



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월31일  
(11) 등록번호 10-2632024  
(24) 등록일자 2024년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H03F 3/217 (2006.01) H03F 1/56 (2006.01)  
H03F 3/193 (2006.01) H03F 3/24 (2006.01)  
H04B 1/04 (2006.01) H04B 5/00 (2024.01)  
(52) CPC특허분류  
H03F 3/2176 (2013.01)  
H03F 1/565 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-7016420  
(22) 출원일자(국제) 2016년11월16일  
심사청구일자 2021년10월29일  
(85) 번역문제출일자 2018년06월08일  
(65) 공개번호 10-2018-0092980  
(43) 공개일자 2018년08월20일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/062131  
(87) 국제공개번호 WO 2017/105732  
국제공개일자 2017년06월22일  
(30) 우선권주장  
62/266,747 2015년12월14일 미국(US)  
15/152,660 2016년05월12일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020150013255 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
켈컴 인코포레이티드  
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775  
(72) 발명자  
마요 가브리엘 아이삭  
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775  
휘틀리 찰스 에드워드  
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775  
후인 푸웅  
미국 92121 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 34 항

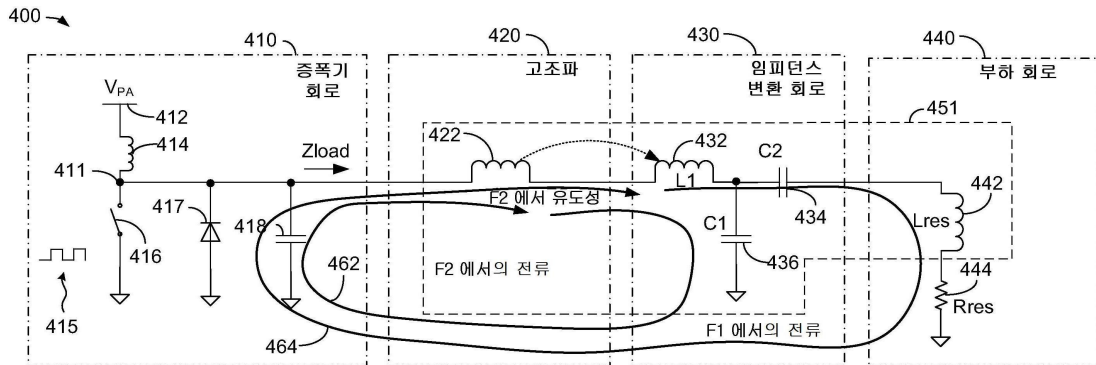
심사관 : 이준건

(54) 발명의 명칭 클래스 E2 증폭기

(57) 요약

증폭기 (400) 는 스위치 (416) 를 포함하는 증폭기 회로 (410) 로서, 상기 스위치 (416) 는 입력 신호 (415) 에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호 (415) 는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 스위치 (416) 를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로 (410), 증폭기 회로 (410) 에 제공된 임피던스를 제어하도록 구성된 필터 회로, 및 적어도 부분이 필터 회로와 결합하여 기본 주파수의 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로 (430) 를 형성하도록 구성되는, 부하 회로 (440) 를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*H03F 3/193* (2013.01)  
*H03F 3/245* (2013.01)  
*H04B 1/04* (2020.08)  
*H04B 5/26* (2024.01)  
*H04B 5/79* (2024.01)  
*H03F 2200/171* (2013.01)  
*H03F 2200/351* (2013.01)  
*H03F 2200/387* (2013.01)  
*H03F 2200/391* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008109227 A\*  
KR1020180065905 A\*  
JP2012257070 A\*  
KR1020170119387 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

증폭기로서,

스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 상기 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로;

상기 증폭기 회로에 제공된 임피던스를 제어하도록 구성된 필터 회로; 및

부하 회로를 포함하며,

상기 부하 회로의 적어도 부분은 상기 필터 회로와 결합하여 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성하도록 구성되고,

상기 임피던스 변환 회로는 또한 상기 기본 주파수에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로를 형성하도록 구성되는, 증폭기.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 부하 회로 및 상기 필터 회로는 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 포지티브인 리액턴스를 상기 증폭기 회로에 제공하는, 증폭기.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 필터 회로의 일부를 통해 전류를 순환시키는, 증폭기.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로를 통해 전류를 순환시키는, 증폭기.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

주어진 부하에서, 상기 기본 주파수에서의 제 2 고조파 임피던스가 상기 증폭기 회로에 제공되는, 증폭기.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로의 임피던스를 상기 증폭기 회로에 제공하고, 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 부하 회로의 상기 임피던스를 상기 증폭기 회로에 제공하는, 증폭기.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

전류가 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 상기 증폭기 회로를 통해 순환하여, 상기 증폭기 회로의 동작 효율이 실질적으로 제로 리액턴스 포인트 주위에 집중되도록 하는, 증폭기.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 증폭기 회로의 효율은 복소 임피던스 값들의 범위에 걸쳐 임계치를 초과하여 유지되는, 증폭기.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로를 통해 전류를 순환시키고, 상기 전류는 충전 에너지를 제공하는, 증폭기.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로를 통해 전류를 순환시키고,

상기 부하 회로는 상기 입력 신호에 응답하여 하나 이상의 수신기 디바이스들에 전력을 무선으로 전송하기 위해 자기장을 생성하도록 구성된 코일을 포함하는, 증폭기.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 필터 회로 및 상기 부하 회로의 선택된 유도성 및 용량성 컴포넌트들을 포함하는, 증폭기.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수에서 공진하도록 구성된 제 1 및 제 2 인덕턴스들, 제 1 및 제 2 커패시턴스들, 및 부하 인덕턴스를 포함하는, 증폭기.

**청구항 14**

제 12 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 제 1 및 제 2 인덕턴스들, 및 커패시턴스를 포함하는, 증폭기.

**청구항 15**

무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치로서,

스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 전력 송신 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 전력 송신 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 상기 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로;

필터 회로; 및

부하 회로를 포함하며,

상기 필터 회로 또는 상기 필터 회로와 결합된 상기 부하 회로의 적어도 부분은 상기 기본 전력 송신 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성하고,

상기 임피던스 변환 회로는 또한 상기 기본 전력 송신 주파수에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로를 형성하도록 구성되는, 무

선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 부하 회로 및 상기 필터 회로는 상기 기본 전력 송신 주파수의 상기 제 2 고조파에서 포지티브인 리액턴스를 상기 증폭기 회로에 제공하는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

**청구항 17**

제 15 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 전력 송신 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 필터 회로의 일부를 통해 전류를 순환시키는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

**청구항 18**

제 15 항에 있어서,

상기 증폭기 회로는 상기 기본 전력 송신 주파수에서 상기 부하 회로를 통해 전류를 순환시키는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

**청구항 19**

제 15 항에 있어서,

주어진 부하에서, 상기 기본 전력 송신 주파수에서의 제 2 고조파 임피던스가 상기 증폭기 회로에 제공되는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

**청구항 20**

증폭기를 동작시키기 위한 방법으로서,

입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하는 단계로서, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 포함하는, 상기 출력 신호를 제공하는 단계;

상기 기본 주파수에서 상기 증폭기에서 제 1 전류를 순환시키는 단계; 및

상기 제 1 전류와 동시에, 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 상기 증폭기에서 제 2 전류를 순환시키는 단계를 포함하는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 21**

제 20 항에 있어서,

상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 포지티브인 리액턴스를 상기 출력 신호에 제공하는 단계를 더 포함하는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 22**

제 20 항에 있어서,

상기 출력 신호에 제공된 임피던스는 실질적으로 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서의 임피던스를 포함하는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 23**

제 20 항에 있어서,

기본 전력 전송 주파수에서 임피던스를 상기 출력 신호에 제공하는 단계; 및

상기 기본 전력 전송 주파수의 제 2 고조파에서 상기 임피던스를 상기 출력 신호에 제공하는 단계를 더 포함하

는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 24**

제 20 항에 있어서,

상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 제 2 전류를 순환시키는 단계는 동작 효율이 실질적으로 제로 리액턴스 포인트 주위에 집중되게 하는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 25**

제 20 항에 있어서,

상기 기본 주파수에서 상기 제 1 전류를 순환시키는 단계는 충전 에너지를 제공하는, 증폭기를 동작시키기 위한 방법.

**청구항 26**

디바이스로서,

입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하는 수단으로서, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 포함하는, 상기 출력 신호를 제공하는 수단;

상기 기본 주파수에서 제 1 전류를 순환시키는 수단; 및

상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 전류를 동시에 순환시키는 수단을 포함하는, 디바이스.

**청구항 27**

부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로로서,

입력 신호에 응답하여 전도 상태와 비전도 상태 간에 스위칭하도록 구성된 스위칭 회로로서, 상기 스위칭 회로는 전압 소스와 직렬의 초크 인덕터와 접지 접속부 간에 전기적으로 접속되고, 상기 스위칭 회로는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되는, 상기 스위칭 회로;

상기 스위칭 회로에 전기적으로 커플링되고 상기 입력 신호를 생성하도록 구성된 입력 회로로서, 상기 입력 신호는 실질적으로 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 갖는 기본 주파수에서의 발진 신호이도록 생성되는, 상기 입력 회로; 및

상기 스위칭 회로와 상기 초크 인덕터 간에 있는 노드와 상기 부하 회로 간에 전기적으로 커플링된 임피던스 변환 회로로서, 상기 임피던스 변환 회로의 적어도 일부는 상기 기본 주파수의 제 2 고조파에서 공진하는 공진 회로를 형성하도록 구성되는, 상기 임피던스 변환 회로를 포함하고,

상기 임피던스 변환 회로는 또한 상기 기본 주파수에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로를 형성하도록 구성되는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 28**

제 27 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 포지티브인 리액턴스를 상기 스위칭 회로에 제공하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 29**

제 27 항에 있어서,

주어진 부하에서, 상기 기본 주파수에서의 제 2 고조파 임피던스가 상기 스위칭 회로에 제공되는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 30**

제 27 항에 있어서,

제 1 전류가 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로를 통해 순환하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 31**

제 30 항에 있어서,

상기 부하 회로는 상기 입력 신호에 응답하여 하나 이상의 수신기 디바이스들에 전력을 무선으로 전송하기 위해 자기장을 생성하도록 구성된 코일을 포함하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 32**

제 27 항에 있어서,

제 2 전류가 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 임피던스 변환 회로의 일부를 통해 순환하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 33**

제 32 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수에서 상기 부하 회로의 임피던스를 상기 스위칭 회로에 제공하고, 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 상기 부하 회로의 상기 임피던스를 상기 스위칭 회로에 제공하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 34**

제 27 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수에서 공진하도록 구성된 제 1 및 제 2 인덕턴스들, 제 1 및 제 2 커패시턴스들, 및 부하 인덕턴스를 포함하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**청구항 35**

제 27 항에 있어서,

상기 임피던스 변환 회로는 상기 기본 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 제 1 및 제 2 인덕턴스들, 및 커패시턴스들을 포함하는, 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001]

관련 출원들

[0002]

본 출원은 2015 년 12 월 14 일에 출원된 "Class E2 Amplifier" 라는 명칭의 미국 특허 가출원 제 62/266,747 호의 이익을 주장하며, 그 내용들은 전체적으로 여기에 참조로서 포함된다.

[0003]

본 개시는 일반적으로 전력 증폭에 관한 것이다. 더 상세하게는, 본 개시는 무선 전력 전송을 포함하는 다양한 애플리케이션들에서 사용될 수 있는 클래스 E2 전력 증폭기에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0004]

증폭기들 및 증폭기 회로들은 다수의 상이한 애플리케이션들에서 사용된다. 부하에 있어서의 변동들에 민감하지 않고 효율적으로 동작하는 증폭기들 및 증폭기 회로들이 바람직하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

**과제의 해결 수단**

- [0005] 첨부된 청구항들의 범위 내의 시스템들, 방법들 및 디바이스들의 다양한 구현들 각각은 수개의 양태들을 가지며, 이들 양태들 중 어떠한 단일 양태도 본 명세서에서 설명된 바람직한 속성들을 유일하게 책임지지 않는다. 첨부된 청구항들의 범위를 한정하지 않고도, 일부 현저한 피쳐들이 본 명세서에서 설명된다.
- [0006] 이 명세서에서 설명되는 청구물의 하나 이상의 구현들의 상세들이 첨부 도면들 및 하기의 설명에 기재된다. 다른 피쳐들, 양태들, 및 이점들은 그 설명, 도면들, 및 청구항들로부터 명백하게 될 것이다. 다음 도면들의 상대적인 크기들은 일정한 스케일로 도시되지 않을 수도 있음을 주목해야 한다.
- [0007] 본 개시의 일 양태는, 스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로, 증폭기 회로에 제공된 임피던스를 제어하도록 구성된 필터 회로, 및 부하 회로를 포함하는 증폭기를 제공하며, 상기 부하 회로의 적어도 부분은 필터 회로와 결합하여 기본 주파수의 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성하도록 구성된다.
- [0008] 본 개시의 다른 양태는 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치를 제공하며, 그 장치는 스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 전력 송신 주파수에서 제 1 출력 신호 및 기본 전력 송신 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로, 필터 회로, 및 부하 회로를 포함하며, 여기서 필터 회로 또는 필터 회로와 결합된 부하 회로의 적어도 부분은 기본 전력 송신 주파수의 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성한다.
- [0009] 본 개시의 다른 양태는 증폭기를 동작시키기 위한 방법을 제공하며, 그 방법은 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하는 단계로서, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 포함하는, 상기 출력 신호를 제공하는 단계, 기본 주파수에서 증폭기에서 제 1 전류를 순환시키는 단계, 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 증폭기에서 제 2 전류를 순환시키는 단계를 포함한다.
- [0010] 본 개시의 또 다른 양태는, 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하는 수단으로서, 상기 출력 신호는 기본 주파수에서 제 1 출력 신호 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 포함하는, 상기 출력 신호를 제공하는 수단, 기본 주파수에서 증폭기에서 제 1 전류를 순환시키는 수단, 및 기본 주파수의 제 2 고조파에서 증폭기에서 제 2 전류를 순환시키는 수단을 포함하는 디바이스를 제공한다.
- [0011] 본 개시의 또 다른 양태는 부하 회로를 구동하기 위한 증폭기 회로를 제공하고, 상기 증폭기 회로는, 입력 신호에 응답하여 전도 상태와 비전도 상태 간에 스위칭하도록 구성된 스위칭 회로로서, 상기 스위칭 회로는 전압 소스와 직렬의 초크 인덕터와 접지 접속부 간에 전기적으로 접속되고, 상기 스위칭 회로는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되는, 상기 스위칭 회로, 스위칭 회로에 전기적으로 커플링되고 입력 신호를 생성하도록 구성된 입력 회로로서, 상기 입력 신호는 실질적으로 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클을 갖는 기본 주파수에서 발진 신호이도록 생성되는, 상기 입력 회로, 및 상기 스위칭 회로와 상기 초크 인덕터 간에 있는 노드와 부하 회로 간에 전기적으로 커플링된 임피던스 변환 회로로서, 상기 임피던스 변환 회로의 적어도 일부는 기본 주파수의 제 2 고조파에서 공진하는 공진 회로를 형성하도록 구성되는, 상기 임피던스 변환 회로를 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

[0012] 도면들에 있어서, 동일한 참조부호들은, 달리 나타내지 않으면 다양한 도면들 전반에 걸쳐 동일한 부분들을 지칭한다. "102a" 또는 "102b" 와 같은 문자 지정을 갖는 참조부호들에 대해, 그 문자 지정은 동일한 도면에 존재하는 2개의 동일한 부분들 또는 엘리먼트들을 구별할 수도 있다. 참조부호들에 대한 문자 지정은, 참조부호가 모든 도면들에 있어서 동일한 참조부호를 갖는 모든 부분들을 포괄하도록 의도될 경우에 생략될 수도 있다.

도 1 은 증폭기 회로를 포함할 수도 있는 회로부의 일부의 개략적인 다이어그램이다.  
 도 2 는 무선 전력 증폭을 위해 클래스 E 증폭기 회로를 사용하는 송신 회로부를 도시하는 블록

다이어그램이다.

도 3 은 무선 전력 증폭을 위해 클래스 F 증폭기 회로를 사용하는 송신 회로부를 도시하는 블록 다이어그램이다.

도 4 는 클래스 E2 증폭기 회로를 사용하는 회로부의 예시적인 실시형태를 도시하는 블록 다이어그램이다.

도 5a 는 클래스 E 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램이다.

도 5b 는 클래스 E2 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램이다.

도 6 은 클래스 E 및 클래스 E2 증폭기 회로의 이론적 100% 효율 등고선들을 비교하는 그래픽 다이어그램이다.

도 7 은 도 4 의 클래스 E2 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램이다.

도 8 은 증폭기 회로에 제공된 임피던스의 크기, Zload 를 클래스 E 증폭기의 부하 저항 및 공진기 임피던스의 함수로서 도시하는 그래픽 다이어그램이다.

도 9 는 증폭기 회로에 제공된 임피던스의 크기, Zload 를 클래스 E2 증폭기의 부하 저항 및 공진기 임피던스의 함수로서 도시하는 그래픽 다이어그램이다.

도 10 은 무선 전력 송신기에서 클래스 E2 증폭기 회로를 동작시키는 방법의 예시적인 실시형태를 도시하는 플로우 차트이다.

도 11 은 무선 전력 송신기에서 클래스 E2 드라이버 회로를 동작시키기 위한 장치의 기능 블록 다이어그램이다.

도 12 는 예시적인 실시형태들이 구현될 수도 있는, 예시적인 무선 전력 전송 시스템의 기능 블록 다이어그램이다.

도 13 은 다양한 예시적인 실시형태들에 따른, 도 12 의 무선 전력 전송 시스템에서 사용될 수도 있는 무선 전력 전송 시스템에서의 예시적인 컴포넌트들의 기능 블록 다이어그램이다.

도 14 는 예시적인 실시형태들에 따른, 송신 또는 수신 안테나를 포함한 도 13 의 송신 회로부 또는 수신 회로부의 부분의 개략적인 다이어그램이다.

도면들에 도시된 다양한 피쳐들은, 일정한 스케일로 도시되지 않을 수도 있다. 이에 따라, 다양한 특징들의 크기들은 명료화를 위해 임의로 확장되거나 감소될 수도 있다. 부가적으로, 도면들의 일부는 소정의 시스템, 방법 또는 디바이스의 컴포넌트들 모두를 도시하지 않을 수도 있다. 마지막으로, 유사한 참조부호들은 명세서 및 도면들 전반에 걸쳐 유사한 피쳐들을 나타내도록 사용될 수도 있다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0013] 첨부된 도면들과 관련하여 하기에 기재된 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 실시형태들의 설명으로서 의도되고, 본 발명이 실시될 수도 있는 유일한 실시형태들만을 나타내도록 의도되지는 않는다. 본원 설명 전체에서 사용되는 용어 "예시적인" 은 "실시예, 사례, 또는 실례로서 기능하는" 을 의미하며, 다른 예시적인 구현들보다 더 바람직하거나 유리한 것으로 간주되어서는 안 된다. 상세한 설명은 본 발명의 예시적인 구현들의 완전한 이해를 제공하기 위한 목적으로 특정 상세들을 포함한다. 일부 예시들에서, 일부 디바이스들은 블록 다이어그램 형태로 도시된다.

[0014] 이 설명에 있어서, 용어 "애플리케이션" 은 또한 오브젝트 코드, 스크립트들, 바이트 코드, 마크업 언어 파일들, 및 패치들과 같은 실행가능 콘텐츠를 갖는 파일들을 포함할 수도 있다. 부가적으로, 본 명세서에서 지칭되는 "애플리케이션" 은 또한, 공개될 필요가 있을 수도 있는 문헌들 또는 액세스될 필요가 있는 다른 데이터 파일들과 같이 본질적으로 실행가능하지 않는 파일들을 포함할 수도 있다.

[0015] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "컴포넌트", "데이터베이스", "모듈", "시스템" 등은 컴퓨터 관련 엔티티, 즉 하드웨어, 펌웨어, 하드웨어와 소프트웨어의 조합, 소프트웨어, 또는 실행 중인 소프트웨어 중 하나를 가리키는 것으로 의도된다. 예를 들면, 컴포넌트는 프로세서 상에서 작동하는 프로세스, 프로세서, 오브젝트, 실행가능성, 실행의 스레드, 프로그램, 및/또는 컴퓨터일 수도 있지만, 이들에 제한되는 것은 아니다. 예시로서, 컴퓨팅 디바이스 상에서 실행하는 애플리케이션 및 컴퓨팅 디바이스 양자는 컴포넌트일 수도 있다. 하나 이상의 컴포넌트들은 프로세스 및/또는 실행 스레드 내에 상주할 수도 있고, 컴포넌트는 하나의 컴퓨터에 국부화되고/되거나 2 이상의 컴퓨터들 사이에서 분산될 수도 있다. 부가적으로, 이들 컴포넌트들은 다양

한 데이터 구조들이 저장된 다양한 컴퓨터 판독가능 매체로부터 실행할 수도 있다. 컴포넌트들은 하나 이상의 데이터 패킷들을 갖는 신호 (예를 들어, 로컬 시스템에서, 분산 시스템에서 및/또는 신호에 의한 다른 시스템들과의 인터넷과 같은 네트워크에 걸쳐 다른 컴포넌트와 상호작용하는 하나의 컴포넌트로부터의 데이터)에 따라서와 같은 로컬 및/또는 원격 프로세스들에 의해 통신할 수도 있다.

[0016] 본 개시는 과 형상 요건들을 만족하기 위해 입력 신호의 기본 주파수 대신 입력 신호의 제 2 고조파를 레버리징하도록 구현될 수 있는, 클래스 E2 증폭기로 지칭되는, 새로운 클래스의 증폭기를 기술한다.

[0017] 특정 애플리케이션들에서, '클래스 E' 증폭기 회로들로 지칭되는 증폭기 회로들은 부하들을 구동하는데 사용된다. 예를 들어, 특정 무선 전력/충전 시스템들은 (예컨대, 전력을 유도성으로 커플링하기 위한 자기장을 생성하기 위해 교류 전류로 코일과 같은 송신 안테나를 구동시키는 것을 통해) 하나 이상의 수신기들에 의해 무선 커플링을 위한 에너지를 출력할 수도 있는, 송신 안테나를 구동하기 위해 클래스 E 증폭기 회로들을 사용할 수도 있다. 더 상세하게는, 일 예로서, 무선 충전 시스템들은 공진에서 또는 공진 근처에서 튜닝된 송신기 및 수신기 코일들을 사용함으로써 상대적으로 높은 커플링을 달성한다. 송신 및 수신 코일들을 공진 주파수로 튜닝하는 것은, 디바이스 배치 자유 또는 디바이스 사이즈 자유를 희생하지 않고 상대적으로 높은 전력 전송 효율들을 허용한다. 추가로, 가변적인 포지셔닝 또는 다른 변화하는 환경적 조건들로 인한 커플링 및 디튜닝 효과들에 있어서 큰 변화를 수용하면서, 충분한 수신기 전력 출력을 유지하는 것이 바람직하다. 가변적인 커플링 및 디튜닝 효과들은 송신 안테나에서의 임피던스 및 다른 특징들에 있어서 변화들을 야기한다.

[0018] 이들 임피던스 변화들은 송신 안테나를 구동하는 클래스 E 증폭기 회로와 같은 회로에 반영/제공된다. 이는 다양한 동작 환경들에서 부하 또는 다른 유사한 부하들을 효율적으로 구동하기 위해 클래스 E 증폭기 회로 설계에 있어서 어려움을 생성할 수도 있다. 예를 들어, 클래스 E 증폭기들은 증폭기가 특정 범위의 효율 내에 있는, 제한된 리액턴스 범위를 가질 수도 있다. 리액턴스 범위에 대한 제한은, 적어도 부분적으로, 부하로부터의 반영된 임피던스로 인한 것이며, 이는 전력 증폭기의 드라이버 회로를 형성하는 트랜지스터에서의 송신 과 형상에 상당히 영향을 미친다.

[0019] 스위칭가능한 또는 조정가능한 시리즈 리액턴스 슈프팅 네트워크들은 더 좁은 리액턴스 범위에 걸쳐 전력 증폭기를 동작시킴으로써 제한된 리액턴스 범위를 적어도 다소 경감시키는데 사용될 수도 있다. 그러나, 이러한 솔루션은 컴포넌트들의 수를 증가시킬 수도 있고, 증폭기의 비용을 증가시키거나 증폭기 회로를 구성하기 위한 다른 트레이드오프들을 제공할 수도 있다.

[0020] 예시적인 실시형태에서, 클래스 E2 증폭기로 지칭되는 새로운 클래스의 증폭기는 과 형상 요건들을 만족하기 위해 송신 신호의 기본 주파수 대신 송신 신호의 제 2 고조파를 레버리징하도록 구현될 수 있다. 과 형상 요건들을 만족시키는 것은 제로 전압 스위칭 (ZVS) 조건을 만족하기 위해 0 으로 리턴하는 증폭기의 과형 출력을 지칭한다. 예를 들어, 과 형상 요건들을 만족하기 위한 전력 송신 신호의 제 2 고조파를 사용하는 한 가지 장점은, ZVS 조건이 클래스 E 또는 F 증폭기들의 다른 구성들과 비교하여, 상당히 넓은 범위의 부하 임피던스들에 걸쳐 만족될 수 있다는 점이다.

[0021] 도 1 은 증폭기 회로를 포함할 수도 있는 회로부 (100) 의 일부의 개략적인 다이어그램이다. 회로부 (100) 는 구형파를 수신하고 부하 회로 (150) 에 제공될 사인파를 출력하도록 구성된 스위칭 증폭기일 수도 있는, 증폭기 회로 (124) 를 포함할 수도 있다. 증폭기 회로 (124) 는 클래스 E 증폭기로서 도시되지만, 그러나, 이하 더 상세히 설명되는 것과 같이, 클래스 E 증폭기의 동작은 증폭기 성능을 개선하기 위해, 본원에 설명된 예시적인 실시형태들에 따라 본원에서 클래스 E2 로 지칭되는 것으로 변경될 수도 있다. 증폭기 회로 (124) 는 (도시되지 않은) 오실레이터로부터의 입력 신호 (102) 에 의해 구동될 수도 있다. 증폭기 회로 (124) 에는 또한, 부하 회로 (150) 를 통해 전달될 수도 있는 최대 전력을 제어하도록 구성되는 구동 전압  $V_D$  이 제공될 수도 있다. 고조파들을 제거 또는 감소하기 위해, 회로부 (100) 는 필터 회로 (126) 를 포함할 수도 있다. 필터 회로 (126) 는 3 폴 (커패시터 (134), 인덕터 (132), 및 커패시터 (136)) 저역 통과 필터 회로 (126), 또는 임의의 다른 필터 회로일 수도 있다.

[0022] 필터 회로 (126) 에 의해 출력된 신호는 부하 회로 (150) 에 제공될 수도 있다. 무선 전력 전송 실시형태에서, 부하 회로는 안테나 (114) 를 포함할 수도 있다. 부하 회로 (150) 는, 증폭기 회로 (124) 에 의해 제공된 필터링된 신호의 주파수에서 공진할 수도 있는, (예컨대, 안테나의 커패시턴스 또는 추가의 커패시터 컴포넌트로 인한 것일 수도 있는) 커패시턴스 (120) 및 (예컨대, 안테나의 인덕턴스일 수도 있는) 인덕턴스를 갖는 직렬 공진 회로를 포함할 수도 있다. 부하 회로 (150) 의 부하는 가변 저항기 (122) 에 의해 표현될 수도 있다. 그러나, 부하 회로 (150) 는 증폭기 회로 (124) 에 의해 구동되는 다양한 회로들 중 임의의 하나일 수

도 있고 부하 회로 (150) 에 도시된 컴포넌트들은 도 1 에 대하여 예시의 목적들을 위한 것임이 인식된다. 추가로, 부하 회로가 자기장을 생성하기 위한 공진기일 수도 있는 무선 전력 애플리케이션에서, 가변 저항기 (122) 에 의해 표현된 부하 회로의 부하는 자기장을 통해 전력을 커플링하고 따라서 공진기에서 임피던스를 변화시키는, 하나 이상의 수신기들을 통해 부하 회로에 제공된 부하의 변동일 수도 있다.

[0023] 도 2 는 무선 전력 증폭을 위해 클래스 E 증폭기 회로를 사용하는 송신 회로부 (200) 를 도시하는 블록 다이어그램이다. 송신 회로부 (200) 는 증폭기 회로 (210), 임피던스 변환 회로 (230) 및 부하 회로 (240) 를 포함한다. 송신 회로부 (200) 는 또한, 고조파 엘리먼트 (220) 를 포함한다. 기본 주파수,  $f_1$  에서 동작하도록 구성된 클래스 E 증폭기 회로 (210) 에서, 고조파 엘리먼트 (220) 는 일반적으로, 기본 주파수,  $f_1$  의 모든 고조파들에서 개방 회로인 기능 (222) 에 의해 특징지어질 수 있다. 일 예로서, 기본 주파수,  $f_1$  는 예컨대, 6.78 MHz 의 기본 전력 전송 주파수일 수도 있다.

[0024] 증폭기 회로 (210) 는 노드 (211) 에 커플링된 스위치 (216) 를 포함한다. 노드 (211) 는 또한, 인덕터 (214) 를 통해 전압 소스,  $V_{PA}$  (V 전력 증폭기) (212) 에 커플링된다. 인덕터 (214) 는 Lchoke 로 지칭될 수도 있다. 스위치 (216) 는 반도체 스위치를 포함할 수도 있고, 다양한 기술들 중 임의의 기술을 사용하여 제작된 하나 이상의 트랜지스터들을 포함할 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 다이오드 (217) 는 스위치 (216) 를 포함하는 트랜지스터의 바디 다이오드를 포함할 수도 있다. 증폭기 회로 (210) 는 또한, 션트 커패시턴스 (218) 를 포함할 수도 있다. 커패시턴스 (218) 는 스위치 (216) 의 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 스위치 (216) 의 커패시턴스보다 큰 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 또는 가변 커패시턴스를 포함할 수도 있다. 커패시턴스 (218) 는 션트 커패시턴스,  $C_s$  로 지칭될 수도 있다.

[0025] 임피던스 변환 회로 (230) 는 인덕터 L1 (232), 제 1 커패시터 C1 (236), 제 2 커패시터 C2 (234), 및 인덕터 (242) 의 일부 또는 전부를 포함한다.

[0026] 부하 회로 (240) 는 인덕터 (242) 의 일부 또는 전부와 저항기 (244) 를 포함한다. 부하 회로 (240) 는 공진 회로의 일부 또는 전부를 포함할 수도 있고, 공진 회로로 구성될 경우, 또한 공진기로 지칭될 수도 있다. 부하 회로 (240) 가 공진 회로의 일부이면, 인덕터 (242) 는  $L_{res}$  로 지칭될 수도 있고, 저항기 (244) 는  $R_{res}$  로 지칭될 수도 있다. 저항기 (244) 는 인덕터 (242) 의 저항성뿐만 아니라, 부하 회로 (240) 에서 자기적으로 커플링된 부하를 포함할 수도 있다.

[0027] 입력 신호 (215) 는 스위치 (216) 에 제공될 수도 있다. 클래스 E 동작에 따라, 입력 신호 (215) 는 입력 신호 (215) 의 사이클의 대략 50 % 에서 오프 (개방, 또는 비-전도성) 되도록 스위치 (216) 를 제어하고, 입력 신호 (215) 의 사이클의 대략 50% 에서 온 (단락, 또는 전도성) 되도록 스위치 (216) 를 제어할 수도 있는 신호를 포함할 수도 있다. 이러한 온/오프 사이클은 또한, 공칭 50% 듀티 사이클로 지칭될 수 있다. 클래스 E 증폭기 회로 (210) 는 기본 주파수,  $f_1$  에서 유도성이고 기본 주파수,  $f_1$  의 모든 고조파들에서 증폭기 회로 (210) 에 고 임피던스를 제공하는, 최적의 부하,  $Z_{load}$  를 가지는 것을 특징으로 할 수도 있다. 기본 주파수,  $f_1$  의 고조파들에서 일반적으로 개방되는 기능부 (222) 는 일반적으로, 공진 네트워크들의 사용에 의해 달성된다. 증폭기 회로 (210) 의 파형은 50% 온/오프 사이클로 하프 사인파 (half sine wave) 를 근사화한다.

[0028] 도 3 은 무선 전력 증폭을 위해 클래스 F 증폭기 회로를 사용하는 송신 회로부 (300) 를 도시하는 블록 다이어그램이다. 송신 회로부 (300) 는 증폭기 회로 (310), 임피던스 변환 회로 (330) 및 부하 회로 (340) 를 포함한다. 송신 회로부 (300) 는 또한, 고조파 엘리먼트 (320) 를 포함한다. 기본 주파수,  $f_1$  에서 동작하도록 구성된 클래스 F 증폭기 회로 (310) 에서, 고조파 엘리먼트 (320) 는 일반적으로, 기본 주파수,  $f_1$  의 기수 고조파들에서 개방 회로인 기능부 (322) 및 기본 주파수,  $f_1$  의 우수 고조파들에서 단락 회로인 기능부 (323) 에 의해 우수 고조파 에너지를 다시 스위치로 반영하는 것으로 특징지어질 수 있다. 기본 주파수,  $f_1$  는 예컨대, 6.78 MHz 의 기본 전력 전송 주파수일 수도 있다.

[0029] 증폭기 회로 (310) 는 노드 (311) 에 커플링된 스위치 (316) 를 포함한다. 노드 (311) 는 또한, 인덕터 (314) 를 통해 전압 소스,  $V_{pa}$  (V 전력 증폭기) (312) 에 커플링된다. 인덕터 (314) 는 Lchoke 로 지칭될 수도 있다. 스위치 (316) 는 반도체 스위치를 포함할 수도 있고, 다양한 기술들 중 임의의 기술을 사용하여 제작된 하나 이상의 트랜지스터들을 포함할 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 다이오드 (317) 는 스위치 (316) 를 포함하는 트랜지스터의 바디 다이오드를 포함할 수도 있다. 증폭기 회로 (310) 는 또한, 션트 커패시턴스 (318) 를 포함할 수도 있다. 커패시턴스 (318) 는 스위치 (316) 의 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 스위치 (316) 의 커패시턴스보다 큰 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 또는 가변 커패시턴스를 포함할

수도 있다. 커패시턴스 (318) 는 셉트 커패시턴스, Cs 로 지칭될 수도 있다.

- [0030] 임피던스 변환 회로 (330) 는 인덕터 L1 (232), 제 1 커패시터 C1 (336), 제 2 커패시터 C2 (334), 및 인덕터 (342) 의 일부 또는 전부를 포함한다.
- [0031] 부하 회로 (340) 는 인덕터 (342) 의 일부 또는 전부와 저항기 (344) 를 포함한다. 부하 회로 (340) 는 공진 회로의 일부 또는 전부를 포함할 수도 있고, 공진 회로로 구성될 경우, 또한 공진기로 지칭될 수도 있다. 부하 회로 (340) 가 공진 회로의 일부이면, 인덕터 (342) 는 Lres 로 지칭될 수도 있고, 저항기 (344) 는 Rres 로 지칭될 수도 있다. 저항기 (344) 는 인덕터 (342) 의 저항성뿐만 아니라, 부하 회로 (340) 에서 자기적으로 커플링된 부하를 포함할 수도 있다.
- [0032] 입력 신호 (315) 는 스위치 (316) 에 제공될 수도 있다. 클래스 F 동작에 따라, 입력 신호 (315) 는 입력 신호 (315) 의 사이클의 대략 50 % 에서 오프 (개방, 또는 비-전도성) 되도록 스위치 (316) 를 제어하고, 입력 신호 (315) 의 사이클의 대략 50% 에서 온 (단락, 또는 전도성) 되도록 스위치 (316) 를 제어할 수도 있는 신호를 포함할 수도 있다. 클래스 F 증폭기 회로 (310) 는 기본 주파수, f1 에서 유도성이고, 기본 주파수, f1 의 기수 고조파들에서 증폭기 회로 (310) 에 고 임피던스를 제공하고 기본 주파수, f1 의 우수 고조파들에서 증폭기 회로 (310) 에 저 임피던스를 제공하는, 최적의 부하, Zload 를 가지는 것을 특징으로 할 수도 있다. 기수 고조파들에서 일반적으로 개방 회로인 기능부 (322) 및 우수 고조파들에서 일반적으로 단락 회로인 기능부 (323) 는 일반적으로, 공진 네트워크들의 사용에 의해 달성된다. 증폭기 회로 (310) 의 파형은 50% 온/오프 사이클로 방형파 (rectangular wave) 를 근사화한다.
- [0033] 도 4 는 클래스 E2 증폭기 회로를 사용하는 회로부 (400) 의 예시적인 실시형태를 도시하는 블록 다이어그램이다. 예시적인 실시형태에서, 회로 (400) 는 무선 전력 전송 애플리케이션을 위한 송신 회로부의 부분을 포함할 수도 있지만; 도 4 에 설명된 증폭기 회로는 부하 변동의 영향들이 최소화되는 것이 요구되고 제 2 고조파에서 대부분 포지티브인 부하 리액턴스가 요구되는 임의의 증폭기 애플리케이션에 적용가능하다. 용어 "클래스 E2 증폭기 회로" 는 용어 "클래스 E2 드라이버" 또는 "클래스 E2 드라이버 회로" 와 상호교환가능하게 사용될 것이다.
- [0034] 송신 회로부 (400) 는 증폭기 회로 (410), 임피던스 변환 회로 (430) 및 부하 회로 (440) 를 포함한다. 송신 회로부 (400) 는 또한 고조파 엘리먼트 (420) 를 포함하지만; 별개의 물리적 인덕턴스 엘리먼트 (422) 로 도시되는 동안, 실용적 구현에서, 고조파 엘리먼트 (420) 는 또한, 2 개의 인덕턴스들 (422 및 432) 의 합을 갖는 단일 엘리먼트로서 인덕터 (432) 의 인덕턴스와 옵션으로 직렬 결합되는 인덕터 (422) 의 인덕턴스를 포함할 수도 있다. 예컨대, 무선 전력 애플리케이션들에 대한 예시적인 실시형태에서, 기본 주파수, f1 는 예컨대, 6.78 MHz 의 기본 전력 전송 주파수일 수도 있고, 그 제 2 고조파, f2 는 13.56 MHz 의 주파수에 있을 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 증폭기 회로 (410) 는 기본 주파수의 제 2 고조파, f2 에서 동작하도록 구성된 클래스 E2 증폭기로 구성될 수도 있다. 다른 기본 주파수들 및 제 2 고조파들이 또한 고려되는 것이 인식되어야 한다.
- [0035] 예시적인 실시형태에서, 증폭기 회로 (410) 는 노드 (411) 에 커플링된 스위치 (416) 를 포함한다. 노드 (411) 는 또한, 인덕터 (414) 를 통해 전압 소스, VPA (V 전력 증폭기) (412) 에 커플링된다. 인덕터 (414) 는 Lchoke 로 지칭될 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 스위치 (416) 는 반도체 스위치를 포함할 수도 있고, 다양한 기술들 중 임의의 기술을 사용하여 제작된 하나 이상의 트랜지스터들을 포함할 수도 있다. 증폭기 회로 (410) 는 또한, 옵션의 다이오드 (417) 및 셉트 커패시턴스 (418) 를 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 다이오드 (417) 는 스위치 (416) 를 포함하는 트랜지스터의 바디 다이오드를 포함할 수도 있다. 커패시턴스 (418) 는 스위치 (416) 의 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 스위치 (416) 의 커패시턴스보다 큰 커패시턴스를 포함할 수도 있거나, 또는 가변 커패시턴스를 포함할 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 커패시턴스 (418) 는 셉트 커패시턴스, Cs 로 지칭될 수도 있다.
- [0036] 예시적인 실시형태에서, 임피던스 변환 회로 (430) 는 인덕터 (422) 의 인덕턴스, 인덕터 L1 (432), 제 1 커패시터 C1 (436), 제 2 커패시터 C2 (434), 및 인덕터 (442) 의 일부 또는 전부를 포함하는 필터 회로를 포함할 수도 있다.
- [0037] 예시적인 실시형태에서, 부하 회로 (440) 는 인덕터 (442) 의 일부 또는 전부와 저항기 (444) 를 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 부하 회로 (440) 는 공진 회로의 일부 또는 전부를 포함할 수도 있고, 예시적인 실시형태에서, 또한 공진기로 지칭될 수도 있다. 부하 회로 (440) 가 공진 회로의 일부인 예시적인 실시형태에

서, 인덕터 (442) 는  $L_{res}$  로 지칭될 수도 있고, 저항기 (444) 는  $R_{res}$  로 지칭될 수도 있다. 저항기 (444) 는 인덕터 (442) 의 저항성뿐만 아니라, 부하 회로 (440) 에서 자기적으로 커플링된 부하를 포함할 수도 있다.

[0038] 예시적인 실시형태에서, 입력 신호 (415) 는 스위치 (416) 에 제공될 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 입력 신호 (415) 는 입력 신호 (415) 의 사이클의 대략 25% 에서 오프 (개방, 또는 비-전도성) 되도록 스위치 (416) 를 제어하고, 입력 신호 (415) 의 사이클의 대략 75% 에서 온 (단락, 또는 전도성) 되도록 스위치 (416) 를 제어할 수도 있는 신호를 포함할 수도 있다. 이는 공칭 25% 듀티 사이클로 지칭된다. 공칭 25% 듀티 사이클은, 스위치 (416) 가 입력 신호 (415) 의 사이클의 대략 20 % 이하에서 오프 (개방, 또는 비-전도성) 될 수도 있고, 스위치 (416) 가 입력 신호 (415) 의 사이클의 대략 70% 이상에서 온 (단락, 또는 전도성) 될 수도 있는, 듀티 사이클을 포함할 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 입력 신호 (415) 는 기본 전력 송신 주파수,  $f_1$  에서 송신 신호를 포함할 수도 있다.

[0039] 예시적인 실시형태에서, 인덕터 (422) 와 인터페이싱하는, Zload 로 제공되는 임피던스는 고조파 엘리먼트 (420) 가 기본 주파수,  $f_1$  의 대략 제 2 고조파 ( $f_2$ ) 에서 커패시턴스 (418) 와 공진하는 동작 상태를 나타낸다. 예시적인 실시형태에서, 기본 주파수,  $f_1$  는 6.78 MHz 일 수도 있고, 그 제 2 고조파는 13.56 MHz 의 주파수에 있을 수도 있다.

[0040] 예시적인 실시형태에서, 인덕터 (422), 인덕터 L1 (432), 제 1 커패시터 C1 (436), 제 2 커패시터 C2 (434) 를 포함하는 회로는, 인덕터 (442) 의 적어도 일부와 함께, 기본 주파수,  $f_1$  에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로 (451) 를 형성한다. 부가적으로, 증폭기 회로 (410) 에서의 커패시턴스 (418) 와 함께  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로 (451) 는 또한, 기본 주파수,  $f_1$  의 대략 제 2 고조파,  $f_2$  에서 공진 회로를 형성한다. 상기 제 2 고조파 공진은 실질적으로 공칭 25% 스위칭 포인트에서 제로 전압 스위칭 (ZVS) 조건들을 만족시키는데 기여한다.

[0041] 예시적인 실시형태에서, 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서, 인덕터 (442) 는 대부분 포지티브 리액턴스로서 특징지어진다. 기본 주파수,  $f_1$  에서의 임피던스와 비교하여, 제 2 고조파,  $f_2$  에서 인덕터 L1 (432) 의 리액턴스는 2 배가 되고, 제 1 커패시터 C1 (436) 의 리액턴스는 절반이 되며, 증폭기 회로 (410) 의 부하 회로 (440) 로의 커플링은 증폭기 회로 (410) 에 제공된 임피던스 변동과 관련하여 상당히 감소된다. 그러므로, 주어진 부하에서, 증폭기 회로 (410) 에 제공된 임피던스는  $f_2$  에서의 임피던스들에 의해 지배되고  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로 (451) 에서의 부하 변동들에 의해 덜 영향 받는다. 임피던스 변환 회로 (430) 는 기본 주파수,  $f_1$  에서 공진기 임피던스를  $Z_{LOAD}$  에 강하게 커플링하지만,  $f_2$  에서와 같은 고조파들에서 공진기 임피던스를  $Z_{LOAD}$  에 약하게 커플링한다. 이는 제 2 고조파 전류가 공진기 임피던스에 상대적으로 민감하지 않게 하고, 따라서 스위치에서의 과형이 기본 주파수,  $f_1$  에서의 출력 부하 변동들에 덜 민감하게 한다.

[0042] 대표적인 인덕터 (422) 의 인덕턴스는 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로 (451) 의 전체 인덕턴스의 부분으로서 결합될 수 있어서, 대략 공칭 25% 오프 / 75% 온 사이클로, 전류는 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서 송신 회로부 (400) 를 통해 순환된다. 제 2 고조파,  $f_2$  에서 송신 회로부 (400) 를 통해 순환하는 전류는 전류 루프 (462) 에 의해 표현되고, 그에 따라  $f_2$  에서의 전류는 실질적으로, 커패시터 (418), 인덕터 (432) 및 커패시터 (436) 를 포함하는 회로부를 통과한다. 전류 루프 (462) 에 의해 도시된  $f_2$  에서의 전류는 실질적으로 저항기 (444) 로 감소되고, 따라서 기본 주파수의 제 2 고조파,  $f_2$  에서 출력 에너지를 최소화한다.

[0043] 예시적인 실시형태에서, 대략 공칭 25% 오프 / 75% 온 사이클을 사용하여 스위치 (416) 를 제어하는 것과 함께, 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서 공진하도록 선택하도록 커패시터 (418), 인덕터 (422), 인덕터 L1 (432), 및 제 1 커패시터 C1 (436) 의 값을 선택하는 것은, 전류 루프 (462) 에 의해 도시된 리턴 전류가 제 2 고조파,  $f_2$  에서의 송신 회로부 (400) 를 통해 저장된 에너지로서 순환하게 한다. 제 2 고조파,  $f_2$  에서 송신 회로부 (400) 를 통해 리턴 전류를 순환시키는 것은, 클래스 E 또는 클래스 F 증폭기들의 어떤 다른 구성들과 비교할 때, 효율을 실질적으로 개선하고 상당히 더 넓은 리액턴스 범위를 허용한다. 제 2 고조파,  $f_2$  에서의 전류가 주로 전류 루프 (462) 에 의해 도시된 것과 같은 송신 회로부 (400) 를 통해 순환하는 동안, 전류는 또한 기본 주파수,  $f_1$  에서 송신 회로부 (400) 를 통해 순환한다. 기본 주파수,  $f_1$  에서 송신 회로부 (400) 를 통해 순환하는 전류는 전류 루프 (464) 에 의해 표현되고, 그에 의해  $f_1$  에서의 전류는 실질적으로 커패시터 (418), 인덕터 (422), 인덕터 (432), 커패시터 (434), 인덕터 (442) 및 저항기 (444) 를 포함하는 회로부를 통과한다. 이러한 방식으로, 예시적인 실시형태에서, 전류 루프 (464) 에 의해 도시된 기본 주파수 ( $f_1$ ) 에서의 전력 송신 신호는 인덕터 (442) 및 저항기 (444) 에 의해 무선으로 송신된다.

- [0044] 예시적인 실시형태에서, 스위치 (416) 에는 증폭기 회로 (410) 를 (인덕터 (442) 또는 저항기 (444) 에 전류를 순환시키지 않는 전류 루프 (462) 로 도시된) 부하 회로 (440) 에 최소한으로 커플링하는 제 2 고조파,  $f_2$  가 제공되며, 따라서 "제로 전압 스위칭" 품질들로 지칭되는 것으로 스위칭 파형을 성형하는 기능을 한다. 대조적으로,  $f_1$  전류 컴포넌트는 (인덕터 (442) 및 저항기 (444) 에서 전류를 순환시키는 전류 루프 (464) 로 도시된)  $f_1$  에서 RF 전력을 전달하기 위한 목적으로 출력에 강하게 커플링된다. 위상적으로 (Topologically),  $f_2$  전류 컴포넌트는 주로 커패시터 (436) 에서 스위치 (416) 로 다시 반영되고, 따라서 전류 루프 (462) 에서 스위치 (416) 를 향해 적당히 높은 Q 공진을 형성하고 인덕터 (442) 및 저항기 (444) 를 향해  $f_2$  컴포넌트를 현저하게 감쇠시킨다.
- [0045] 클래스 E2 증폭기 회로 (410) 는 기본 주파수,  $f_1$  에서, 그리고 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서 유도성인 최적 부하 Zload 를 갖는 것을 특징으로 할 수도 있다. 증폭기 회로 (410) 의 파형은 대략적인 공칭 25% 오프 / 75% 온 사이클로 하프 사인파를 근사화한다.
- [0046] 도 5a 는 예시적인 클래스 E 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램 (500) 이다. 수평 축 (502) 은 우측으로 증가하는 시간을 도시하고, 수직 축 (504) 은 노드 (211; 도 2) 에서의 전압을 도시한다. 파형 (506) 은 스위치 (216) 가 개방되거나 비-전도성일 때 노드 (211) 에서의 전압을 도시하는, 실선으로 도시된 제 1 부분 (508) 을 가지고, 스위치 (216) 가 여전히 개방된 경우에 노드 (211) 에서의 전압을 도시하는, 점선으로 도시된 제 2 부분 (509) 을 갖는다. 스위치 (216) 의 하나의 사이클의 스위칭 주기는 참조 부호 (511) 를 사용하여 도시된다. 시간 (512) 은 스위치 (216) 가 개방되거나 비-전도성인 것으로부터 단락되거나 전도성인 것으로 트랜지션하는 스위칭 시간을 도시한다. 파형 (506) 의 제 2 부분 (509) 은 시간 (512) 에서 스위치 (216) 가 단락되지 않았다면, 파형 (506) 의 전압  $V_{PA}$  로의 자연적 감쇠를 도시한다. 파형 (516) 및 스위칭 주기 (521) 는 정상 동작으로서 파형 (516) 의 부분을 갖는 후속 사이클 동안 노드 (211) 에서 전압을 도시한다. 파형 (506) 의 제 2 부분 (509) 은, 기본 주파수에서, 증폭기 회로 (210) 로부터의 상당한 에너지가 부하 저항기 (244) 로 손실되기 때문에,  $V_{PA}$  로의 상당히 빠른 감쇠를 나타낼 수 있다.
- [0047] 도 5b 는 예시적인 클래스 E2 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램 (550) 이다. 수평 축 (552) 은 우측으로 증가하는 시간을 도시하고, 수직 축 (554) 은 노드 (411; 도 4) 에서의 전압을 도시한다. 파형 (556) 은 스위치 (416) 가 개방되거나 비-전도성일 때 노드 (411) 에서의 전압을 도시하는, 제 1 부분 (558) 을 가지고, 스위치 (416) 가 여전히 개방된 경우에 노드 (411) 에서의 전압을 도시하는, 제 2 부분 (559) 을 갖는다. 스위치 (416) 의 하나의 사이클의 스위칭 주기는 참조 부호 (561) 를 사용하여 도시된다. 시간 (562) 은 스위치 (416) 가 개방되거나 비-전도성인 것으로부터 단락되거나 전도성인 것으로 트랜지션하는 스위칭 시간을 도시한다. 파형 (556) 의 제 2 부분 (559) 은 시간 (562) 에서 스위치 (416) 가 단락되지 않았다면, 파형 (556) 의  $V_{PA}$  로의 감쇠를 도시하고, 도 5a 의 파형 (506) 의 제 2 부분 (509) 과 비교하여 일정한 상대적으로 더 느린 시간 상수를 도시한다. 파형 (566) 및 스위칭 주기 (572) 는 정상 동작으로서 파형 (566) 의 부분을 갖는 후속 사이클 동안 노드 (411) 에서의 전압을 도시한다. 파형 부분 (559) 의 더 느린 감쇠는, 제 2 고조파,  $f_2$  에서의 전류가 부하 회로 (440) 에 최소한으로 결합되고, 대신 앞서 설명된 것과 같이 증폭기 회로 (410) 에서 실질적으로 순환되기 때문에, 제 2 고조파 ( $f_2$ ) 에서 더 적은 손실들을 도시한다. 파형상 요건들을 만족하기 위해 기본 주파수의 제 2 고조파를 사용하고 제로 전압 스위칭 (ZVS) 조건이 상당히 클래스 E 또는 F 증폭기들의 다른 구성들과 비교하여 상당히 더 넓은 범위의 부하 임피던스들에 걸쳐 충족되게 하는 것은, 기본 주파수의 제 2 고조파에서, 최소 전압이 도 4 의 인덕터 (442) 와 저항기 (444) 에 의해 표현된 부하로 손실되기 때문에, 앞서 언급된 것과 같이 더 적은 손실들 및  $V_{PA}$  로의 더 느린 전압 감쇠를 초래한다.
- 도 5a 의 파형들 (506 및 516) 과 도 5b 의 파형들 (556 및 566) 이 특정 부하에서 각각 클래스 E 및 클래스 E2 증폭기 회로의 스위칭 특성들의 예시적인 실시예들이고, 오직 예로서, 부하, 회로부에서 손실의 양, 및 다른 인자들을 포함하는 다수의 인자들에 기초하여 차이들이 적용된다.
- [0048] 도 6 은 클래스 E 및 클래스 E2 증폭기 회로의 이론적 100% 효율 등고선들을 비교하는 그래픽 다이어그램 (600) 이다. 수평 축 (602) 은 Zload 리액턴스 ( $jX_L$ ) 를 도시하고, 수직 축 (604) 은 Zload 저항 (RL) 을 도시한다.
- [0049] 트레이스 (606) 는  $X_L$  (부하 리액턴스) =  $j60$  일 때 클래스 E2 증폭기의 100% 효율 등고선을 도시하고; 트레이스 (608) 는  $X_L = j72$  일 때 클래스 E2 증폭기의 100% 효율 등고선을 도시하고; 트레이스 (610) 는  $X_L = j93$  일 때 클래스 E2 증폭기의 100% 효율 등고선을 도시하고; 그리고 트레이스 (612) 는  $X_L = j100$  일 때 클래스 E2 증폭기의

100% 효율 등고선을 도시한다.

- [0050] 트레이스 (616) 는 기본 주파수의 고조파들에서 제로 순환 전류를 참조하기 위해 클래스 E 증폭기의 100% 효율 등고선을 도시한다. 트레이스 (616) 의 우측 부분 (618) 은 제 2 및 더 높은 고조파들에서 순환하는 전류로 클래스 E 증폭기의 실용적 효율을 도시한다.
- [0051] 도시된 것과 같이, 트레이스들 (606, 608, 및 610 및 612) 은 제로 (0) 리액턴스 포인트 주위에 모두 실질적으로 집중된다. 예시적인 실시형태에서, 클래스 E2 증폭기는 스위치 (416; 도 4) 가 사이클의 대략 75% 를 수행하고 사이클의 대략 25% 를 오프하는 공칭 25% 듀티 사이클에서 동작하며, 따라서 부하,  $Z_{LOAD}$  에서의 임피던스가  $j0$  에 집중되고, 따라서 대부분  $j0$  포인트 주위에 집중되는 +/- 리액턴스 범위를 지원한다. 클래스 E2 증폭기는 트레이스 (616) 에 의해 도시된 것과 같이, 리액턴스 범위의 상위 단부보다 리액턴스 범위의 중심에서 최대 효율이 달성되는 동작 포인트를 쉬프팅한다. 클래스 E2 증폭기는 클래스 E 및 F 증폭기들과 비교하여 비례적으로 훨씬 더 넓은 리액턴스 동작 범위를 지원하고, 또한 비교적 낮은 입력 리액턴스에서 동작하여 저전압 전력 공급 동작에 대하여 이상적이게 한다. 클래스 E2 설계는 기본 및 제 2 고조파 전류가 앞서 설명된 것과 같은 예시적인 실시형태들에서  $Z_{LOAD}$  에서 의도적으로 제공된다는 전제에 기초한다.
- [0052] 도 7 은 도 4 의 클래스 E2 증폭기 회로의 출력 파형을 도시하는 그래픽 다이어그램 (700) 이다. 수평 축 (702) 은 우측으로 증가하는 시간을 도시하고, 수직 축 (704) 은 노드 (411; 도 4) 에서의 전압을 도시한다. 펄스들 (706 및 708) 은 스위치 (416; 도 4) 가 개방 (비-전도성) 일 때의 시간의 주기들을 도시한다.
- [0053] 커패시턴스  $C_s$  (418) 와 병렬의 기본 주파수의 제 2 고조파,  $f_2$  에서  $1/4$  파 변환 회로 (451; 도 4) 에 의해 형성된 부하 인덕턴스는 공칭 25% 듀티 사이클에서 제로 전압을 차단하는 거의 하프 사인파를 형성하는 파형을 세팅한다 (스위치 (416) 는 시간의 대략 25% 에서 오프이다). 이러한 방식으로, 파형은 제 2 고조파에 의해 실질적으로 만족되고, 오직 2차적으로 기본에서의 부하 임피던스에 의해 영향받는다. 대조적으로, 특정 클래스 E 및 클래스 F 증폭기들은 기본 주파수에서 파형 요건들을 실질적으로 충족시키며, 여기서 2 차 고조파 전류는 최적의 성능으로부터 파형의 형상을 저하시킨다.
- [0054] 도 8 은 증폭기 회로 (210) 에 제공된 임피던스의 크기,  $Z_{load}$  를 클래스 E 증폭기의 부하 저항 및 공진기 임피던스의 함수로서 도시하는데, 여기서 부하 크기는 집중되지 않고,  $Z_{load}$  리액턴스의 각각의 극단에서 상이한 전압 및 전류 스트레스들을 제공한다.
- [0055] 수평축 (802) 은 부하 회로 (240; 도 2) 에서의 공진기의 리액턴스를 도시하고, 수직축 (804) 은 부하 ( $Z_{load}$ ) 의 임피던스를 도시한다. 트레이스 (806) 는  $RL$  (부하 저항) = 50 옴일 때의 부하 임피던스를 도시하고; 트레이스 (808) 는  $RL$  = 32 옴일 때의 부하 임피던스를 도시하고; 트레이스 (810) 는  $RL$  = 20 옴일 때의 부하 임피던스를 도시한다.
- [0056] 그래프 (800) 는 클래스 E 증폭기 동작을 나타내는 공칭 50% 듀티 사이클 설계에 기초하여 3 개의 상이한 부하 저항들  $RL$  에 대해  $XL = 58.5j\Omega - 105.4j\Omega$  로부터의 범위인 공진기 리액턴스 ( $XL$ ) 의 함수로서 기본 주파수 (6.78MHz) 에서의  $Z_{LOAD}(j\omega_0)$  의 크기를 도시한다. 그래프 (800) 는  $RL$  의 모두 3 가지 케이스들에 대하여, 최고 임피던스가  $XL$  의 높은 범위에서 발생하는 반면, 최저 임피던스가  $XL$  의 낮은 범위에서 발생하는 것을 도시한다.
- [0057] 높은 부하 임피던스는 트랜지스터 (스위치 (216)) 및 RF 인덕터 (214) 에서의 낮은 순환 전류로 변환되는 반면, 낮은 부하 임피던스는 더 높은 순환 전류들로 변환된다.
- [0058] 따라서, 도 8 에 도시된 바와 같이, 순환 전류는 낮은 공진기 리액턴스 ( $XL$ ) 에서 가장 높고, 결과적으로 트랜지스터 (스위치 (416)) 에서 더 높은 손실 및 RF 인덕터 (214) 에서 더 높은 와인딩 손실 (winding loss) 을 초래한다.
- [0059] 도 9 는 증폭기 회로 (410) 에 제공된 임피던스의 크기,  $Z_{load}$  를 클래스 E2 증폭기의 부하 저항 및 공진기 임피던스의 함수로서 도시하는 그래픽 다이어그램 (900) 이다. 상기 예에서, 제 2 고조파 전류를 사용하여 제로 전압 스위칭 (ZVS) 조건들을 만족하는 것으로 인해, 부하 크기는 집중되고  $Z_{load}$  리액턴스의 각각의 극한에서 비교할만한 전압 및 전류 스트레스들을 허용하며, 이는 등가의 클래스 E 증폭기와 비교하여 허용가능한 부하 임피던스 범위를 효과적으로 2배로 만든다.
- [0060] 수평축 (902) 은 부하 회로 (440; 도 4) 에서의 공진기의 리액턴스를 도시하고, 수직축 (904) 은 부하 ( $Z_{load}$ )

의 임피던스를 도시한다. 트레이스 (906) 는 RL (부하 저항) = 50 옴일 때의 부하 임피던스를 도시하고; 트레이스 (908) 는 RL = 32 옴일 때의 부하 임피던스를 도시하고; 트레이스 (910) 는 RL = 20 옴일 때의 부하 임피던스를 도시한다.

- [0061] 그래프 (900) 는 공칭 25% 듀티 사이클 설계에 기초하여 3 개의 상이한 RL 에 대해  $X_L = 58.5j\Omega - 105.4j\Omega$  로부터의 범위인 공진기 리액턴스 ( $X_L$ ) 의 함수로서 기본 주파수 (예컨대, 6.78MHz) 에서의  $Z_{LOAD}(j\omega_0)$  의 크기를 도시한다.
- [0062] 피크 임피던스는  $X_L$  (대략  $80j\Omega$ ) 의 중간 범위에서 발생하고, 트레이스들 (906, 908 및 910) 의 양 단부들에서 더 낮은 임피던스 값으로 감소된다. 이는, 트랜지스터 (스위치 (416), 도 4) 및 RF 인덕터 (인덕터 (414), 도 4) 를 통한 최저 순환 전류들이  $X_L$  의 중간 범위에서 달성되는 반면, 높은  $X_L$  과 낮은  $X_L$  에서 순환 전류들이 실질적으로 동일해야만 하는 것을 도시한다.  $RL = 50\Omega$  의 부하 리액턴스에서, 순환 전류들은 트레이스 (806) 에 의해 도시된 것과 같이 전체  $X_L$  범위에 걸쳐 거의 동일하다.
- [0063] 도 8 에 도시된 공칭 50% 듀티 사이클과 비교하여,  $Z_{LOAD}$  는 공칭 25% 듀티 사이클에서 트랜지스터 스위치 (스위치 (416), 도 4) 및 RF 인덕터 (414, 도 4) 에 더 낮은 순환 전류를 암시하는 공칭 25% 듀티 사이클 설계에서 더 높다. 그러므로, 손실들은 공칭 25% 듀티 사이클을 사용할 때 더 낮아야만 한다.
- [0064] 다이어그램 (900) 은 클래스 E2 증폭 대 클래스 E 에서 동작할 때 2 개의 공진기 리액턴스 전압의 대략적인 인자를 도시한다. 클래스 E2 증폭기는 공진기 리액턴스 범위의 중심으로부터 대략적으로 대칭하는 스위치 부하를 제공한다. 대조적으로, 클래스 E 증폭기의 부하 임피던스는 부하 리액턴스에 따라 증가하며, 따라서 동일한 공진기 리액턴스 범위에 대하여, 스위치에는 대략 2 배의 부하 임피던스 변동이 제공된다.
- [0065] 특정 클래스 E 증폭기 구성들에 비해 클래스 E2 증폭기의 장점들은 예컨대, 복소 임피던스 값들의 범위에 걸쳐 임계치를 초과하는 개선된 효율, 확장된 리액턴스 범위, 저 전압 동작 (클래스 E 와 비교할 때 dc 전압에서 1/2 내지 1/3 의 인자), 및 오직 직렬의 인덕턴스를 사용하는 것으로 인한 감소된 고조파 필터 복잡도를 포함한다. 회로부 (400; 도 4) 는 제 2 고조파에서 완전한 분리를 제공하지 않아야 한다. 그러나, 제 2 고조파에서 부하 변동을 상당히 감소시키고, 제 2 고조파에서 대부분 포지티브인 리액턴스를 증폭기 회로 (410) 에 제공한다.
- [0066] 도 10 은 무선 전력 송신기에서 클래스 E2 증폭기 회로를 동작시키는 방법 (1000) 의 예시적인 실시형태를 도시하는 플로우 차트이다. 방법 (1000) 에서의 블록들은 도시된 순서로 또는 도시된 순서 외로 수행될 수 있다. 방법 (1000) 의 설명은 본원에 개시된 다양한 실시형태들에 관련될 것이다.
- [0067] 블록 (1002) 에서, 대략 25% 오프 / 75% 온 사이클을 갖는 제어 신호가 증폭기 회로에 제공된다. 예시적인 실시형태에서, 제어 신호는 스위치 (416; 도 4) 와 같은 반도체 스위치에 제공될 수도 있다.
- [0068] 블록 (1004) 에서, 송신 회로부는 기본 주파수의 제 2 고조파인 주파수에서 대략적으로 공진하여, 전류가 기본 주파수의 제 2 고조파에서 증폭기에서 순환하게 한다. 예시적인 실시형태에서, 송신 회로부의 컴포넌트들의 값들은 커패시터 (418), 인덕터 L1 (432), 및 제 1 커패시터 C1 (436) 가 기본 주파수,  $f_1$  의 제 2 고조파,  $f_2$  에서 공진하도록 선택된다.
- [0069] 도 11 은 무선 전력 송신기에서 클래스 E2 드라이버 회로를 동작시키기 위한 장치 (1100) 의 기능 블록 다이어그램이다. 장치 (1100) 는 대략 25% 오프 / 75% 온 사이클을 갖는 제어 신호를 증폭기 회로에 제공하는 수단 (1102) 을 포함한다. 특정 실시형태들에서, 대략 25% 오프 / 75% 온 사이클을 갖는 제어 신호를 증폭기 회로에 제공하는 수단 (1102) 은 방법 (1000; 도 10) 의 동작 블록 (1002) 에서 설명된 기능 중 하나 이상을 수행하도록 구성될 수도 있다. 예시적인 실시형태에서, 대략 25% 오프 / 75% 온 사이클을 갖는 제어 신호를 증폭기 회로에 제공하는 수단 (1102) 은 본원에 설명된 송신 회로에 제공된 입력 신호를 포함할 수도 있다.
- [0070] 장치 (1100) 는 기본 주파수의 제 2 고조파인 주파수에서 공진하는 송신 회로부에 대한 수단 (1104) 을 더 포함한다. 특정 실시형태들에서, 기본 주파수의 제 2 고조파인 주파수에서 공진하는 송신 회로부에 대한 수단 (1104) 은 기본 주파수의 제 2 고조파에서 증폭기에서 전류를 순환시키는 것을 포함하여, 방법 (1000; 도 10) 의 동작 블록 (1004) 에 설명된 기능 중 하나 이상을 수행하도록 구성될 수 있다. 예시적인 실시형태에서, 기본 주파수의 제 2 고조파인 주파수에서 공진하는 송신 회로부에 대한 수단 (1104) 은 본원에 설명된 송신 회로를 포함할 수도 있다.
- [0071] 도 12 는 예시적인 실시형태들이 구현될 수도 있는, 예시적인 무선 전력 전송 시스템 (1200) 의 기능 블록 다이

어그램이다. 예시적인 무선 전력 전송 시스템 (1200) 은 본원에 설명된 클래스 E2 증폭기 회로에 대한 다수의 응용들 중 하나의 예로서 도시되고, 다수의 응용들 중 임의의 응용에서 클래스 E2 증폭기 회로의 응용을 제한하도록 의도되지는 않는다.

[0072] 전력을 무선으로 전송하는 것은 전기장들, 자기장들, 전자기장들, 또는 기타 등등과 연관된 임의의 형태의 에너지를 물리적인 전기 전도체들의 사용 없이 (예를 들어, 전력이 자유 공간을 통해 전송될 수도 있음) 송신기로부터 수신기로 전송하는 것을 지칭할 수도 있다. 무선 필드 (예를 들어, 자기장) 로의 전력 출력은 전력 전송을 달성하기 위해 "수신 안테나" 에 의해 수신, 포착 또는 커플링될 수도 있다.

[0073] 입력 전력 (1202) 은, 에너지 전송을 제공하기 위한 필드 (1205) (예를 들어, 자기 또는 전자기의 일종) 를 생성하기 위해 (도시되지 않은) 전력 소스로부터 송신기 (1204) 에 제공될 수도 있다. 수신기 (1208) 는, 출력 전력 (1210) 에 커플링된 (도시되지 않은) 디바이스에 의한 저장 또는 소비를 위해, 필드 (1205) 에 커플링하고 출력 전력 (1210) 을 생성할 수도 있다. 송신기 (1204) 및 수신기 (1208) 양자는 거리 (1212) 만큼 분리된다. 일 예시적인 실시형태에 있어서, 송신기 (1204) 및 수신기 (1208) 는 상호 공진 관계에 따라 구성된다. 수신기 (1208) 의 공진 주파수와 송신기 (1204) 의 공진 주파수가 실질적으로 동일하거나 매우 근접할 경우, 송신기 (1208) 와 수신기 (1204) 간의 송신 손실들은 감소된다. 그에 따라, 무선 전력 전송은, 큰 코일들이 매우 근접할 것 (예를 들어, 수 밀리미터) 을 요구할 수도 있는 순수하게 유도성인 솔루션들에 비하여 더 큰 거리들에 걸쳐 제공될 수도 있다. 따라서, 공진 유도성 커플링 기술들은 다양한 거리들에 걸쳐 그리고 다양한 유도성 코일 구성들로 개선된 효율성 및 전력 전송을 허용할 수도 있다.

[0074] 수신기 (1208) 는, 수신기 (1208) 가 송신기 (1204) 에 의해 생성된 에너지 필드 (1205) 에 위치될 경우 전력을 수신할 수도 있다. 필드 (1205) 는, 송신기 (1204) 에 의해 출력된 에너지가 수신기 (1208) 에 의해 포착될 수도 있는 영역에 대응한다. 송신기 (1204) 는 에너지 송신물을 출력하기 위한 (본 명세서에서 또한 코일로서 지칭될 수도 있는) 송신 안테나 (1214) 를 포함할 수도 있다. 수신기 (1208) 는 에너지 송신물로부터의 에너지를 수신하거나 포착하기 위한 (본 명세서에서 또한 코일로서 지칭될 수도 있는) 수신 안테나 (1218) 를 더 포함한다. 일부 경우들에 있어서, 필드 (1205) 는, 하기에서 더 설명될 바와 같이, 송신기 (1204) 의 "근거리장" 에 대응할 수도 있다. 근거리장은, 전력을 송신 안테나 (1214) 로부터 떨어져 최소로 방사하는 송신 안테나 (1214) 내 전류들 및 전하들로부터 야기하는 강한 리액티브 필드들이 존재하는 영역에 대응할 수도 있다. 일부 경우들에 있어서, 근거리장은 송신 안테나 (1214) 의 대략 일 파장 (또는 그의 분수) 내인 영역에 대응할 수도 있다.

[0075] 따라서 상기에 따르면, 더 특정한 실시형태들에 따라, 송신기 (1204) 는, 송신 안테나 (1214) 의 공진 주파수에 대응하는 주파수를 갖는 시변 자기장 (1205) 을 출력하도록 구성될 수도 있다. 수신기가 필드 (1205) 내에 있을 경우, 시변 자기장은 (1205), 전류가 수신 안테나 (1218) 를 통해 흐르게 하는 수신 안테나 (1218) 에서의 전압을 유도할 수도 있다. 상기 설명된 바와 같이, 수신 안테나 (1218) 가 송신 안테나 (1214) 의 주파수에서 공진하도록 구성되면, 에너지는 더 효율적으로 전송될 수도 있다. 수신 안테나 (1118) 에서 유도된 AC 신호는, 부하를 충전하거나 전력공급하도록 제공될 수도 있는 DC 신호를 생성하기 위해 정류될 수도 있다.

[0076] 도 13 은 다양한 예시적인 실시형태들에 따른, 도 12 의 무선 전력 전송 시스템 (1200) 에서 사용될 수도 있는 무선 전력 전송 시스템 (1300) 에서의 예시적인 컴포넌트들의 기능 블록 다이어그램이다. 송신기 (1304) 는, 오실레이터 (1322), 드라이버 회로 (1324), 그리고 필터 및 매칭 회로 (1326) 를 포함할 수도 있는 송신 회로부 (1306) 를 포함할 수도 있다. 오실레이터 (1322) 는, 주파수 제어 신호 (1323) 에 응답하여 조정될 수도 있는 468.75 KHz, 6.78 MHz 또는 13.56 MHz 와 같은 원하는 주파수에서 신호를 생성하도록 구성될 수도 있다. 오실레이터 신호는, 예를 들어, 송신 안테나 (1314) 의 공진 주파수에서 송신 안테나 (1314) 를 구동하도록 구성된 드라이버 회로 (1324) 에 제공될 수도 있다. 드라이버 회로 (1324) 는, 오실레이터 (1322) 로부터 구형파를 수신하고 사인파를 출력하도록 구성된 스위칭 증폭기일 수도 있다. 예를 들어, 드라이버 회로 (1324) 는 본원에 설명된 것과 같은 클래스 E2 증폭기일 수도 있다. 필터 및 매칭 회로 (1326) 는 또한, 고조파들 또는 다른 원하지 않는 주파수들을 필터링하고 송신기 (1304) 의 임피던스를 송신 안테나 (1314) 의 임피던스에 매칭하기 위해 포함될 수도 있다. 송신 안테나 (1314) 를 구동한 결과로서, 송신기 (1304) 는 전자 디바이스를 충전하거나 전력공급하기에 충분한 레벨의 전력을 무선으로 출력할 수도 있다. 일 예로서, 제공된 전력은, 상이한 전력 요건들을 갖는 상이한 디바이스들에 전력공급하거나 충전하기 위해, 예를 들어, 대략 300 밀리วัต트 내지 5 와트 또는 5 와트 내지 40 와트일 수도 있다. 더 높거나 더 낮은 전력 레벨들이 또한 제공될 수도 있다.

- [0077] 수신기 (1308) 는, 도 13 에 도시된 바와 같은 배터리 (1336) 를 충전하기 위해 AC 전력 입력으로부터 DC 전력 출력을 생성하거나 수신기 (1308) 에 커플링된 디바이스 (미도시) 를 전력공급하기 위해 매칭 회로 (1332) 그리고 정류기 및 스위칭 회로 (1334) 를 포함할 수도 있는 수신 회로부 (1310) 를 포함할 수도 있다. 매칭 회로 (1332) 는 수신 회로부 (1310) 의 임피던스를 수신 안테나 (1318) 의 임피던스에 매칭하도록 포함될 수도 있다. 수신기 (1308) 및 송신기 (1304) 는 부가적으로, 별도의 통신 채널 (1319) (예를 들어, 블루투스, 지그비, 셀룰러 등) 상에서 통신할 수도 있다. 수신기 (1308) 및 송신기 (1304) 는 대안적으로, 무선 필드 (1305) 의 특성을 이용하여 대역내 시그널링을 통해 통신할 수도 있다.
- [0078] 선택적으로 디스플레이가능한 연관된 부하 (예를 들어, 배터리 (1336)) 를 처음에 가질 수도 있는 수신기 (1308) 는, 송신기 (1304) 에 의해 송신된 그리고 수신기 (1308) 에 의해 수신된 전력량이 배터리 (1336) 를 충전하기에 적당하지 여부를 결정하도록 구성될 수도 있다. 추가로, 수신기 (1308) 는 전력량이 적당하다고 결정할 시 부하 (예를 들어, 배터리 (1336)) 를 인에이블하도록 구성될 수도 있다.
- [0079] 도 14 는 예시적인 실시형태들에 따른, 송신 또는 수신 안테나 (1452) 를 포함한 도 13 의 송신 회로부 (1306) 또는 수신 회로부 (1310) 의 부분의 개략 다이어그램이다. 도 14 에 도시된 바와 같이, 하기에 설명되는 것들을 포함한 예시적인 실시형태들에서 사용된 송신 또는 수신 회로부 (1450) 는 안테나 (1452) 을 포함할 수도 있다. 안테나 (1452) 는 또한 "루프" 안테나 (1452) 로 지칭되거나 구성될 수도 있다. 안테나 (1452) 는 또한 "자기" 안테나 또는 유도 코일로 본 명세서에서 지칭되거나 구성될 수도 있다. 용어 "안테나" 는 다른 "안테나" 에 커플링하기 위한 에너지를 무선으로 출력하거나 수신할 수도 있는 컴포넌트를 지칭한다. 안테나 (1452) 는 또한 전력을 무선으로 출력하거나 수신하도록 구성되는 유형의 코일로서 지칭될 수도 있다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 안테나 (1452) 는, 전력을 무선으로 출력 및/또는 수신하도록 구성되는 타입의 "전력 전송 컴포넌트" 의 일 예이다. 안테나 (1452) 는 페라이트 코어 (도시 안됨) 와 같은 물리적 코어 또는 에어 코어를 포함하도록 구성될 수도 있다.
- [0080] 안테나 (1452) 는 공진 주파수에서 공진하도록 구성된 공진 회로의 일부를 형성할 수도 있다. 루프 또는 자기 안테나 (1452) 의 공진 주파수는 인덕턴스 및 커패시턴스에 기초한다. 인덕턴스는 단순히 안테나 (150) 에 의해 생성된 인덕턴스일 수도 있지만, 커패시턴스는 원하는 공진 주파수에서 공진 구조를 생성하기 위해 부가될 수도 있다 (예컨대, 커패시터는 직렬로 또는 병렬로 안테나 (1452) 에 전기적으로 접속될 수도 있다). 비-제한적인 예로서, 커패시터 (1454) 및 커패시터 (1456) 가, 원하는 동작 주파수에서 공진하는 공진 회로를 생성하기 위해 송신 또는 수신 회로부 (1450) 에 부가될 수도 있다. 더 큰 직경의 안테나들에 대해, 공진을 유지하는데 필요한 커패시턴스의 사이즈는, 루프의 직경 또는 인덕턴스가 증가함에 따라 감소할 수도 있다. 안테나의 직경이 증가함에 따라, 근거리장의 효율적인 에너지 전송 영역이 증가할 수도 있다. 다른 컴포넌트들을 사용하여 형성된 다른 공진 회로들이 또한 가능하다. 다른 비-제한적인 예로서, 커패시터 (비도시) 는 안테나 (1452) 의 2 개의 단자들 사이에 병렬로 위치될 수도 있다. 송신 안테나들에 대해, 안테나 (1452) 의 공진 주파수에 실질적으로 대응하는 주파수를 갖는 신호 (1458) 는 안테나 (1452) 에 대한 입력일 수도 있다. 수신 안테나들에 대해, 신호 (1458) 는 부하를 전력공급하거나 충전하기 위해 정류되거나 사용될 수도 있는 출력일 수도 있다.
- [0081] 상기 설명된 방법들의 다양한 동작들은 다양한 하드웨어 및/또는 소프트웨어 컴포넌트(들), 회로들, 및/또는 모듈(들)과 같이 그 동작들을 수행 가능한 임의의 적절한 수단(들)에 의해 수행될 수도 있다. 일반적으로, 도면들에서 도시된 임의의 동작들은 그 동작들을 수행할 수 있는 대응하는 기능적 수단(들)에 의해 수행될 수도 있다.
- [0082] 앞의 개시물과 관련하여, 프로그래밍에 있어서의 당업자는, 예를 들어, 본 명세서에 있어서의 플로우 차트들 및 관련 설명에 기초하여 어려움 없이, 개시된 발명을 구현하기 위해 컴퓨터 코드를 기입하거나 적절한 하드웨어 및/또는 회로들을 식별할 수 있다. 따라서, 프로그램 코드 명령들 또는 상세한 하드웨어 디바이스들의 특정 세트의 개시는 본 발명을 제조 및 이용하는 방법의 적절한 이해에 필수적인 것으로 고려되지 않는다. 청구된 컴퓨터 구현 프로세스들의 본 발명의 기능은, 다양한 프로세스 플로우들을 예시할 수도 있는 도면들과 함께 상기 설명에서 더 상세히 설명된다.
- [0083] 하나 이상의 예시적인 양태들에 있어서, 설명된 기능들은 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어, 또는 이들의 임의의 조합에서 구현될 수도 있다. 소프트웨어에서 구현된다면, 그 기능들은 하나 이상의 명령들 또는 코드로서 컴퓨터 판독가능 매체 상으로 저장 또는 전송될 수도 있다. 컴퓨터 판독가능 매체는, 일 장소로부터 다른 장소로의 컴퓨터 프로그램의 전송을 용이하게 하는 임의의 매체를 포함하는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체 양자를 포함한다. 저장 매체는, 컴퓨터에 의해 액세스될 수도 있는 임의의 가용 매체일 수도 있다. 한정

이 아닌 예로서, 그러한 컴퓨터 판독가능 매체는 RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광학 디스크 저장부, 자기 디스크 저장부 또는 다른 자기 저장 디바이스들, 또는 원하는 프로그램 코드를 명령들 또는 데이터 구조들의 형태로 수록 또는 저장하는데 이용될 수도 있고 컴퓨터에 의해 액세스될 수도 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수도 있다.

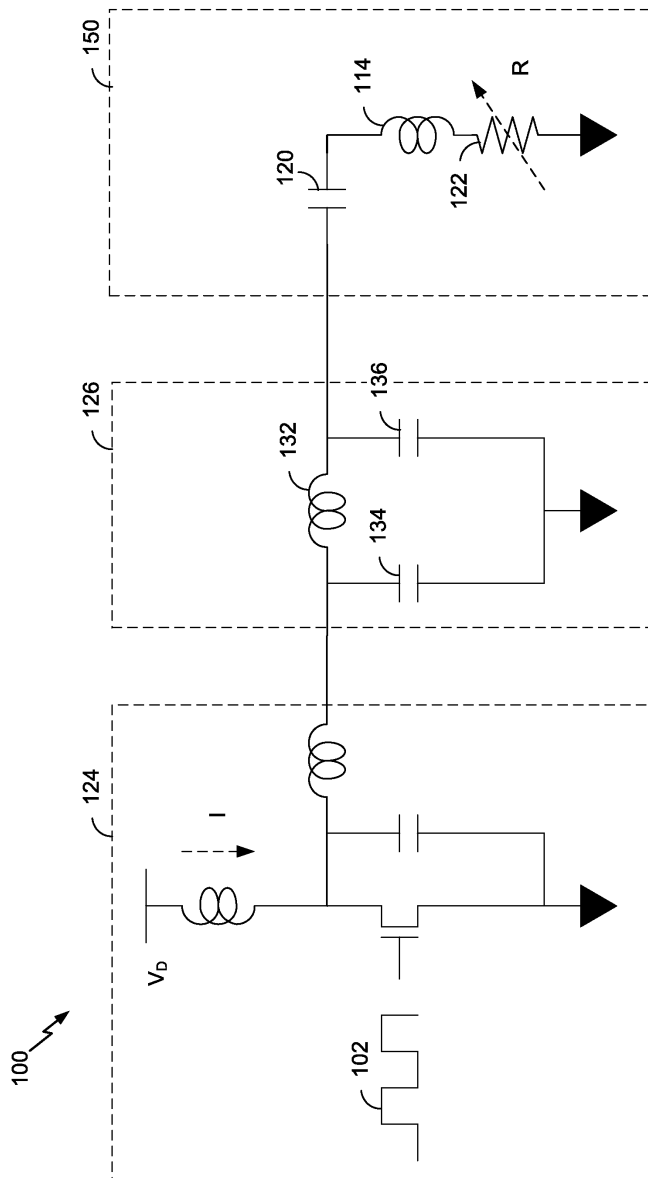
[0084] 또한, 임의의 커넥션이 컴퓨터 판독가능 매체로 적절히 명명된다. 예를 들어, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 꼬임쌍선, 디지털 가입자 라인 ("DSL"), 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들을 이용하여 웹사이트, 서버, 또는 다른 원격 소스로부터 소프트웨어가 송신된다면, 동축 케이블, 광섬유 케이블, 꼬임쌍선, DSL, 또는 적외선, 무선, 및 마이크로파와 같은 무선 기술들은 매체의 정의에 포함된다.

[0085] 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 디스크 (disk) 및 디스크 (disc) 는 콤팩트 디스크 ("CD"), 레이저 디스크, 광학 디스크, 디지털 다기능 디스크 ("DVD"), 플로피 디스크 및 블루레이 디스크를 포함하며, 여기서, 디스크 (disk) 는 통상적으로 데이터를 자기적으로 재생하지만 디스크 (disc) 는 레이저를 이용하여 데이터를 광학적으로 재생한다. 위의 조합들도 컴퓨터 판독가능 매체들의 범위 내에 포함되어야 한다.

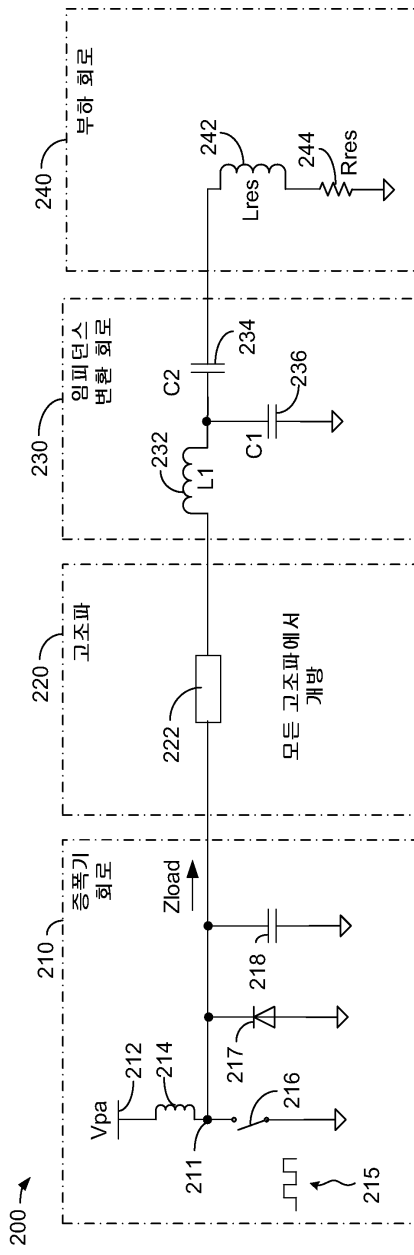
[0086] 따라서, 선택된 양태들이 상세히 도시 및 설명되었지만, 다양한 치환물들 및 변경물들이 다음의 청구항들에 의해 정의되는 바와 같은 본 발명의 사상 및 범위로부터 일탈함없이 그 안에서 행해질 수도 있음이 이해될 것이다.

도면

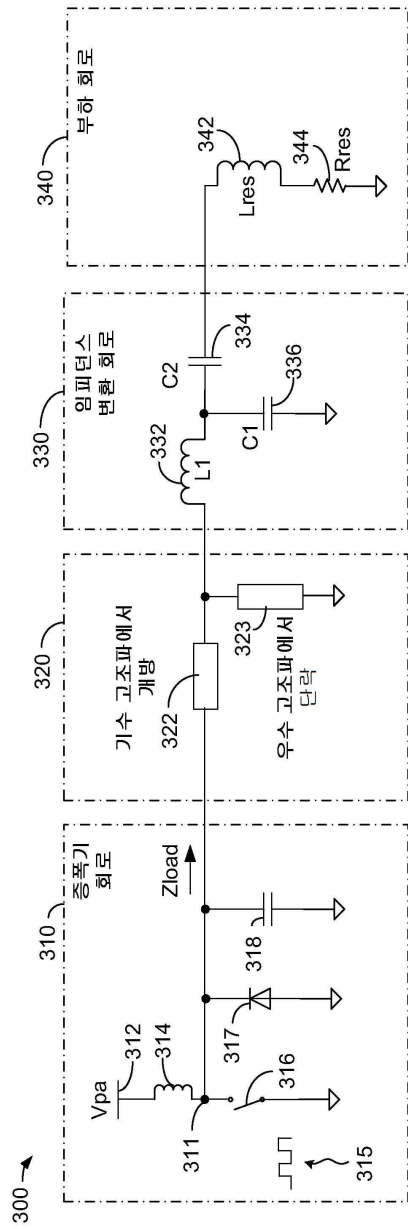
도면1



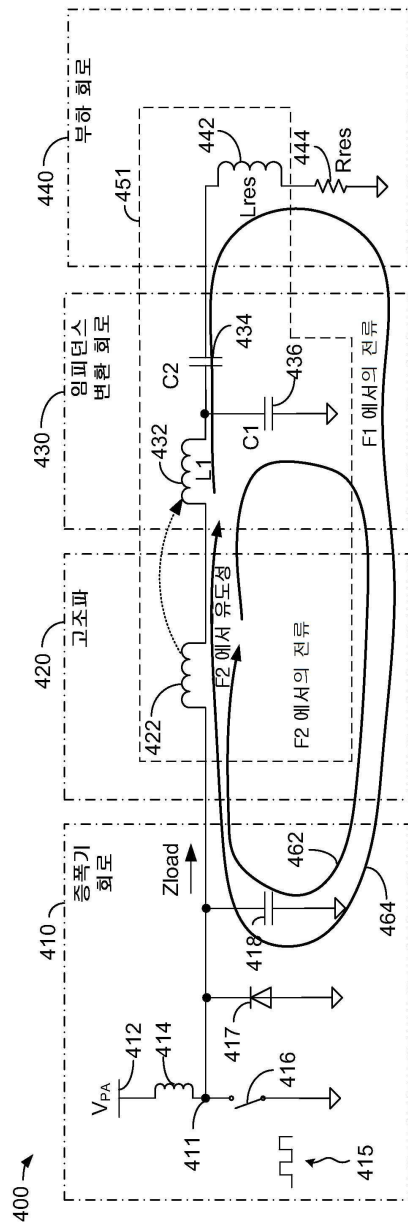
도면2



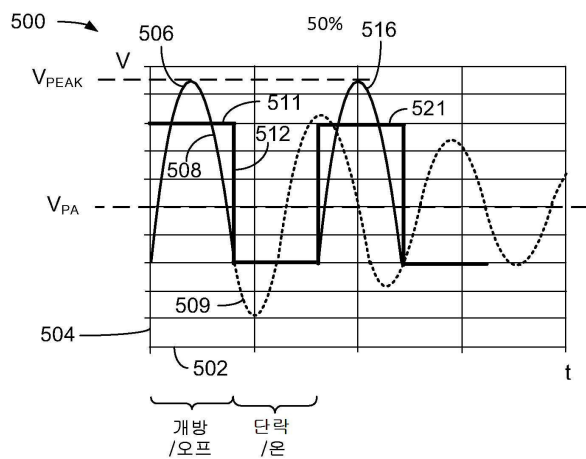
도면3



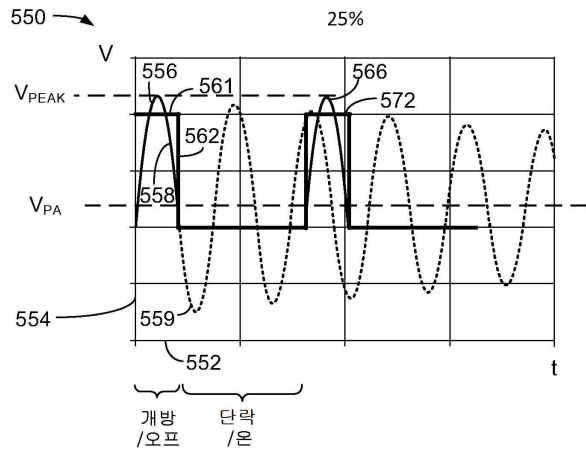
도면4



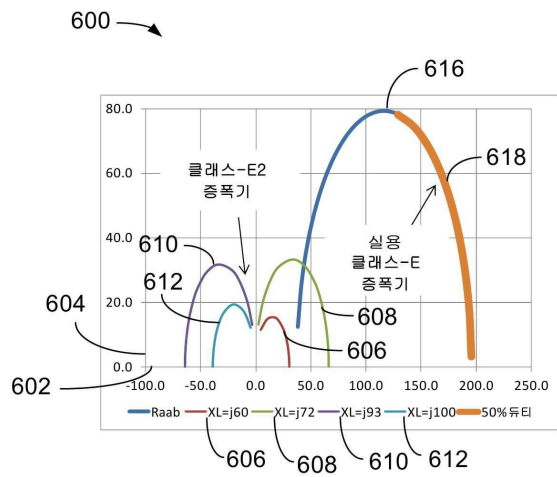
도면5a



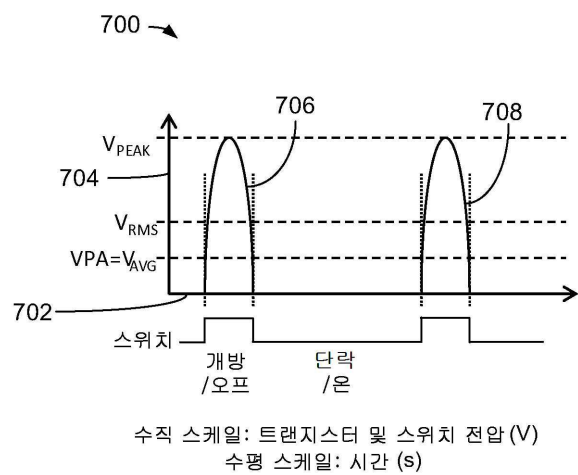
도면5b



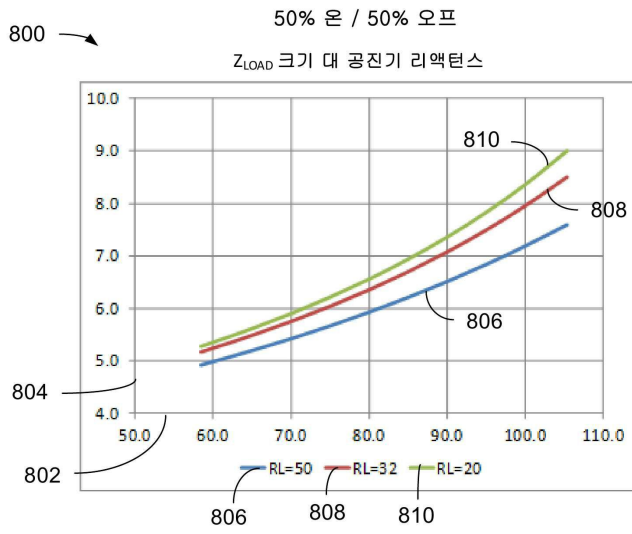
도면6



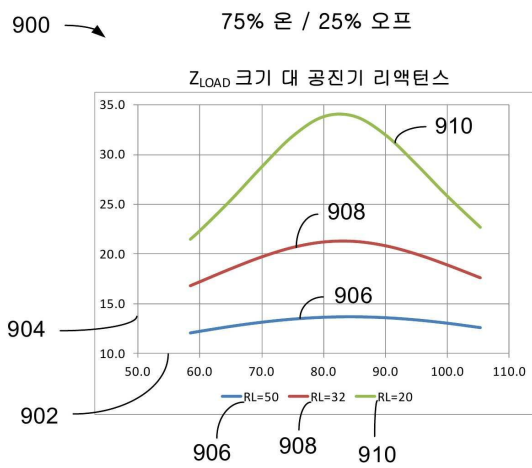
도면7



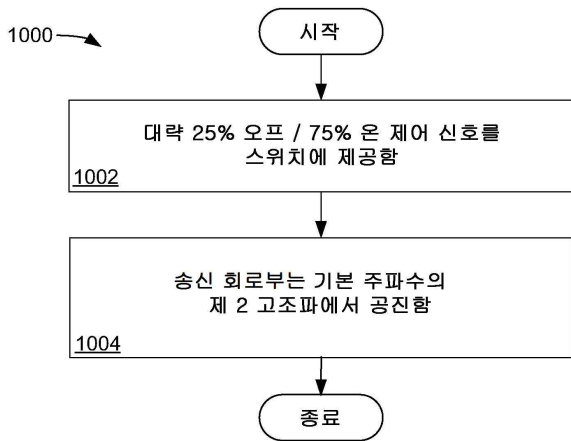
도면8



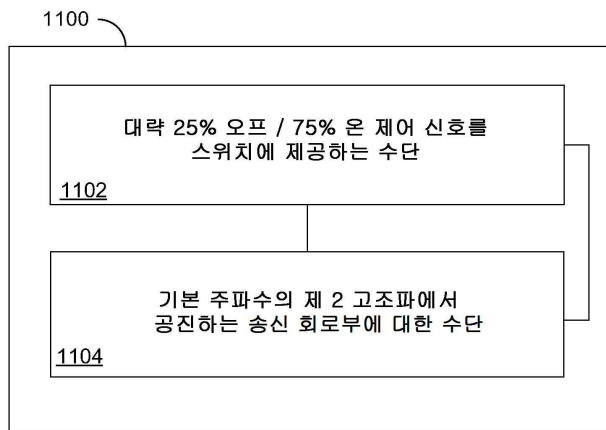
도면9



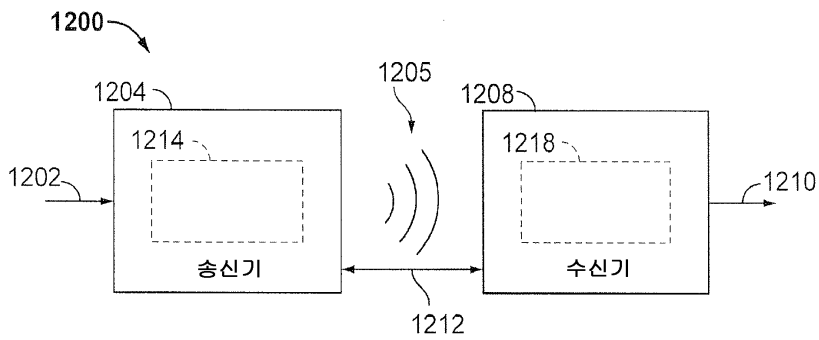
도면10



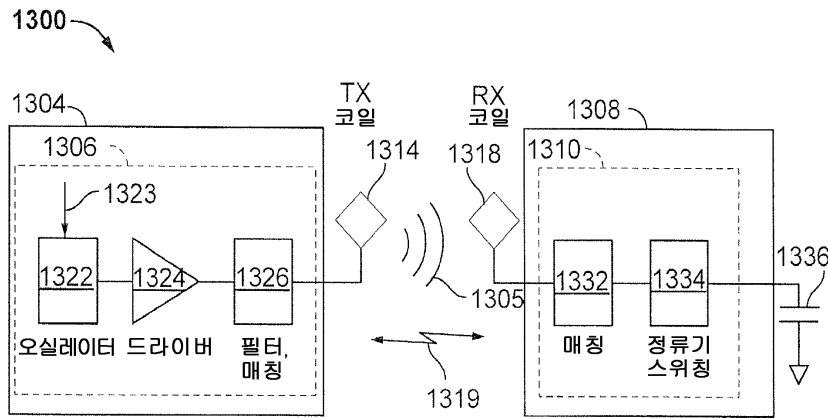
도면11



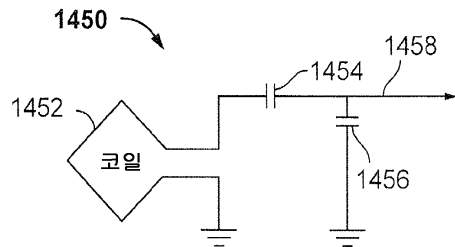
도면12



도면13



도면14



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 15

【변경전】

무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치로서,

스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 전력 송신 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 전력 송신 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 상기 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로;

필터 회로; 및

부하 회로를 포함하며,

상기 필터 회로 또는 상기 필터 회로와 결합된 상기 부하 회로의 적어도 부분은 상기 기본 전력 송신 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성하고,

상기 임피던스 변환 회로는 또한 상기 기본 주파수에서 1/4 파 변환 회로를 형성하도록 구성되는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.

【변경후】

무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치로서,

스위치를 포함하는 증폭기 회로로서, 상기 스위치는 입력 신호에 응답하여 출력 신호를 제공하도록 구성되고, 상기 출력 신호는 기본 전력 송신 주파수에서 제 1 출력 신호 및 상기 기본 전력 송신 주파수의 제 2 고조파에서 제 2 신호를 포함하고, 상기 입력 신호는 공칭 25% 오프, 75% 온 사이클에 따라 상기 스위치를 제어하도록 구성되는, 상기 증폭기 회로;

필터 회로; 및

부하 회로를 포함하며,

상기 필터 회로 또는 상기 필터 회로와 결합된 상기 부하 회로의 적어도 부분은 상기 기본 전력 송신 주파수의 상기 제 2 고조파에서 공진하도록 구성된 임피던스 변환 회로를 형성하고,

상기 임피던스 변환 회로는 또한 상기 기본 전력 송신 주파수에서  $\frac{1}{4}$  파 변환 회로를 형성하도록 구성되는, 무선 필드를 통해 전력을 무선으로 송신하기 위한 장치.