



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0110109
(43) 공개일자 2022년08월05일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 - H02J 50/12 (2016.01) G01R 19/00 (2021.01)
 - G01R 19/10 (2006.01) G01R 19/165 (2006.01)
 - G01R 23/02 (2006.01) H02J 50/60 (2016.01)
- (52) CPC특허분류
 - H02J 50/12 (2016.02)
 - G01R 19/0038 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0011386
- (22) 출원일자 2022년01월26일
 심사청구일자 2022년01월26일
- (30) 우선권주장
 - 63/143,704 2021년01월29일 미국(US)
 - 17/198,116 2021년03월10일 미국(US)

- (71) 출원인
애플 인크.
 미국 캘리포니아 (우편번호 95014) 쿠퍼티노 원
 애플 파크 웨이
- (72) 발명자
슈바르츠, 아담 엘.
 미국 95014 캘리포니아주 쿠퍼티노 애플 파크 웨
 이 1
사파이, 알리레자
 미국 95014 캘리포니아주 쿠퍼티노 애플 파크 웨
 이 1
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장덕순, 백만기

전체 청구항 수 : 총 25 항

(54) 발명의 명칭 무선 전력 시스템들에서 포화를 완화시키기 위한 방법들 및 회로부

(57) 요약

전력 송신기를 갖는 무선 충전 시스템은 전력 수신기에 전력을 무선으로 전달할 수 있다. 무선 전력 수신기에서 의, 페라이트 구조의 포화와 같은 차폐부 포화는 일부 동작 조건들 하에서 발생할 수 있다. 포화는 전력 전달의 교란적 발전들을 초래할 수 있다. 전력 송신은 포화를 검출하고 완화시키기 위한 제어 회로부를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01R 19/10 (2013.01)

G01R 19/16566 (2019.05)

G01R 23/02 (2021.05)

H02J 50/60 (2016.02)

(72) 발명자

테리, 스티븐 씨.

미국 95014 캘리포니아주 쿠파티노 애플 파크 웨이

1

후, 자유안

미국 95014 캘리포니아주 쿠파티노 애플 파크 웨이
1

명세서

청구범위

청구항 1

무선 전력 송신 디바이스로서,

무선 전력 수신 디바이스에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일을 갖는 공진 회로;

스위칭 주파수에서 상기 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호들을 구동하도록 구성된 인버터;

상기 공진 회로에서의 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하도록 구성된 측정 회로; 및

제어 회로부를 포함하고, 상기 제어 회로부는,

상기 측정된 값을 임계치와 비교함으로써 상기 공진 회로에서의 포화를 검출하고;

상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통한 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 측정된 값은 측정된 전류 레벨 또는 측정된 전압 레벨을 포함하는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 측정 회로는 상기 스위칭 주파수의 하위-고조파 범위에 있는 측정 주파수에서의 값을 측정하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 측정 주파수는 상기 스위칭 주파수의 절반인, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 측정 회로는 상기 스위칭 주파수의 고조파인 측정 주파수에서의 값을 측정하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 측정 회로는 상기 스위칭 주파수에서 상기 공진 회로에서의 에너지 레벨을 표현하는 추가 값을 측정하도록 구성되고;

상기 임계치는 상기 추가 값의 분율인, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 측정된 값은 측정된 전류 레벨 또는 측정된 전압 레벨을 포함하고;

상기 제어 회로부는 상기 측정된 값의 분산 또는 2개의 연속 사이클에서 상기 측정된 값의 비를 상기 임계치와 비교함으로써 상기 포화를 검출하는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 측정된 값은 피크-밸리(peak-to-valley) 차이를 포함하고;

상기 제어 회로부는 상기 피크-밸리 차이 또는 상기 피크-밸리 차이의 분산을 상기 임계치와 비교함으로써 상기 포화를 검출하는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는 상기 무선 전력 송신 코일 상으로 구동되는 상기 교류 신호들의 듀티 사이클을 감소시킴으로써 상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통해 상기 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는 상기 인버터에 전력을 공급하는 전력 공급 전압을 감소시킴으로써 상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통해 상기 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는 상기 포화를 완화시키기 위해 상기 무선 전력을 미리 결정된 전력 레벨로 제한함으로써 상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통해 상기 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는 상기 인버터의 상기 스위칭 주파수를 조정함으로써 상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통해 상기 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 공진 회로는 상기 무선 전력 송신 코일과 직렬로 결합된 커패시터를 추가로 포함하고;

상기 제어 회로부는 상기 커패시터에 걸친 DC 바이어스 전압을 제거하기 위해 비대칭 듀티 사이클을 사용하여 상기 인버터를 동작시킴으로써 상기 포화를 검출하는 것에 응답하여 상기 무선 전력 송신 코일을 통해 상기 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는,

상기 포화를 검출하지 않는 것에 응답하여, 상기 무선 전력을 증가시키도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 15

제14항에 있어서,

이물체가 상기 무선 전력 송신 디바이스 상에 존재하는지 여부를 검출하도록 구성된 이물체 검출 회로를 추가로 포함하고, 상기 이물체 검출 회로는 상기 제어 회로부가 상기 무선 전력을 증가시키고 있는 동안 비활성화되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 제어 회로부는,

상기 포화를 검출한 후에, 상기 무선 전력을 증가시키기 위해 상기 무선 전력 수신 디바이스로부터 요청을 수신하고;

포화가 더 이상 검출되지 않을 때까지 상기 요청을 무시하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 17

무선 전력 송신 디바이스로서,
 무선 전력 수신 디바이스에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일;
 상기 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호를 구동하도록 구성된 인버터; 및
 제어 회로부를 포함하고, 상기 제어 회로부는,
 상기 무선 전력 수신 디바이스의 자기 투과성 구조에서 특성 조건을 검출하고;
 상기 무선 전력 수신 디바이스의 상기 자기 투과성 구조에서 상기 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여, 상기 인버터를 조정하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 18

제17항에 있어서,
 상기 자기 투과성 구조는 페라이트 구조를 포함하고;
 상기 특성 조건은 상기 페라이트 구조에서 페라이트 포화를 포함하는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 19

제17항에 있어서,
 상기 인버터는 전력 공급 전압을 수신하고 스위칭 주파수에서 상기 교류 신호를 구동하도록 구성되고;
 상기 제어 회로부는 상기 무선 전력 송신 코일 상으로 구동되는 상기 교류 신호의 듀티 사이클을 감소시킴으로써, 상기 전력 공급 전압을 감소시킴으로써, 또는 상기 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여 상기 스위칭 주파수를 조정함으로써 상기 인버터를 조정하도록 구성되는, 무선 전력 송신 디바이스.

청구항 20

무선 충전 시스템으로서,
 자기 투과성 재료를 갖는 무선 전력 수신기; 및
 상기 무선 전력 수신기에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신기를 포함하고, 상기 무선 전력 송신기는,
 상기 무선 전력 수신 디바이스에 상기 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일을 갖는 탱크 회로;
 스위칭 주파수에서 상기 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호들을 구동하도록 구성된 인버터; 및
 제어 회로부를 갖고, 상기 제어 회로부는,
 상기 무선 전력 수신 디바이스의 상기 자기 투과성 재료에서 특성 조건을 검출하고;
 상기 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여, 상기 무선 전력 송신 코일을 통한 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는, 무선 충전 시스템.

청구항 21

제20항에 있어서,
 상기 특성 조건은 상기 자기 투과성 재료에서의 포화를 포함하고;
 상기 자기 투과성 재료는 페라이트를 포함하고;
 상기 특성 조건은 상기 페라이트에서 페라이트 포화를 포함하는, 무선 충전 시스템.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 특성 조건은 상기 탱크 회로에서의 발진을 야기하는, 무선 충전 시스템.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 무선 전력 송신기는 스위칭 회로부의 함수인 측정 주파수에서 상기 탱크 회로 내의 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하도록 구성된 측정 회로를 포함하고;

상기 제어 회로부는 상기 측정된 값을 임계치와 비교함으로써 상기 특성 조건을 검출하도록 구성되는, 무선 충전 시스템.

청구항 24

제20항에 있어서,

상기 무선 전력 송신기는 피크 값을 측정하도록 구성된 측정 회로를 포함하고;

상기 제어 회로부는 상기 측정된 피크 값의 함수인 메트릭을 임계치와 비교함으로써 상기 특성 조건을 검출하도록 구성되는, 무선 충전 시스템.

청구항 25

제20항에 있어서,

상기 무선 전력 송신기는 이물체가 상기 무선 전력 송신 디바이스 상에 존재하는지 여부를 검출하도록 구성된 이물체 검출 회로를 포함하고;

상기 이물체 검출 회로는 상기 제어 회로부가 상기 특성 조건을 검출하고 있는 동안 비활성화되는, 무선 충전 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은, 2021년 3월 10일자로 출원된 미국 특허 출원 제17/198,116호, 및 2021년 1월 29일자로 출원된 미국 가특허 출원 제63/143,704호에 대한 우선권을 주장하며, 이들은 그 전체가 본 명세서에 참조로서 포함되어 있다.

[0002] 기술분야

[0003] 본 출원은 일반적으로 전력 시스템들에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, 전자 디바이스들을 충전하기 위한 무선 전력 시스템들에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 무선 충전 시스템에서, 충전 매트와 같은 무선 전력 송신 디바이스는 배터리-전력 휴대용 전자 디바이스와 같은 무선 전력 수신 디바이스로 전력을 무선으로 송신한다. 무선 전력 송신 디바이스는 전자기 플럭스를 생성하는 코일을 갖는다. 무선 전력 수신 디바이스는, 배터리-전력 휴대용 전자 디바이스에서 전기 부하들에 전력을 공급하는 데 사용될 수 있는 직류 전력을 생성하기 위해 송신기에 의해 생성된 전자기 플럭스를 사용하는 정류기 회로부 및 코일을 갖는다. 무선 충전 시스템을 설계하는 것이 어려울 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1a는 일부 실시예들에 따른 무선 전력 송신 디바이스 및 무선 전력 수신 디바이스를 포함하는 예시적인 무선 충전 시스템의 블록도이다.

도 1b는 일부 실시예들에 따른 예시적인 무선 전력 수신 디바이스의 분해도이다.

도 2는 일부 실시예들에 따른 무선 전력 송신 및 수신 회로부의 회로도이다.

도 3은 일부 실시예들에 따른, 포화에 의해 야기된 정합 인덕턴스의 감소를 도시하는 플롯이다.

도 4는 일부 실시예들에 따른, 포화를 갖는 그리고 포화가 없는 무선 전력 송신 디바이스 내의 송신 코일 전류

의 거동을 예시하는 타이밍도이다.

도 5는 일부 실시예들에 따른 전력 램프업을 수행하기 위한 예시적인 단계들의 흐름도이다.

도 6은 일부 실시예들에 따른 포화 검출 및 완화를 수행하기 위한 예시적인 단계들의 흐름도이다.

도 7은 일부 실시예들에 따른 공진 회로를 구동하는 인버터의 회로도이다.

도 8a는 일부 실시예들에 따른 180° 위상 시프트 및 대칭 스위칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력을 도시하는 타이밍도이다.

도 8b는 일부 실시예들에 따른 180° 위상 시프트 및 비대칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력을 도시하는 타이밍도이다.

도 8c는 일부 실시예들에 따른 90° 위상 시프트 및 비대칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력을 도시하는 타이밍도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 무선 전력 시스템은 무선 전력 송신 디바이스를 포함한다. 무선 전력 송신 디바이스는 하나 이상의 무선 전력 수신 디바이스들에 전력을 무선으로 송신한다. 무선 전력 수신 디바이스들은 손목시계, 셀룰러 전화기, 태블릿 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 이어 버드, 이어 버드를 위한 배터리 케이스 및 다른 디바이스들, 태블릿 컴퓨터 스타일러스(펜슬) 및 다른 입력-출력 디바이스들, 웨어러블 디바이스들, 또는 다른 전자 장비와 같은 전자 디바이스들을 포함할 수 있다. 무선 전력 송신 디바이스는 무선 충전 매트 또는 패드, 태블릿 컴퓨터 또는 무선 전력 송신 회로부를 갖는 다른 배터리-전력 전자 디바이스, 또는 다른 무선 전력 송신 디바이스와 같은 전자 디바이스일 수 있다. 무선 전력 수신 디바이스들은, 내부 컴포넌트들에 전력을 공급하고 내부 배터리를 충전하기 위해 무선 전력 송신 디바이스로부터의 전력을 사용한다. 송신된 무선 전력이 내부 배터리들을 충전하기 위해 종종 사용되기 때문에, 무선 전력 송신 동작들은 때때로 무선 충전 동작들로 지칭된다.
- [0007] 때때로 무선 충전 시스템으로 지칭되는 예시적인 무선 전력 시스템이 도 1a에 도시되어 있다. 도 1a에 도시된 바와 같이, 무선 전력 시스템(8)은 무선 전력 송신 디바이스(12)와 같은 무선 전력 송신 디바이스를 포함하고, 무선 전력 수신 디바이스(24)와 같은 무선 전력 수신 디바이스를 포함한다. 무선 전력 송신 디바이스(12)는 제어 회로부(16)를 포함한다. 무선 전력 수신 디바이스(24)는 제어 회로부(30)를 포함한다. 제어 회로부(16) 및 제어 회로부(30)와 같은 시스템(8) 내의 제어 회로부들은 시스템(8)의 동작을 제어하는 데 사용된다. 이 제어 회로부는 마이크로프로세서들, 전력 관리 유닛들, 기저대역 프로세서들, 애플리케이션 프로세서들, 디지털 신호 프로세서들, 마이크로제어기들, 배터리 충전기들 및/또는 프로세싱 회로들을 갖는 주문형 집적 회로들과 연관된 프로세싱 회로부를 포함할 수 있다. 프로세싱 회로부는 디바이스들(12 및 24) 내의 원하는 제어 및 통신 특징부들을 구현한다.
- [0008] 예를 들어, 프로세싱 회로부는, 무선 전력 코일들을 선택하고, 전력 송신 레벨들을 결정하고, 센서 데이터 및 기타 데이터를 프로세싱하고, 사용자 입력을 프로세싱하고, 디바이스들(12 및 24) 사이의 협상들을 처리하고, 대역내 및 대역외 데이터를 전송 및 수신하고, 측정을 실시하고, 시스템(8)의 동작을 다른 방식으로 제어하는 데 사용될 수 있다. 다른 예로서, 프로세싱 회로부는 인터넷 브라우징 애플리케이션들, VOIP(voice-over-internet-protocol) 전화 통화 애플리케이션들, 이메일 애플리케이션들, 미디어 재생 애플리케이션들, 운영 체제 기능들, 하나 이상의 프로세서들이 웨이크업할 때를 제어하기 위한 전력 관리 기능들, 게임 애플리케이션들, 맵들, 인스턴트 메시징 애플리케이션들, 결제 애플리케이션들, 캘린더 애플리케이션들, 통지/리마인더 애플리케이션들 등과 같은 소프트웨어를 실행하는 데 사용되는 애플리케이션 프로세서와 같은 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다.
- [0009] 시스템(8) 내의 제어 회로부는 하드웨어(예를 들면, 전용 하드웨어 또는 회로부), 펌웨어, 및/또는 소프트웨어를 사용하여 시스템(8)에서 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다. 시스템(8)에서 동작들을 수행하기 위한 소프트웨어 코드는 제어 회로부(8) 내의 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체(예를 들면, 유형의(tangible) 컴퓨터 판독가능 저장 매체) 상에 저장된다. 소프트웨어 코드는 때로는 소프트웨어, 데이터, 프로그램 명령어들, 명령어들, 또는 코드로 지칭될 수 있다. 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 비휘발성 랜덤-액세스 메모리(NVRAM)와 같은 비휘발성 메모리, 하나 이상의 하드 드라이브들(예를 들면, 자기 드라이브들 또는 솔리드 스테이트 드라이브들), 하나 이상의 이동식 플래시 드라이브들 또는 다른 이동식 매체 등을 포함할 수 있다. 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체 상에 저장된 소프트웨어는 제어 회로부(16 및/또는 30)의 프로세싱 회로부 상

에서 실행될 수 있다. 프로세싱 회로부는 프로세싱 회로부, 애플리케이션 프로세서와 같은 하나 이상의 마이크로프로세서들, 중앙 프로세싱 유닛(CPU) 또는 다른 프로세싱 회로부를 갖는 주문형 집적 회로들을 포함할 수 있다.

[0010] 무선 전력 송신 디바이스(12)는 독립형 전력 어댑터(예를 들어, 전력 어댑터 회로부를 포함하는 무선 충전 매트 또는 펍)일 수 있거나, 케이블에 의해 전력 어댑터 또는 다른 장비에 결합되는 무선 충전 매트 또는 펍일 수 있거나, 배터리-전력 전자 디바이스(셀룰러 전화기, 태블릿 컴퓨터, 랩톱 컴퓨터, 이동식 케이스 등)일 수 있거나, 가구, 차량, 또는 다른 시스템에 통합된 장비일 수 있거나, 또는 다른 무선 전력 전달 장비일 수 있다. 무선 전력 송신 디바이스(12)가 무선 충전 펍 또는 배터리-전력 전자 디바이스인 예시적인 구성들은 때때로 예를 들어 본 명세서에 기재된다.

[0011] 무선 전력 수신 디바이스(24)는 손목시계, 셀룰러 전화기, 랩톱 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터와 같은 휴대용 전자 디바이스, 이어버드와 같은 액세서리, 무선 태블릿 컴퓨터 스타일러스(펜슬)와 같은 태블릿 컴퓨터 입력 디바이스, 배터리 케이스, 또는 기타 전자 장비일 수 있다. 무선 전력 송신 디바이스(12)는 하나 이상의 입출력 디바이스들(62)(예를 들면, 입출력 디바이스들(56)과 관련하여 기술된 유형의 입력 디바이스들 및/또는 출력 디바이스들)을 포함할 수 있거나 또는 입출력 디바이스들(62)은 (예를 들어 디바이스 복잡도를 감소시키기 위해) 생략될 수 있다. 무선 전력 송신 디바이스(12)는 벽 콘센트(예를 들어, 교류 전원)에 결합될 수 있고, 전력을 공급하기 위한 배터리를 가질 수 있고, 그리고/또는 다른 전력의 공급원을 가질 수 있다. 디바이스(12)는 벽 콘센트로부터의 AC 전력 또는 기타 전원을 DC 전력으로 변환하기 위한 AC-DC 전력 변환기(14)와 같은 교류(AC)-직류(DC) 전력 변환기를 가질 수 있다.

[0012] 일부 구성들에서, AC-DC 전력 변환기(14)에는 디바이스(12)의 인클로저(예컨대, 무선 충전 펍 인클로저 또는 배터리-전력 전자 디바이스 인클로저)와는 별개의 인클로저(예컨대, 전력 브릭 인클로저)가 제공될 수 있고, 케이블을 이용하여 전력 변환기로부터의 DC 전력을 디바이스(12)에 결합할 수 있다. DC 전력은 제어 회로부(16)에 전력을 공급하기 위해 사용될 수 있다. 동작 동안, 제어 회로부(16) 내의 제어기는 무선 전력을 디바이스(24)의 전력 수신 회로부(54)에 송신하기 위해 전력 송신 회로부(52)를 사용할 수 있다. 전력 송신 회로부(52)는 하나 이상의 송신 코일들(42)을 통해 AC 전류 신호들을 생성하기 위하여 제어 회로부(16)에 의해 제공되는 제어 신호들에 기초하여 턴 온/턴 오프되는 스위칭 회로부(예컨대, 트랜지스터들로 형성된 인버터 회로부(60))를 가질 수 있다. 코일들(42)은 (예를 들어, 디바이스(12)가 무선 충전 매트인 구성들에서) 평면 코일 어레이로 배열될 수 있거나, (예를 들어, 디바이스(12)가 무선 충전 펍인 구성들에서) 코일들의 클러스터를 형성하도록 배열될 수 있다. 일부 배열들에서, 디바이스(12)(예를 들어, 충전 매트, 펍, 배터리-전력 디바이스 등)는 단일 코일만을 가질 수 있다. 다른 배열들에서, 무선 충전 디바이스(12)는 다수의 코일들(예를 들어, 2개 이상의 코일들, 5 내지 10개의 코일들, 적어도 10개의 코일들, 10 내지 30개의 코일들, 35개 미만의 코일들, 25개 미만의 코일들, 또는 다른 적합한 수의 코일들)을 가질 수 있다.

[0013] AC 전류가 하나 이상의 코일들(42)을 통과할 때, 코일들(42)은 AC 전류 신호들에 응답하여 전자기장 신호들(44)을 생성한다. 이어서, 전자기장 신호들(때때로 무선 전력 신호들로 지칭됨)(44)은 대응하는 AC 전류가 전력 수신 디바이스(24) 내의 코일(48)과 같은 하나 이상의 인근 수신기 코일들에서 흐르게 유도할 수 있다. 교류 전자기장이 코일(48)에 의해 수신될 때, 대응하는 교류 전류가 코일(48)에 유도된다. 브리지 네트워크 내에 배열된 동기 정류 금속 산화물 반도체 트랜지스터들과 같은 정류 컴포넌트들을 포함하는 정류기(50)와 같은 정류기 회로부는 코일(48)로부터 수신된 AC 신호들(전자기장(44)과 연관된 수신된 교류 신호들)을, 애플리케이션 프로세서들에 전력을 공급할 뿐만 아니라 디바이스 내의 배터리를 충전하는 것과 같은 디바이스(24) 내의 부하들에 전력을 공급하기 위한 DC 전압 신호들로 변환한다. 무선 전력 송신의 이러한 원리는 무선 전력 신호들의 송신 및 수신으로 지칭될 수 있다.

[0014] 정류기(50)에 의해 생성된 DC 전압은 배터리(58)와 같은 에너지 저장 디바이스에 전력을 공급하는 데 사용될 수 있고, 디바이스(24) 내의 다른 컴포넌트들에 전력을 공급하는 데 사용될 수 있다. 예를 들어, 디바이스(24)는 디스플레이, 터치 센서, 통신 회로, 오디오 컴포넌트, 센서, 태블릿 컴퓨터 내의 터치 센서 또는 (예컨대, 스타일러스 입력을 제공하기 위한) 터치 센서를 구비한 기타 디바이스에 의해 감지되는 전자기 신호들을 생성하는 컴포넌트들, 및 다른 컴포넌트들과 같은 입력-출력 디바이스들(56)을 포함할 수 있고, 이러한 컴포넌트들은 배터리(58)와 같은 다른 이용가능한 에너지 소스들과 조합하여 정류기(50)에 의해 생성된 DC 전압들에 의해 전력을 공급받을 수 있다.

[0015] 무선 전력 송신 동작 동안, 회로부(52)는 주어진 전력 송신 주파수에서 AC 전류 신호들과 같은 AC 구동 신호들

을 하나 이상의 코일(42)에 공급한다. 전력 송신 주파수는 때때로 반송파 주파수, 전력 반송파 주파수, 구동 주파수, 또는 인버터 스위칭 주파수 F_s 로 지칭된다. 인버터 스위칭 주파수 F_s 는, 예를 들어, 약 125 kHz, 약 128 kHz, 약 200 kHz, 약 326 kHz, 약 360 kHz, 적어도 80 kHz, 적어도 100 kHz, 500 kHz 미만, 300 kHz 미만, 또는 다른 적합한 무선 전력 주파수의 미리 결정된 주파수일 수 있다. 무선 전력 컨소시엄에 의해 확립된 Q_i 무선 충전 표준 하에서 동작하는 디바이스는 일반적으로 110 내지 205 kHz 또는 80 내지 300 kHz에서 동작한다. 일부 구성에서, 스위치 주파수 F_s 는 디바이스들(12, 24) 사이의 통신에서 협상된다. 다른 구성들에서, 전력 송신 주파수는 고정될 수 있다.

[0016] 제어 회로부(16)는 또한, 디바이스(12)의 충전 표면 상의 외부 물체들을 검출하고, 전류 측정들, 전압 측정들, 전력 측정들, 및/또는 에너지 측정들과 같은 다른 원하는 측정들을 하도록 구성된 외부 물체 측정 회로부(41)를 포함할 수 있다. 측정 회로부(41)는 디바이스(12)에 인접한 물체들의 표시들을 검출할 수 있다. 측정 회로부(41)는 근처의 물체가 무선 충전 동작들과 호환되는지 여부, 또는 근처의 물체가 코일들, 종이 클립들, 코일들, 및 유도성 필드들에 반응하지만 무선 충전과 호환되지 않는 다른 일반적인 금속성 물체들과 같은 이물체인지 여부의 검출을 도울 수 있다.

[0017] 도 1b는 전력 수신 디바이스(24)의 분해도를 도시한다. 도 1b에 도시된 바와 같이, 예시적인 전력 수신 디바이스(24)는 하우징 층(300)과 같은 디바이스 하우징, 무선 전력 코일(48), 차폐 층들(302, 304), 배터리(58), 디스플레이(306), 및 디스플레이(306) 위에 배치된 커버 클래스(308)와 같은 커버 층을 포함한다. 디바이스 하우징(300) 및 커버 클래스(308)는 하부 및 상부 외부 보호 층들로서 각각 역할을 한다. 명시적으로 도시되지는 않았지만, 통신, 저장 및 프로세싱 컴포넌트들과 같은 추가 컴포넌트들이 디바이스(24)의 스택업 내에 포함된다. 디바이스(24)와 같은 디바이스에서의 컴포넌트들의 배열은 다양할 수 있다.

[0018] 디바이스(24)의 전자 컴포넌트들은 신호 간섭을 받는다. 차폐 층(302)은 전자기 간섭을 억제하도록 구성된 금속 차폐부일 수 있다. 이 유형의 차폐 층(302)은 구리, 니켈, 은, 금, 다른 금속들, 이들 재료들의 조합, 또는 무선 주파수들에서 신호들을 억제하는 다른 적합한 전도성 재료와 같은 재료들로부터 형성될 수 있으며, 때때로 무선 주파수 차폐부들 또는 e-차폐부들로 지칭될 수 있다.

[0019] 차폐 층(304)은 비교적 낮은 주파수들에서 자기장들을 지향시켜 무선 전력 송신기로부터 수신된 전자기 플럭스를 위한 가이드로서 기능한다. 층(304)은 자기 차폐부로서 역할을 할 수 있는 자기 재료의 층일 수 있다(즉, 층(304)은 자기 플럭스를 차단할 수 있고 500 이상 1000 이상 또는 다른 적합한 값의 상대 투과율을 가질 수 있음). 자기 차폐 층(304)을 형성하는 데 사용될 수 있는 재료의 예는 페라이트이다. 자기 차폐 층(304)을 형성하는 데 사용될 수 있는 재료의 다른 예는, 때때로 μ -금속 또는 퍼멀로이(permalloy)로 지칭되는 고투과율 니켈-철 자기 합금이다. 자기 차폐 층(304)을 형성하는 데 사용될 수 있는 재료의 다른 예는 철계 나노-결정질 재료이다.

[0020] 일부 실시예들에 따르면, 전력 송신 디바이스(12)는 전력 수신 디바이스(24) 내의 차폐 구조에서 특정 특성 조건들에 기여할 수 있는 하나 이상의 자석들을 포함할 수 있다. 도 1b에 도시된 바와 같이, 전력 수신 디바이스(24)는 차폐 층(304)을 포함할 수 있다. 무선 전력 송신 동안, 인버터(60)는 코일(42)을 통해 AC 전류 신호들을 구동할 수 있다. 코일(42)을 통해 흐르는 AC 전류는, 디바이스(12) 내의 자석과 연관된 DC 자기 플럭스에 추가될 수 있는 AC 자기 플럭스를 유도한다. 송신 디바이스(12)에서의 AC 및 DC 자기 플럭스의 조합은 차폐부(304)에서의 포화와 같은 특성 조건을 초래할 수 있다. 적용된 자기장의 증가가 재료의 자화를 추가로 증가시킬 수 없을 때 포화가 발생한다. 포화는 또한, 높은 자기 포화 또는 높은 AC 플럭스를 갖는 페라이트 또는 나노-결정질 재료들에서 발생할 수 있다. 포화(예컨대, 자기 포화 또는 자기 플럭스 포화)는 디바이스들(12 및 24) 사이의 정합 인덕턴스의 양의 감소를 야기하여, 무선 충전 성능에 영향을 미칠 수 있다. 도 3은 포화에 의해 야기된 정합 인덕턴스의 감소를 예시한다. 도 3은 무선 전력 송신 코일(42)을 통해 흐르는 전류 I_{TX} 의 함수로써 정합 인덕턴스 값 L_{TX} 를 플롯팅한다. 곡선(110)에 의해 도시된 바와 같이, 포화로부터 기인하는 정합 인덕턴스 값의 감소는 전류 I_{TX} 의 증가로 변환된다.

[0021] 도 4는 포화를 갖는 그리고 포화가 없는 송신 코일 전류 I_{TX} 의 거동을 예시하는 타이밍도이다. 파형(120)은 포화의 부재 시에 현재 I_{TX} 의 거동을 표현하는 반면, 파형(122)은 포화의 존재 시에 현재 I_{TX} 의 거동을 표현한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 파형(120)은 F_s 의 역과 동일한 기간 T_s 로 인버터 스위칭 주파수 F_s 에서 토글링한다(예를 들어, 지속기간 T_s 는 전력 반송파 주파수의 역수와 동일함). 파형(120)은 사이클마다 비교적 안정적인 피크들 및 밸리들을 가지며, 이는 기본 스위칭 주파수 F_s 에서 예상된 에너지 레벨을 산출한다.

- [0022] 대조적으로, 과형(122)은 포화 및 감소된 정합 인덕턴스의 결과로서 매 2 사이클마다 (상승된 피크들(124)에 의해 도시된 바와 같이) 훨씬 높은 피크 전류 레벨들을 나타낸다. 과형(122)은 (낮아진 피크들(126)에 의해 도시된 바와 같이) 매 2 사이클마다 비교적 더 낮은 피크 전류 레벨들로 회복된다. 따라서, 과형(122)은 주기 $2 \cdot T_s$ 를 갖는 스위칭 주파수의 절반 $F_s/2$ 에서 상당히 더 높은 에너지 레벨들을 나타낸다. 스위칭 주파수 F_s 의 일부 분율, 특히 F_s 의 하위-고조파에 더 높은 에너지 레벨들이 존재하는 이러한 현상은 포화를 나타낸다.
- [0023] 도 2를 다시 참조하면, 측정 회로(41)는 FOD 회로(100)와 같은 이물체 검출(FOD) 회로 및/또는 포화 검출 회로(102)와 같은 포화 검출 회로를 포함할 수 있다. 포화 검출 회로(102)는 다양한 주파수 대역들에서 공진 탱크의 에너지 레벨들을 표현하는 값을 측정하여 포화 및 그에 따른 발진이 발생했는지 여부를 결정하도록 구성된 에너지 측정 회로를 포함할 수 있다. 포화 검출 회로(102)는 또한 커패시터(70)에 걸친 DC 전압을 측정하도록 구성될 수 있다. 커패시터(70)에 걸친 0이 아닌 DC 전압은 반드시 포화를 의미하는 것은 아니지만, 포화는 커패시터(70)에 걸친 0이 아닌 DC 바이어스 전압을 초래할 것이다.
- [0024] 전력 수신 디바이스(24) 내에서 발생할 수 있는 페라이트 또는 다른 자기 포화 및 결과적인 발진들은 잠재적으로 디바이스들(12 및 24) 사이의 통신들을 실패하게 할 수 있다. 전술한 바와 같이, 송신된 전자기 플럭스가 전력 수신 디바이스(24)에서 포화를 유도하기에 충분히 높아질 때 발진들이 발생한다. 통상적인 무선 충전 시스템에서, 시동 시에, 송신 전력은 낮은 전력 레벨로부터 목표 전력 레벨로 램프업되기 시작할 것이다. 송신 전력 레벨이 램프업됨에 따라, 포화(및 특성 발진들)가 발생할 수 있다. 포화는 또한, 예를 들어, 전력 전달 동안 무선 전력 송신기에 대해 무선 전력 수신기가 이동되는 경우, 전력 램프업 위상 후에 발생하거나 또는 다시 나타날 수 있다. 이는 또한, 온도와 같은 특정 환경 또는 동작 조건이 변할 때 발생할 수 있다.
- [0025] 도 5는 전력램프업 동작들을 수행하기 위한 예시적인 단계들의 흐름도이다. 단계(130)에서, 인버터 전력 공급 전압 V_{in} 은 초기 전압 레벨로 설정될 수 있다. 예로서, 전압 V_{in} 은 9 V로 초기화될 수 있다. 이는 단지 예시적이다. 인버터 공급 전압 V_{in} 은 4 V, 5 V, 6 V, 7 V, 8 V, 10 V, 11 V, 1-10 V, 또는 다른 시작 전압 레벨로 초기화될 수 있다.
- [0026] 단계(132)에서, 인버터(60)에 의해 출력되는 AC 구동 신호의 위상은 초기 위상 양으로 설정될 수 있다. 예로서, 인버터 AC 구동 신호의 위상은 90도로 설정될 수 있다. 90° 위상은 25% 듀티 사이클로 변환될 수 있다. 이는 단지 예시적일 뿐이다. AC 구동 신호 위상은 45도(예를 들어, 12.5% 듀티 사이클), 내지 60도(예를 들어, 16.7% 듀티 사이클), 120도(예를 들어, 33.3% 듀티 사이클), 135도(예를 들어, 37.5% 듀티 사이클), 80-100도, 70-110도, 60-120도 또는 다른 시작 위상 양으로 초기화될 수 있다.
- [0027] 단계(134)에서, 제어기(16M)와 같은 제어 회로부는 최대 위상에 도달했는지 여부를 결정할 수 있다. 제어 회로부는 현재 위상 레벨을 최대 위상 레벨과 비교할 수 있다. 예로서, 최대 위상 레벨은 180도로 설정될 수 있으며, 이는 50% 듀티 사이클로 변환된다. 이는 단지 예시적일 뿐이다. 최대 위상은 160도, 170도, 190도, 200도, 180도 미만, 180도 초과, 120-180도, 180-360도, 170-190도, 160-200도, 150-210도, 140-220도, 또는 다른 최대 위상 양으로 설정될 수 있다.
- [0028] 최대 위상에 도달하지 않은 경우(즉, 현재 위상이 최대 위상 제한과 동일하면), 제어 회로부는 블록(136)에서 위상 단계 양만큼 AC 구동 신호의 위상을 증가시킬 것이다. 위상 단계 양은 5도, 10도, 15도, 20도, 또는 다른 위상 델타일 수 있다. 인버터 AC 구동 신호 위상은 AC 구동 신호의 듀티 사이클을 증가시킴으로써 증가될 수 있다. 최대치에 도달했다면(즉, 현재 위상이 최대 위상 제한 이상이면), 제어 회로부는 블록(138)에서 전압 단계 양만큼 인버터 공급 전압 V_{in} 을 증가시킬 것이다. 전압 단계 양은 1 V, 0.5 V, 2 V, 1.5 V, 0.1 V, 0.2 V, 0.3 V, 0.1-2 V, 또는 다른 전압 델타일 수 있다.
- [0029] 단계(140)에서, 제어 회로부는 송신 전력 레벨이 목표 전력 레벨에 도달했는지 여부를 결정할 것이다. 목표 전력 레벨은 12 V, 13 V, 14 V, 15 V, 16 V, 17 V, 18 V, 9-18 V, 12 V 이상, 18 V 이상 또는 다른 목표 전력 레벨일 수 있다. 목표 전력 레벨에 도달하지 않은 경우, 프로세싱은 경로(141)에 의해 표시된 바와 같이 단계(134)로 루프백할 수 있다. 목표 전력 레벨에 도달하면, 전력 램핑이 완료된다(단계(142)).
- [0030] 전술한 바와 같이, 포화는 전력 램프업 위상 동안 또는 전력 램프업 위상 후에 발생할 수 있다. 일부 실시예들에 따르면, 전력 송신 디바이스(12)(예를 들어, 도 1 참조) 내의 제어 회로부(16)는 전력 램프업 위상 동안 및/또는 전력 램프업 위상 후에 포화 검출 및 완화를 수행하는 데 사용될 수 있다. 전력 램프업 위상 동안 어떠한 발진도 검출되지 않으면, 디바이스(12)는 자신의 전력 레벨을 계속 램프업할 수 있다. 도 6은 포화 검출 및 완화 동작들을 수행하기 위한 예시적인 단계들의 흐름도이다.

- [0031] 단계(200)에서, 데이터 수신기(40R)는 제어 에러 패킷(CEP)을 수신할 수 있거나, 디바이스들(12 및 24) 사이의 통신들은 타임 아웃될 수 있거나, 또는 포화 검출 타이머가 만료될 수 있다. 송신 전력 레벨을 제어하기 위한 Q_i 메커니즘은 때때로 제어 에러 패킷(CEP)으로 지칭되는 ASK 변조된 패킷들과 같은 전력 조정 요청들을 전력 송신 디바이스(12)에 전송하기 위해 전력 수신 디바이스(24)를 사용한다. 제어 회로부(16)는 대응하는 포화 검출 동작을 트리거하기 위해 만료되는 포화 검출 타이머를 포함할 수 있다. 포화 검출 타이머는 주기적으로 또는 전력 램프업 위상의 시작과 같은 특정 이벤트들에 응답하여 시작될 수 있다.
- [0032] 전력 송신 디바이스(12)가 전력 수신 디바이스(24)로부터 제어 에러 패킷을 수신하는 것에 응답하여, 통신 타임 아웃 이벤트에 응답하여, 또는 포화 검출 타이머 만료에 응답하여, 포화 검출 회로(102)(예를 들어, 도 2 참조)는 단계(202)에서 포화 검출 동작들을 수행하도록 구성된다. 다양한 포화 검출 방식들이 사용될 수 있다.
- [0033] 예로서, 포화 검출 회로(102)는 공진 탱크의 에너지 레벨 또는 인버터 스위칭 주파수의 절반과 동일한 측정 주파수에서 측정된 전류 레벨 또는 측정된 전압 레벨과 같은 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하도록 구성된 측정 회로를 포함할 수 있다(예를 들어, 측정 주파수는 $F_s/2$ 와 동일할 수 있음). 따라서, 측정 회로(102)는 때때로 에너지 측정 회로로 지칭된다. 에너지 측정 회로는 (예로서) 에너지 적분기가 뒤따르는 대역통과 필터를 갖는 주파수 선택적 에너지 계산 블록일 수 있다. 다른 예로서, 에너지 측정 회로는 고속 푸리에 변환(FFT) 블록을 포함할 수 있다. 포화 검출 회로(102)는 측정된 값을 임계치와 비교할 수 있다.
- [0034] 임계치는 에너지 레벨의 1 퍼센트 또는 스위칭 주파수 F_s 에서 공진 탱크의 에너지 레벨을 표현하는 다른 값과 동일할 수 있다. 주파수 F_s 에서의 에너지 레벨은 포화의 부재 시에 인버터(60)의 출력에서 AC 구동 신호에 의해 생성되는 에너지의 예측된 양(예를 들어, 도 4의 파형(120)에 의해 생성된 F_s 에서의 예상 에너지 레벨)일 수 있다. 에너지의 예측된(예상된) 양은 시뮬레이션을 사용하여 또는 실험적으로 미리 결정될 수 있다. 스위칭 주파수 F_s 에서의 에너지 레벨은 또한, 측정 회로(102)를 사용하여(예를 들어, 대역통과 필터를 F_s 로 튜닝함으로써) 실시간으로 측정될 수 있다. 이러한 1% 임계치는 단지 예시적이다. 다른 실시예들에서, 임계치는 F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 0.1%, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 0.1-1.0%, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 2%, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 1-5%, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 1-10%, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 1% 미만, F_s 에서 예상/측정된 에너지 레벨의 1% 초과, 또는 F_s 에서의 에너지 레벨의 다른 원하는 분율과 동일할 수 있다. 측정된 값이 임계치를 초과하면, 포화가 검출되었다. 측정된 값이 임계치를 초과하지 않으면, 포화는 검출되지 않았고 포화 검출은 (단계(204)에서) 종료된다.
- [0035] 측정 회로가 $F_s/2$ 에서 에너지 레벨(또는 에너지 레벨을 표현하는 일부 값)을 측정하는 위의 예는 단지 예시적이다. 다른 예로서, 측정 회로는 $F_s/3$ 에서 에너지-표현 값을 측정할 수 있다. 다른 예로서, 측정 회로는 $2*F_s/3$ 에서 에너지-표현 값을 측정할 수 있다. 다른 예로서, 측정 회로는 $F_s/4$ 에서 에너지-표현 값을 측정할 수 있다. 다른 예로서, 측정 회로는 $3*F_s/4$ 에서 에너지-표현 값을 측정할 수 있다. 일반적으로, 포화 검출 회로(102)는 스위칭 주파수 F_s 의 임의의 적절한 하위-고조파 범위 또는 분율에서 에너지-표현 값(예를 들어, 측정된 전류 값 또는 측정된 전압 값)을 측정하도록 구성될 수 있다.
- [0036] 에너지 측정 회로가 스위칭 주파수 F_s 의 일부 분율에서 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하는 위의 예는 단지 예시적이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 포화를 도시하는 파형(122)의 더 낮은 피크들(126)은 짝수 고조파들에서 에너지를 여기시킬 수 있다. 따라서, 측정 회로는 $2*F_s$, $4*F_s$, $6*F_s$ 등에서 에너지 레벨을 측정하고, 측정된 에너지 레벨을 F_s 에서의 예상 에너지 레벨의 일부 분율인 일부 임계치와 비교할 수 있다. 원하는 경우, 포화 검출 회로(102)는 스위칭 주파수의 홀수 고조파들(예를 들어, $3*F_s$, $5*F_s$, $7*F_s$ 등)에서 에너지 레벨을 측정하도록 구성될 수 있다.
- [0037] 포화 검출 회로(102)가 다양한 주파수 서브대역들에서 에너지 레벨들을 측정하는 위의 예들은 단지 예시적이다. 다른 실시예들에서, 회로(102)는 시간 도메인에서 포화 검출을 수행할 수 있다. 예를 들어, 포화 검출 회로(102)는 $N \geq 2$ 사이클들에 걸쳐 피크 대 피크 변동을 측정하고, 하나의 사이클 동안 측정된 피크를 후속 사이클 동안 측정된 피크와 (예를 들어, 적어도 2개의 연속적인 사이클들로부터 측정된 피크 값들의 비를 비교함으로써) 비교할 수 있다. 포화 검출 회로(102)는 피크-피크 전류, 피크-피크 전압 및/또는 피크-피크 전력 레벨들을 모니터링할 수 있다.
- [0038] 도 4에 도시된 바와 같이, 파형(122)의 피크-밸리 변동은 포화가 존재할 때 하나의 사이클에서 다른 사이클까지 상당히 클 수 있다. 예를 들어, 제1 델타 값은 제1 사이클 동안 피크와 밸리 사이의 차이를 컴퓨팅함으로써 획득될 수 있는 반면, 제2 델타 값은 제1 사이클에 후속하는 제2 사이클 동안 피크와 밸리 사이의 차이를 컴퓨팅함으로써 획득될 수 있다. 최대 델타 값이 또는 N 사이클들에 걸친 2개의 델타 값들의 분산이 델타 임계 레벨

을 초과하면, 포화가 검출된다. 최대 델타 값이 또는 N개의 연속적인 사이클들에 걸친 2개의 델타 값들의 분산이 델타 임계 레벨을 초과하지 않는다면, 포화는 검출되지 않았고, 포화 검출은 (단계(204)에서) 종료된다. 이러한 시간 도메인 피크-피크 변동은 또한 (예를 들어, 슬라이딩 평균 윈도우를 사용하여) 평활화 필터를 적용함으로써 컴퓨팅될 수 있다. 시간 도메인 포화 검출 동안 사용되는 임계 레벨은 실험적으로 또는 시뮬레이션을 통해 식별되는 결정론적 임계값일 수 있다.

[0039] 포화 검출 회로(102)가 하나 이상의 주파수들에서 에너지 레벨들을 측정하는 위의 예들은 단지 예시적이다. 다른 예로서, 측정 회로(41)는 포화에 대한 프록시로서 손실된 에너지의 별개의 표시자를 사용할 수 있다. 포화는 과도한 에너지 손실로 이어질 수 있으며, 이는 의도하지 않게 FOD를 트리거할 수 있고 섀도우로 이어질 수 있다. FOD가 의도하지 않게 트리거되는 것을 방지하기 위해, 전력 램프업 위상 동안 또는 포화 검출 동작들 동안 FOD 회로(100)를 일시적으로 비활성화시키기 위해 블랭킹 타이머가 사용될 수 있다. 또 다른 예로서, 측정 회로(41)는 직렬 커패시터(도 2의 커패시터(70) 참조)에 걸친 DC 바이어스 전압을 측정하도록 구성될 수 있다. 포화가 발생할 때, 직렬 커패시터에 걸쳐 0이 아닌 바이어스 전압이 보인다.

[0040] 도 6의 예에서, 포화 완화 동작들을 진행하기 전에 단계(202)에서 M개의 연속적인 포지티브 포화 검출들이 요구될 수 있다. M은 1, 2, 3, 4, 5, 1-5, 1 초과, 5 초과, 5-10 또는 다른 정수와 동일할 수 있다. 더 높은 M 값들은 잠재적으로 잡음이 있는 포화 측정들을 필터링하고 거짓 긍정 포화 검출을 방지하는 것을 도울 수 있다.

[0041] 포화가 검출되면, 다양한 포화 완화 동작들이 수행될 수 있다(예를 들어, 도 6의 단계들(206, 208, 210 및/또는 212) 참조). 단계(206)에서, 제어 회로부는 최소 위상에 도달할 때까지 또는 포화가 더 이상 검출되지 않을 때까지 AC 구동 신호의 위상(예를 들어, 듀티 사이클)을 감소시킬 수 있다. 최소 위상은 70도, 70도 미만, 70도 초과, 60-80도, 50-90도, 또는 다른 위상 양과 동일할 수 있다. 예를 들어, 제어 회로부는 위상을 5° 만큼 감소시키고 포화 검출을 재수행하여 포화가 완화되었는지 여부를 체크할 수 있다. 5° 단계 크기는 단지 예시적이다. 원하는 경우, 5° 미만, 5° 초과, 1-5°, 5-10°, 1-10° 또는 다른 위상 델타의 위상 단계 크기가 사용될 수 있다. 원하는 경우, 위상은 더 높은 위상 레벨들에서 더 빠르게 감소하고 더 낮은 위상 레벨들에서 더 점진적으로 감소할 수 있다. 포화가 더 이상 검출되지 않으면, 포화 완화 동작들이 완료된다.

[0042] 최소 위상에 도달했지만 포화가 여전히 존재하면, 제어 회로부는 포화가 더 이상 검출되지 않을 때까지 인버터 공급 전압 Vin을 감소시킬 수 있다(단계(208)). 예를 들어, 제어 회로부는 전압 Vin을 200 mV만큼 감소시키고 포화 검출을 재수행하여 포화가 진정되었는지 여부를 체크할 수 있다. 200 mV 단계 크기는 단지 예시적이다. 원하는 경우, 10 mV, 50 mV, 100 mV, 300 mV, 10-300 mV, 190-210 mV, 180-220 mV, 150-250 mV, 100-300 mV, 또는 다른 전압 델타의 전압 단계 크기가 사용될 수 있다. 포화가 더 이상 검출되지 않으면, 포화 완화 동작들이 종료될 수 있다.

[0043] 다른 예로서, 제어 회로부는 선택적으로, 포화가 더 이상 검출되지 않을 때까지 AC 구동 신호의 스위칭 주파수를 조정할 수 있다(단계(210)). 스위칭 주파수를 조정하는 것(예를 들어, Fs를 증가 또는 감소시키는 것)은 하프-사이클 기간뿐만 아니라 결합 이득을 감소시킬 수 있으며, 이는 송신 코일 전류의 증가를 제한하고 그에 따라 포화를 방지하는 것을 도울 수 있다. 또한, 전력 송신 와트 레벨들이 포화에 영향을 미치는지를 검출하기 위해 전력 송신 레벨들을 변경하는 것이 가능하다. 예를 들어, Qi 표준은 상이한 전력 프로파일들을 허용한다. 일부 구현들에서, 무선 전력 송신기는, 예를 들어, 베이스 또는 확장된 전력 프로파일들 하에서 동작할지 여부를 결정할 때 포화를 고려할 수 있다.

[0044] 다른 예로서, 제어 회로부는 선택적으로, 포화를 완화시키기 위해 비대칭 스위칭 방식을 사용하여 인버터(60)를 동작시킬 수 있다(단계(212)). 도 7은 커패시터(70)와 직렬로 연결된 코일(42)을 갖는 공진 탱크 회로(72)를 구동하는 인버터(60)를 도시한다. 도 7에 도시된 바와 같이, 인버터(60)(예를 들어, 풀-브리지 인버터)는 Vin 공급과 접지 사이에 직렬로 결합된 스위치들(S1 및 S2)을 포함할 수 있고, Vin 공급과 접지 사이에 직렬로 결합된 스위치들(S3 및 S4)을 포함할 수 있다. 공진 탱크는 인버터 스위치들(S1 및 S2) 사이에 개재된 제1 스위치 노드 N1에 연결되는 하나의 단자를 갖고 인버터 스위치들(S3 및 S4) 사이에 개재된 제2 스위치 노드 N2에 연결되는 다른 단자를 갖는다.

[0045] 도 8a는 180° 위상 시프트 및 대칭 스위칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력 거동을 예시하는 타이밍도이다. 도 8a에 도시된 바와 같이, 노드 N1은 인버터 스위칭 기간 Ts/2의 절반과 동일한 지속기간 T1 동안 전압 Vin을 공급하기 위해 하이로 구동된다. N1의 상승 에지와 N2의 상승 에지 사이의 시간 지연은 위상 시프트로서 정의되며, 이 예에서 180° 와 동일하다. 180° 위상 지연 후에, 노드 N2는 Ts/2와 동일한 지속기간 T2 동안 전압 Vin을 공급하기 위해 하이로 구동된다. 제3 파형은 공진 탱크(72)에 인가되는 구동 전압인 N1 마이너스 N2의

결과를 도시한다. 결과는 지속기간 T1에 대해 포지티브 Vin 이후 지속기간 T2에 대해 네거티브 Vin이다. 도 8a는 N1 및 N2 둘 모두가 동일한 지속기간들을 가져서, N1 마이너스 N2 상에서 대칭적인 스위칭 파형(대칭적 듀티 사이클)을 초래하는 방법을 도시하며, 여기서 +Vin의 지속기간은 -Vin의 지속기간과 동일하다.

[0046] 인버터에 의한 대칭적인 여기는 전형적으로 대칭적인 공진 파형을 초래한다. 특히, 직렬 커패시터(70)에 걸친 전압 파형은 2개의 절반 스위칭 기간들에서 대칭적일 것이고, 0으로 평균화될 것이다. 그러나, 디바이스(24) 내의 페라이트 구조 또는 다른 자기 투과성 재료가 인근의 DC 자석들에 의해 포화되면, 그러한 재료의 투과성은 공진 전류가 일 방향으로 이동함에 따라 감소할 것이고 공진 전류가 다른 방향으로 이동함에 따라 증가할 것이다. 이는 2개의 절반 스위칭 기간들에서 상이한 공진 인덕턴스 값을 야기한다. 가정적으로, 커패시터(70)에 걸친 전압이 초기에 2개의 절반 스위칭 기간들에서 대칭적으로 유지되면, 코일(42)에 걸친 전압은 2개의 절반 스위칭 기간들에서 대칭적으로 유지될 것이고, 따라서 코일(42)의 변동되는 인덕턴스는 2개의 절반 스위칭 기간들에서 동일하지 않은 전류들을 야기할 것이다. 동일하지 않은 전류들은 커패시터(70)의 평균 전압을 0으로부터 멀어지게 이동시킬 것이다. 새로운 평형 상태는, 커패시터(70)에 걸친 전압(본원에서 때때로 Vctx로 지칭됨)이 커패시터(70)에 대한 전하 균형 조건을 복원하는 평균 전압 레벨(본원에서 때때로 DC 바이어스로 지칭됨)에 도달할 때 확립될 것이다. 그 결과, 자기 포화(예를 들어, 페라이트 포화)는, 인버터 여기가 대칭적이더라도 Vctx에서 DC 바이어스를 야기한다.

[0047] 일 실시예에 따르면, Vctx에서 그러한 DC 바이어스를 제거하는 것은 포화에 의해 야기되는 발진을 제거하는 것을 도울 수 있다. 측정 회로부(41)(도 2 참조)를 사용하여 검출된 바와 같이 Vctx의 0이 아닌 DC 바이어스는, 평균 Vctx를 제로쪽으로 구동하는 방식으로 인버터(60)를 조정하는 피드백 제어 메커니즘을 트리거할 수 있다. 예로서, Vctx에서 0이 아닌 DC 바이어스를 검출하기 위해 측정 회로(41)를 사용하는 것에 응답하여, 제어 회로부(16M)(도 2 참조)는 인버터(60)에 의해 출력되는 AC 구동 신호들의 듀티 사이클을 감소시키도록 인버터(60)를 조정할 수 있다. 인버터 출력 신호들의 듀티 사이클을 감소시키는 것은 포화를 완화시키는 것을 돕기 위해 평균 Vctx를 제로쪽으로 구동하는 것을 도울 수 있다. 평균 Vctx를 감소시키기 위해 인버터(60)를 조정하는 다른 방식들이 또한 사용될 수 있다.

[0048] 다른 예로서, Vctx에서의 원치 않는 DC 바이어스는 노드들 N1 및 N2의 듀티 사이클들에 반대의 오프셋들을 적용함으로써 제거될 수 있다. 도 8b는 180° 위상 시프트 및 비대칭 스위칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력을 도시하는 타이밍도이다. 도 8a와 비교하여, 노드 N1은 오프셋 Toffset에 의해 연장되는 수정된 지속기간 T1' 동안 Vin을 공급하기 위해 하이로 구동되는 한편, 노드 N2는 오프셋 Toffset에 의해 단축되는 수정된 지속기간 T2' 동안 Vin을 공급하기 위해 (위상 시프트 Phase' 이후) 하이로 구동된다. (Phase'로 표시된 바와 같은) 노드 N2의 위상 시프트 시간은 효과적으로 (Ts/2+Toffset)가 된다. 여기서, Toffset은 포지티브 값으로서 도시되지만, Toffset은 또한 네거티브 값일 수 있다. 이는 지속기간 T1' 동안 +Vin 및 지속기간 T2' 동안 -Vin을 갖는 상이한 파형(예를 들어, N1 마이너스 N2)을 초래한다. 노드들 N1 및 N2의 듀티 사이클이 상이한 이러한 거동은 때때로 비대칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 스위칭 동작으로서 본원에서 지칭된다.

[0049] 도 8c는 90° 위상 시프트 및 비대칭 스위칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 출력을 도시하는 타이밍도이다. 도 8b와 비교하여, 노드 N1은 오프셋 Toffset에 의해 연장되는 수정된 지속기간 T1' 동안 Vin을 공급하기 위해 하이로 구동되는 한편, 노드 N2는 오프셋 Toffset에 의해 다시 단축되는 수정된 지속기간 T2' 동안 Vin을 공급하기 위해 (위상 시프트 Phase" 이후) 하이로 구동된다. (Phase"로 표시된 바와 같은) 노드 N2의 위상 시프트 시간은 효과적으로 (Ts/4+Toffset)가 된다. 여기서, Toffset은 포지티브 값으로서 도시되지만, Toffset은 또한 네거티브 값일 수 있다. 이는 지속기간 T1" 동안 +Vin 및 지속기간 T2" 동안 -Vin을 갖는 상이한 파형(예를 들어, N1 마이너스 N2)을 초래한다. 노드들 N1 및 N2의 듀티 사이클이 상이한 이러한 거동은 때때로 비대칭 듀티 사이클을 갖는 인버터 스위칭 동작으로서 본원에서 지칭된다.

[0050] 오프셋 Toffset은 Vctx DC 바이어스 값을 네거티브 피드백 입력으로서 취하여 제어 회로부(16)(도 1) 내의 보상기 블록에 의해 컴퓨터될 수 있다. DC 바이어스가 (도 7에 도시된 Vctx 극성에 의해 정의된 바와 같이) 네거티브일 때, 오프셋은 T2를 단축시키면서 T1을 연장시키는 포지티브 값일 것이다. DC 바이어스가 포지티브일 때, 오프셋은 T2를 연장시키면서 T1을 단축시키는 네거티브 값일 것이다. 이러한 보상기 블록은 PID(proportional-integral-derivative) 제어기, PI(proportional-integral) 제어기, 또는 간단한 적분기와 같은 다양한 형태들을 취할 수 있다. 보상기 블록은, DC 바이어스가 0으로 구동되는 경우에도 포화 완화 루프가 Toffset 값을 유지할 필요가 있기 때문에 적분 컴포넌트를 포함해야 한다.

[0051] 도 6의 예에 도시된 바와 같이, 위상은 일부 최소 위상 양 및 이어서 전압 Vin이 감소될 때까지 감소된다. 다

른 예로서, 제어 회로부는 포화가 검출되자마자 Vin의 전압 레벨을 잠금 또는 고정할 수 있다. 이는 공급 전압 Vin이 추가로 증가하는 것을 방지하여, 포화의 원인들 중 하나를 감쇠시킨다. 포화에 의해 야기되는 포화를 검출하는 것에 응답하여 포화를 완화시키기 위한 본원의 예들은 단지 예시적이다. 일반적으로, 포화를 완화시키기 위한 다양한 실시예들은 또한, 자기 투과성 재료가 자신의 자기 포화 레벨을 초과할 때를 검출하는 것에 응답하여 적용될 수 있다.

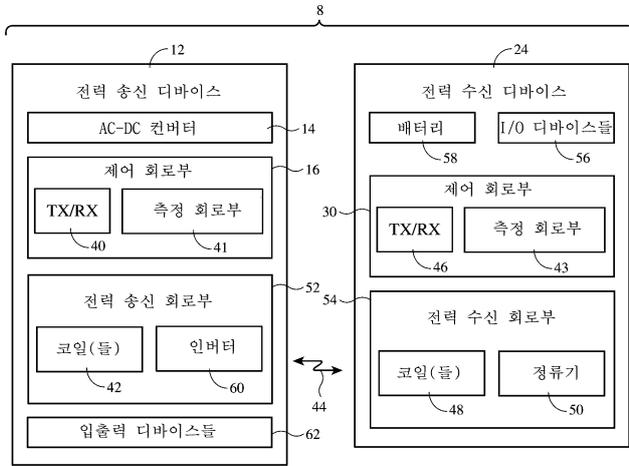
- [0052] 일 실시예에 따르면, 무선 전력 수신 디바이스에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일을 갖는 공진 회로, 스위칭 주파수에서 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호들을 구동하도록 구성된 인버터, 공진 회로에서의 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하도록 구성된 측정 회로, 및 측정된 값을 임계치와 비교함으로써 공진 회로에서의 포화를 검출하고, 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통한 무선 전력 송신을 제어하도록 구성되는 제어 회로부를 포함하는 무선 전력 송신 디바이스가 제공된다.
- [0053] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 측정된 전류 레벨을 포함한다.
- [0054] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 측정된 전압 레벨을 포함한다.
- [0055] 다른 실시예에 따르면, 측정 회로는 스위칭 주파수의 하위-고조파 범위에 있는 측정 주파수에서의 값을 측정하도록 구성된다.
- [0056] 다른 실시예에 따르면, 측정 주파수는 스위칭 주파수의 절반이다.
- [0057] 다른 실시예에 따르면, 측정 회로는 스위칭 주파수의 고조파인 측정 주파수에서의 값을 측정하도록 구성된다.
- [0058] 다른 실시예에 따르면, 측정 주파수는 스위칭 주파수의 짝수 배수이다.
- [0059] 다른 실시예에 따르면, 측정 회로는 스위칭 주파수에서 공진 회로에서의 에너지 레벨을 표현하는 추가 값을 측정하도록 구성되고, 임계치는 추가 값의 분율이다.
- [0060] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 측정된 전류 레벨 또는 측정된 전압 레벨을 포함하고, 제어 회로부는 측정된 값의 분산을 임계치와 비교함으로써 포화를 검출한다.
- [0061] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 피크-밸리 차이를 포함하고, 제어 회로부는 피크-밸리 차이의 분산을 임계치와 비교함으로써 포화를 검출한다.
- [0062] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 피크-밸리 차이를 포함하고, 제어 회로부는 피크-밸리 차이를 임계치와 비교함으로써 포화를 검출한다.
- [0063] 다른 실시예에 따르면, 측정된 값은 측정된 전류 레벨 또는 측정된 전압 레벨을 포함하고, 제어 회로부는 2개의 연속적인 사이클들에서 측정된 값의 비를 임계치와 비교함으로써 포화를 검출한다.
- [0064] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 무선 전력 송신 코일 상으로 구동되는 교류 신호들의 듀티 사이클을 감소 시킴으로써 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통해 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된다.
- [0065] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 인버터에 전력을 공급하는 전력 공급 전압을 감소시킴으로써 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통해 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된다.
- [0066] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 포화를 완화시키기 위해 무선 전력을 미리 결정된 전력 레벨로 제한함으로써 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통해 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된다.
- [0067] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 인버터의 스위칭 주파수를 조정함으로써 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통해 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된다.
- [0068] 다른 실시예에 따르면, 공진 회로는 무선 전력 송신 코일과 직렬로 결합된 커패시터를 추가로 포함하고, 제어 회로부는 커패시터에 걸친 DC 바이어스 전압을 제거하기 위해 비대칭 듀티 사이클을 사용하여 인버터를 동작시킴으로써 포화를 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일을 통해 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된다.
- [0069] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 포화를 검출하지 않는 것에 응답하여 무선 전력을 증가시키도록 구성된다.
- [0070] 다른 실시예에 따르면, 무선 전력 송신은, 이물체가 무선 전력 송신 디바이스 상에 존재하는지 여부를 검출하도록 구성된 이물체 검출 회로를 포함하고, 이물체 검출 회로는 제어 회로부가 무선 전력을 증가시키고 있는 동안

비활성화된다.

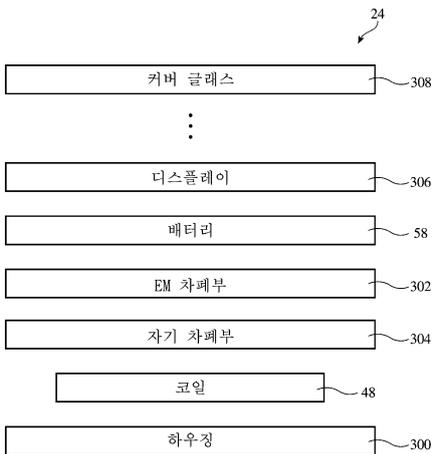
- [0071] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 포화를 검출한 후에, 무선 전력을 증가시키기 위해 무선 전력 수신 디바이스로부터 요청을 수신하고, 포화가 더 이상 검출되지 않을 때까지 요청을 무시하도록 구성된다.
- [0072] 일 실시예에 따르면, 무선 전력 수신 디바이스에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일, 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호를 구동하도록 구성된 인버터, 및 무선 전력 수신 디바이스의 자기 투과성 구조에서 특성 조건을 검출하고, 무선 전력 수신 디바이스의 자기 투과성 구조에서 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여, 인버터를 조정하도록 구성되는 제어 회로부를 포함하는 무선 전력 송신 디바이스가 제공된다.
- [0073] 다른 실시예에 따르면, 자기 투과성 구조는 페라이트 구조를 포함하고, 특성 조건은 페라이트 구조에서 페라이트 포화를 포함한다.
- [0074] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 전류 또는 전압 레벨을 측정하고 측정된 전류 또는 전압 레벨을 임계치와 비교함으로써 특성 조건을 검출하도록 구성된다.
- [0075] 다른 실시예에 따르면, 제어 회로부는 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여 무선 전력 송신 코일 상으로 구동되는 교류 신호의 듀티 사이클을 감소시킴으로써 인버터를 조정하도록 구성된다.
- [0076] 다른 실시예에 따르면, 인버터는 전력 공급 전압을 수신하도록 구성되고, 제어 회로부는 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여 전력 공급 전압을 감소시킴으로써 인버터를 조정하도록 구성된다.
- [0077] 다른 실시예에 따르면, 인버터는 전력 공급 전압을 수신하도록 구성되고, 제어 회로부는 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여 전력 공급 전압을 고정하도록 구성된다.
- [0078] 다른 실시예에 따르면, 인버터는 스위칭 주파수에서 교류 신호를 구동하도록 구성되고, 제어 회로부는 스위칭 주파수를 조정함으로써 인버터를 조정하도록 구성된다.
- [0079] 다른 실시예에 따르면, 무선 전력 송신 디바이스는 이물체가 무선 전력 송신 디바이스 상에 존재하는지 여부를 검출하도록 구성된 이물체 검출 회로를 포함하고, 인버터는 전력 공급 전압을 수신하도록 구성되고, 이물체 검출 회로는 제어 회로부가 전력 공급 전압을 램프업하고 있는 동안 비활성화된다.
- [0080] 일 실시예에 따르면, 자기 투과성 재료를 갖는 무선 전력 수신기, 및 무선 전력 수신기에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신기를 포함하고, 무선 전력 송신기는, 무선 전력 수신 디바이스에 무선 전력을 송신하도록 구성된 무선 전력 송신 코일을 갖는 탱크 회로, 스위칭 주파수에서 무선 전력 송신 코일 상으로 교류 신호들을 구동하도록 구성된 인버터, 및 무선 전력 수신 디바이스의 자기 투과성 재료에서 특성 조건을 검출하고, 특성 조건을 검출하는 것에 응답하여, 무선 전력 송신 코일을 통한 무선 전력 송신을 제어하도록 구성된 제어 회로를 갖는 무선 충전 시스템이 제공된다.
- [0081] 다른 실시예에 따르면, 특성 조건은 자기 투과성 재료에서의 포화를 포함한다.
- [0082] 다른 실시예에 따르면, 자기 투과성 재료는 페라이트를 포함하고, 특성 조건은 페라이트에서 페라이트 포화를 포함한다.
- [0083] 다른 실시예에 따르면, 특성 조건은 탱크 회로 내의 발진을 야기한다.
- [0084] 다른 실시예에 따르면, 무선 전력 송신기는 스위칭 회로부의 함수인 측정 주파수에서 탱크 회로 내의 에너지 레벨을 표현하는 값을 측정하도록 구성된 측정 회로를 포함하고, 제어 회로부는 측정된 값을 임계치와 비교함으로써 특성 조건을 검출하도록 구성된다.
- [0085] 다른 실시예에 따르면, 무선 전력 송신기는 피크 값을 측정하도록 구성된 측정 회로를 포함하고, 제어 회로부는 측정된 피크 값의 함수인 메트릭을 임계치와 비교함으로써 특성 조건을 검출하도록 구성된다.
- [0086] 다른 실시예에 따르면, 무선 전력 송신기는, 이물체가 무선 전력 송신 디바이스 상에 존재하는지 여부를 검출하도록 구성된 이물체 검출 회로를 포함하고, 이물체 검출 회로는 제어 회로부가 특성 조건을 검출하고 있는 동안 비활성화된다.
- [0087] 전술한 것은 단지 예시적인 것이며, 설명된 실시예들에 대해 다양한 수정들이 이루어질 수 있다. 전술한 실시예들은 개별적으로 또는 임의의 조합으로 구현될 수 있다.

도면

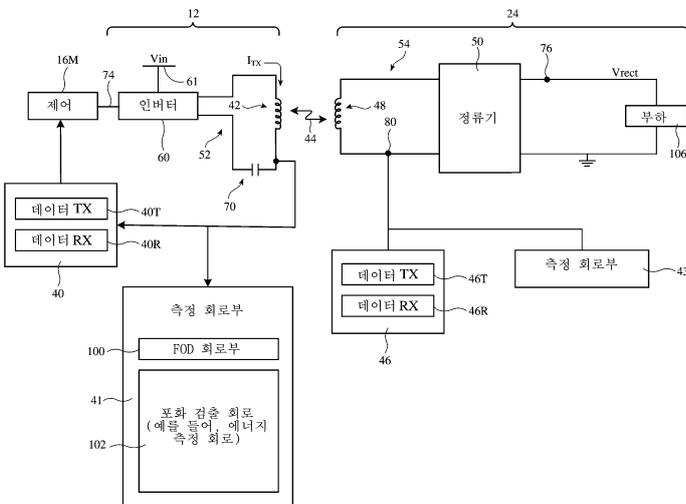
도면1a



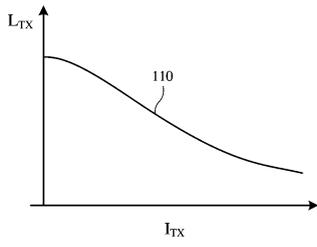
도면1b



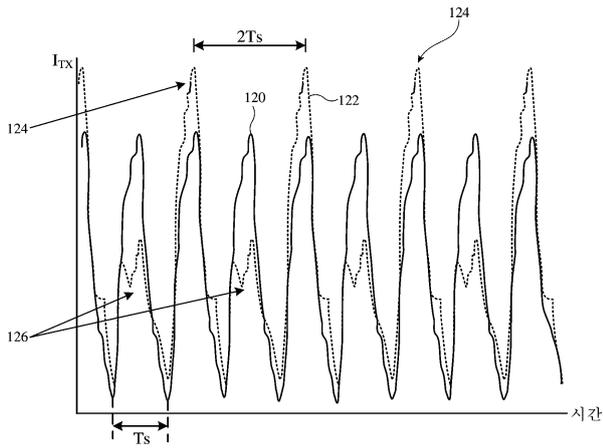
도면2



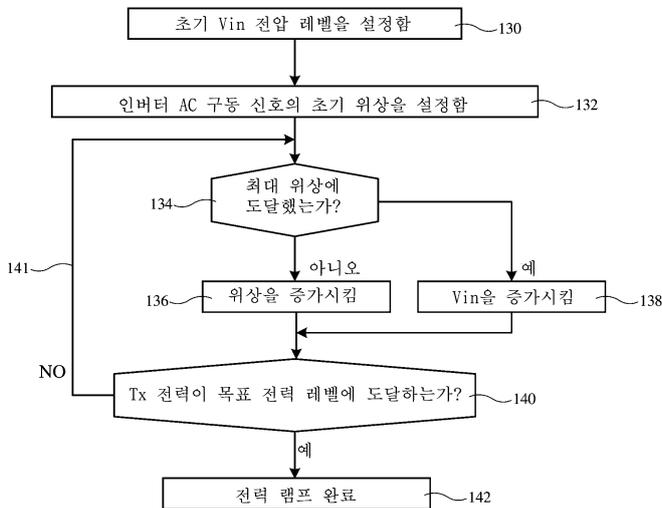
도면3



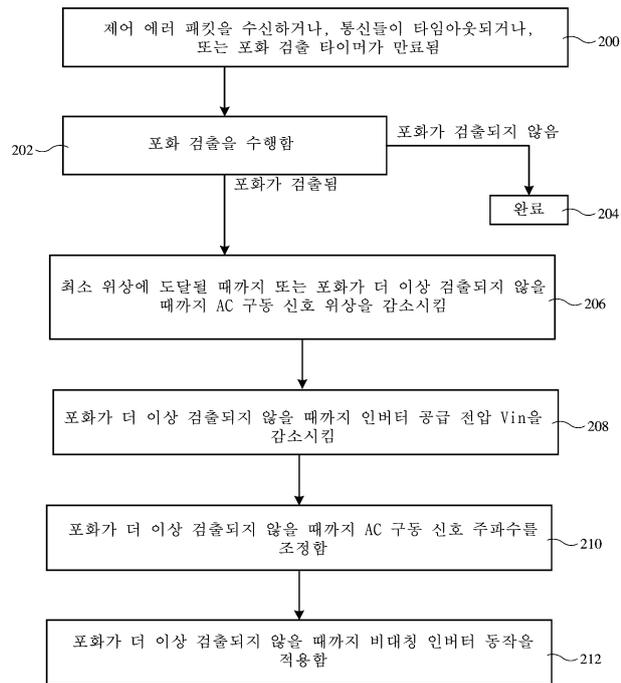
도면4



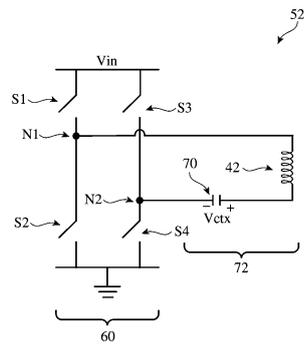
도면5



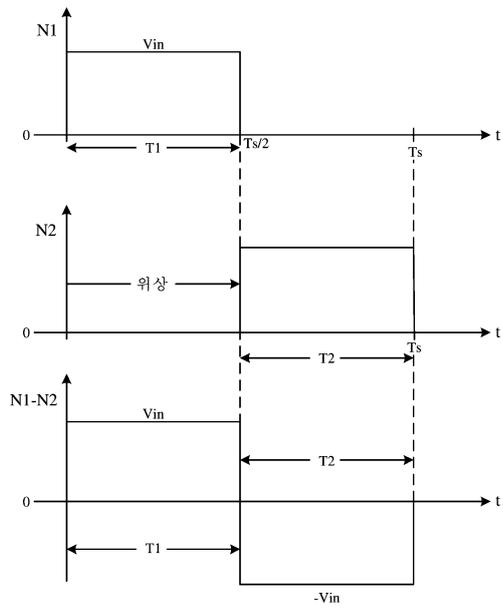
도면6



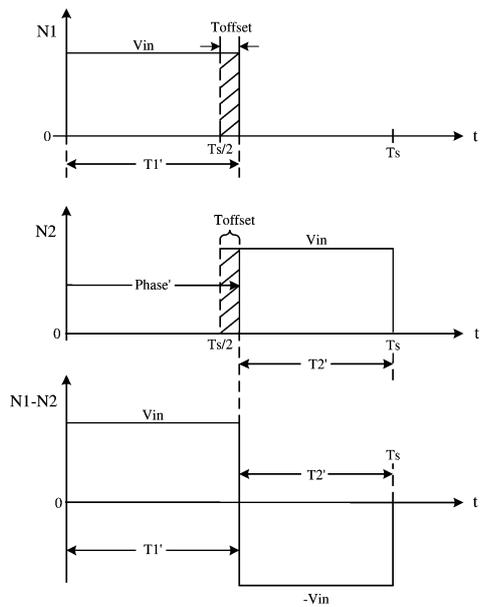
도면7



도면8a



도면8b



도면8c

