



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0064934
(43) 공개일자 2020년06월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 50/60 (2016.01) G01R 19/02 (2006.01)
G01R 19/04 (2006.01) G01R 19/25 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02J 50/60 (2016.02)
G01R 19/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-0154694
- (22) 출원일자 2019년11월27일
심사청구일자 2019년11월27일
- (30) 우선권주장
62/772,592 2018년11월28일 미국(US)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
인테그레이티드 디바이스 테크놀로지, 인코포레이티드
미국, 캘리포니아 95138, 산 호세, 실버 크릭 벨리 로드 6024
- (72) 발명자
메하스 구스타보 제임스
미국 98040 워싱턴주 머서 아일랜드 웨스트 머서웨이 5610
바비시 아밋 디
미국 95032 캘리포니아주 로스 가토스 섬머우드 드라이브 103
스미스 니콜라우스 웨인
미국 91942 캘리포니아주 라 메사 파크스 애비뉴 4693
- (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 무선 전력 전송 시스템들에서 코일 전류 감지로의 강화된 이물질 검출

(57) 요약

본 명세서에서 설명된 실시형태들은 코일 전류 감지에 기초한 이물질 검출을 제공한다. 송신기 전력 손실이, 송신기 입력 전류에 기초한 종래의 산출과 함께 또는 그 대신에, 코일 전류에 기초하여 직접 산출된다. 컴퓨터 전력 손실의 강화된 정밀도는 무선 전력 전송 동안 송신기 코일 근처의 이물질을 더 정확하게 검출하는데 사용될 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01R 19/04 (2013.01)

G01R 19/25 (2013.01)

(30) 우선권주장

62/821,899 2019년03월21일 미국(US)

16/403,419 2019년05월03일 미국(US)

16/586,212 2019년09월27일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

코일 전류 감지에 기초한 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스로서,

제 1 송신기 코일;

상기 제 1 송신기 코일에 커플링된 코일 전류 감지 회로; 및

제어기를 포함하고,

상기 제어기는,

상기 코일 전류 감지 회로를 통해, 제 1 송신기 코일을 통과하는 제 1 코일 전류에 대응하는 코일 전류 값을 결정하고;

상기 코일 전류 값에 기초하여 송신기 전력 손실을 산출하고;

상기 무선 전력 송신 디바이스로부터 무선 전력 수신 디바이스로의 무선 전력 전송 동안, 산출된 상기 송신기 전력 손실에서의 변화가 임계 조건을 충족시킬 경우 상기 제 1 송신기 코일 부근의 이물질의 존재를 결정하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 코일 전류 감지 회로는,

상기 제 1 송신기 코일을 통과하는 코일 피크 전류 값을 검출하도록 구성된 피크 검출기를 포함하고,

상기 제어기는 추가로, 상기 제 1 코일 전류의 평균 제공근 값과 측정된 상기 코일 피크 전류 값 사이의 커브 관계 및 측정된 상기 코일 피크 전류 값에 기초하여 상기 제 1 코일 전류의 상기 평균 제공근 값을 산출함으로써 상기 코일 전류 값을 산출하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 코일 전류의 상기 평균 제공근 값과 측정된 상기 코일 피크 전류 값 사이의 상기 커브 관계는 코일 전류의 평균 제공근 값들 및 상기 코일 전류의 피크 값들의 이전에 획득된 데이터 샘플들에 기초하여 다항식 회귀에 의해 획득되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 코일 전류 감지 회로는 추가로,

상기 제 1 송신기 코일에 걸친 전압을 측정하도록 구성되고,

상기 제어기는, 측정된 상기 전압을 상기 제 1 송신기 코일의 인덕터 교류 전류 저항에 의해 나눔으로써 상기 코일 피크 전류 값을 결정하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 코일 전류 감지 회로는 추가로, 상기 무선 전력 송신 디바이스에서의 스위칭 회로에서 MOSFET 에 걸친 전압을 측정하도록 구성되고;

상기 제어기는 추가로, 측정된 상기 전압을 상기 MOSFET 의 드레인과 소스 사이의 저항에 의해 나눔으로써 상기

코일 피크 전류 값을 결정하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 코일 전류 감지 회로는 상기 제 1 송신기 코일에 커플링된 감지 저항기에 걸친 전압을 측정하도록 구성되고;

상기 제어기는 추가로, 측정된 상기 전압을 상기 감지 저항기의 저항에 의해 나눴으로써 상기 코일 피크 전류 값을 결정하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

코일 전류 레벨을 나타내는 신호를 증폭하도록 구성된 연산 증폭기를 더 포함하고;

상기 피크 검출기는,

증가된 신호 노이즈 비를 갖는 증폭된 상기 신호를 검출하고, 그리고

증폭된 상기 신호를 아날로그-디지털 변환기로 전송하도록

구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 코일 전류 감지 회로는 추가로,

상기 코일 전류 감지 회로에서의 직류 전류 블록 커패시터를 사용함으로써 상기 피크 검출기에 의해 측정될 전압을 유지하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

제 2 송신기 코일; 및

상기 제 1 송신기 코일 또는 상기 제 2 송신기 코일이 에너지이징되는지 여부에 의존하여 상기 제 1 송신기 코일 또는 상기 제 2 송신기 코일의 코일 전류를 모니터링하기 위해 선택하도록 구성된 선택 회로를 더 포함하는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 선택 회로는 상기 제 1 송신기 코일에 커플링된 제 1 트랜지스터 및 상기 제 2 송신기 코일에 커플링된 제 2 트랜지스터를 포함하고,

상기 제어기는,

상기 제 1 송신기 코일이 에너지이징될 경우 상기 코일 전류를 통과하도록 상기 제 1 송신기 코일에 커플링된 제 1 트랜지스터를 활성화하기 위해 제 1 게이트 신호를 구성하고; 그리고

상기 제 1 트랜지스터의 드레인 및 소스에 걸친 전압을 측정하도록

구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

검출된 코일 피크 전류를 상기 제 1 코일 전류의 평균 제공된 값으로 변환하도록 구성된 변환기 회로를 더 포함

하는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 변환기 회로는,

측정된 코일 전류를 나타내는 신호를 증폭하기 위한 증폭기;

증폭된 코일 전류를 상기 증폭된 코일 전류로 승산하여 상기 증폭된 코일 전류의 제곱을 생성하기 위한 승산기;

일 시간 기간에 걸쳐 상기 증폭된 코일 전류의 상기 제곱의 평균을 생성하기 위한 평균화 필터; 및

일 시간 기간에 걸쳐 상기 증폭된 코일 전류의 상기 제곱의 상기 평균의 제곱근을 취함으로써 코일 전류의 평균 제곱근 값을 생성하기 위한 제곱근 생성기를 포함하는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 증폭기, 상기 승산기 또는 상기 평균화 필터는, 상기 증폭기, 상기 승산기 또는 상기 평균화 필터에서의 고 대역폭 프로세스를 산출하는 아날로그 디바이스인, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 제곱근 생성기는, 상기 제곱근 생성기에서의 저 대역폭 프로세스를 산출하는 디지털 또는 아날로그 디바이스인, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

측정된 코일 전류는,

펄스 폭 변조의 동작 주파수 및 고유 주파수의 입력에 기초하여 변환 팩터를 결정하는 것; 및

평균 제곱근 값을 획득하기 위해 상기 측정된 코일 전류에 상기 변환 팩터를 적용하는 것으로서, 상기 변환 팩터는 경험적 데이터로부터의 피팅 커브 또는 룩업 테이블에 기초하여 결정되는, 상기 변환 팩터를 적용하는 것에 의해 코일 전류의 평균 제곱근 값으로 변환되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 변환 팩터는 상기 동작 주파수가 200KHz 인 경우 3 의 제곱근이거나, 또는 상기 변환 팩터는 상기 동작 주파수가 56KHz 인 경우 2 의 제곱근인, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 17

제 1 항에 있어서,

제 1 하프 브리지가 턴온될 경우 제 1 코일 전류 값을 측정하도록 구성된 상기 제 1 하프 브리지; 및

제 2 하프 브리지가 턴온될 경우 제 2 코일 전류 값을 측정하도록 구성된 상기 제 2 하프 브리지를 더 포함하고,

상기 제어기는, 상기 제 1 코일 전류 값 또는 상기 제 2 코일 전류 값이 각각 네거티브 피크 또는 포지티브 피크에 있는 시간의 부분을 반영하는 가중치들로 상기 제 1 코일 전류 값 및 상기 제 2 코일 전류 값의 가중 평균을 산출하도록 구성되는, 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 상호 참조들
- [0002] 본 출원은, 공동 계류 중이고 공동 소유된 미국 가출원번호 제 62/772,592 호 (2018년 11월 28일자 출원) 및 제 62/821,899 호 (2019년 3월 21일자 출원) 의 이익을 35 U.S.C. § 119 하에서 차례로 주장하는, 공동 계류 중이고 공동 소유된 미국 정규 출원번호 제 16/586,212 호 (2019년 9월 27일자 출원) 및 제 16/403,419 호 (2019년 5월 3일자 출원) 을 우선권 주장한다.
- [0003] 본 출원은, 공동 계류 중이고 공동 소유된 미국 가출원번호 제 62/772,592 호 (2018년 11월 28일자 출원) 및 제 62/821,899 호 (2019년 3월 21일자 출원) 를 우선권 주장한다.
- [0004] 전술된 출원들은 모두, 본 명세서에 참조로 전부 명백히 통합된다.
- [0005] 기술분야
- [0006] 본 발명의 실시형태들은 무선 전력 전송에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 무선 전력 전송 시스템들에서 코일 전류 감지로의 강화된 이물질 검출에 관한 것이다.

배경 기술

- [0007] 일부 실시형태들에 따르면, 무선 전력 전송 (WPT), 무선 전력 송신, 무선 에너지 송신 (WET), 또는 전자기 전력 전송은 물리적 링크로서 와이어들이 없는 전기 에너지의 송신이다. 무선 전력 송신 시스템에 있어서, 전력 소스로부터의 전력에 의해 구동되는 송신기 디바이스는 시변 전자기 또는 자기 필드를 생성하며, 이는 공간을 가로질러 수신기 디바이스로 전력을 송신하고, 이 수신기 디바이스는 그 필드로부터 전력을 추출하여 전기 부하에 공급한다. 무선 전력 전송은, 상호연결식 와이어들이 불편하거나 위험하거나 또는 불가능한 전기 디바이스들에 전력공급하기에 유용하다. 송신기 회로는 일반적으로, 집적 회로 (IC) 칩 상에 구축된다. 전통적으로, 송신기 IC 칩의 충전 전력, 회로 영역 및 이물질 검출 용량의 제한들로 인해, 하나의 송신기 IC 칩을 포함하는 무선 전력 송신기는 오직 한번에 하나의 무선 전력 수신 디바이스를 충전하기 위해서만 사용될 수 있다. 따라서, 1 초과의 무선 디바이스들이 동시에 충전되어야 하면, 일반적으로, 다중의 무선 충전기들이 사용된다. 다수의 무선 충전기들을 획득하는 비용은 상당할 수 있다.
- [0008] 부가적으로, 이물질 검출 (FOD) 은 그러한 시스템들에 대해 지속적으로 과제가 된다. 이물질은 송신기와 수신기 사이의 무선 전력의 전송 동안 임의의 시간에 나타날 수 있다. 이물질의 존재는 무선 전력 전송의 효율에 영향을 줄 뿐만 아니라 이물질이 과도하게 가열될 수도 있고, 이는 위험하게 될 수 있다. 특히, 사용자들은 일반적으로 그들의 폰들을, 고전력 레벨을 갖는 충전 패널 상에서 더 급속하게 그리고 더 큰 XY 배치 영역들 상으로 충전하길 원한다. 고전력 레벨들에서는, 수신기가 1 W 또는 훨씬 더 높은 전력 레벨을 사용하고 있는지 여부에 무관하게, 이물질들이 특정 전력 흡수도 (통상, 대략 500mW) 로 제한될 수도 있음에 따라, 더 민감한 이물질 검출 (FOD) 스킴들이 필요하다. 그래서, 상위 전력 레벨들에서는, 신호 대 노이즈 비 (SNR) 가 하락할 수도 있고, 따라서, 더 민감한 FOD 스킴이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 따라서, 정확하고 효율적인 FOD 메커니즘을 갖는 다중의 무선 디바이스들에 대해 고전력 무선 전력 전송을 제공하는 방식을 개발할 필요가 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 다중의 무선 디바이스들로의 고전력 충전에 있어서의 FOD 문제들의 관점에서, 본 명세서에서 설명된 실시형태들은 무선 전력 송신 디바이스에서의 코일 전류 감지에 기초한 이물질 검출을 위한 방법을 제공한다. 구체적으로, 그 방법은 무선 전력 송신 디바이스에서의 코일 전류 감지 회로를 통해, 제 1 송신기 코일을 통과하는 제 1 코일 전류에 대응하는 코일 전류 값을 결정하는 단계를 포함한다. 그 방법은 무선 전력 송신 디바이스에서의 제어를 통해, 코일 전류 값에 기초하여 송신기 전력 손실을 산출하는 단계를 더 포함한다. 그 방법은, 무선 전력 송신 디바이스로부터 무선 전력 수신 디바이스로의 무선 전력 전송 동안, 산출된 송신기 전력 손실에서의 변화가 임계 조건을 충족시킬 경우 제 1 송신기 코일 부근의 이물질의 존재를 결정하는 단계를 더 포

함한다.

[0011] 본 명세서에서 설명된 실시형태들은 추가로, 코일 전류 감지에 기초한 이물질 검출을 위한 무선 전력 송신 디바이스를 제공한다. 무선 전력 송신 디바이스는 송신기 코일, 송신기 코일에 커플링된 코일 전류 감지 회로, 및 제어기를 포함한다. 제어기는, 코일 전류 감지 회로를 통해, 제 1 송신기 코일을 통과하는 제 1 코일 전류에 대응하는 코일 전류 값을 결정하고, 코일 전류 값에 기초하여 송신기 전력 손실을 산출하고, 무선 전력 송신 디바이스로부터 무선 전력 수신 디바이스로의 무선 전력 전송 동안, 산출된 송신기 전력 손실에서의 변화가 임계 조건을 충족시킬 경우 제 1 송신기 코일 부근의 이물질의 존재를 결정하도록 구성된다.

[0012] 이들 및 다른 실시형태들은 다음의 도면들에 관하여 하기에서 논의된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1 은 일부 실시형태들에 따른, 멀티-코일 송신기에 대한 코일 전류 감지를 관여하도록 구성되는 예시적인 무선 전력 송신 시스템을 예시한다.

도 2a 는 일 실시형태에 따른, 도 1 에 도시된 무선 전력 전송 시스템의 전력 손실에 대한 이물질의 영향을 예시한 예시적인 다이어그램들을 제공한다.

도 2b 는 일 실시형태에 따른, 전력 손실 계산들에 대한 친숙한 금속 가열 대 수신기 포지션의 영향을 예시한 예시적인 다이어그램들을 제공한다.

도 2c 는 일 실시형태에 따른, 송신기 코일 전류에 대한 Z 방향으로의 거리의 영향을 예시한 예시적인 다이어그램을 제공한다.

도 3 은 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 코일 전류 감지 회로에 대한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다.

도 4a 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 멀티-코일 송신기에서 모니터링하기 위한 코일을 선택하는 자동 선택 회로에 대한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다.

도 4b 는 멀티-코일 송신기에서 MOSFET 샘플링을 통해 전류 감지를 위한 코일을 선택하는 선택 회로를 더 예시한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공하고, 도 4c 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른 예시적인 파형들을 제공한다.

도 5 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 도 4 의 것과 유사하지만 ADC 측정을 위한 다이오드 방법을 갖는 멀티-코일 송신기를 도시한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다.

도 6a 는 ADC 에 대한 피크 검출기 전압에 기초하여 송신기 코일 RMS 전류를 계산하기 위한 커브 피팅 방정식을 도시한 예시적인 데이터 플롯을 제공한다.

도 6b 는 감지된 코일 전류를 코일 전류 RMS 값으로 변환하는 회로 구현을 예시한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다.

도 7a 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 이물질들을 검출하기 위해 코일 전류 감지를 사용하기 위한 예시적인 프로세스를 예시한 예시적인 로직 플로우 다이어그램을 제공한다.

도 7b 는 감지된 코일 전류를 코일 전류 RMS 값으로 변환하기 위한 도 6b 에 도시된 회로를 동작시키는 것을 예시한 예시적인 로직 플로우 다이어그램을 제공한다.

도 7c 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 시스템의 동작 주파수에 기초하여 RMS 값을 산출하기 위한 예시적인 프로세스 (750) 를 예시한 단순화된 로직 플로우 다이어그램을 제공한다.

도 8a 및 도 8b 는 본 명세서에서 설명된 실시형태에 따른, 무선 전력 송신기의 충전 평면의 증가된 XY 활성 영역을 예시한 예시적인 다이어그램들을 제공한다.

도 9a 및 도 9b 는, 급속 충전 전류 프로파일 및 급속 충전을 위한 예시적인 충전 윈도우를 각각 예시한다.

도 10a 내지 도 10d 는 멀티-디바이스 충전을 위한 멀티-코일 송신기들의 상이한 예들을 제공한다.

본 발명의 실시형태들의 이들 및 다른 양태들이 하기에서 더 논의된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 다음의 설명에 있어서, 본 발명의 일부 실시형태들을 설명하는 특정 상세들이 기재된다. 하지만, 일부 실시 형태들은 이들 특정 상세들의 일부 또는 전부 없이도 실시될 수도 있음이 당업자에게 명백할 것이다. 본 명세서에서 개시된 특정 실시형태들은 한정적인 것이 아닌 예시적인 것으로 의도된다. 당업자는, 여기에서 구체적으로 설명되지는 않지만, 본 개시의 범위 및 사상 내에 있는 다른 엘리먼트들을 실현할 수도 있다.
- [0015] 이 설명은 발명의 양태들을 예시하며, 실시형태들은 한정하는 것으로서 취해지지 않아야 하며, 청구항들은 보호된 발명을 정의한다. 이 설명 및 청구항들의 사상 및 범위로부터 일탈함없이 다양한 변경들이 행해질 수도 있다. 일부 사례들에 있어서, 널리 공지된 구조들 및 기법들은 발명을 불명료하게 하지 않기 위하여 상세히 나타내거나 설명되지 않았다.
- [0016] 도 1 은 일부 실시형태들에 따른, 멀티-코일 송신기에 대한 코일 전류 감지를 관여하도록 구성되는 예시적인 무선 전력 송신 시스템 (100) 을 예시한다. 도 1 에 예시된 바와 같이, 전력 송신기 (TX) (102) 는 TX (102) 를 구동하기 위한 전력을 제공하는 전력 공급부 (112) 에 커플링된다. Tx (102) 의 제어기 (107) 는 하나 이상의 송신기 코일들 (106a, 106b) 을 통해 교류 전류 (AC) 를 생성하도록 구성되며, 그 송신기 코일들의 각각은 시변 자기 필드를 생성한다. 송신기 코일들 (106a 및 106b) (본 명세서에서는 총괄하여 송신기 코일 (106) 로서 지칭됨) 에 의해 생성된 시변 자기 필드들의 각각은, 각각, 수신기 코일 (108a 및 108b) 에서 개별 전류를 유도한다. 수신기 코일 (108a 또는 108b) (본 명세서에서는 총괄하여 수신기 코일 (108) 로서 지칭됨) 은, 각각, 개별 전력 수신기 (RX) (104a 또는 104b) (본 명세서에서는 총괄하여 수신기 (104) 로서 지칭됨) 에 커플링되며, 전력 수신기의 각각은 송신된 무선 전력을 수신한다. 정류기 회로 (110a 또는 110b) (본 명세서에서는 총괄하여 정류기 (110) 로서 지칭됨) 는, 각각, 수신 디바이스 (104a 또는 104b) 내에서, 수신기 코일 (108a 또는 108b) 에서 수신된 무선 전력을 수신 및 정류하도록 구성되고, 그 다음, 차례로, 배터리 충전을 위한 출력 전압을 제공한다.
- [0017] 따라서, 수신기 (RX) (104a 및 104b) 의 각각은 부하 (114a 또는 114b), 예를 들어, 배터리 충전기에 커플링되며, 이 배터리 충전기는 수신된 전력으로 배터리를 충전하도록 구성된다. 이러한 방식으로, 부하 (114a 및 114b) 는 Tx (102) 로부터 전송된 무선 전력으로 동시에 충전될 수 있다. 또는 대안적으로, 다중의 송신기 코일들 (106a 및 106b) 로, 송신 디바이스 (102) 는 더 큰 활성 충전 영역을 가질 수도 있으며, 수신 디바이스는 충전될 충전 영역 상에 더 자유롭게 배치될 수 있다.
- [0018] 일 실시형태에 있어서, Tx 제어기 (107) 는 단일 IC 칩 상에 구축될 수 있다. Tx (102) 가 1 초과의 디바이스를 한번에 충전하기 위해, 제어기 (107) 는 안전한 고전력 무선 전송을 위해 적어도 20W 까지의 인증의 고전력 전송을 제공하도록 구성된다. 부가적으로, 1 초과의 수신 디바이스 (104a 및 104b) 가 Tx (102) 부근에 배치될 때, 제어기 (107) 는 다중의 수신 디바이스들에 대한 증가된 XY 배치 능력 및 코일 전류 감지를 통해 이물질 검출 (FOD) 을 제공하도록 구성된다.
- [0019] 도 1 에 추가로 예시되는 바와 같이, 이물질 (124) 이 송신기 코일 (106a-b) 또는 수신기 코일 (108a-b) 부근에 배치될 경우, 이물질 (124) 은 송신 디바이스 (102) 와 수신 디바이스(들) (104a-b) 사이의 전력의 송신을 방해할 수 있다. 예를 들어, 도 2a 는 일 실시형태에 따른, 도 1 에 도시된 무선 전력 전송 시스템 (100) 의 전력 손실에 대한 이물질의 영향을 예시한 예시적인 다이어그램을 제공한다. 실시형태들에 따르면, 송신 디바이스 (102) 는, 금속 물체 (124) 가 무선 전력 전송 동안 송신기 코일 부근에 배치될 경우, 송신기 코일로부터의 송신된 전력 (P_{PT}) 과 수신기 코일에서 수신되는 수신된 전력 (P_{PR}) 사이의 차이로서 계산되는 전력 손실 (P_{LOSS}) 을 구한다. P_{LOSS} 가 크면, 이물질 문제가 존재한다.
- [0020] 전송 동안 전력 손실 (P_{LOSS}) 을 계산하기 위해, 송신 디바이스 (102) 는 입력 전력 (P_{IN}) 및 송신기 전력 손실 (P_{PTLOSS}) 을 계산하고, 수신 디바이스 (104) 는, 예컨대, 수신된 전력 패킷 (RPP) (135) 을 송신 디바이스 (102) 로 전송함으로써, 수신된 전력 (P_{PR}) 을 송신 디바이스 (102) 에게 통지한다. 구체적으로, 무선 전력 컨소시엄 (WPC) 표준 하의 기존 시스템들은 일반적으로, 다음에 의해 송신 디바이스 (102) 로부터 출력된 전력 (P_{PT}) 을 산출한다:
- [0021] $P_{PT} = V_{in} \text{ (또는 } V_{BRG}) \times I_{in} - P_{PTLOSS}$
- [0022] 여기서, V_{in} , I_{in} 은, 각각, 송신 디바이스 (102) 에서의 입력 전압 (V_{BRG} 는 Tx 자기 필드를 생성하기 위해 Tx

DC-AC 인버터에 인가된 브리지 전압임) 및 입력 전류를 나타내고, $T_{X_{LOSSES}}$ 는 송신 디바이스 (102) 내에서의 전력 손실, 예컨대, Tx 자기 필드를 생성하는데 필요한 전기 컴포넌트들 및 송신기 코일에서 소비된 전력을 나타낸다. 한편, 수신 디바이스 (104) 에서, P_{PR} , 즉, 수신 디바이스 (104) 에서 수신된 전력은 다음에 의해 계산된다:

[0023]
$$P_{PR} = V_{rect} \times I_{out} + P_{PRLoss}$$

[0024] 여기서, V_{rect} 는 수신 디바이스들 (104) 에서의 정류기 회로 (110) 에서의 전압을 나타내고, I_{out} 은 수신 디바이스 (104) 로부터의 출력 충전 전류를 나타내고, P_{PRLoss} 는 수신 디바이스 (104) 내의 전력 손실을 나타낸다.

그 다음, P_{PR} 는 RPP (135) 를 통해 송신 디바이스 (102) 에 통신된다. 따라서, FOD 전력 손실에 대한 종래의 WPC 계산을 채용하기 위해, 평균 입력 전류 (I_{in}) 및 평균 입력 전압 (V_{in}) 이 측정되고, 그 다음, $T_{X_{LOSSES}}$ 가 예컨대 외삽을 통해 계산된다.

[0025] 하지만, 송신기 전력 손실들의 외삽은 직접 측정만큼 좋지 않다. 집적 회로들 (IC들) 은 송신기 코일 전류를 직접 측정하도록 설계될 수 있다. Tx 코일 전압에 대한 위상 및 측정된 송신기 코일 전류 (RMS 또는 피크 전류) 는 송신기 코일 손실들의 표시자를 제공하며, 이는 일반적으로, 송신 디바이스 (102) 에서의 전력 손실의 주요 소스이다. 송신기 코일 전류 측정의 이러한 개념을 기존의 IC들에 리트로피팅 (retrofit) 하는 것은 난제이고 고가일 수 있다.

[0026] 도 2b 및 도 2c 는 본 명세서에서 설명된 일부 실시형태들에 따른, 전력 손실 및 코일 전류에 대한 송신 디바이스 (102) 와 수신 디바이스 (104) 사이의 정렬의 영향들을 예시한 예시적인 데이터 다이어그램들을 제공한다.

송신기 코일 전류는 (수신 디바이스 (104) 의) 수신기 코일 (108) 의 포지션으로 변할 수 있다. 예를 들어, 데이터 다이어그램들 (202) 에 도시된 바와 같이, (송신기 코일 전류 ($PT_{X_{coil_IRMS}}$) 에 의해 반영된) 송신기 전력 손실은 수신 디바이스의 XY 포지션이 변하는 동안, 예컨대, 수신 디바이스가 송신기 충전 패드의 XY 평면 상에서 이동할 때, 4배까지 변할 수도 있다. 데이터 다이어그램 (204) 에 도시된 바와 같이, 송신기 코일 전류는, 송신기 코일의 Z 포지션 (예컨대, 충전 패드에 수직인 방향) 이 수신기 코일에 대해 변하는 동안 2.6A 로부터 5A 에 가깝게 변할 수도 있다.

[0027] 본 명세서에서 설명된 실시형태들은 아날로그-디지털 변환기들 (ADC들) 을 갖는 IC들에 코일 전류 감지 회로를 제공한다. 코일 감지 회로 (125a-b) 는 코일들 (106a-b) 의 코일 전류를 측정하기 위해 송신 디바이스 (102) 에 내부적으로 배치될 수도 있다. 또는 대안적으로, 코일 감지 회로 (125a-b) 는 송신 디바이스 (102) 의 IC 외부에 배치될 수도 있고, 코일들 (106a-b) 에 통신가능하게 커플링된다. 구체적으로, 코일 전류 감지 회로는 코일에서의 피크 코일 전류 값 및 공간 주파수를 측정하도록 구성된다. 그 다음, 제어기 (107) 는 송신기 코일 (106a-b) 에서의 전력 손실 계산을 위해 코일 전류의 평균 제곱근을 계산한다. 이러한 방식으로, (송신기 입력 전류에 기초한 종래의 산출 대신) 코일 전류에 기초하여 직접 산출된 송신기 전력 손실은 전력 손실에서의 변화의 개선된 정밀도를 제공할 수 있다. 따라서, 산출된 전력 손실은 무선 전력 전송 동안 송신기 코일 근처의 이물질들을 더 정확하게 검출하기 위해 사용될 수 있다. 전력 손실 산출의 강화된 정밀도는 FOD 에 대한 코일들의 XY 포지션의 영향을 제거하거나 감소시키고, 따라서, 충전 배치의 강화된 XY 자유도를 제공한다.

[0028] 도 3 은 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, (도 1 의 125a-b 와 유사한) 코일 전류 감지 회로에 대한 예시적인 개략 회로 다이어그램 (300) 을 제공한다. 일 실시형태에 있어서, 코일 감지 회로는 송신기 코일 (106) 에 커플링되고, 이 송신기 코일은 공진 커패시터들 (144) (도시 안됨) 에 추가로 커플링된다. 코일 감지 회로는 인덕터 교류 전류 저항 (ACR), MOSFET 드레인-소스 온 저항 (RDSON), 즉, MOSFET 의 드레인과 소스 사이의 총 저항, 센서 저항 등과 같은 측정치들을 획득하고, 그 다음, 인덕터 코일, MOSFET, 센서 등에 걸친 전압들을 측정하여, Tx 코일 (106) 을 통과하는 코일 전류를 모니터링한다.

[0029] 일 실시형태에 있어서, 송신기 코일 (106) 에 대한 인덕터 전류 감지가 인덕터 전류 감지: $L/ACR = R \times C$ 에 기초하여 수행될 수도 있어서, 송신기 코일 (106) 의 등가 집중 엘리먼트 교류 전류 저항기 (ACR) 에 걸친 전압이 병렬 저항기-커패시터 (RC) 필터의 커패시터 컴포넌트에 걸친 전압과 동일하다. L 은 코일 (106) 의 인덕턴스를 나타내고, R 은 병렬 RC 회로에서의 저항기 (예컨대, R215 참조) 의 저항을 나타내고, C 는 병렬 RC 회로에서의 커패시터 (예컨대, C170 참조) 의 커패시턴스를 나타낸다. 따라서, 커패시터 (C170) 및 저항기 (R215) 로 이루어진 병렬 저항기-RC 회로에서의 커패시터 (C170) 에 걸친 (노드 (146) 에서의) 전압이 샘플링된

다. RC 회로의 노드 (146) 에서의 측정된 전압은 Tx 코일 (106) 을 통과하는 코일 전류를 나타낸다.

[0030] 일 실시형태에 있어서, 하측 MOSFET R_{DS(on)} 이 측정될 수 있거나, 또는 (추가적인 컴포넌트 비용 및 전력 손실을 추가할 수도 있는) 감지 저항기가, 예컨대, (다이어그램 (300) 에서의 윈 (148) 에서 도시된 바와 같은) 하측 MOSFET (Q6) 에 걸친 (노드 (147) 에서의) 전압 나누기 MOSFET R_{DS(on)}, 또는 감지 저항기에 걸친 전압 나누기 감지 저항을 측정함으로써, 코일 전류를 측정하는데 사용될 수 있다. (도 4 에서의 127 에 도시된) OPAMP 가 이들 측정치들을 돕는데 사용될 수도 있는데, 왜냐하면 그러한 측정치들은 ACR 감지보다 4배 낮을 수 있기 때문이다.

[0031] 도 4a 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 멀티-코일 송신기에서 모니터링하기 위한 코일을 선택하는 자동 선택 회로에 대한 예시적인 개략 회로 다이어그램 (400) 을 제공한다. 송신기가 1 초과인 코일들, 예컨대, 도 1 에 도시된 송신기 코일들 (106a-b) 을 가질 경우, MOSFET들 (117 및 118) 은 어느 코일이 측정되어야 하는지를 제어하는데 사용된다. 예를 들어, MOSFET들 (117 및 118) 은, 각각, 송신기 코일들 (106a 또는 106b) 에 각각 커플링되고, 어느 코일이 모니터링되고 있는지를 자동으로 선택하기 위해 MOSFET (117 또는 118) 을 턴온하거나 턴오프하는 전용 게이트 신호에 각각 연결된다. 따라서, MOSFET (117 또는 118) 은 오직 개별 게이트 신호가 포지티브이고 개별 코일 (106a 또는 106b) 이 에너지가 될 경우에만 활성화 경로가 된다. MOSFET (117 또는 118) 이 활성화될 경우, 노드 (i_{AC1} 또는 i_{AC2}) 에서의 전압은, 예컨대, MOSFET (117 또는 118) 의 MOSFET R_{DS(on)} 을 나눔으로써, MOSFET (117 또는 118) 에 결합된 개별 코일의 전류를 표시하기 위해 각각 측정된다.

[0032] 일부 실시형태들에 있어서, (예컨대, 도 3 에 도시된 c170 및 R215 와 유사한) 병렬 RC 회로는, MOSFET (117 또는 118) 이 병렬 RC 감지를 통해 노드 (146a 또는 146b) 에서 전압을 샘플링할 수도 있도록 송신기 코일 (106a 또는 106b) 에 병렬로 배치된다. 병렬 RC 회로의 샘플링된 전압은, 각각, Tx 코일 (106a 또는 106b) 을 통과하는 코일 전류를 나타낸다.

[0033] 예시적인 목적으로, 다이어그램 (400) 은 측정될 코일을 자동으로 선택하기 위한 2개의 코일들 (106a-b) 및 2개의 MOSFET들 (117-118) 을 도시한다. 다중의 코일들 (예컨대, 2개 초과) 이 송신기에서 사용될 수 있다. 각각의 송신기 코일 (예컨대, 2개 초과) 은 개별 코일에 대한 전류 감지 회로를 갖는 샘플링 MOSFET 에 커플링되어, 샘플링 MOSFET 이, 개별 송신기 코일을 통과하는 코일 전류를 나타내는 전류 감지 회로에서의 전압을 샘플링하는데 사용될 수도 있다.

[0034] 다이어그램 (400) 은, 아날로그 전류 또는 전압을 프로세서 (예컨대, 도 1 에서의 제어기 (107)) 에 대한 디지털 측정치로 변환하는 아날로그-디지털 변환기 (ADC) 로 공급하기 전에 코일 (106a 또는 106b) 로부터의 신호를 증폭하기 위한 OPAMP (127) 를 더 포함한다. 이러한 방식으로, OPAMP (127) 는 개선된 신호 대 노이즈 비 (SNR) 및 신호의 추가 버퍼링을 제공한다.

[0035] 다이어그램 (400) 은 OPAMP (127) 의 출력이 커플링된 131 에서의 다이오드 (D30) 를 더 도시하며, 이는 피크 전압을 검출하기 위한 피크 검출기의 부분으로서 서빙할 수도 있다. 일부 예들에 있어서, 다이오드 (D30) 는, 다이오드 (D30) 에서의 입력 전압이 C229 에서의 전압보다 높을 경우 포지티브 "하프 사이클" 에서 다이오드 (D30) 에 대한 입력 전압의 피크까지 (132 에서의) 커패시터 (C229) 를 충전한다. 다이오드 (D30) 에서의 입력 전압이 커패시터 (C229) 상에 저장된 "피크" 전압 아래로 떨어질 경우, 다이오드 (D30) 는 역 바이어싱 되어, 커패시터 (C229) 로부터 다시 다이오드 (D30) 의 입력단으로의 전류 흐름을 차단한다. 커패시터 (C229) 는, 다이오드 (D30) 에 대한 입력 전압이 0 으로 드롭될 때라도 피크 전압 값을 유지한다. 따라서, 피크 코일 전류 (ICOIL_{Peak}) 는 다이오드 (D30) 및 커패시터 (C229) 에 의해 유지된 피크 전압을 측정함으로써 측정될 수 있다.

[0036] 공진 주파수 (F_{Resonant}) 는 또한, 피크 전류 (ICOIL_{PEAK}) 를 코일 전류의 평균 제곱근 (ICOIL_{RMS}) 으로 변환하기 위해 (예컨대, Q 측정 기법들을 통해) 측정된다. 그 다음, ICOIL_{RMS} 가 코일 전력 손실을 계산하기 위해 사용된다. 예를 들어, ICOIL_{RMS} 는 다음의 수학적식을 통해 산출될 수도 있다:

[0037]
$$ICOIL_{RMS} = a \times ICOIL_{ADC}^2 - b \times ICOIL_{ADC} + c$$

[0038] 여기서, ICOIL_{ADC} 는 아날로그-디지털 변환기 (ADC) 로 공급된 피크 전류를 나타내며, 파라미터들 (a, b 및 c) 은 피크 검출기 전압의 데이터 샘플들을 ADC 및 송신기 코일 RMS 전류로 회귀함으로써 구할 수 있다. 예를 들어, 도 6a 는 ADC 에 대한 피크 검출기 전압에 기초하여 송신기 코일 RMS 전류를 계산하기 위한 커브 피팅 방정식을 도시하는 예시적인 데이터 플롯 (600) 을 제공한다. 이 예에 있어서, ICOIL_{RMS} 는 다음과 같이 계

산될 수도 있다: $206.45x^2 - 8.1418x + 0.9689$, 여기서, x 는 ADC 에 대한 피크 검출기 전압을 나타낸다. 대안적으로, 도 6b 에 도시된 바와 같은 회로 (610) 는, 감지된 코일 전류를 RMS 값으로 변환하는데 사용될 수도 있다.

[0039] 일부 실시형태들에 있어서, 송신기 코일 (106) 을 통과하는 전류가 교류 전류이므로, 피크 코일 전류 (및 결과적인 ICOIL_RMS) 는 스위칭 네트워크의 각각의 하프 브리지를 통해 검출될 수도 있다. 예를 들어, 제 1 피크 코일 전류가 스위칭 네트워크의 제 1 하프 브리지가 온될 경우 감지될 수 있고 (및 제 1 ICOIL_RMS 가 이에 따라 산출됨), 제 2 피크 코일 전류가 스위칭 네트워크의 다른 하프 브리지가 온될 경우 감지될 수 있다 (및 제 2 ICOIL_RMS 가 이에 따라 산출됨). 그 다음, 코일 전류의 RMS 는 제 1 ICOIL_RMS 및 제 2 ICOIL_RMS 의 평균으로서 산출될 수 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 스위칭 네트워크가 데드 타임 (예컨대, 코일 전류가 최저 네거티브로부터 최고 포지티브로 천이하기 위한 시간) 으로 인해 각각의 하프 브리지에 대해 50% 시간을 온으로 갖지 않을 수도 있을 경우, 제 1 ICOIL_RMS 및 제 2 ICOIL_RMS 의 가중 평균은, 코일 전류가, 각각, 네거티브 또는 포지티브 피크에 있는 시간의 부분을 반영하는 가중치들로 구현될 수도 있다.

[0040] 일부 실시형태들에 있어서, 데드 타임은, 2019년 4월 1일자로 출원되고 본 명세서에 참조로 전부 명백히 통합되는 미국출원 제 16/371,887 호에 추가로 기술된 바와 같이, 수신기 회로로부터의 피드백에 기초하여 무선 송신기를 교정함으로써 조정될 수도 있다.

[0041] 도 4b 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 멀티-코일 송신기에서 MOSFET 샘플링을 통해 전류 감지를 위한 코일을 선택하는 선택 회로를 추가로 예시한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다. 구체적으로, 각각의 송신기 코일 (106a 또는 106b) 은 고유한 구동기 전압 (LG1_DRV) (411) 또는 (LG2_DRV) (412) 에 의해 구동된다. 예를 들어, LG2_DRV (412) 가 온일 경우, 샘플링 MOSFET 저항기 (Q8) 가 설정된다. 도 4c 에 도시된 바와 같이, 파형 (426) 은, (파형 (420) 에서의) LG2_DRV 가 턴온한 이후에 Q6 이 턴온하고, 턴-온 비중첩 시간 이후에 (파형 (422) 에서 도시된) Q6 의 게이트 전압이 5V 까지 상승하는 것을 나타낸다. 따라서, 샘플링 MOSFET (Q8) 은 (파형 (428) 에서 도시된) 턴-온 비중첩 시간 이후에 턴온된다. 턴-온 비중첩 시간은 샘플링 MOSFET 게이트 구동 저항기에 기인하고, 이는 샘플링된 노드가 접지에 있음을 확인한다. 그 다음, 그 턴오프를 둔화시키는 파워 MOSFET 게이트 저항기 및 게이트 구동 저항기의 다이오드 단락으로 인해 LG2_DRV 가 턴오프하기 전에 샘플링 MOSFET (Q8) 이 턴오프한다. 이러한 방식으로, 샘플링 MOSFET (Q8) 은, 공통 LX 노드가 하이로 비행하기 시작하기 전에 오프되고, 따라서, 전류 신호는 샘플링 MOSFET (Q8) 에 의해 깨끗하게 샘플링되어, LX 노드 상의 스위칭 노이즈를 회피한다.

[0042] 도 5 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 도 4 의 것과 유사하지만 ADC 측정을 위한 다이오드 방법을 갖는 멀티-코일 송신기를 도시한 예시적인 개략 회로 다이어그램 (500) 을 제공한다. 반대 방향으로 병렬로 연결된 2개의 다이오드들로 이루어진 다이오드 리미터 (133) 는, 신호가 ADC 로 전송되기 전에 전압 또는 전류 신호를 조절하는데 사용된다.

[0043] 도 6a 는 ADC 에 대한 피크 검출기 전압에 기초하여 송신기 코일 RMS 전류를 계산하기 위한 커브 피팅 방정식을 도시한 예시적인 데이터 플롯 (600) 을 제공한다.

[0044] 도 6b 는 감지된 코일 전류를 코일 전류 RMS 값으로 변환하는 회로 구현을 예시한 예시적인 개략 회로 다이어그램을 제공한다. 구체적으로, 교류 전류에 대해, 코일 전류의 RMS 값은, 코일에서 동일한 평균 전력 소실을 생성할 직류 전류의 값과 동일하다. 따라서, 코일 전류 RMS 값은 코일 전력 손실을 산출하는데 사용된다. (예컨대, 도 3 과 관련하여 논의된 바와 같이) 146 에서의 전압 레벨을 샘플링함으로써 감지된 코일 전류는 코일 전류 RMS 값으로 변환하기 위한 회로부 (610) 로 전송된다. 구체적으로, 회로부 (610) 는 입력 전압 신호를 증폭하도록 구성된 버퍼 또는 증폭기 (216) 를 포함한다. 그 다음, 증폭된 전압 신호는, 증폭된 전압 신호의 제곱 값을 산출하도록 승산기로 전송된다. 예를 들어, 승산기 (220) 는, 그 입력단들 양자 모두에서 증폭된 전압 신호를 수신하고 2개의 입력 신호들의 곱, 즉, 증폭된 전압 신호의 제곱에 비례하는 출력 신호를 생성하는 길버트 승산기일 수도 있다. 그 다음, 승산기 출력 신호는 평균 필터 (225) 로 전송되며, 이 평균 필터는 입력의 다수의 샘플들, 예컨대, 증폭기 전압 신호의 제곱을 한번에 취하고, 입력 샘플들의 평균을 취하여 평균화 출력 신호를 생성하도록 구성된다. 그 다음, 생성된 평균화 출력 신호는, 평균화 출력 신호의 제곱근을 산출하도록 구성된 제곱근 생성기 (227) 에 전달된다. 이러한 방식으로, 인스턴트 코일 전류 레벨 (피크 코일 전류 레벨일 수도 있고 아닐 수도 있음) 을 나타내는 146 에서의 감지된 전압 레벨이 회로 (610) 에 지속적으로 공급될 경우, 코일 전류의 RMS 값이 제곱근 생성기 (227) 의 출력에서 생성될 수도 있다.

[0045] 회로 (610) 에 있어서, 증폭기 (216), 승산기 (220) 및 평균화 필터 (225) 는, 아날로그 입력 신호, 예컨대,

146 으로부터의 샘플링된 전압 레벨 신호를 핸들링하도록 구성되는 아날로그 디바이스들일 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 교번 전압 샘플링은, 도 3 내지 도 5 와 관련하여 논의되지만 예컨대 RDSO_N 감지, 저항기 감지, 또는 전류 감지 트랜스포머 등으로 한정되지 않는 전류 감지 회로들 중 임의의 회로를 통해 제공될 수 있다. 제공된 생성기 (227) 는 아날로그 출력을 생성하거나 또는 디지털 출력이 되도록 출력을 양자화할 수도 있다. 회로 (610) 에서의 아날로그 프론트 엔드를 사용하는 것은 디지털 필터링이 뒤이어지는 고가의 ADC 들의 사용을 감소시킨다. 따라서, 회로 (610) 는 더 낮은 비용의 솔루션을 렌더링할 수도 있다. 부가적으로, 디바이스들 (216, 220 및 225) 의 아날로그 프론트 엔드는, 아날로그 디바이스들이 더 높은 대역폭을 산출함에 따라 정확한 데이터 측정을 제공한다. 회로 (610) 는, 프로세서가 I_{Coil}_PEAK (및 다른 상태 변수들) 로부터 IRMS 를 도출하기 위한 필요성을 제거할 수도 있다.

[0046] 도 7a 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 이물질들을 검출하기 위해 코일 전류 감지를 사용하기 위한 예시적인 프로세스 (700) 를 예시한 단순화된 로직 플로우 다이어그램을 제공한다. 단계 701 에서, 송신기 코일을 통과하는 코일 피크 전류 값이 피크 검출기를 통해 (예컨대, 피크 검출기 다이오드 (131) 를 통해) 측정된다. 코일 전류는, 도 3 내지 도 5 와 관련하여 논의된 바와 같이, 병렬 RC 회로 (예컨대, 146 참조) 에서의 전압을 MOSFET 샘플링함으로써, MOSFET RDSO_N 을 측정함으로써, 기타 등등에 의해 감지될 수도 있다. 그 다음, 측정된 코일 피크 전류는 송신기의 제어기 (107) 및 ADC 에 공급된다. 단계 703 에서, 제어기 (107) 는, 예컨대, 도 6 에 도시된 바와 같이, 커브 피팅 방정식에 기초하여 RMS 코일 전류를 산출한다. 단계 705 에서, 송신기 전력 손실이 RMS 코일 전류에 기초하여 산출된다. 예컨대, $P_{PTLoss} = I_{COIL_RMS}^2 \times R_{coil}$. 단계 707 에서, 제어기 (107) 는 송신 디바이스와 수신 디바이스 사이의 송신 전력 손실을 산출 및 모니터링하도록 구성된다. 송신기 전력 손실과 송신기 코일 근처의 이물질에 의해 야기된 전력 손실의 관계는 도 2a 와 관련하여 기술된다. 예컨대, 송신 손실 $P_{LOSS} = V_{in} \times I_{in} - P_{PTLoss} - P_{PR}$ 이고, 여기서, P_{PR} 는 RPP 통신 (135) 을 통해 획득된다. 단계 709 에서, 송신 전력 손실에서의 변화가 임계보다 큰 경우, 단계 711 에서, 제어기 (107) 는 이물질이 근처에 있음을 결정하도록 구성된다. 그렇지 않으면, 프로세스 (700) 는 단계 701 로 되돌아가며, 여기서, 송신기는 단계 701 내지 단계 707 을 통해 코일 전류를 계속 측정하고 전력 손실 변화를 모니터링한다.

[0047] 도 7b 는 감지된 코일 전류를 코일 전류 RMS 값으로 변환하기 위한 도 6b 에 도시된 회로를 동작시키는 것을 예시한 예시적인 로직 플로우 다이어그램을 제공한다. 프로세스 (720) 는, 송신기 코일을 통과하는 코일 전류 값 (피크 값을 포함할 수도 있거나 포함하지 않을 수도 있음) 이 예컨대 RC 감지, MOSFET RDSO_N 등을 통해 전압 레벨을 샘플링함으로써 감지되는 단계 721 로 시작한다. 단계 723 에서, 코일 전류 레벨을 나타내는 감지된 전압 신호가 증폭기 (예컨대, 아날로그 증폭기 (216)) 에 전달된다. 단계 725 에서, 증폭된 신호는, 증폭된 신호의 제공에 비례하는 출력 신호를 생성하는 송산기 (예컨대, 길버트 송산기 (220)) 로 전송된다. 단계 727 에서, 송산된 신호, 예컨대, 증폭된 신호의 제공은 평균화 필터 (예컨대, 아날로그 평균화 필터 (225)) 에서 평균화된다. 단계 731 에서, 코일 전류의 RMS 값을 나타내는 평균화된 신호의 제공근이 (예컨대, 제공된 생성기 (227) 에서) 생성된다.

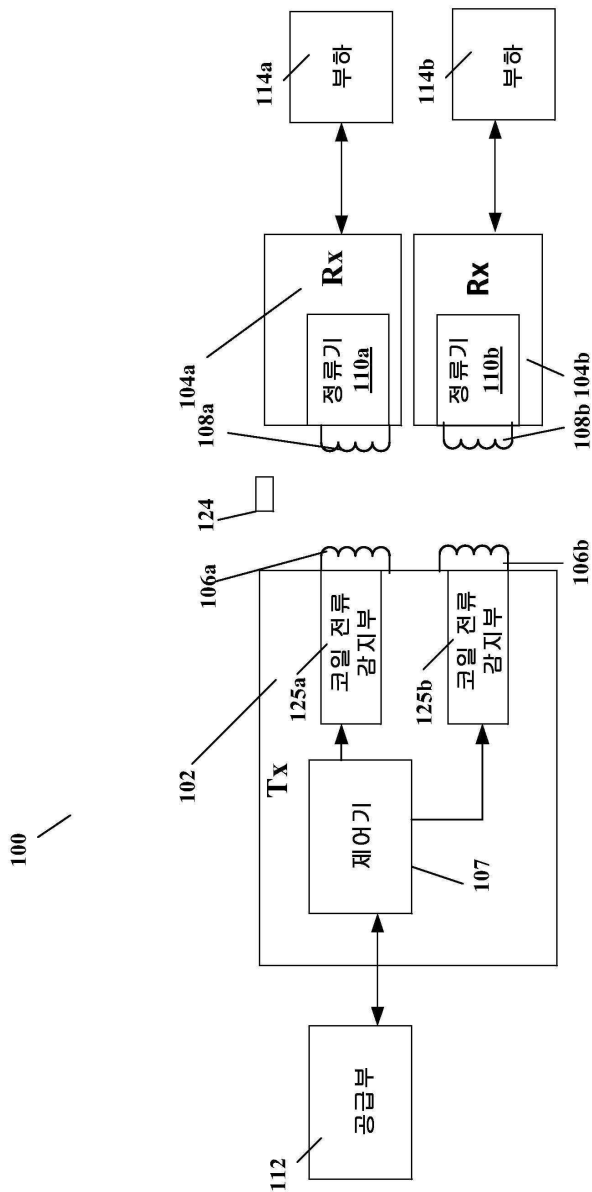
[0048] 도 7c 는 본 명세서에서 설명된 실시형태들에 따른, 시스템의 동작 주파수에 기초하여 IRMS 를 산출하기 위한 예시적인 프로세스 (750) 를 예시한 단순화된 로직 플로우 다이어그램을 제공한다. 단계 751 에서, 송신기 코일을 통과하는 코일 피크 전류 값이 피크 검출기를 통해 (예컨대, 도 3 내지 도 5 에서 설명된 코일 전류 감지 회로들을 통해) 측정된다. 단계 753 에서, 시스템에 대한 펄스 폭 변조 (PWM) 의 동작 주파수가 결정된다. 예를 들어, (동작 동안 재측정될 수 있는) ~ 56 kHz 의 주어진 고유 주파수를 갖는 시스템에 대해, LRC 탱크의 자연과를 차단하는 PWM 으로 인한 동작 주파수에 의존하여 피크 전류를 IRMS 전류로 변환하기 위해 근사 팩터가 적용될 수도 있다. 단계 755 에서, PWM 주파수가 200kHz 이면, $\sqrt{3}$ 의 팩터가 RMS 값을 획득하기 위해 피크 코일 전류에 승산된다. 단계 758 에서, PWM 주파수가 56kHz 이면, $\sqrt{2}$ 의 팩터가 적용된다. 단계 756 에서, PWM 주파수가 56kHz 와 200kHz 사이 (예컨대, 100kHz) 이면, 단계 762 에서 특업 테이블 또는 피팅 커브를 통해 변환 팩터가 결정될 수 있다. 그 다음, 결정된 변환 팩터는, 단계 764 에서, 피크 전류로부터 IRMS 를 산출하기 위해 적용된다. 예를 들어, 특업 테이블은 피크 전류, 측정 윈도우 동안 시스템의 고유 주파수, 및 시스템이 측정 윈도우 동안 구동되고 있는 PWM 주파수 그리고 그 팩터들에 기초하여 통계적으로, 실험적으로 또는 경험적으로 결정된 대응하는 변환 팩터를 저장한다. 유사하게, 피팅 커브는 시스템의 PWM 주파수 및 대응하는 변환 팩터에 대한 경험적 데이터를 보간함으로써 판정될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 폰들이 움직일 수도 있기 때문에, 고유 주파수는 측정 윈도우 동안 변할 수 있다. 따라서, 고유 주

과수 및 PWM 동작 주파수에 대한 긴 평균 값이 사용될 수도 있다.

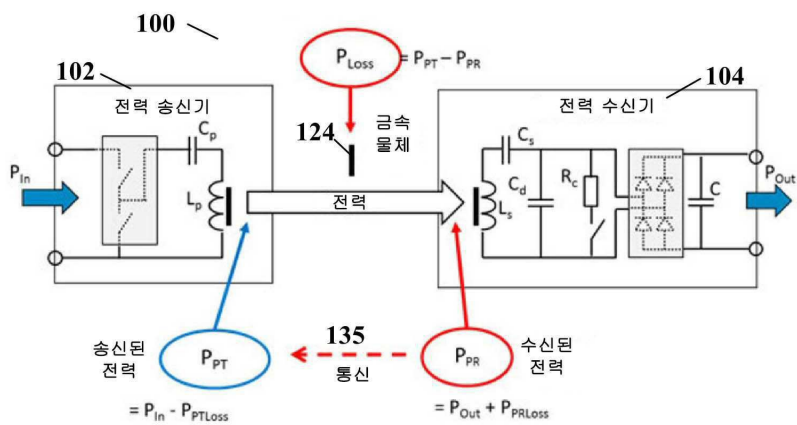
- [0049] 도 3 내지 도 5 에서 설명된 코일 전류 감지 회로들은 개선된 정밀도로 계산된 송신기 전력 손실을 제공하며, 이는, 차례로, 산출된 송신 전력 손실의 정밀도를 제공한다. 송신 전력 손실에서의 개선된 정밀도로, FOD의 정확도가 무선 전력 전송 동안 개선되어, 도 8a 및 도 8b 에서 나타낸 바와 같이, 충전 평면의 XY 활성 영역을 증가시킬 수 있다. 도 8a 에서 나타낸 바와 같이, 충전 영역은 대략 2 의 팩터만큼 증가될 수도 있는 한편, 송신기 가열 (송신기 전력 손실) 은 약 1.5 배만큼 증가할 수도 있다. 예를 들어, 도 8b 에 도시된 바와 같이, 활성 영역은, FOD 에 대한 강화된 XY 자유도로 16mm 의 직경으로부터 25mm 까지 증가할 수 있다.
- [0050] 도 9a 는 급속 충전기 "상대 전류" 프로파일을 예시하는 한편, 도 9b 는 예시적인 충전 윈도우를 예시한다. 무선 전력 충전은 AP 로딩, 폰 충전 동안 디바이스 사용, 및 노이즈 프로파일로의 열 쓰로틀 가산들로 인해 노이즈가 있다. 본 명세서에서 설명된 코일 전류 감지를 사용한 FOD 는 저 노이즈에 대해 긴 윈도우를 사용한다. 특히, 다수의 측정치들이 함께 평균화되며, 이는 전력 전송에 대한 영향없이 SNR 을 크게 개선한다.
- [0051] Q 팩터 FOD (QFOD) 에 있어서, 회로의 Q 팩터는, 예컨대, 송신기 코일 자체 공진의 감쇠율로서 시간 도메인에서, 또는 피크 주파수 대 시스템 대역폭의 비율로서 주파수 도메인에서, 측정되고 저장될 수도 있다. 측정된 Q 팩터 값은, 이물질이 검출되는지 여부를 결정하기 위해 수신 디바이스로부터 수신된 레퍼런스 Q 팩터 값과 비교될 수도 있다. 하지만, 짧은 측정 윈도우가 QFOD 에서 일반적으로 사용되며, 이는 높은 노이즈를 발생시킨다. 짧은 측정 윈도우는 오직 몇몇 데이터 포인트들 (예컨대, 10-12개 데이터 포인트들) 만을 산출하고, 이는 노이즈에 매우 민감하다. 낮은 SNR 은 결과들에 에러를 추가한다. 추가로, QFOD 를 구동하는 것은 종종, 예컨대, Q 팩터 측정을 위해 전력 전송을 중단시킬 수도 있다. 결과적으로, 본 명세서에서 설명된 코일 전류 감지를 사용한 FOD 는 QFOD 를 사용한 것보다 더 큰 성능을 산출할 수도 있다.
- [0052] 도 10a 내지 도 10d 는 멀티-디바이스 충전을 위한 멀티-코일 송신기들의 상이한 예들을 제공한다. 각각의 무선 전력 충전기 (1005) 는 도 1 에서의 무선 송신기 (102) 와 유사할 수 있다. 도 10b 에서의 다이어그램 (1002) 에 도시된 바와 같이, 무선 충전기 (1005) 는 2개의 디바이스들 (104a 및 104b) 에 전력 전송을 제공하도록 구성된다. 구체적으로, 단일 Tx 제어기 칩은 다중의 디바이스들 (104a 및 104b) 에 전력을 전송하기 위해 다중의 코일들을 구동하도록 구성될 수도 있다. 도 10c 에서의 다이어그램 (1003) 에 도시된 바와 같이, 무선 충전기 (1005) 에는, 각각의 충전 영역에 대해 상이한 포지션들 및/또는 배향들에 배치된 다중의 코일들 (1007) 이 장비될 수도 있다. 무선 충전기 (1005) 는 또한, 무선 전력을 전송하도록 충전 영역에 배치된 디바이스 (104a 또는 104b) 의 포지션을 식별하기 위한 XY 포지션 센서들을 포함한다. 이러한 방식으로, 무선 충전기 (1005) 는 디바이스들 (104a 또는 104b) 에 공간 자유도를 제공하고, 다양한 상이한 타입들의 디바이스들을 충전할 수 있다. 다이어그램 (1004) 에 도시된 바와 같이, 무선 충전기 (1005) 에는, 상이한 충전판들, 예컨대, XY 포지션 센서들을 갖는 충전판, 또는 패드 또는 시계와 같은 디바이스의 특정 형상을 위해 설계된 충전판 등등의 하이브리드가 장비될 수도 있다. 상이한 충전판들은 단일 Tx 제어기 칩에 의해 구동될 수 있다. 다이어그램 (1004) 은, 다른 무선 충전기 (1006) 가 유선 커넥션을 통해 또는 무선으로 무선 충전기 (1005) 에 연결될 수도 있는 실시형태를 추가로 예시하여, 인증 링크가 충전기 (1005 및 1006) 사이에 확립될 수도 있고, 이를 통해, 충전 디바이스(들) (104a-b) 가 충전 디바이스 (104c) 를 인증할 수도 있다.
- [0053] 무선 충전기 (1005) 는 도 3 내지 도 5 에 도시된 코일 감지 회로들을 포함할 수도 있고, 도 7 에서 논의된 코일 감지 방법을 채택한다. 이러한 방식으로, 무선 충전기 (1005) 는 무선 전력 전송 동안 FOD 에 대한 강화된 정밀도로 코일 전류에 기초하여 송신기 전력 손실을 산출한다. 부가적으로, 무선 충전기 (1005) 는, 예를 들어, 다이어그램들 (1003, 1004) 에 도시된 바와 같이, 무선 충전기 (1005) 의 더 큰 충전판이 다중의 코일들 (예컨대, 3개 등) 을 포함하며, 이는 더 큰 XY 포지션 자유도를 허용하여 충전 디바이스 (104a) 가 충전을 위해 상이한 포지션들 (예컨대, 충전기 (1005) 에서의 3개의 코일들에 따른 3개의 상이한 포지션들) 에 배치될 수도 있다.
- [0054] 상기 상세한 설명은 본 발명의 특정 실시형태들을 예시하기 위해 제공되고 한정하는 것으로 의도되지 않는다. 본 발명의 범위 내에서 다수의 변동들 및 수정들이 가능하다. 본 발명은 다음의 청구항들에 기재된다.

도면

도면1

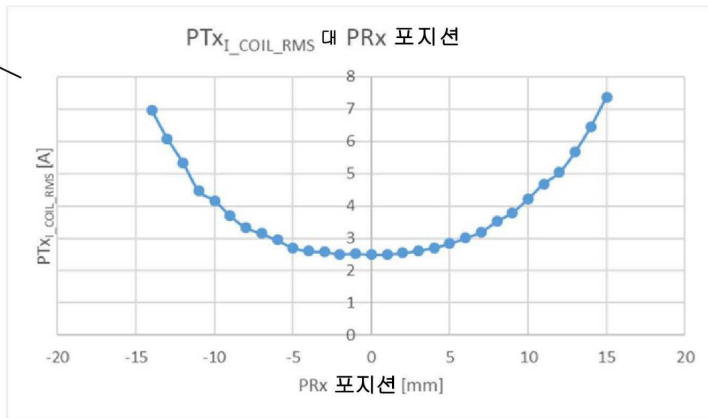


도면2a



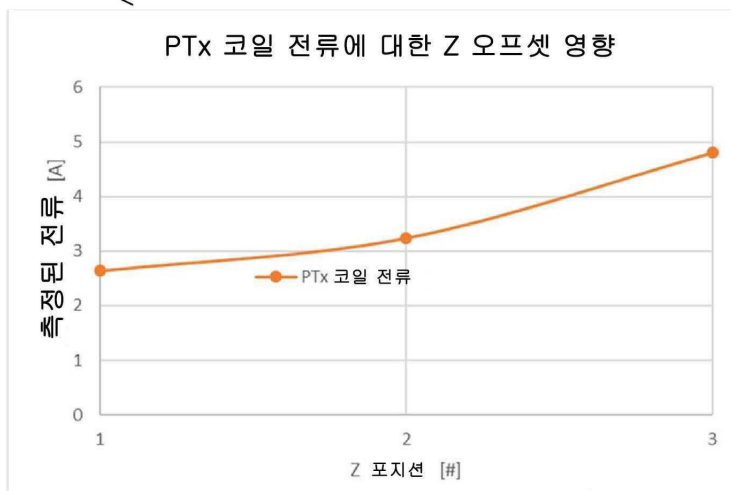
도면2b

202



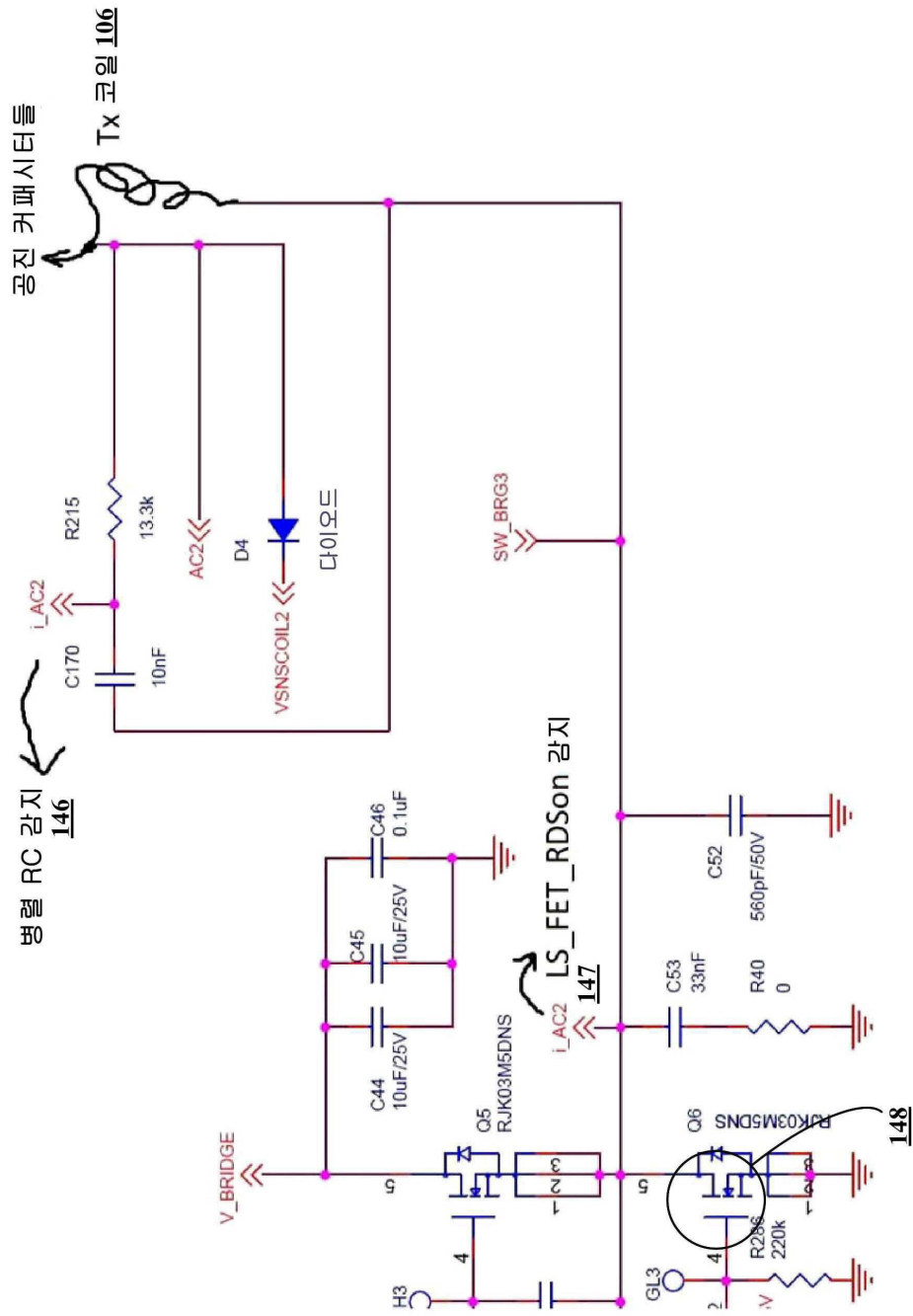
도면2c

204



도면3

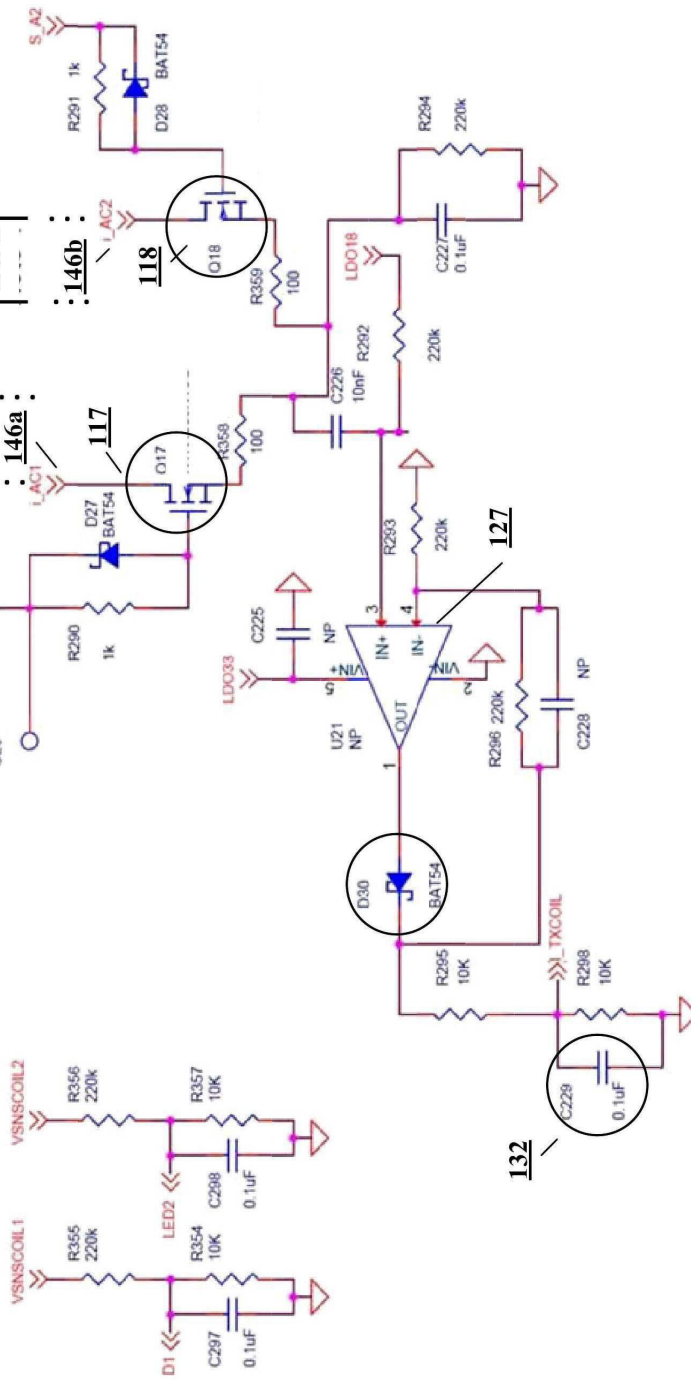
300



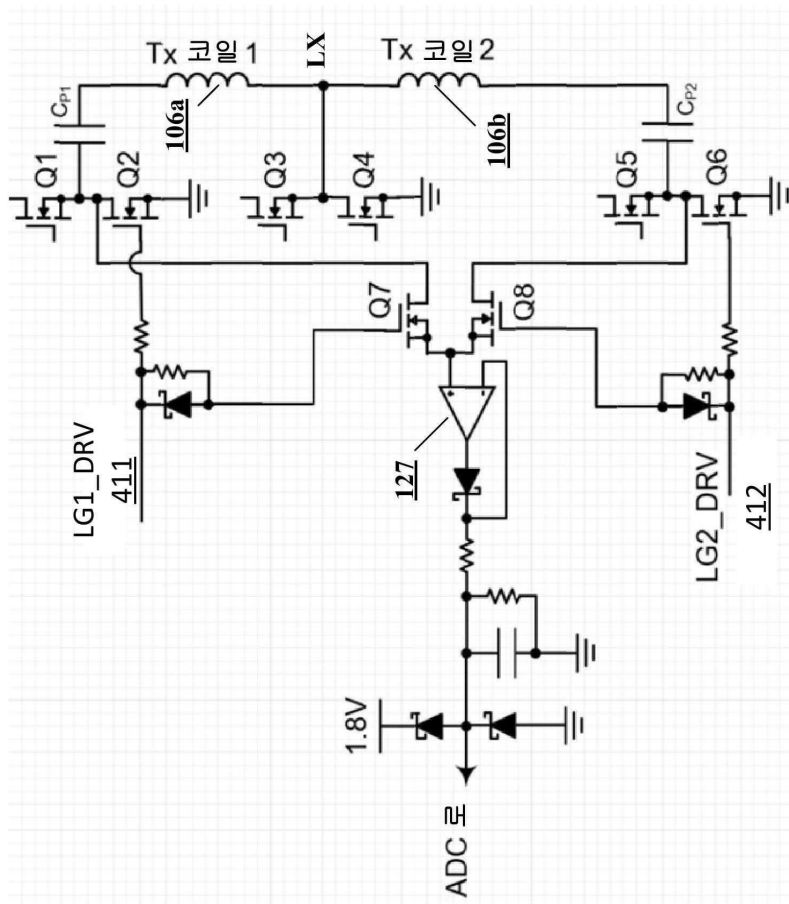
도면4a

400

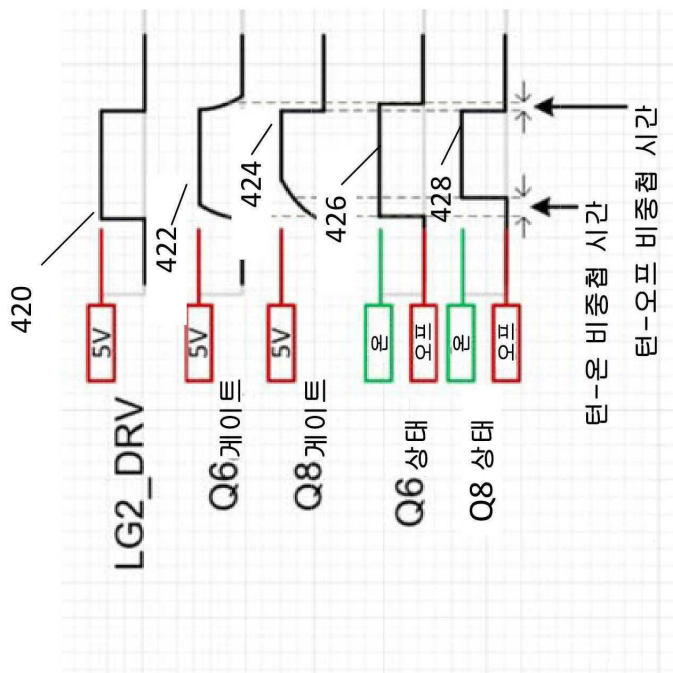
코일 전압 센서들



도면4b



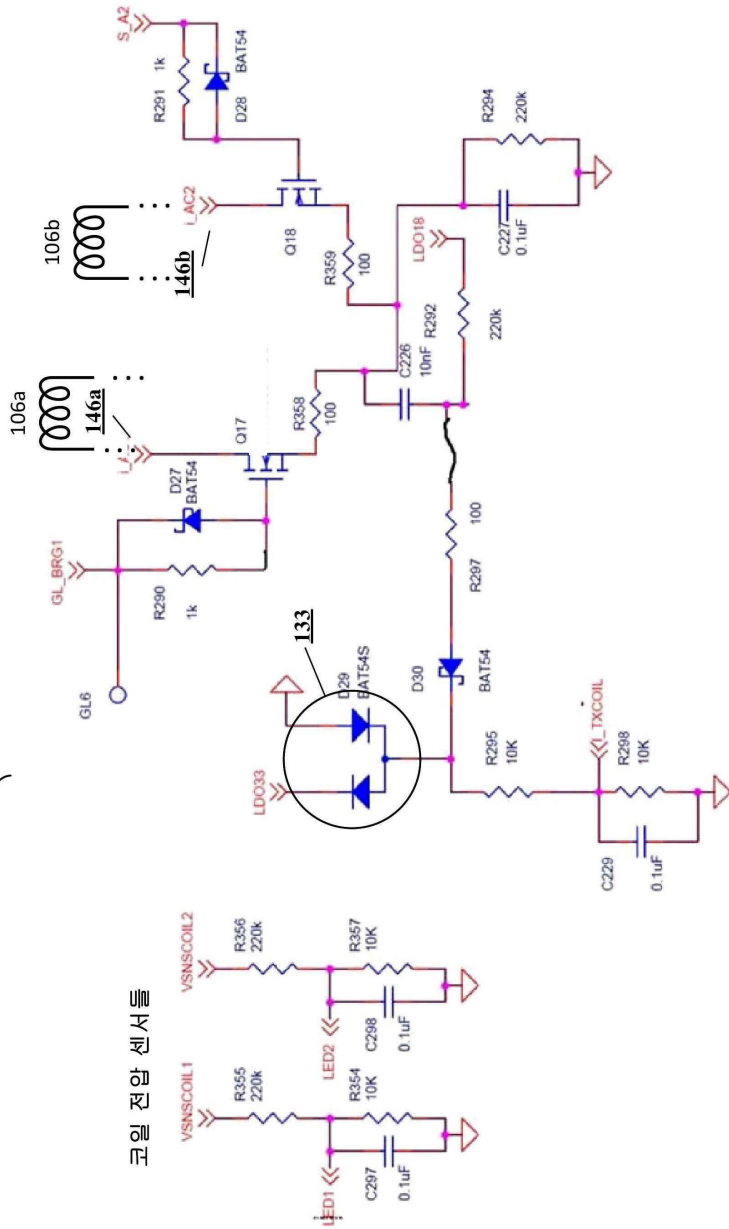
도면4c



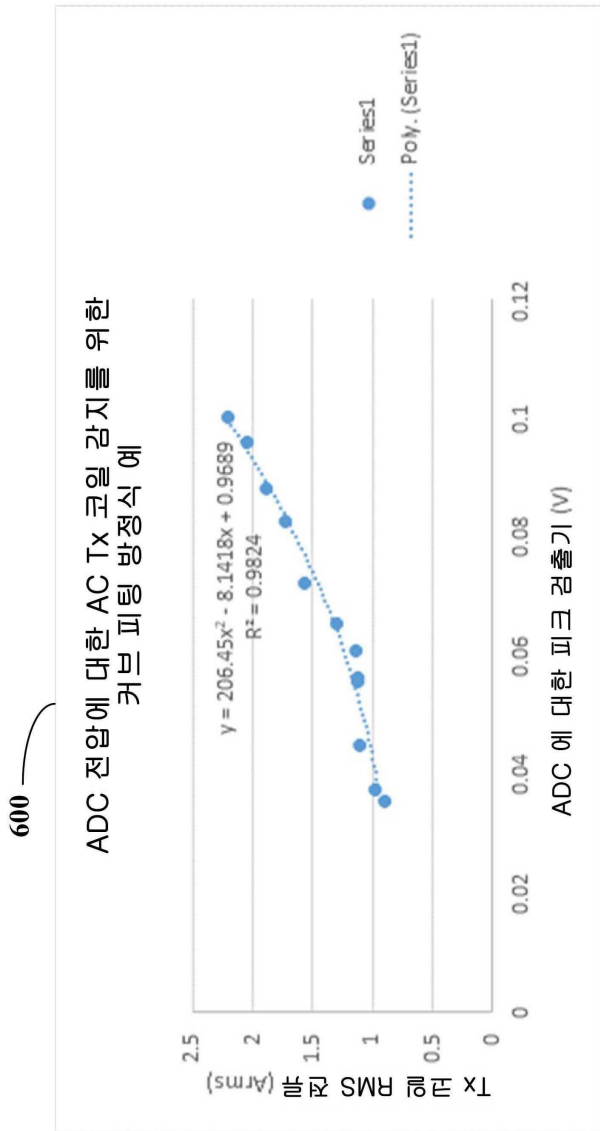
도면5

500

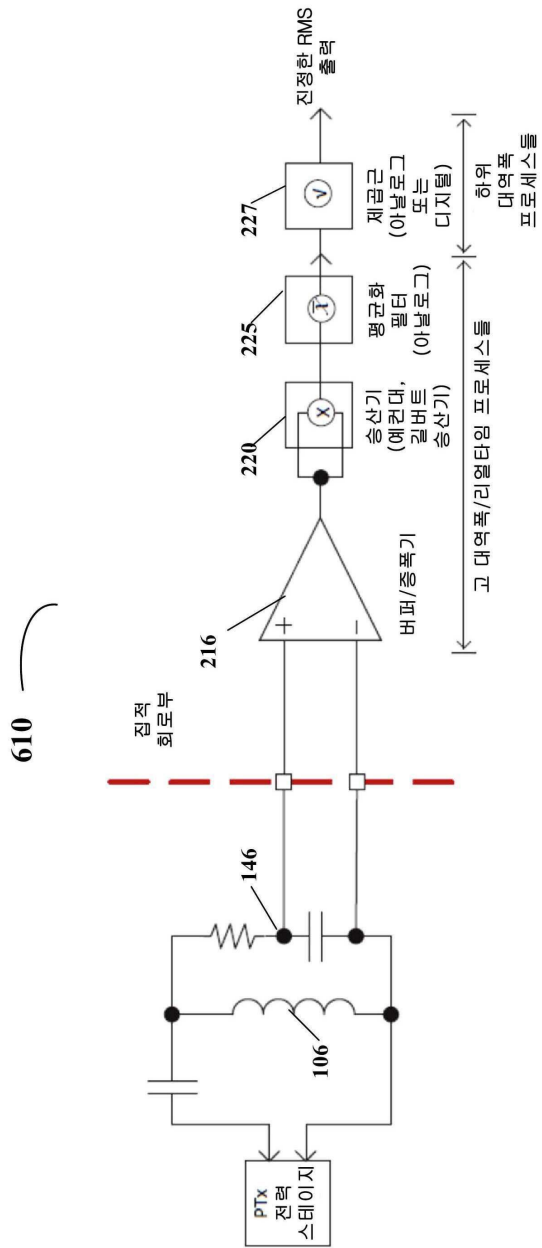
코일 전압 센서들



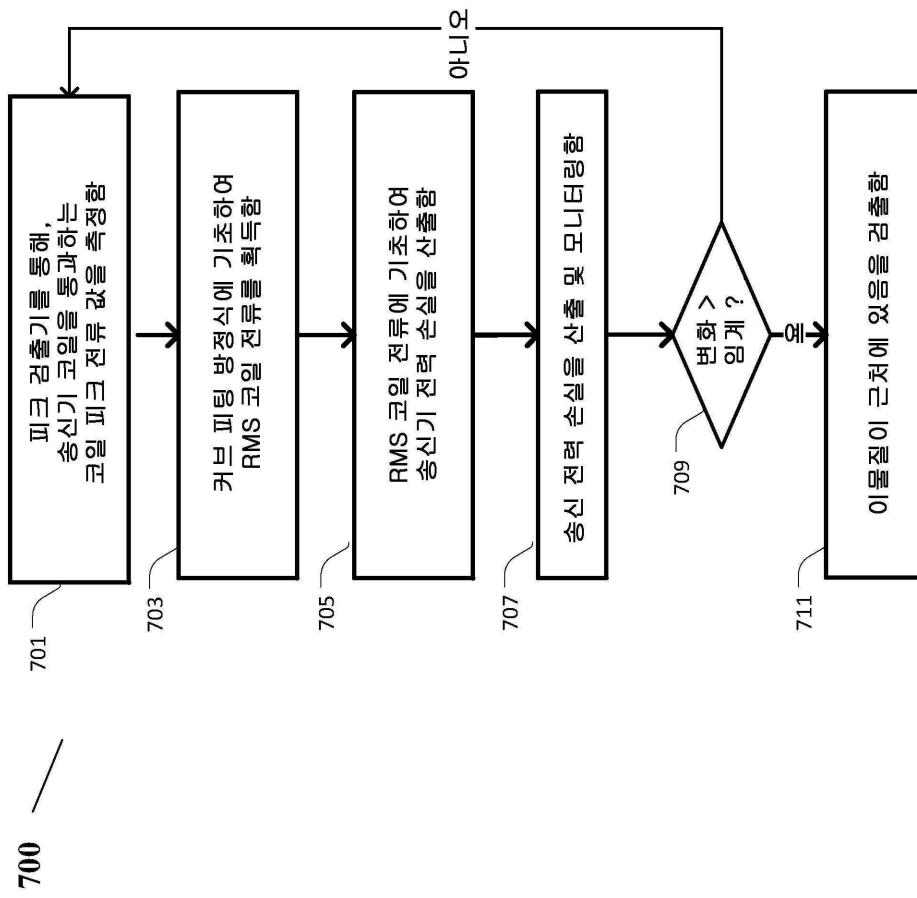
도면6a



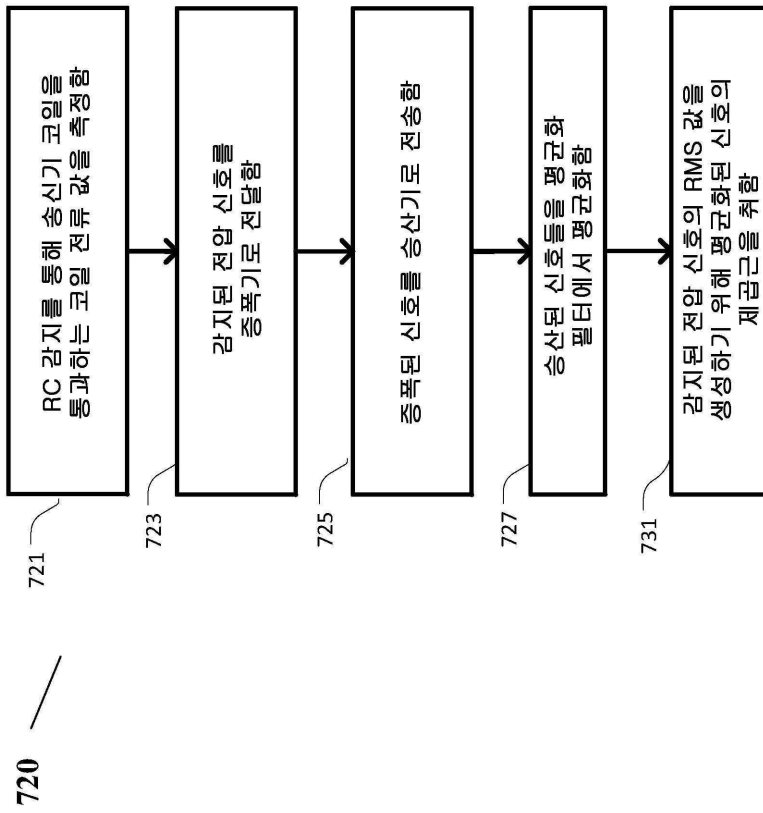
도면6b



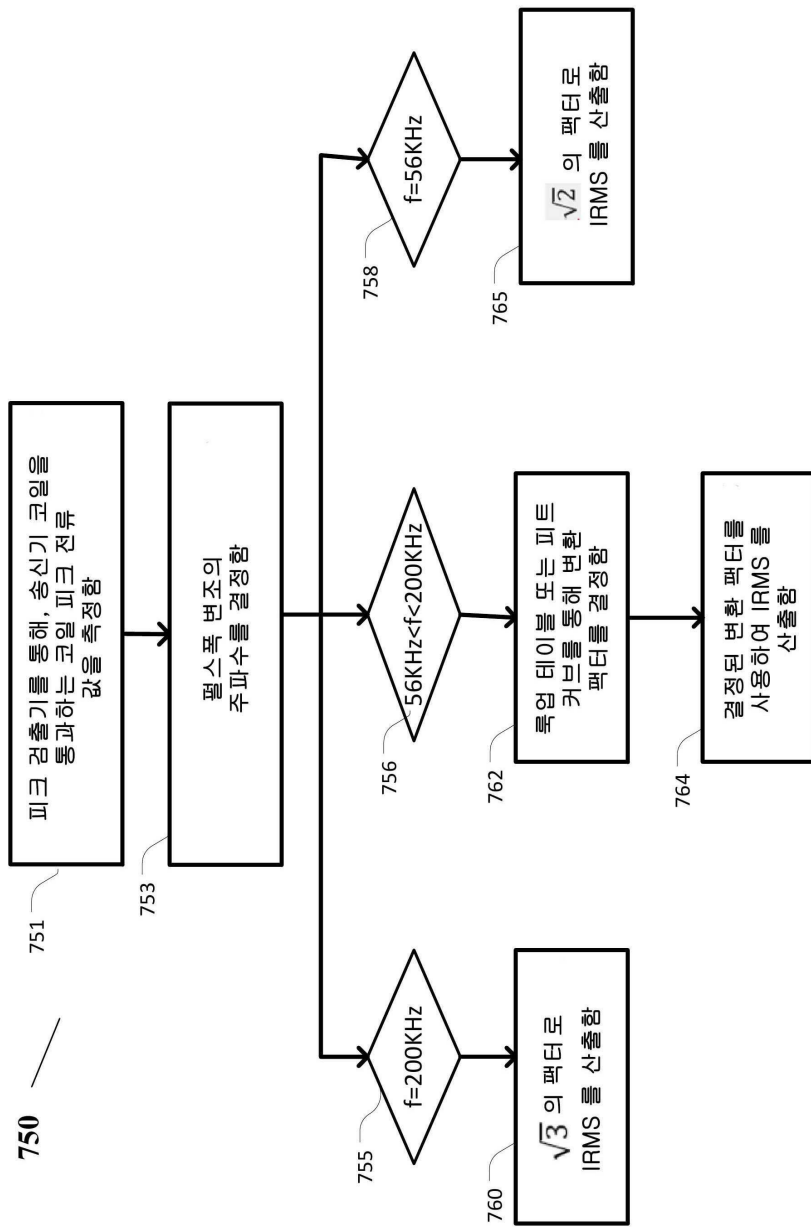
도면7a



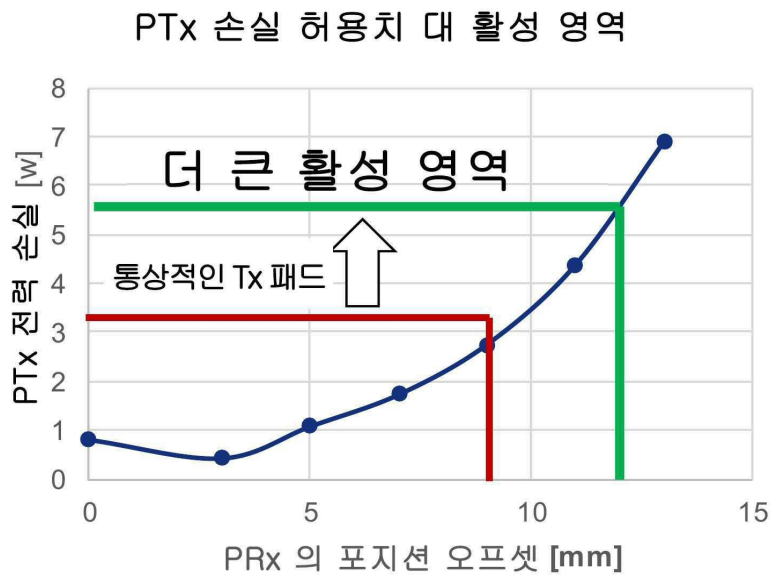
도면7b



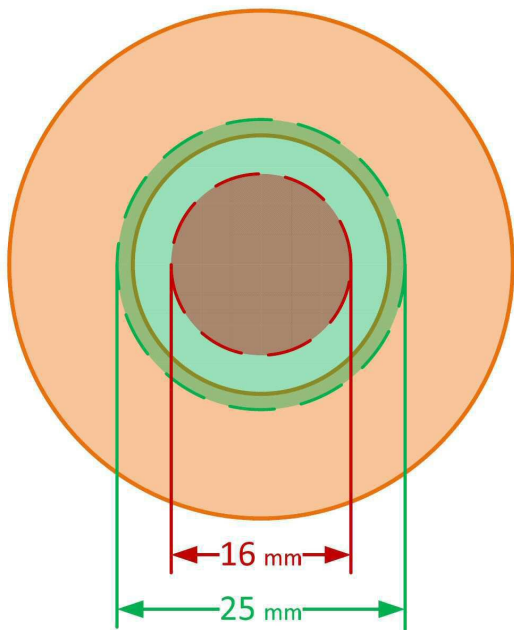
도면7c



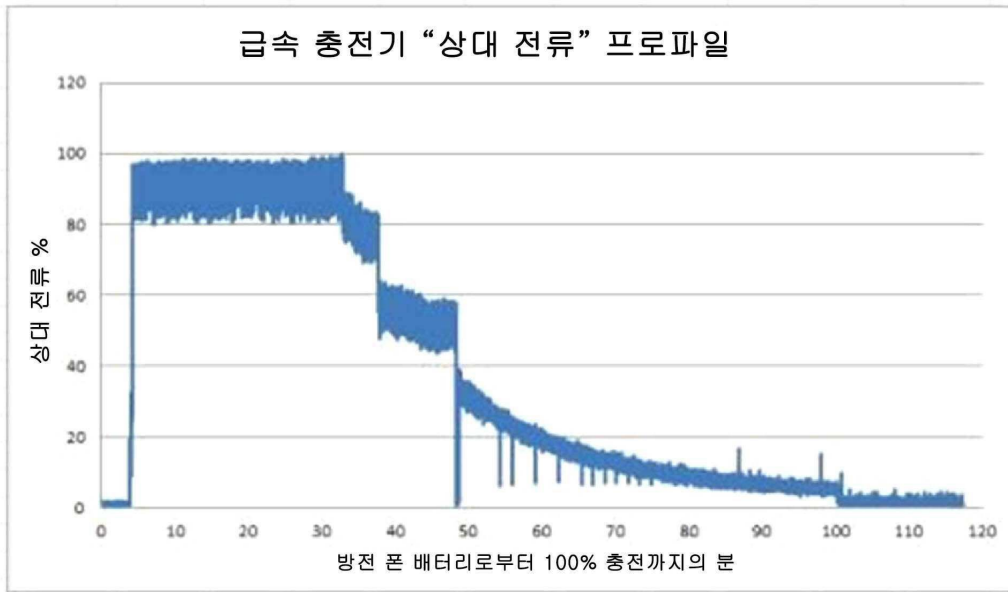
도면8a



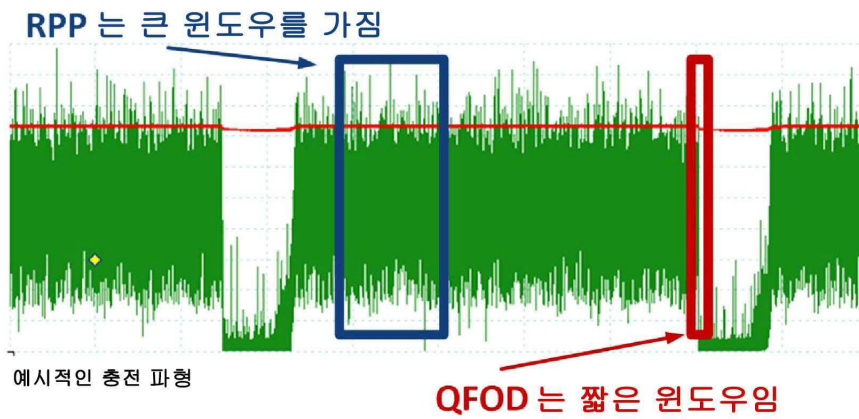
도면8b



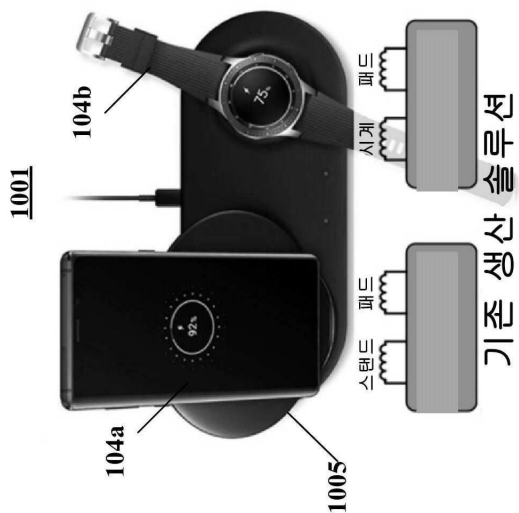
도면9a



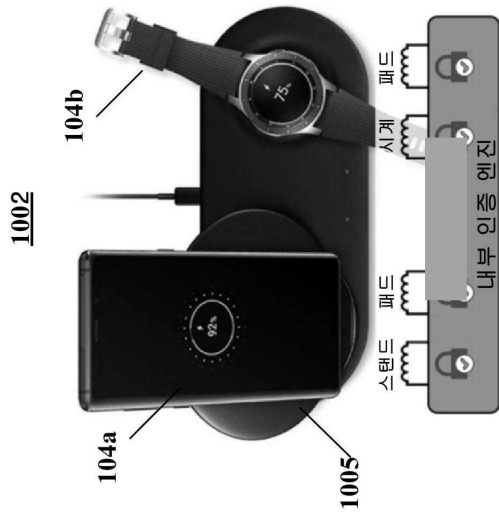
도면9b



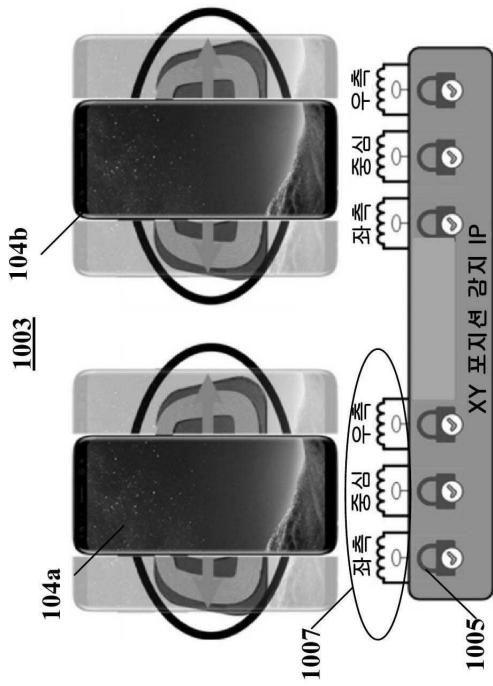
도면10a



도면10b



도면10c



도면10d

