 주어진 크기 정도의 온도 계수를 가진 금속들을 포함하거나, 또는 실질적으로 온도에 따라 변화하는 투자율의 강자성 재료들을 포함할 수 있다.

[0058] 도 4 는 외래 오브젝트 검출을 위한 예시적인 회로 (400) 의 도면이다. 회로 (400) 는 하나 이상의 루프들 및 자기장 $\vec{B}_{exp}(t)$ (415) 에 노출된 외래 금속성 오브젝트 (450) 를 포함할 수도 있는, 유도 감지 코일 (402) 을 포함한다. 유도 감지 코일 (402) 은 감지 전류 $i_s(t)$ (408) 를 야기하는 전압 $v_s(t)$ (406) 및 감

지 주파수 (f_s) 에서의 정현파 신호 소스 (404) 에 의해 여기될 수도 있다. 자기장 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$ (415) 은 유도 전력 전송 (inductive power transfer; IPT) 주파수 (f_{IPT}) 에서 동작하는 무선 전력 전송 시스템에 의해 생성된 자기장일 수도 있다. 노출장, 자기장 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$ (415) 은 베이스 무선 충전 시스템 (102a) (베이스 패드) 에 의해 또는 전기 차량 유도 코일 (116) (차량 패드) 에 의해 생성된 장일수도 있으며, 또는 예컨대, 전력 전송 동안의 경우에 있어서 2 개의 장들의 합일 수도 있다.

[0059]

f_{IPT} 에서의 교번 자기장 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$ (415) 은 전기 전도성 $\sigma(\theta)$ (410) 인 금속성 오브젝트 (450) 로의 와상 전류들을 유도하는데, 이는 그 온도의 현저한 상승을 야기할 수도 있다. 이 유도 열 영향은 금속성 오브젝트 (450) 가 또한 예컨대 철, 스틸 등보다 큰 비투자율 $\mu_r(\theta)$ (412) 을 가지는 강자성일 때 더 강할 수 있다. 다음의 식:

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{2\pi f_{\text{IPT}} \sigma \mu_0 \mu_r}}$$

[0060]

과 같이 표현될 수도 있는 와상 전류들의 표피 깊이 (skin depth) (δ) 는 μ_r 이 증가함에 따라 감소하며, 여기서 μ_0 는 투자율 상수이고, 따라서 와상 전류들에 의해 저항이 증가한다. 재료 특성들 σ 및 μ_r 모두는 $\sigma(\theta)$ (410) 및 $\mu_r(\theta)$ (412) 에 의해 보여지듯이, 일반적으로 온도 θ 의 함수일 수도 있다.

[0061]

도 5 는 무선 전력 전송 시스템의 예시적인 등가 직렬 회로 (500) 의 도면이다. 등가 직렬 회로 (500) 는 f_s 에서의 유도 감지 코일 (감지 코일 (402)) 의 전압 (516) 을 가진 정현파 여기 (515) 의 정상 상태에서 적용될 수도 있다. 등가 직렬 회로 (500) 는 시스템의 전체 에너지 저장 영향을 나타내는 직렬 인덕턴스 L_{sc} (505) 및 시스템의 전체 손실 영향들을 나타내는 직렬 저항 R_{sc} (510) 을 포함한다. 등가 직렬 회로 (500) 는 또한 널-오브젝트 (nil-object) 인덕턴스 $L_{\text{sc},0}$ 및 널-오브젝트 저항 $R_{\text{sc},0}$ 으로 그리고 차분 인덕턴스 $\Delta L_{\text{sc}}(\theta)$ (506) 및 차분 저항 $\Delta R_{\text{sc}}(\theta)$ (511) 으로 분해되는 직렬 인덕턴스 L_{sc} (505) 및 직렬 저항 R_{sc} (510) 을 포함한다. 널-오브젝트 인덕턴스 $L_{\text{sc},0}$ 와 널-오브젝트 저항 $R_{\text{sc},0}$ 은 각각, 외래 오브젝트의 부존재에서의 인덕턴스와 저항을 의미한다. 차분 인덕턴스 $\Delta L_{\text{sc}}(\theta)$ (506) 와 차분 저항 $\Delta R_{\text{sc}}(\theta)$ (511) 은 감지 코일의 영향 구역 내의 금속성 오브젝트에 의해 가해지는 영향을 나타낸다. 오브젝트의 전도성 및 투자율의 적어도 하나가 온도 θ 의 함수라면, 차분 인덕턴스 $\Delta L_{\text{sc}}(\theta)$ (506) 및 차분 저항 $\Delta R_{\text{sc}}(\theta)$ (511) 은 또한 일반적으로 오브젝트 (예컨대, 외래 오브젝트 (450)) 의 온도 θ 의 함수일 것이다.

[0062]

도 6 은 노출 사이클들 및 오브젝트의 온도와 감지 코일의 특성들의 다양한 예상 시간 경로들을 도시하는 시간도이다. 도 6 에서 도시하는 바와 같이, 외래 오브젝트 (예컨대, 외래 오브젝트 (450)) 는 교번 자기장에 간헐적으로 노출된다. 검출 방법은 "자극된" 유도 열 감지에 기초하며, 자극은 최소한, 노출 오프 시간이

뒤따르는 적어도 하나의 노출 온 사이클로 이루어질 수도 있다. 도 6 은 또한 노출 시간 프로파일 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$

(605) 을 따라가는 오브젝트의 온도 반응 $\theta(t)$ (601) 의 전형적인 지수 시간 변동을 나타내는데, $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$

(605) 는 진동하는 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}(t)$ 의 엔벨로프 (envelope) 를 나타낸다. 도시된 바와 같이, 오브젝트의 온도 반응 $\theta(t)$ (601) 은 노출 온 사이클 (606) 동안 증가하고 노출 오프 간격 (607) 동안 감소한다. 도 6 은 또한 감지 코일의 등가 인덕턴스 $L_{\text{sc}} + \Delta L_{\text{sc}}(t)$ (610) 및 저항 $R_{\text{sc}} + \Delta R_{\text{sc}}(t)$ (615) 의 결과적인 시간 변동들을 표시한다. 도시된 바와 같이, 등가 인덕턴스 $L_{\text{sc}} + \Delta L_{\text{sc}}(t)$ (610) 및 저항 $R_{\text{sc}} + \Delta R_{\text{sc}}(t)$ (615) 모두는 노출 온 사이클 (606) 동안 증가하고 노출 오프 간격 (607) 동안 감소한다. 이러한 변동들은 잠재적 관심의 외래 오브젝트를 드러낼 수도 있고 또한 이러한 오브젝트들을 센서의 환경 내 다른 금속성 구조로부터 구별하기 위한 구별 시그니처로서 사용될 수도 있다.

- [0064] 예를 들어, 예시적인 실시형태에서, 적어도 하나의 감지 코일 (402)의 특성들, 예컨대 등가 저항 $R_{sc} + \Delta R_{sc}(t)$ (615)은 거듭 측정되고 스타트를 포함하는 노출 사이클의 적어도 일부 (예컨대, 온 사이클 (606) 및 오프 간격 (607))의 시간 주기에 걸쳐 기록된다. 외래 금속 오브젝트 (450)의 존재를 결정하기 위해, 한 실시형태에서, 저항 $R_{sc} + \Delta R_{sc}(t)$ (615)의 적어도 하나의 기록된 시간 경로는 노출 시간 프로파일 $\overline{B_{exp}(t)}$ (605)과 비교되어 적절한 메트릭을 사용하여 정량화될 수 있는 임의의 일치도 또는 일관성을 검색한다. 또 다른 예시적인 실시형태에서, 이 비교는 상관 (correlation)이다. 저항 $R_{sc} + \Delta R_{sc}(t)$ (615)의 기록된 시간 경로 또는 다른 감지 코일 (402) 특성은 노출 시간 프로파일 $\overline{B_{exp}(t)}$ (605)과 상관된다. 추가적인 예시적인 실시형태에서, 상관은 시간-미분값 (time-derivative), 예컨대 적어도 하나의 감지 코일 (402)의 특성들의 기록된 시간 경로의 제 1 미분값 d/dt (시간 변화율)와 함께 수행된다.
- [0065] 일부 실시형태들에서, 시간의 지수적 감소/증가와 함께 1 차 온도 모델의 유효함을 가정하면, 하나의 감지 코일 (402)의 특성들 (예컨대, 등가 저항 $R_{sc} + \Delta R_{sc}(t)$ (615))의 증가/감소의 시간 상수는 감지 코일 (402)의 환경에서 금속성 구조로부터 외래 금속 오브젝트 (450)를 구별하는데 유용한 추가적 특성일 수도 있다. 하나의 양태에서, 적어도 하나의 감지 코일 (402)의 특성들, 예컨대, 등가 저항 $R_{sc} + \Delta R_{sc}(t)$ (615)은 거듭 측정되고 그 스타트를 포함하는 노출 사이클의 적어도 일부의 시간 주기에 걸쳐 기록된다. 외래 금속 오브젝트 (예컨대, 외래 금속성 오브젝트 (450))를 검출하기 위해, 무선 전력 전송 시스템은 지수법칙을 가정하여 등가 저항의 시간 상수를 추정하고, 측정된 값을 추정치와 비교하고 그 차가 수용 가능한 임계값 내에 있는지를 결정할 수도 있다.
- [0066] 일부 실시형태들에서, 감지 코일 (402)의 등가 인덕턴스를 대표한다고 고려될 수도 있는 양은 감지 코일 (402) 및 커패시터에 의해 형성되는 공명 회로의 실질적으로 공명 주파수에서인 주파수 f_s 를 결정함으로써 측정될 수도 있다. 이 주파수는 측정 포트에서 "보여지는" 공진 회로의 임피던스 Z_s 의 인자 (위상각) $\psi_s = \arg(Z_s)$ 가 일부 허용오차 $\Delta \psi_{tol}$ 로 세트 값 ψ_{ref} 을 충족시키는 주파수로서 정의될 수도 있다. 세트 값은 양호하게는 -30° 내지 $+30^\circ$ 의 범위에서 선택될 수도 있다. 감지 코일 (402)의 등가 저항을 대표한다고 간주될 수도 있는 양은 주파수 f_s 에서 측정된 임피던스의 크기 (절대값) $|Z_s|$ 를 계산함으로써 결정될 수도 있다.
- [0067] 상기 양들을 측정하는 것은 노이즈 및 다른 선형 또는 비선형 교란 영향들을 억제하기 위한 적절한 필터링 및/또는 평균화를 필요로 할 수도 있다. 감지 코일 (402)을 포함하는 감지 회로에 대한 적합한 공진 주파수 (감지 주파수)의 선택은 특정 주의를 필요로 할 수도 있다. IPT 시스템의 근본적인 고조파 및 노이즈는 소정의 감도를 달성하기 위해 측정된 신호들의 충분한 필터링을 필요로 하는 FOD 시스템의 감도를 저하시킬 가능성도 있다. 일부 실시형태들에서, f_{IPT} 이상, 예컨대 1 MHz 이상인 감지 주파수가 바람직할 수도 있다. 금속 오브젝트들 (예컨대, 외래 금속 오브젝트 (450))을 검출하는 것을 일차적 목적으로 하는 FOD 시스템을 위해, 감지 주파수는 너무 높게, 예컨대 10 MHz 이상으로 선택되어서는 안 되며, 그렇지 않으면 감지 코일 (402)은 또한 전기장들을 감지 (용량성 감지)하여 비-금속성 유전 오브젝트들 (예컨대, 물, 눈, 얼음) 감지하게 될 수도 있다.
- [0068] 도 7은 예시적인 실시형태에 따른 외래 오브젝트 검출 (FOD) 시스템 (700)의 개략도이다. 이 실시형태에서, 외래 오브젝트 검출 시스템 (700)은 IPT 시스템, 예컨대 외래 오브젝트 (728)로 하여금 교번 자기장 $\overrightarrow{B_{exp}}$ (725)을 받게 하기 위한 전류 I_{IPT} (721)를 생성시키는 IPT 전력 소스 (722)의 일부이면서 그 일부를 재사용한다. 외래 오브젝트 검출 시스템 (700)은 측정 포트 (710)에 관한 커패시터 C_{res} (704)에 의해 그리고 바람직하게는 1 MHz 내지 10 MHz의 범위 내의 공명 주파수에서 직렬 튜닝되는 감지 코일 (702)을 포함한다. 외래 오브젝트 검출 시스템 (700)은 또한 측정 포트 (710)에서의 높은 교란 전압들을 방지하면서 f_{IPT} , 예컨대 150 kHz 이하에서 유도된 전압을 감소시키도록 작용하는 셉트 인덕터 L_{sh} (706)를 포함한다. 셉트 인덕터 L_{sh} (706)의 인덕턴스는 f_{IPT} 에서 유도된 전압을 억제하는데 요구되는 정도로 낮게, 그러나 f_s 에서 무시할 수 있는 양의 감지 전류만이 셉트 인덕터 L_{sh} (706)에 의해 바이패스될 정도로 높게 선택될 수도 있다.

- [0069] 임피던스 $Z_s(f)$ 를 측정하는데 요구되는 감지 신호를 생성하기 위해, FOD 시스템 (700) 은 발진기 주파수 f_s 를 제어하기 위한 입력을 제공하는 정현파 신호 발진기 (712) 를 사용한다. 발진기 (712) 는 실질적으로 직렬 저항 R_{ser} 을 통해 측정 포트 (710) 에 연결되는 전압 소스로서 기능할 수도 있다. 이 구성은 측정 포트 (710) 임피던스가 매우 낮아질 수도 있는 공진 주파수에서 또는 그 근처에서 동작할 때 감지 전류 I_s (714) 를 제한할 수도 있다. $|Z_s|$ 및 $\psi_s = \arg(Z_s)$ 를 결정하기 위해 요구되는 감지 전압 (717) 및 감지 전류 (714) 는 감지 코일 (702) 의 등가 인덕턴스 및 저항 상에 최소한의 영향을 미치면서 각각 전압 트랜스듀서 (715) 및 전류 트랜스듀서 (716) 에 의해 측정된다. 각각은 그 출력에서 각각 감지 전압 V_s (717) 및 감지 전류 I_s (714) 의 진폭과 위상을 대표하는 신호를 제공하고 있다.
- [0070] 전압 트랜스듀서 (715) 및 전류 트랜스듀서 (716) 출력들 모두는 요구되는 레솔루션 (resolution) 에서 지수 V_s/I_s 를 계산함으로써 임피던스 Z_s 를 계산하기 위한 임피던스 계산기 (732) 에 요구되는 정도의 클린한 신호들을 제공하기 위해 잔여 저주파수 구성요소들 및 고주파 노이즈를 추가적으로 억제하는 필터들 (730) 에서 필터링된다. 출력 위상 ψ_s (734) 은 그 다음에 출력 위상 ψ_s (734) 을 참조 위상 ψ_{ref} (737) 과 비교하고 루프 컨트롤 (738) 에 차분 $\psi_s - \psi_{ref}$ 을 출력하는 위상 비교기 (735) 에 의해 사용되며, 상기 차분은 발진기 (712) 의 주파수를 조정하기 위해 루프 컨트롤 (738) 에서 요구되는 컨트롤 루프 에러이다. 루프가 주파수 f_s 에서 정착되면, 컨트롤 루프 에러는 허용오차 $|\psi_s - \psi_{ref}| < \Delta \psi_{tol}$ 내에 있어야 한다.
- [0071] 주파수 f_s 의 루프 컨트롤 (738) 출력은 또한 외래 오브젝트 (728) 의 존재를 결정하는데 사용될 수도 있는 평가 유닛 (740) 으로 전송된다. 임피던스 $|Z_s|$ 의 절대값 및 출력 위상 ψ_s (734) 은 평가 유닛 (740) 으로 전송된다. 평가 유닛 (740) 은 주기적으로 측정된 양들 f_s , $|Z_s|$, ψ_s 등의 시계열 (서열들) 을 평가함으로써, 예를 들어, f_s 또는 $|Z_s|$ 의 시간 서열들을 노출 시간 함수와 상호 비교함으로써 그리고 최종적으로 검출 가설 H_1 (750) 상에서 결정함으로써 오브젝트의 존재를 결정한다.
- [0072] 외래 오브젝트 (728) 의 온도 변동들은 또한 $\Delta \psi_{tol}$ 보다 작은 위상 ψ_s (734) 의 희미한 변화들에서 드러날 수도 있으며 따라서 주파수 컨트롤 루프 (738) 에 의해서 보상되지 않을 수도 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 평가 유닛 (740) 은 추가적으로 외래 오브젝트 (728) 의 존재를 결정하기 위해 측정된 ψ_s (734) 의 시간 서열들을 사용할 수도 있다.
- [0073] 또 다른 실시형태에서, 평가 유닛 (740) 은 IPT 전력 소스 (722) 에 대한 통제를 가정하고 노출 컨트롤 신호 (741) 를 전송함으로써 자기장 노출을 컨트롤할 수도 있다. 일부 양태들에서, 평가 유닛 (740) 은 또한 적어도 하나의 감지 코일 (702) 에 의해 감지되는 노출 사이클들의 정확한 시간 및 강도를 표시하는 피드백을 수신하고 사용한다. 이 피드백은 I_{IPT} 에서 감지 코일 (702) 에 유도되는 전류 I_{ind} (703) 를 대표하는 신호 I'_{ind} (739) 를 통해 달성된다. 일부 양태들에서, L_{sh} (706) 는 전류 I_{ind} (703) 를 완전히 바이패스하지 않아, I_{ind} (703) 의 작지만 측정 가능한 일부가 전류 트랜스듀서 (716) 를 통해 흐를 수도 있다. 신호 I'_{ind} (739) 는 또한 IPT 시스템에 의해 생성된 저주파수 자기장 (725) 에서 샘플들 f_s , $|Z_s|$ (736) 및 ψ_s (734) 의 측정들을 동기화하고 노이즈가 덜하거나 교란 전압/전류가 덜한 시간 위상들의 이점을 취하는데 사용될 수도 있다.
- [0074] 평가 유닛 (740) 은 또한 IPT 전력 소스 (722) 에 의해 제공되는 참조 신호 (724) 를 수신할 수도 있다. 이 참조 신호 (724) 는 예컨대, IPT 코일 (720) 에 전달되는 IPT 전력 신호의 크기, 위상, 및 주파수에 관한 정보를 제공할 수도 있다. I'_{ind} (739) 와 함께, 이 참조 신호 (724) 는 외래 오브젝트 (728) 의 존재를 검출하는데 유용할 수도 있는데, 이는 외래 금속 오브젝트가 또한 일반적으로 오브젝트의 주위에 있는 자기장의 크기 및 위상을 변경할 수 있기 때문이다. 그러나, 그것은 또한 신호 I'_{ind} (739) 와 동기화 목적들에 사용될 수도 있다. 검출될 가장 작은 오브젝트들의 크기보다 훨씬 큰 영역을 커버하기 위해, FOD 시스템 (700) 은 바람직한 감도를 제공하기 위한 복수의, 예컨대 감지 코일들 (702) 의 정규 배열 (regular array) 을 필요로 할 수도 있다. 그 다음 양들 f_s , $|Z_s|$ 및 ψ_s 은 각 감지 코일 (702) 에서 개별적으로 측정될 수도 있다. 2-차원 정규 배열을 형성하기 위해, 동일 크기의 감지 코일들 (702) 은 열과 행으로 배열될 수도 있다. 감

지 코일들 (702) 은 중첩 또는 비중첩일 수 있다.

[0075] 동일 또는 유사 공진 주파수로 튜닝된 복수의 감지 코일들 (702) 을 사용하는 것은 f_s , $|Z_s|$ 및 ψ_s 의 측정들의 시간 멀티플렉싱을 필요로 할 수도 있는데, 이는 상호 간섭의 이유에서 한번에 하나의 감지 코일 (702) 만이 (전류 구동) 액티브될 수 있다는 것을 의미한다. 추가적으로, 배열의 감지 코일들 (702) 은 일부 차수 (degree) 로 커플링될 수도 있다. 이는 특히 이웃하는 감지 코일들 (702) 에 대해 그리고 배열이 감지 주파수에서 또한 자기 플럭스를 도통하는 큰 페라이트 구조를 가지는 IPT 커플러 (베이스 무선 충전 시스템 (102a)) 로 통합되는 경우에 해당된다. 일부 양태들에서, 모든 감지 코일들 (702) 또는 감지 코일들 (702) 의 그룹들을 실질적으로 상이한 공진 주파수들로 튜닝함으로써 상호 간섭이 줄어들 수도 있다. 이렇게 함으로써, 적어도 2 개의 감지 코일들 (702) 의 동시 사용 (주파수 멀티플렉싱) 이 가능할 수도 있다.

[0076] 공통 공진 주파수에 기초한 구현들은, 도 8a 내지 8f 에 관해 추가로 설명할 바와 같이, 측정 포트 (710) 를 포함하는 측정 회로로부터 사용되지 않는 감지 코일들 (702) 을 분리시키는 멀티플렉서 (스위치) 를 필요로 할 수도 있다. 멀티플렉싱/스위칭은 하기 도시되고 논의될 바와 같이 감지 회로들 내의 상이한 단계들에서 수행될 수도 있다.

[0077] 일부 양태들에서, 감지 코일 (702) 의 리액턴스 보상 (튜닝) 토폴로지는 특정 이점들을 제공할 수도 있다. 도 7 에 도시된 예시적인 실시형태는 직렬 튜닝에 기초한 것이다. 스위칭/멀티플렉싱은 커패시터 C_{res} (704) 및 셉트 인덕터 L_{sh} (706) 후에 수행되어 멀티플렉서 스위치들을 위한 더 낮은 전압 요구들을 야기할 수 있으므로 직렬 튜닝이 병렬 튜닝에 비해 멀티플렉싱/스위칭에 있어 더 적합할 수 있다. 일부 양태들에서, C_{res} (704) 및 L_{sh} (706) 는 IPT 주파수에서 유도된 전압을 위한 분압기 (voltage divider) 를 형성한다. 따라서, 직렬 토폴로지는 예컨대, 제한된 전압 범위에서의 아날로그 스위치들 (예컨대, FET 스위치들) 의 사용에 특히 유리해 보일 수도 있다. 추가로, 감지 신호 소스 (712) 로부터 분리된 직렬 공진 회로들은 완전히 디튜닝될 수도 있으며 따라서 사용되는 감지 회로에 부정적인 영향을 미치지 않을 수도 있다. 더욱이, 사용되지 않으나 실질적으로 사용되는 감지 회로의 주파수에서 공진하는 임의의 감지 회로는 사용되는 감지 회로로부터 에너지를 흡수하여 그 선천적 감도를 저하시키는 기생 공진 (parasitic resonance) 으로서 기능할 수도 있다.

[0078] 그러나, 더 높은 전압 레이팅들 (ratings) 의 스위치들/멀티플렉서들을 필요로 하는 스위칭/멀티플렉싱이 병렬 커패시터 전에, 예컨대 감지 코일 (702) 의 단말들에서 직접 수행되는 경우 또는 감지 코일들 (702) 이 상기 설명된 바와 같이 상이한 공진 주파수들로 튜닝되는 경우에는 병렬 튜닝도 사용될 수 있다.

[0079] 도 8a 내지 도 8f 의 개략도들은 복수의 감지 코일들에 기초한 예시적인 실시형태들에 관하여 FOD 시스템을 위한 상이한 멀티플렉싱 및 튜닝 구성들을 예시한다. 도 8a 는 직렬 튜닝을 지칭하며 감지 루프 (702) 및 커패시터 C_{res} (704) 사이의 멀티플렉서 (805) 를 도시하는 감지 회로 (800) 의 도면이다. 이 구성에서, 전류 트랜스듀서 (716) 및 감지 신호 소스 (712) 를 포함하는 측정 유닛은, 감지 코일들 (702) 의 권수 N 가 공통되어 낮은 전체 회로 복잡도를 야기한다. 그러나, 이 구성은 전압 레이팅 및 삽입 저항 (insertion resistance) 과 관련하여 멀티플렉서 (805) 의 스위치들 상에서의 높은 요구들이 있을 수 있다. 감지 코일 (702) 의 선천적 감도를 보존하기 위해, 후자는 이상적으로 예컨대, 감지 코일 (702) 의 등가 직렬 저항의 사분의 일을 초과하지 않아야 한다.

[0080] 동일 멀티플렉싱이되 병렬 튜닝을 위한 구성이 도 8b 의 도면에 도시된다. 이 구성은 유사한 복잡도를 야기하며 멀티플렉서 (805) 의 전압 레이팅 및 삽입 저항과 관련하여 동일하게 요구된다. 측정들이 감지 전압 최소 및 감지 전류 최대에서 수행되는 직렬 공진과는 대조적으로, 병렬 공진은 측정들이 전압 최대 및 전류 최소에서 수행될 것이 요구된다.

[0081] 도 8c 는 직렬 튜닝을 예시하며 커패시터 $C_{res,1}$ (704) 및 인덕터 $L_{sh,1}$ (706) 후에 위치한 멀티플렉서 (806) 를 도시하는 감지 회로 (802) 의 도면이다. $C_{res,1}$ (704) 및 인덕터 $L_{sh,1}$ (706) 가 이제 각 감지 코일 (702) 에 대해 개별적이므로 이 구성은 증가된 복잡도를 나타낼 수도 있다. 멀티플렉서 (806) 의 삽입 저항에 관하여는 동일하게 요구되나 그 전압 레이팅에서는 더 낮은 요구들이 있을 수 있다.

[0082] 도 8d 는 도 8c 와 동일 멀티플렉싱 구성이되 병렬 튜닝을 위한 감지 회로 (803) 의 도면이다. 이 구성은 유사한 복잡도를 야기하며 멀티플렉서 (806) 의 전압 레이팅 상에서 유사한 요구들이 있을 수 있으나, 공진 전

류가 더 이상 스위치를 통과하지 않으므로 그 삽입 저항에 관하여는 더 낮게 요구될 수 있다. 감지 회로 (803) 를 상기 설명된 바와 같이 실질적으로 상이한 공진 주파수들로 튜닝할 필요가 있다는 점이 하나의 문제점일 수 있다. 감지 코일들 (702) 의 권수 N 에 따라, 전기장 상에서 낮은 감도의 요구와 충돌될 수도 있는 상부 에지 (upper edge) 주파수와 함께 상대적으로 넓은 주파수 대역이 요구될 수도 있다.

[0083] 도 8e 는 직렬 튜닝 구성에서 전압/전류 트랜스듀서들 (715/716) 사이의 멀티플렉서 (815) 와 신호 소스 (712) 를 예시하는 감지 회로 (810) 의 도면이다. 이 구성에서, 측정 유닛 (850) 은 전압 트랜스듀서 (715) 및 전류 트랜스듀서 (716) 로부터의 출력들을 수신하며 측정 유닛 (850) 의 출력은 이 출력이 다른 N 측정 유닛들 (850) 의 출력들과 멀티플렉싱되는 멀티플렉서 (860) 로 전송된다. 멀티플렉서 (860) 는 그 후 루프 컨트롤 (예컨대, 루프 컨트롤 (738)), 평가 유닛 (예컨대, 평가 유닛 (740)) 등으로 그 출력을 전송한다. 일부 실시형태들에서, 신호 소스 (712) 를 제외한 튜닝, 선틱, 및 측정 유닛들 (850) 은 각 감지 코일 (702) 에 대해 개별적일 수 있어 상대적으로 높은 전체 회로 복잡도를 야기할 수도 있다. 그러나, 이 구성은 멀티플렉서들 (815 및 860) 전압 레이팅 및 삽입 저항 상에서 더 낮은 요구들이 있을 수도 있다.

[0084] 도 8f 는 측정 유닛 (850) 및 신호 소스 (712) 사이의 루프 컨트롤 (838) 을 예시하는 감지 회로 (811) 의 도면이다. 이 실시형태에서, 감지 회로 (811) 의 전부는 감지 코일 (702) 기준 상으로 있으며 감지 회로 (811) 에 멀티플렉싱이 전혀 없다. 그러나, 측정 유닛들 (850) 의 출력들은 후에 평가 유닛 또는 다른 회로부로 전송되는 물리적 또는 논리적 멀티플렉싱 (예컨대, 멀티플렉서 (861)) 을 필요로 할 수도 있다. 사용되지 않는 감지 회로들 (811) 이 사용되는 감지 회로들 (811) 에 부정적인 영향을 미치지 않는 것을 보장하도록 신호 소스 (712) 로부터 감지 코일 (702) 을 분리시키기 위해 저성능 스위치 (816) 가 여전히 필요할 수 있다.

[0085] 도 8a 내지 8f 에서 상술한 모든 개념들 및 구현들은 공진 감지 회로들, 연속과 정현파 신호 소스 (712) 를 사용하며 감지 코일 (702) 의 인덕턴스 및 저항 및 그들의 변화들을 대표한다고 간주되는 최소 양들 f_s , $|\underline{Z}_s|$ 을 측정한다. 이 측정법은 또한 댐핑된 공진의 복소 공진 각주파수 $s_s = \sigma_s + j\omega_s$ 를 측정하는 것에 상응한다고 고려될 수도 있으며, 여기서 계수 σ_s 는 $|\underline{Z}_s(\omega_s)|$ 및 $\omega_s = 2\pi f_s$ 에 관한 것이다.

[0086] 그러나, 외래 오브젝트 (728) 의 존재는 또한 감지 코일 (702) 의 특성 임펄스 반응을 분석함으로써 검출될 수도 있다. 이 기본 방법은 또한 외래 오브젝트들 (728) 이 그들의 온도 변동에 의해 검출되는 유도 열 감지 (inductive thermal sensing) 에 적용될 수도 있다. 외래 오브젝트 (728) 의 존재 및 이로 인한 그 온도의 변화들은 적어도 하나의 감지 코일 (702) 의 특성 임펄스 반응을 수정할 수도 있다. 이 방법은 공진 튜닝을 필요로 하지 않을 수도 있으며 짧은 시간 주기 동안 DC 전압 소스를 통해 전류 충전되는 감지 코일 (702) 을 사용하여 달성될 수도 있다.

[0087] 도 9 는 본원에 설명된 예시적인 실시형태들에 따라, 임펄스 반응 방법에 기초한 외래 금속 오브젝트 검출 시스템 (900) 의 개략도이다. 시스템은 타이머 회로 (916), 전류 충전 시간을 정의하는 펄스 생성기 (914), 충전 펄스를 실행하는 스위치 (913), 감지 코일 (702) 을 충전하기 위한 DC 전압 소스 V_{DC} (912), 방전 주기 동안 감지 코일 (702) 에 걸쳐 전압 $v_s(t)$ (917) 을 측정하는 전압 트랜스듀서 (915), 정의된 방식으로 감지 코일 (702) 을 방전하기 위한 선틱 저항 R_{sh} (904), 관심 범위를 초과하는 레벨들에서의 측정 신호를 클리핑하고 측정 증폭기 (922) 를 포화로부터 방지하는 리미터 (920), 및 인덱스 $k = 1 \dots K$ 로 정의된 시간 인스턴트들 (instants) $T_0 + T_k$ 에서 전압 반응 신호 $v_s'(t)$ 를 샘플링하기 위한 샘플러 (924) 를 포함하며, 여기서 K 는 단위 임펄스 반응 당 요구되는 샘플들의 수를 나타낸다. 일부 실시형태들에서, 시간 T_0 에서, 감지 코일 (702) 은 스위치 (913) 에 의해 DC 전압 소스 (912) 로부터 분리되며 정의된 선틱 저항 R_{sh} (904) 스타트들에 걸쳐 방전된다. 감지 코일 (702) 에 걸쳐 측정된 전압 $v_s(t)$ (917) 은 관심 범위를 초과하는 레벨들에서 리미터 (920) 에 의해 클리핑되고 측정 증폭기 (922) 를 포화로부터 방지할 수도 있다. 전압 반응 신호 $v_s'(t)$ 는 그 후 적어도 하나의 정의된 시간 인스턴트 $T_0 + T_k$ 에서 샘플러 (924) 에 의해 샘플링된다. 샘플러 (924) 는 타이머 회로 (916) 로부터 샘플링 인스턴트들 $T_0 + T_k$ 을 수신한다. 적어도 하나의 시간 샘플 $v_s'(T_0 + T_k)$ 이 그 후 검출 가설 H_i (950) 을 결정하기 위해 평가 유닛 (940) 으로 전송된다.

[0088] 일부 실시형태들에서, 감지 코일 (702) 에 전압 펄스 (914) 를 주기적으로 적용함으로써 그리고 샘플러 (924) 에 의해 적어도 하나의 정의된 시간 인스턴트 $T_0 + T_k$ 에서 각 임펄스 반응 $v_s'(t)$ 을 샘플링함으로써, 그리고

최종적으로 또한 검출 가설 H_1 (950) 상에서 결정하는 평가 유닛 (940) 에 의해 적어도 하나의 시간 샘플 $v_s'(T_0 + T_k)$ 의 시간 서열을 노출 시간 프로파일 (예컨대, $\overline{B_{\text{exp}}}(t)$ (605)) 과 상호 비교하여 적어도 하나의 시간 샘플 $v_s'(T_0 + T_k)$ 의 시간 서열을 평가함으로써, 금속성 오브젝트 (728) 의 존재가 결정된다.

[0089] 또 다른 예시적인 실시형태에서, 시스템 (900) 은 IPT 주파수에 따라 전압 펄스 (914) 타이밍을 조정하며 IPT 주파수, 예컨대 감지 코일들 (702) 에 의해 얻어진 노이즈가 그 최소 레벨인 시점과 동시에 임펄스 반응들을 측정한다.

[0090] 일부 실시형태들에서, 임펄스 반응 방법의 복수의 감지 코일들 (702) (배열) 로의 확장은 감지 회로들에서 추가의 멀티플렉서를 요구하지 않을 수도 있다. 각 감지 회로에 대해 개별적일 수 있는 펄스 스위치 (913) 는, 예컨대 한번에 펄스가 하나의 감지 코일 (702) 에만 적용되는 멀티플렉싱 함수를 가정할 수도 있다. DC 전압 소스 (912) 는 다수의 감지 코일들 (702) 에 공통될 수 있으나, 리미터 (920) 뿐 아니라 셉트 저항 R_{sh} (904) 및 전압 트랜스듀서 (915) 는 또한 각 감지 코일 (702) 에 대해 개별적일 수도 있다. 감지된 전압들의 멀티플렉싱은 리미터 (920) 후에 또는 예컨대 샘플러 (924) 의 일부로서 신호가 증폭기 (922) 에 의해 증폭된 후에도 수행될 수 있다.

[0091] 일부 실시형태들에서, 유도 열 감지에 기초한 FOD 는 초기에 정기 유도 전력 전송이 시작하기 전에, 예컨대 전기 차량 (112) 을 충전할 목적으로 적용될 수도 있다. FOD 가 외래 오브젝트 (728) 의 존재를 결정하는 경우, 시스템은 유도 열 감지를 중지하고 정기 유도 전력 전송을 시작하지 않는다. 정기 전력 전송 동안, IPT 시스템은 적어도 하나의 다른 검출 방법, 예컨대 임계 공간에 진입하는 오브젝트를 검출하기 위해 예컨대 시간 차분 접근법에 기초하여 적합한 방법을 채용할 수도 있다. 이는 다른 유도 감지 방법, 레이더-기반 방법, 모션 기초 방법, 및 임의의 다른 감지 방법 중 하나일 수도 있다. FOD 시스템이 트립하면, FOD 시스템은 먼저 정기 전력 전송을 정지하고 간헐적 자기장 노출을 사용하여 유도 열 감지를 재적용함으로써 이 검출을 검증할 수도 있다. 이는 낮은 신뢰도에서의 검출의 경우에 적용될 수도 있다. 이전의 외래 오브젝트의 발견이 확인되면, IPT 시스템은 정기 유도 전력 전송을 중단하고 아니면 정기 전력 전송을 재개한다.

[0092] 시스템 구현에 따라, 유도 열 감지의 목적을 위해 요구되는 자기장 노출 (예컨대, 자기장 $\overrightarrow{B_{\text{exp}}}$ (725)) 은 실제 전력을 부하, 예컨대 전기 차량 (11) 의 배터리에 전송함으로써 생성될 수도 있으며, 또는 베이스 패드 (베이스 무선 충전 시스템 (102a)) 및 차량 패드 (전기 차량 유도 코일 (116)) 중 적어도 하나를 충분히 큰 전류로 구동함으로써 재개 전력에 의해 필수적으로 생성될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 유도 열 감지의 목적을 위해 요구되는 자기장 노출은 실제 전력을 부하에 전송함으로써 생성된다. 일부 양태들에서, 유도-열 감지는 노출 사이클들 동안의 위험한 상황들을 방지하기 위해 보다 조심스럽게 적용될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, 자기장 노출은 비임계 (uncritical) 레벨에서 시작할 수 있다. 이상 거동이 검출되지 않는 경우, FOD 시스템은 사이클에서 사이클로 자기장 노출의 레벨을 성공적으로 증가시킬 수도 있다.

[0093] 특정 카테고리들의 오브젝트들을 위해 그리고 특히 큰 열 용량의 오브젝트들 (느리게 가열되는 오브젝트들) 을 위해, 자극된 유도 열 감지는 상기 설명한 바와 같이 충분한 감지 수행을 제공하지 않을 수도 있다. 느리게 가열되는 오브젝트들은 다른 교란하는 온도 영향들로부터, 예컨대 환경 내 금속성 구조로부터 쉽게 구별되지 않을 수도 있다.

[0094] 느리게 가열되는 오브젝트들을 검출하기 위한 예시적인 FOD 시스템은 외래 금속성 오브젝트들 (728) 과 센서의 환경 내 금속성 구조들 사이의 구별을 위해 복수의 감지 코일들 (702) 로부터 얻어진 적어도 하나의 특성의 기록된 시간 서열들을 비교할 수도 있다. 다수의 감지 코일들 (702) 의 시간 경로들이 노출 사이클들에서 유사한 상관관계를 보이는 경우, 시스템은 환경적 영향이 발생했다고 결론지을 수도 있다. 그러나, 오로지 소수의 감지 코일들 (702) 의 시간 경로들만이 현저한 상관관계를 보이는 경우, 시스템은 잠재적인 외래 금속성 오브젝트 (728) 로부터의 영향을 가정할 수도 있다. 이 접근법은 공간 차분 접근법 (space differential approach) 으로 간주될 수도 있다.

[0095] 일부 실시형태들에서, FOD 시스템은 복수의 감지 코일들 (702) 을 사용하고 제 1 감지 코일 (702) 로부터 얻어진 제 1 상관관계 결과를 적어도 하나의 제 2 감지 코일 (702) 로부터 얻어진 적어도 하나의 제 2 상관관계 결과와 비교할 수도 있다. 제 1 상관관계 결과와 적어도 하나의 제 2 상관관계 결과 사이의 차분이 정의된 임계값을 초과하는 경우, 시스템은 외래 금속성 오브젝트 (728) 의 존재를 결론지을 수도 있다.

- [0096] 일부 양태들에서, 감지 코일 (702) 의 환경, 예컨대 차량 (112) 의 하부에서의 금속성 구조들은 일시적으로 이동할 수도 있다. 이는, 예를 들어, 사람이 차량 (112) 을 통과하거나 이탈할 때 또는 차량 (112) 이 적재되거나 하역될 때 일어날 수 있다. 이러한 이동들은 자극된 유도 열 감지를 위해 수행되도록 요구되는 측정들을 교란시킬 수도 있다. 감지 코일들 (702) 의 배열을 가정하면, 이러한 교란들은 감지 코일들 (702) 의 전부 또는 적어도 다수에서 일어날 것이 예상될 수도 있다. 일부 실시형태들에서, FOD 시스템은 다수의 감지 코일들 (702) 에서 교란들이 검출되는 경우 자극된 유도 열 감지를 분리시킬 수도 있다.
- [0097] 도 10 은 본원에 설명된 특정 실시형태들에 따라, 오브젝트의 존재를 검출하기 위한 예시적인 방법 (1000) 의 순서도이다. 방법 (1000) 은 도 4 내지 9 에 관하여 상기 논의된 바와 같은 회로들 및/또는 디바이스들과 관련하여 본원에 설명되나, 당업자는 방법 (1000) 이 다른 적절한 디바이스들 및 시스템들에 의해서 구현될 수도 있음을 이해할 것이다. 방법 (1000) 이 특정 순서와 관련하여 본원에 설명되나, 다양한 실시형태들에서, 본원의 블록들은 다른 순서로 수행될 수도 있으며, 또는 생략되거나, 또한 추가적인 블록들이 추가될 수도 있다.
- [0098] 동작 블록 (1002) 은 오브젝트가 교번 자기장에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 감지하는 것을 포함한다. 동작 블록 (1004) 은 전기적 특성에서의 변화를 검출하는 것을 포함한다.
- [0099] 도 11 은 본원에 설명된 특정 실시형태들에 따라, 오브젝트를 검출하기 위한 장치 (1100) 의 기능 블록도이다. 당업자는 장치 (1100) 가 도 11 에 도시된 간결한 블록도들보다 더 많은 컴포넌트들을 가질 수도 있음을 이해할 것이다. 도 11 은 청구범위들의 범주 내에서 구현들의 일부 중요한 특징들을 설명하는데 유용한 컴포넌트들만을 포함한다.
- [0100] 장치 (1100) 는 오브젝트가 교번 자기장에 노출될 때 오브젝트의 온도의 함수에 따라 변화하는 코일의 전기적 특성에 기초하여 오브젝트의 존재를 감지하기 위한 수단 (1102) 을 포함한다. 특정 실시형태들에서, 감지하기 위한 수단 (1102) 은 감지 코일 (702) (도 7) 에 의해 구현될 수도 있다. 특정 실시형태들에서, 감지하기 위한 수단 (1102) 은 블록 (1002) (도 10) 의 기능들을 수행하도록 구성될 수도 있다. 장치 (1100) 는 전기적 특성에서의 변화를 검출하기 위한 수단 (1104) 을 추가로 포함한다. 특정 실시형태들에서, 검출하기 위한 수단 (1104) 은 평가 유닛 (740) (도 7) 에 의해 구현될 수도 있다. 특정 실시형태들에서, 검출하기 위한 수단 (1104) 은 블록 (1002) (도 10) 의 기능들을 수행하도록 구성될 수도 있다.
- [0101] 상기 설명된 방법들의 다양한 동작들은 그 동작들을 수행할 수 있는 적합한 수단들, 예컨대 다양한 하드웨어 및/또는 소프트웨어 컴포넌트(들), 회로들, 및/또는 모듈(들) 에 의해 수행될 수도 있다. 일반적으로, 도면들에 예시된 임의의 동작들은 그 동작들을 수행할 수 있는 대응하는 기능적 수단들에 의해 수행될 수도 있다.
- [0102] 정보와 신호들이 다양한 상이한 기술들 및 기법들 중의 임의의 것을 사용하여 표현될 수도 있다. 예를 들어, 전송된 설명 전체를 통해 언급될 수도 있는 데이터, 명령들, 커맨드들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들, 및 칩들 (chips) 은 전압들, 전류들, 전자기파들, 자기장들 또는 입자들, 광학장들 (optical fields) 또는 입자들, 또는 이들의 임의의 조합에 의해 표현될 수도 있다.
- [0103] 본원에 개시된 실시형태들과 관련하여 설명되는 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 회로들, 및 방법 단계들은 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 양쪽 모두의 조합들로 구현될 수도 있다. 하드웨어 및 소프트웨어의 이러한 교환가능성을 명백하게 예증하기 위하여, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들, 및 단계들이 일반적으로 이들의 기능성의 관점에서 설명되어 있다. 이러한 기능성이 하드웨어 또는 소프트웨어 중 어느 것으로 구현되는지는 전체 시스템에 부과되는 특정 애플리케이션 및 설계 제약들에 달려있다. 설명된 기능성은 각각의 특정 애플리케이션에 대해 다양한 방식으로 구현될 수도 있지만, 이러한 실시형태 결정들은 본 발명의 실시형태들의 범위로부터 벗어나도록 하는 것으로 해석되지 않아야 한다.
- [0104] 본원에서 개시된 실시형태들에 관련하여 설명된 다양한 예시적인 블록들, 모듈들, 및 회로들은 본원에서 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 범용 하드웨어 프로세서, 디지털 신호 프로세서 (DSP), 주문형 집적 회로 (ASIC), 필드 프로그램가능 게이트 어레이 (FPGA) 또는 다른 프로그램 가능 로직 디바이스, 개별 게이트 또는 트랜지스터 로직, 개별 하드웨어 컴포넌트들, 또는 이들의 임의의 조합으로 구현되거나 수행될 수도 있다. 범용 하드웨어 프로세서가 마이크로프로세서일 수도 있지만, 대체예에서, 그 하드웨어 프로세서는 기존의 임의의 프로세서, 컨트롤러, 마이크로컨트롤러, 또는 상태 머신 (state machine) 일 수도 있다. 하드웨어 프로세서는 또한, 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예컨대 DSP 및 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들의 조합,

DSP 코어와 협력하는 하나 이상의 마이크로프로세서들의 조합, 또는 임의의 다른 이러한 구성으로 구현될 수도 있다.

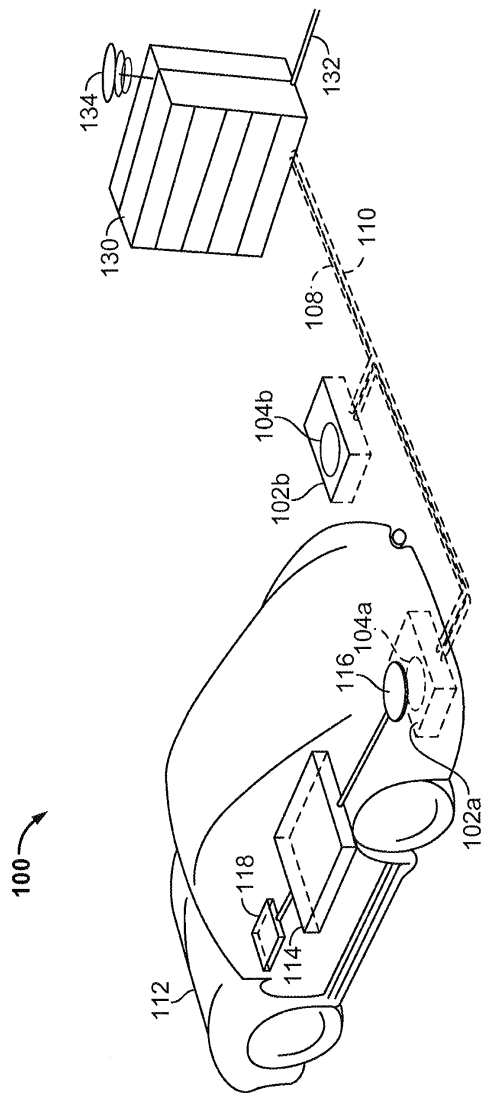
[0105] 본원에서 개시된 실시형태들에 관련하여 설명된 방법 및 기능들의 단계들은 하드웨어로, 하드웨어 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로, 또는 이들 두 가지의 조합으로 직접 실시될 수도 있다. 소프트웨어로 구현된다면, 그 기능들은 하나 이상의 명령들 또는 코드들로서 유형의 비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장되거나 송신될 수도 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM (Random Access Memory), 플래시 메모리, ROM (Read Only Memory), 전기적 프로그램가능 ROM (EPROM), 전기적 소거가능 프로그램가능 ROM (EEPROM), 레지스터들, 하드 디스크, 착탈식 디스크, CD-ROM, 또는 이 기술분야에서 공지된 임의의 다른 형태의 저장 매체라든가 존재할 수도 있다. 저장 매체가 하드웨어 프로세서에 커플링되어서 하드웨어 프로세서는 저장 매체로부터 정보를 읽을 수 있고 그 저장 매체에 정보를 쓸 수 있다. 대체예에서, 저장 매체는 하드웨어 프로세서에 통합될 수도 있다. 디스크 (disk) 및 디스크 (disc) 는, 본원에서 사용되는 바와 같이, 콤팩트 디스크 (compact disc; CD), 레이저 디스크, 광 디스크, 디지털 다용도 디스크 (DVD), 플로피 디스크 (floppy disk) 및 블루레이 디스크를 포함하는데, 디스크들 (disks) 은 보통 자기적으로 데이터를 재생하지만, 디스크들 (discs) 은 레이저들로 광적으로 데이터를 재생한다. 상기의 조합들은 또한 컴퓨터 판독가능 매체들의 범위 내에 포함되어야 한다. 하드웨어 프로세서와 저장 매체는 ASIC 내에 존재할 수도 있다. ASIC 는 사용자 단말 내에 존재할 수도 있다. 대체예에서, 하드웨어 프로세서와 저장 매체는 사용자 단말에 개별 컴포넌트들로서 존재할 수도 있다.

[0106] 본 개시물을 요약할 목적으로, 특정한 양태들, 장점들 및 신규한 특징들이 본원에서 설명되어 있다. 반드시 모든 이러한 장점들이 임의의 특정 실시형태에 따라 달성될 수도 있다는 것이 아님은 이해될 것이다. 따라서, 본 발명은 본원에서 교시 또는 제안될 수도 있는 다른 장점들을 반드시 달성하지 않고서도 본원에서 교시된 바와 같은 하나의 장점 또는 장점들의 그룹을 달성하거나 또는 최적화하는 방식으로 실시되거나 또는 수행될 수도 있다.

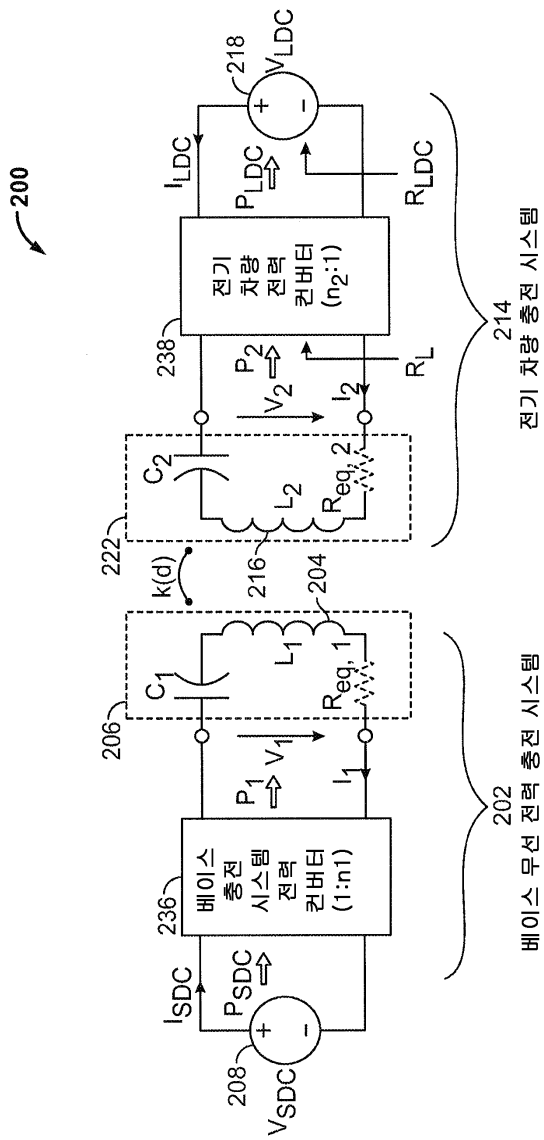
[0107] 위에서 설명된 실시형태들의 다양한 변형예들이 쉽사리 명확하게 될 것이고, 본원에서 정의된 일반 원리들은 본 발명의 정신 또는 범위로부터 벗어남 없이 다른 실시형태들에 적용될 수도 있다. 그래서, 본 발명은 본원에서 보인 실시형태들로 한정될 의도는 없으며 본원에서 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 일치하는 가장 넓은 범위를 부여하는 것을 의도한다.

도면

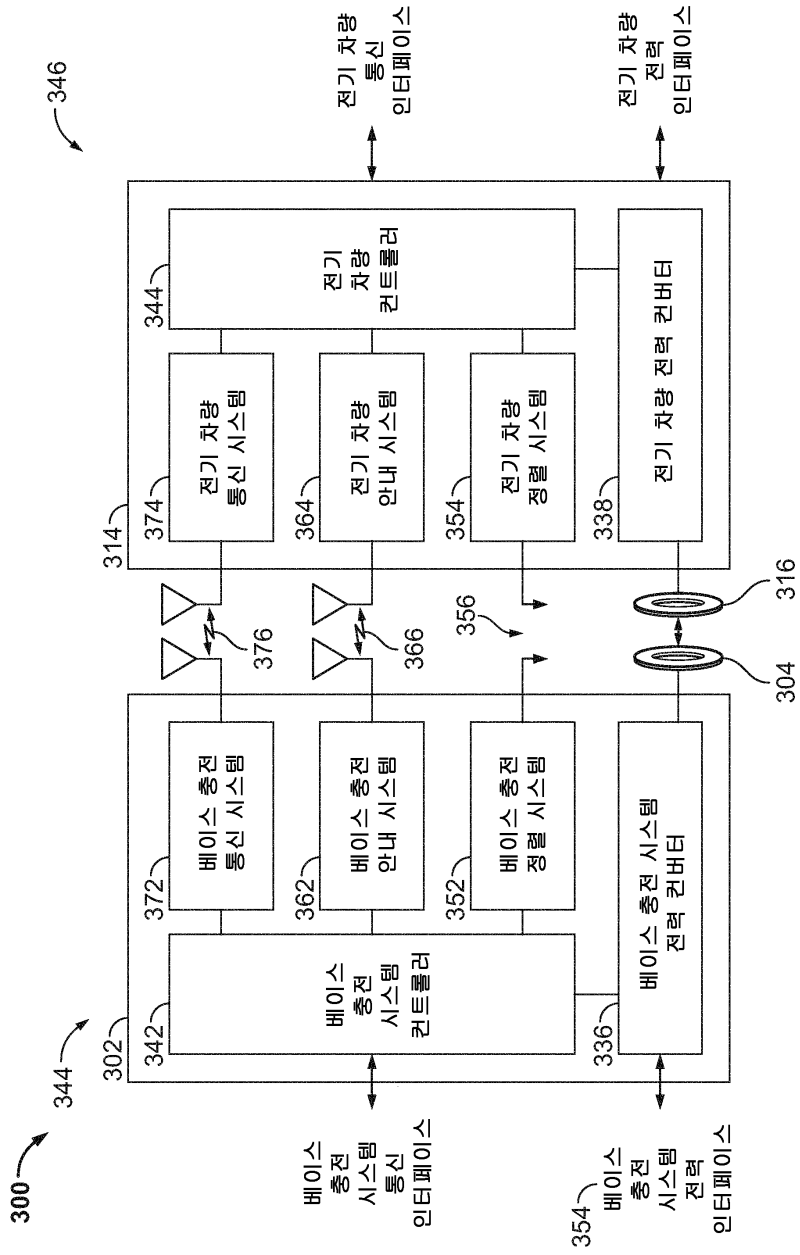
도면1



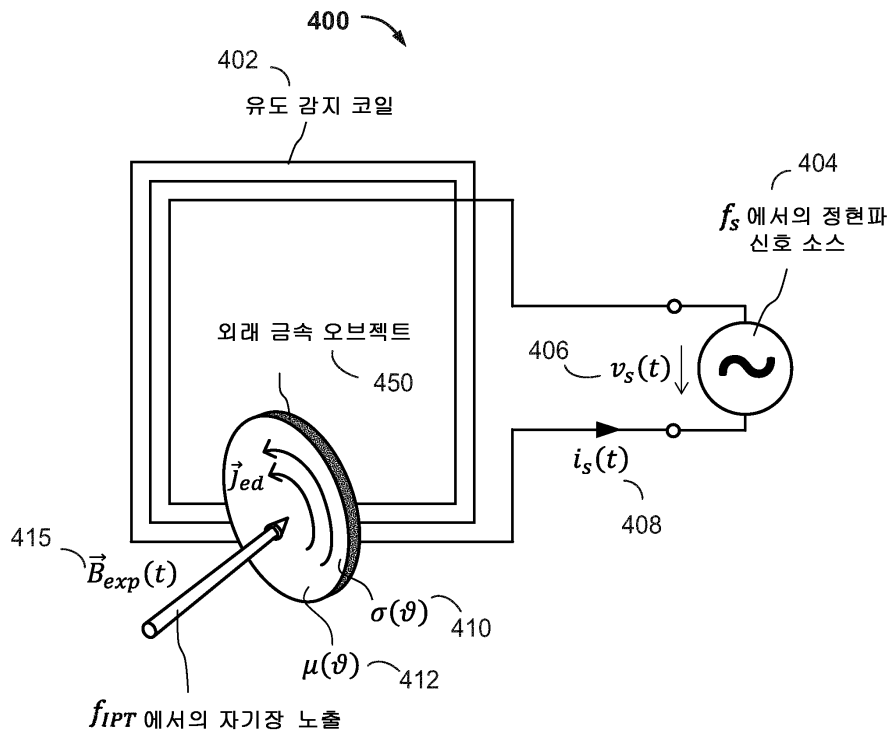
도면2



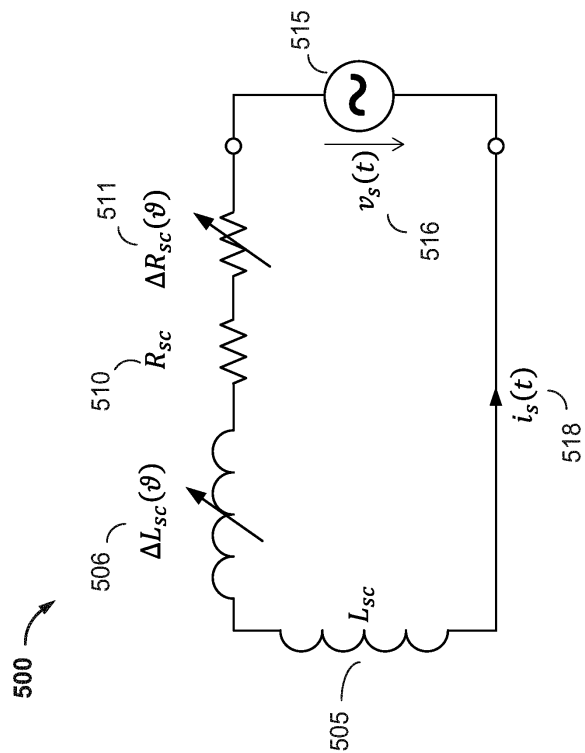
도면3



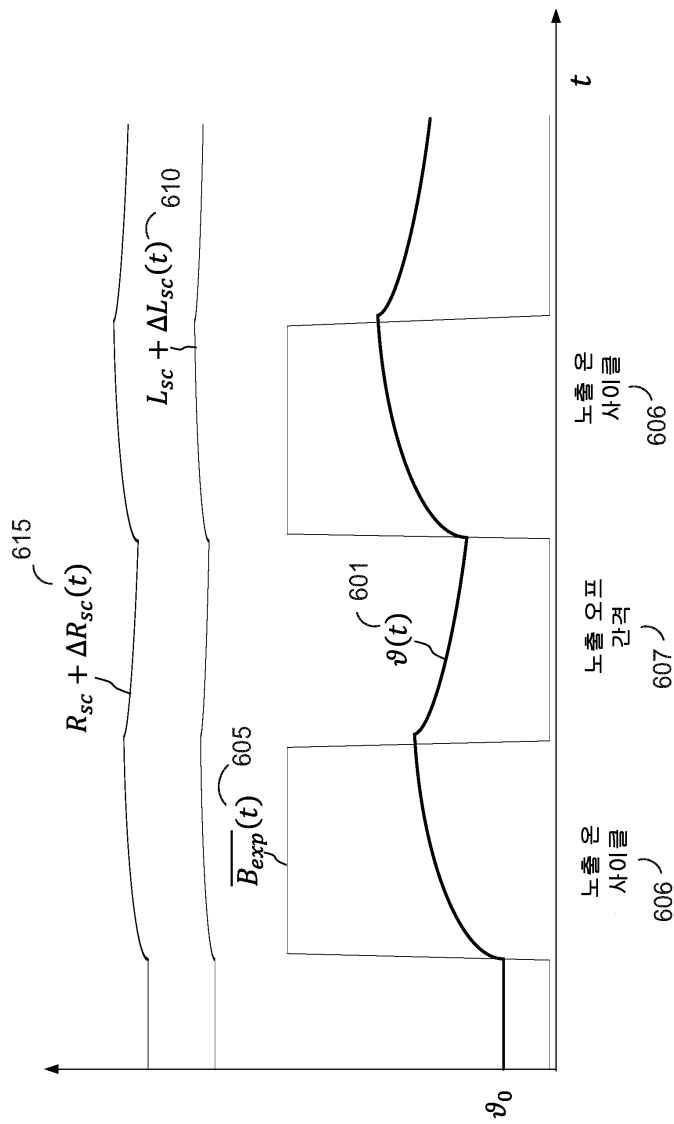
도면4



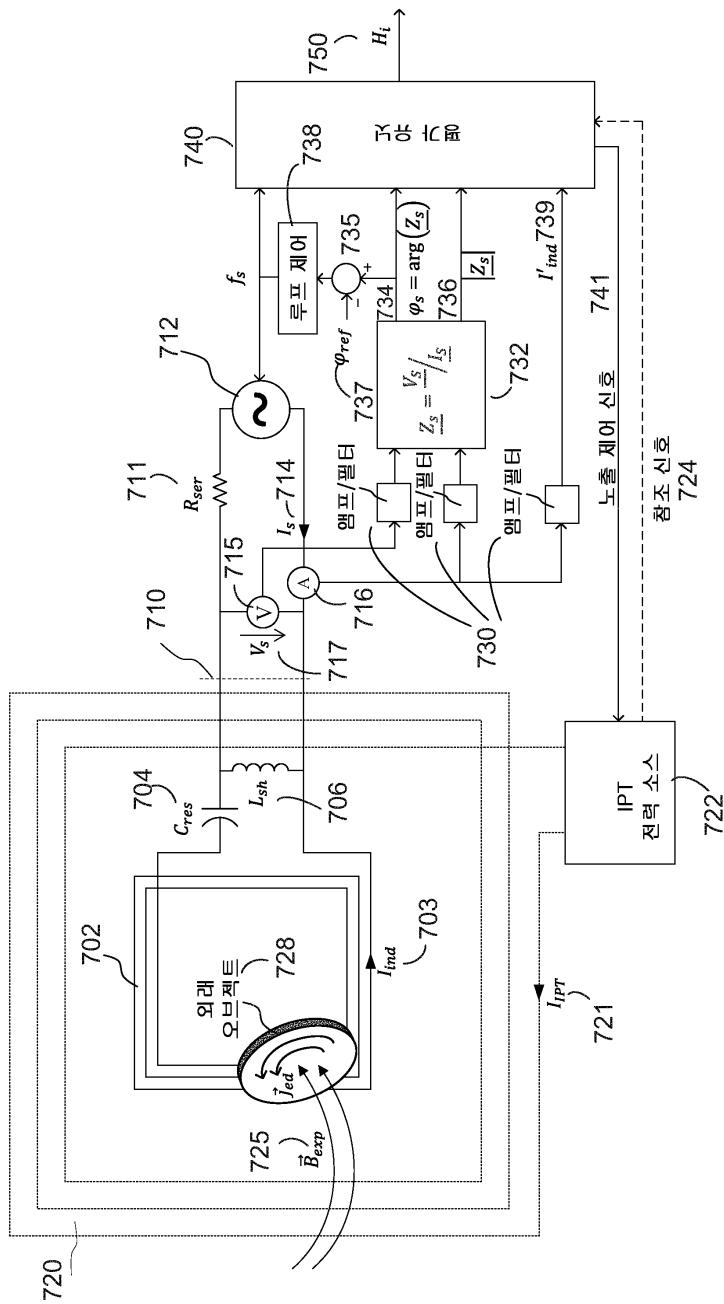
도면5



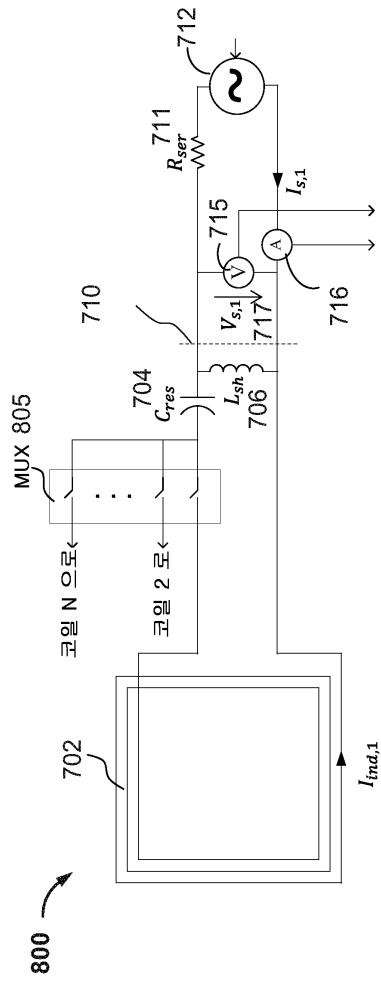
도면6



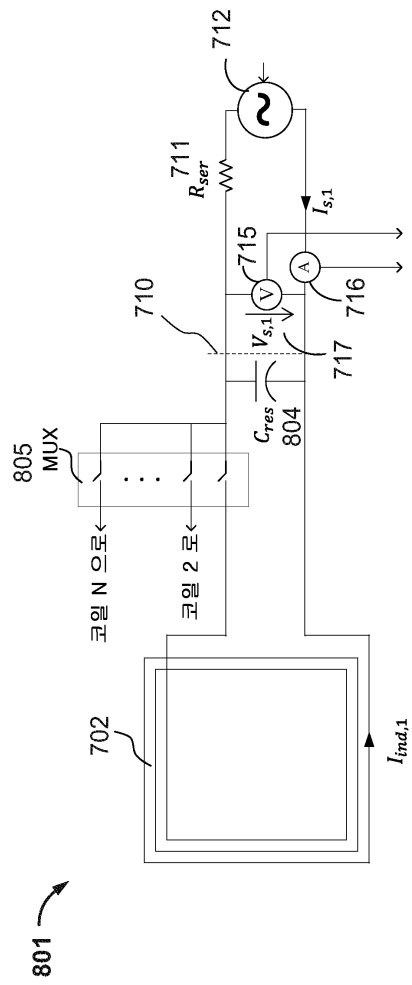
도면7



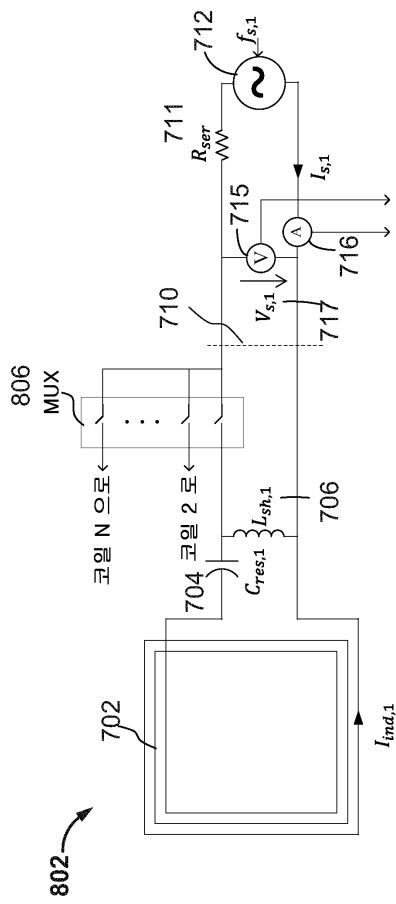
도면8a



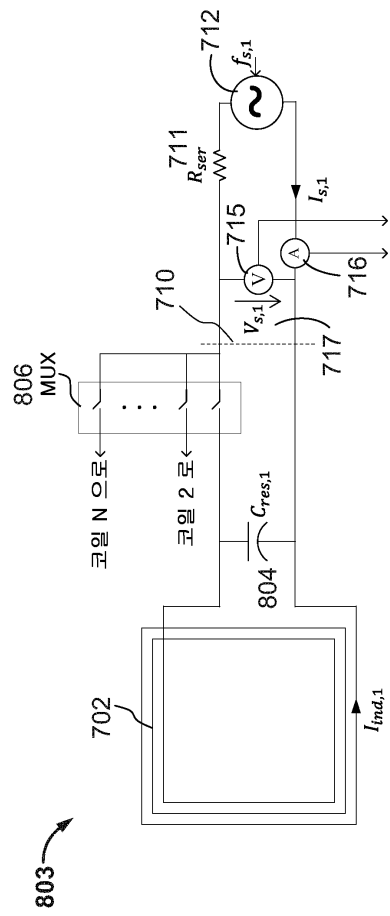
도면 8b



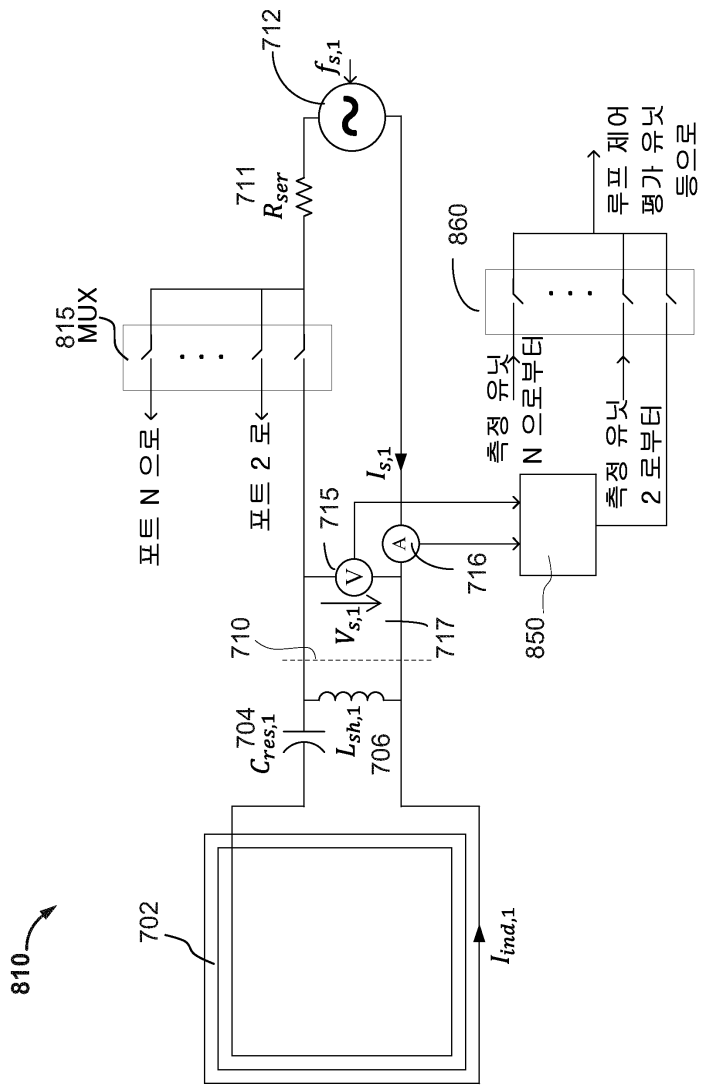
도면8c



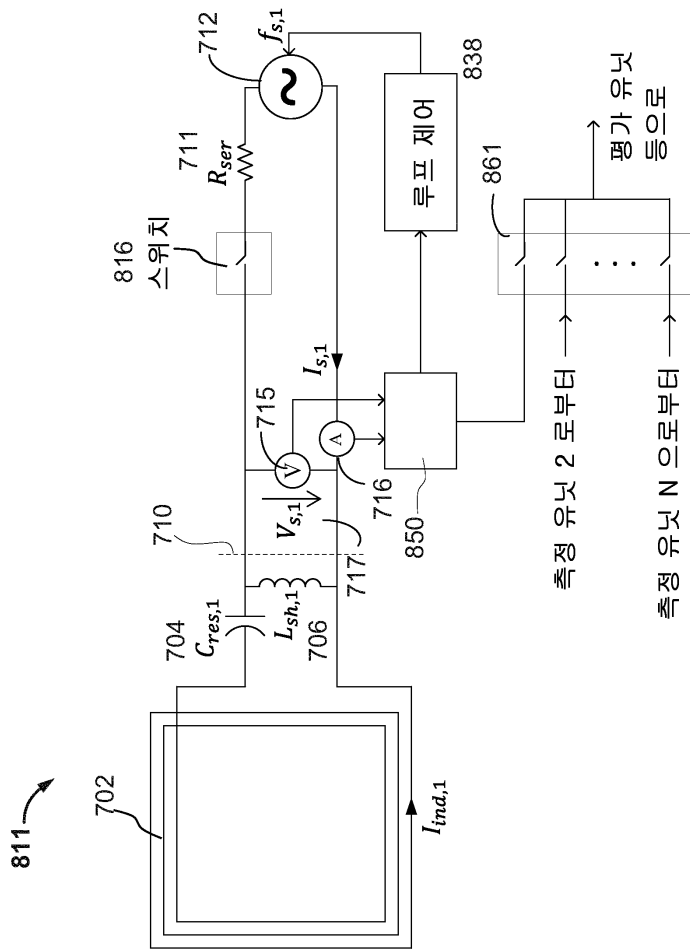
도면8d



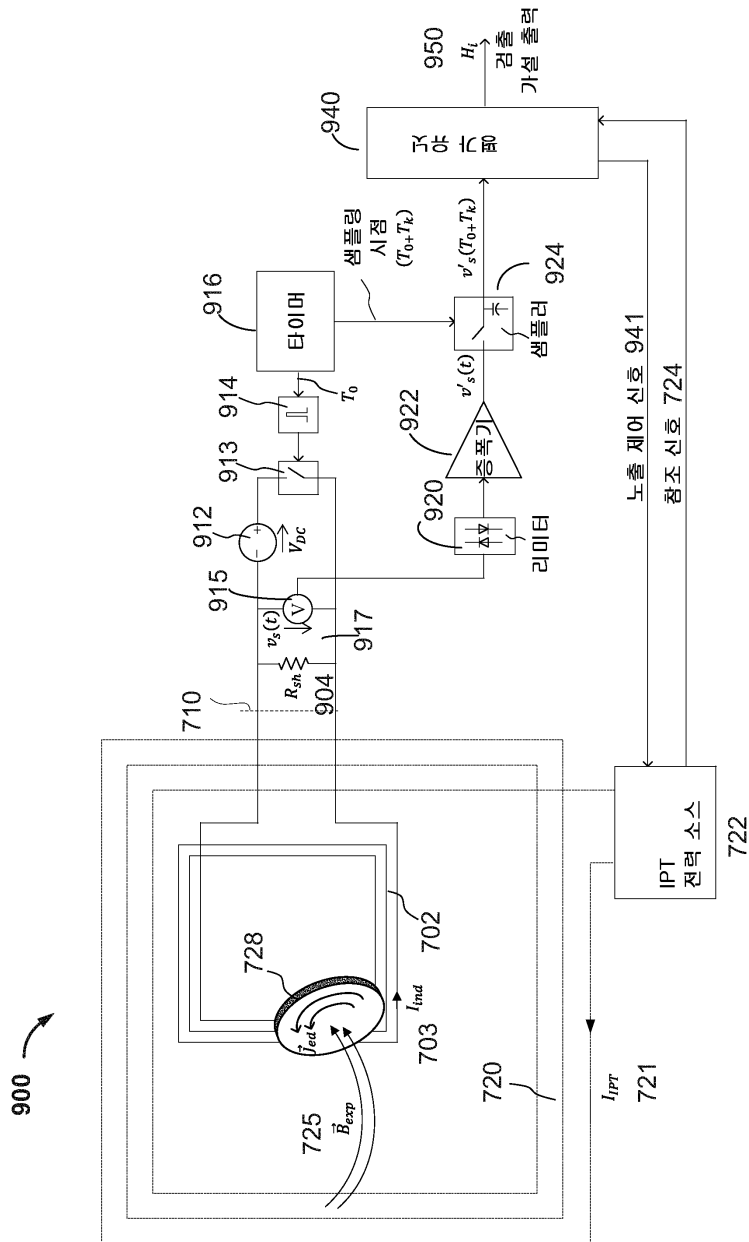
도면8e



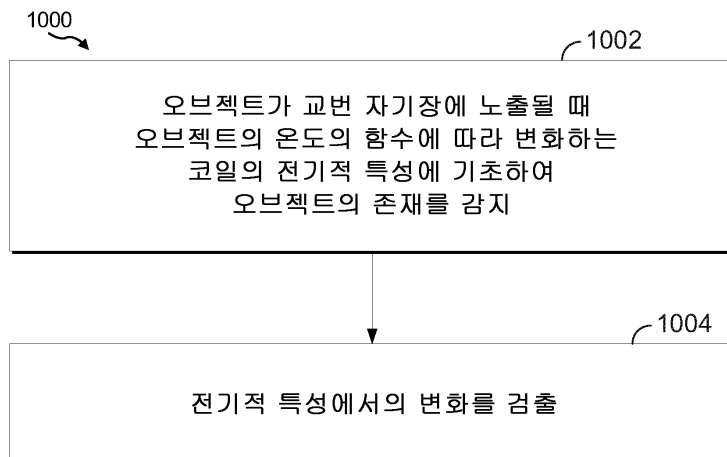
도면 8f



도면9



도면10



도면11

