



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0041372
(43) 공개일자 2020년04월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 50/40 (2016.01) H02J 50/12 (2016.01)
H03F 3/217 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H02J 50/40 (2016.02)
H02J 50/12 (2016.02)
- (21) 출원번호 10-2020-7008662
- (22) 출원일자(국제) 2018년08월27일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년03월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/048152
- (87) 국제공개번호 WO 2019/046194
국제공개일자 2019년03월07일
- (30) 우선권주장
62/550,920 2017년08월28일 미국(US)

- (71) 출원인
이피션트 파워 컨버전 코퍼레이션
미국, 캘리포니아 90245, 엘세건도, 스위트 230,
노스 세폴베다 블러바드 909
- (72) 발명자
드 루지, 마이클 에이.
미국 캘리포니아 90094, 플라야 비스타,
에이피티. 418, 크레센트 파크 웨스트 6565
장, 위엔저
미국 캘리포니아 90504, 토런스, 샌드케이트 드라
이브 3760
- (74) 대리인
김영철, 김 순 영

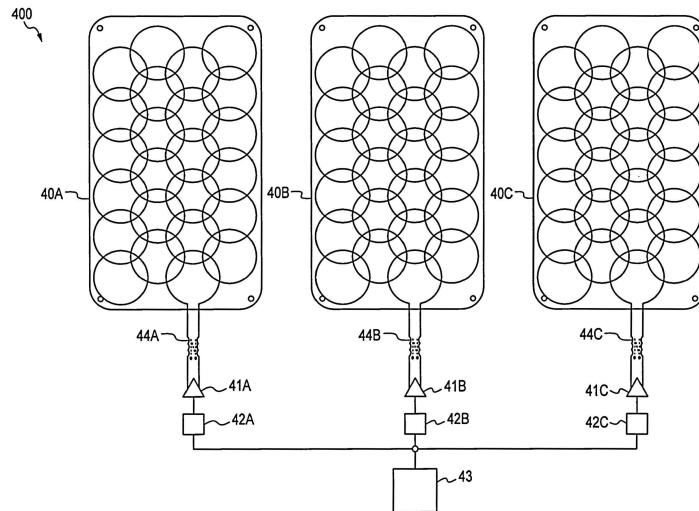
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 멀티 코일 대면적 무선 전력 시스템

(57) 요약

동기화 송신기 및 동기화 송신기로부터 복수의 차동 신호를 수신하고 복수의 제 2 단일 종단 신호를 출력하기 위한 복수의 동기화 수신기를 갖는 대면적 무선 전력 시스템이 개시된다. 동기화 송신기는 제 1 단일 종단 신호를 생성하고, 제 1 단일 종단 신호를, 동기화 수신기에 전력을 제공하는 복수의 차동 라인 쌍을 통해 동기화 수신기로 전송될 복수의 차동 신호로 변환한다. 대면적 무선 전력 시스템은 또한 각각의 동기화 수신기로부터 복수의 제 2 단일 종단 신호를 수신하고 전력을 생성하기 위한 복수의 고전력 증폭기, 및 복수의 고전압 증폭기에 의해 생성된 전력을 수신하고 무선으로 전력을 공급하기 위한 복수의 무선 전력 코일을 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

H03F 3/2173 (2013.01)

H03F 3/2176 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

대면적 무선 전력 시스템으로서,

제 1 단일 중단 신호를 생성하고 상기 제 1 단일 중단 신호를 복수의 차동 신호로 변환하는 동기화 송신기;

상기 동기화 송신기로부터 상기 복수의 차동 신호를 수신하고 복수의 제 2 단일 중단 신호를 출력하는 복수의 동기화 수신기;

상기 동기화 수신기 각각으로부터 상기 복수의 제 2 단일 중단 신호를 수신하고 전력을 생성하기 위한 복수의 고전력 증폭기; 및

상기 복수의 고전력 증폭기에 의해 생성된 전력을 수신하고 무선으로 전력을 제공하기 위한 복수의 무선 전력 코일을 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 동기화 송신기는,

상기 제 1 단일 중단 신호를 생성하는 발진기; 및

상기 제 1 단일 중단 신호를 수신하고 상기 복수의 차동 신호를 생성하기 위한 복수의 차동 드라이버를 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 차동 신호를 상기 동기화 송신기로부터 상기 복수의 동기화 수신기로 전달하기 위한 복수의 차동 케이블을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

각각의 동기화 수신기는,

상기 복수의 차동 신호를 상기 복수의 단일 중단 신호로 변환하기 위한 차동 수신기; 및

상기 단일 중단 신호를 수신하고 상기 고전력 증폭기 각각으로부터 상기 동기화 수신기를 격리하기 위한 격리 드라이버를 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

각각의 차동 수신기는 상기 복수의 차동 케이블 중 각각의 차동 케이블부터 전력을 수신하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 동기화 수신기 각각은 상기 제 2 단일 종단 신호 내의 임의의 위상 지연을 보상하기 위한 지연 보상 회로를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 지연 보상 회로는 상기 차동 수신기로부터 상기 단일 종단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 격리 드라이버에 제공하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 지연 보상 회로는 상기 격리 드라이버로부터 상기 단일 종단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 고전력 증폭기에 제공하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 9

무선 전력 코일에 고 전력을 공급하기 위한 증폭기 회로로서,

차동 드라이버로부터 차동 신호를 수신하고 그 신호를 단일 종단 신호로 변환하는 차동 수신기;

상기 단일 종단 신호를 수신하고 상기 차동 수신기를 격리하기 위한 격리 드라이버;

상기 단일 종단 신호를 수신하고 상기 무선 전력 코일에 전력을 제공하기 위한 고전력 증폭기; 및

신호가 상기 고전력 증폭기에 제공되기 전에 상기 단일 종단 신호 내의 임의의 위상 지연을 보상하기 위한 지연 보상 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는, 증폭기 회로.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 지연 보상 회로는 상기 차동 수신기로부터 상기 단일 종단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 격리 드라이버에 제공하는 것을 특징으로 하는, 증폭기 회로.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 지연 보상 회로는 상기 격리 드라이버로부터 상기 단일 종단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 고전력 증폭기에 제공하는 것을 특징으로 하는, 증폭기 회로.

청구항 12

복수의 전력 코일에 제공된 복수의 전력 신호를 동기화하기 위한 동기화 회로로서,

단일 중단 신호를 생성하고 상기 단일 중단 신호를 복수의 차동 신호로 변환하는 동기화 송신기;
 상기 동기화 송신기로부터 상기 복수의 차동 신호를 수신하고 상기 복수의 차동 신호를 복수의 동기화된 단일 중단 신호로 변환하는 복수의 동기화 수신기; 및
 복수의 동기화된 단일 중단 신호 내의 위상 지연을 보상하기 위한 지연 보상 회로를 포함하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 13

제 12 항에 있어서,
 상기 동기화 송신기는,
 상기 단일 중단 신호를 생성하기 위한 발진기; 및
 상기 단일 중단 신호를 수신하고 상기 복수의 차동 신호를 생성하기 위한 복수의 차동 드라이버를 포함하며,
 상기 복수의 차동 신호를 상기 동기화 송신기로부터 상기 복수의 동기화 수신기로 전달하기 위한 복수의 차동 케이블을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 14

제 12 항에 있어서,
 각각의 동기화 수신기는,
 상기 복수의 차동 신호 중 각각의 차동 신호를 상기 복수의 동기화된 단일 중단 신호 각각으로 변환하기 위한 차동 수신기; 및
 상기 복수의 동기화된 단일 중단 신호 각각을 수신하고 상기 고전력 증폭기로부터 상기 동기화 수신기를 격리하기 위한 격리 드라이버를 포함하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 15

제 12 항에 있어서,
 상기 지연 보상 회로는 상기 차동 수신기로부터 상기 동기화된 단일 중단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 격리 드라이버에 제공하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 16

제 12 항에 있어서,
 상기 지연 보상 회로는 상기 격리 드라이버로부터 상기 동기화된 단일 중단 신호를 수신하고 위상 지연 보상된 신호를 상기 고출력 증폭기에 제공하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 17

제 12 항에 있어서,
 상기 지연 보상 회로는 상기 발진기로부터 상기 단일 중단 신호를 수신하고 위상 지연 보상 신호를 상기 복수의 차동 드라이버에 제공하는 것을 특징으로 하는, 동기화 회로.

청구항 18

대면적 무선 전력 시스템으로서,

공진 대면적 코일;

유도 코일; 및

상기 유도 코일에 전력을 공급하여 상기 유도 코일이 상기 공진 대면적 코일 내에 자기장을 유도하게 하는 고전류 증폭기를 포함하는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 고전류 증폭기는 차동 모드 ZVS 클래스 D 증폭기들 간의 순환 전류를 방지하기 위해 전류 밸런싱 인덕터를 사용하여 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 ZVS 클래스 D 증폭기로 구성된 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 고전류 증폭기는 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 클래스 E 증폭기로 구성된 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

청구항 21

대면적 무선 전력 시스템으로서,

대면적 코일; 및

상기 대면적 코일에 전력을 제공하는 고전압 증폭기를 포함하고,

상기 고전압 증폭기는 멀티-레벨 구성으로 적층된 복수의 ZVS 클래스 D 증폭기를 갖고, 상기 복수의 ZVS 클래스 D 증폭기 각각은 동기식으로 스위칭되는 것을 특징으로 하는, 대면적 무선 전력 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 복수의 고 공진 무선 전력 코일을 통해 대면적에 걸쳐 무선 충전하고, 전력 코일에 제공되는 신호들을 동기화하기 위한 전력 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 고 공진 전자기 유도를 이용하는 무선 전력 전송 시스템("무선 에너지 전달 시스템"이라고도 함)에 많은 개발이 진행되고 있다. 일반적으로, 이러한 시스템은 전력원 및 전송 코일 뿐만 아니라 전력을 공급받을 장치(즉, 부하)에 연결된 수신 코일을 포함한다. 무선 전력 전송 시스템의 아키텍처는 소스에서 부하로 에너지를 전달하는데 사용되는 고주파 교류 자기장을 생성하기 위해 코일을 사용하는 것에 중점을 둔다. 전력원은 에너지를 전압과 전류의 형태로 전송 코일에 전달하고, 전송 코일은 인가된 전압과 전류가 변함에 따라 변하는 코일 주위 자기장을 생성한다. 전자기파는 코일에서 자유 공간을 통해 부하에 연결된 수신 코일로 진행한다. 전자기파가 수신 코일을 통과할 때, 수신 코일이 포착하는 에너지에 비례하여 수신 코일 내에 전류가 유도된다.

[0003] 무선 전력 전송 시스템을 위한 하나의 공지된 코일 레이아웃은 기본 나선 루프(basic spiral loop)이다. 도 1은 기본 나선 루프 코일을 도시한다. 기본 나선 루프 코일에서, 코일의 인덕턴스(L)는 N^2 에 비례하며, 여기서

N은 코일의 턴 수이다. 이러한 유형의 코일은 일반적으로 20W 미만의 소형 저전력 시스템에 사용된다.

- [0004] 다른 공지된 코일 레이아웃은 기본 인터리브 나선 루프(basic interleaved spiral loop)이다. 도 2는 2 개의 인터리브 루프 권선을 포함하는 기본 인터리브 나선 루프 코일을 도시한다. 하나의 권선은 하나의 실선으로 도시된다. 다른 권선은 점선으로 도시된다. 도 2에서 두 권선은 높은 인덕턴스를 위해 직렬로 구성되거나 낮은 인덕턴스를 위해 병렬로 구성될 수 있다. 이러한 유형의 루프 코일은 일반적으로 무선 전력 송신기(즉, 전원 측)에서 사용된다. 도 2에 도시된 미리 이미지 패턴은 충전 표면에(코일로부터 특정 거리에) 거의 균일한 자기장을 제공한다. 이러한 유형의 루프 코일은 중간 전력 애플리케이션(최대 70W 시스템)에 사용된다. 코일의 물리적 크기는 대략 12 제곱인치로 제한된다.
- [0005] 다른 코일 레이아웃은 2018년 3월 15일에 출원된 미국 특허 출원번호 제15/922,286호에 개시되어 있다. 일례는 도 3에 도시된 코일 레이아웃이다. 도 3은 PCB상의 다중 루프의 단일 코일(10)을 사용하여 형성된 코일 클러스터로 형성된 다중 루프를 도시한다. 단일 코일(10)은 복수의 원형 루프의 패턴을 형성하기 위해 PCB 상에 권취된다. 복수의 원형 루프들은 직렬로 연결되어 있다. 코일 클러스터는 복수의 원형 루프의 패턴을 유지하기 위해 제공되며, 루프는 수평 및 수직 방향으로 모두, 각각의 인접한 루프로부터 등거리에 있다. 이것은 코일 클러스터가 다른 코일 클러스터와 분리되도록 코일 클러스터가 중첩될 때 코일 루프의 패턴이 유지되게 만든다. 이것은 또한 연결된 코일 클러스터의 각각의 인접한 루프가 서로 분리되게 만든다. 이러한 루프의 분리를 통해, 직렬 연결된 작은 루프들의 조합으로 인한 인덕턴스는 동등한 크기의 권선 코일에 비해 비교적 낮다. 저 인덕턴스의 코일은 가상 임피던스 변화에 대한 환경의 영향이 적기 때문에 무선 전력 전송에 유리하다.
- [0006] 대면적에 전력을 제공하기 위해 사용될 때 이러한 무선 전력 시스템에 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어, 코일 면적이 증가할수록, 방사되는 자기장의 부피가 증가하여 생체 조직으로의 비흡수율(SAR: specific absorption rate)이 증가하고 EMI 방사 수준이 증가하여 방사 방출 한계를 준수하는 것이 더 어려워질 수 있다.
- [0007] 큰 코일 면적의 다른 효과는 인덕턴스의 증가이며, 따라서 6.78 MHz의 고 공진 무선 전력 애플리케이션을 위한 고정된 ISM(industrial, scientific and medical) 대역으로 코일을 튜닝하는 것은 항상 커패시턴스의 감소를 요구한다. 커패시턴스가 작을수록 허용 공차의 영향이 커지고, 이는 코일을 공진 유지하기 어렵고 생산에 실용적이지 않게 만든다. 높은 인덕턴스는 튜닝 커패시터 전체에 고전압 응력을 야기한다. 이 전압은 쉽게 1000V를 초과할 수 있다.
- [0008] 대면적 코일의 부수적 효과는 대면적 코일이 외부 금속 물체의 존재, 장치(부하)로부터의 용량성 커플링 및 부하 전력 요구와 같은 사용 사례 변화로 인한 가상 임피던스 시프팅에 더욱 민감해진다는 것이다.
- [0009] 다른 문제는 대면적 코일에 전형적으로 사용되는 고주파(6.78 MHz) 증폭기가, 더 높은 전압 및/또는 전류 FET를 사용할 때에도, 장치 전압 정격 및 설계 한계로 인해 최대 출력 전력에 제한을 갖는다는 것이다.
- [0010] 따라서, 상기 문제를 해결하는 대면적 무선 전력 시스템을 제공할 필요성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0011] 일 실시예에서, 복수의 코일을 포함하는 대면적 무선 전력 시스템이 제공된다. 장거리에 걸쳐 복수의 코일에 전력을 공급할 때 타이밍 왜곡과 지터(jitter)가 문제가 될 수 있기 때문에, 타이밍 왜곡과 지터를 줄이기 위해 동기화 회로가 제공된다. 동기화 회로는 또한 코일들에 제공된 신호들이 동위상이거나 적어도 임의의 최대 위상 지연 임계값 내에 있도록 신호 내 위상 지연을 보상할 수 있다. 신호들이 동위상임을 보장하는 것은 하나 이상의 코일로부터 전력을 수신할 수 있는 큰 부하에게 중요하다.
- [0012] 예시적인 실시예에서, 대면적 무선 전력 시스템은 동기화 송신기 및 동기화 송신기로부터 복수의 차동 신호를 수신하고 복수의 제 2 단일 종단 신호(single-ended signal)를 출력하기 위한 복수의 동기화 수신기를 갖는다. 동기화 송신기는 제 1 단일 종단 신호를 생성하고 제 1 단일 종단 신호를 복수의 차동 신호로 변환한다. 대면적 무선 전력 시스템은 또한 각각의 동기화 수신기로부터 복수의 제 2 단일 종단 신호를 수신하고 전력을 생성하기 위한 복수의 고전력 증폭기, 및 복수의 고전력 증폭기에 의해 생성된 전력을 수신하고 전력을 무선으로 제

공하기 위한 복수의 무선 전력 코일을 포함한다.

- [0013] 다른 실시예에서, 대면적 무선 전력 시스템은 공진 대면적 코일, 더 작은 유도 코일 및 유도 코일에 전력을 공급하여 유도 코일이 공진 대면적 코일 내로 자기장을 유도하게 하기 위한 고전류 증폭기를 포함한다. 고전류 증폭기는, 예를 들어 전류 밸런싱 인덕터를 사용하여 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 ZVS 클래스 D 증폭기로서 구성될 수 있고 또는 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 클래스 E 증폭기로서 구성될 수 있다.
- [0014] 다른 실시예에서, 대면적 무선 전력 시스템은 대면적 코일 및 대면적 코일에 전력을 제공하기 위한 고전압 증폭기를 포함한다. 고전압 증폭기는 멀티-레벨 구성으로 적층된 복수의 ZVS 클래스 D 증폭기를 포함하고, 각각의 ZVS 클래스 D 증폭기는 동기식으로 스위칭된다.
- [0015] 또한, 무선 전력 코일에 고전력을 제공하는 증폭기 회로가 설명된다. 증폭기 회로는 차동 드라이버로부터 차동 신호를 수신하고 그 신호를 단일 종단 신호로 변환하기 위한 차동 수신기를 포함한다. 증폭기 회로는 단일 종단 신호를 수신하고 차동 수신기를 격리하기 위한 격리 드라이버 및 단일 종단 신호를 수신하고 무선 전력 코일에 전력을 제공하기 위한 고전력 증폭기를 더 포함한다. 증폭기 회로는 또한 신호가 고전력 증폭기에 제공되기 전에 단일 종단 신호 내의 임의의 위상 지연을 보상하기 위한 지연 보상 회로를 포함한다.
- [0016] 또한, 복수의 전력 코일에 제공된 복수의 전력 신호를 동기화하기 위한 동기화 회로가 설명된다. 동기화 회로는 단일 종단 신호를 생성하는 발진기 및 단일 종단 신호를 복수의 차동 신호로 변환하기 위한 동기화 송신기를 포함한다. 동기화 회로는 동기화 송신기로부터 복수의 차동 신호를 수신하고 복수의 차동 신호를 복수의 동기화된 단일 종단 신호로 변환하기 위한 복수의 동기화 수신기를 더 포함한다. 동기화 회로는 또한 복수의 동기화된 단일 종단 신호 내의 위상 지연을 보상하기 위한 지연 보상 회로를 포함한다.
- [0017] 본 발명의 다른 특징 및 장점은 첨부 도면과 함께 아래의 상세한 설명에 의해 더 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 기본 나선 루프 코일을 도시한다.
- 도 2는 2 개의 인터리브 루프 권선을 포함하는 기본 인터리브 나선 루프 코일을 도시한다.
- 도 3은 공지된 다중 루프 코일 클러스터를 도시한다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 대면적 무선 전력 시스템을 도시한다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 동기화 회로를 도시한다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 지연 보상 회로를 도시한다.
- 도 7은 대면적 무선 전력 시스템의 일 실시예를 도시한다.
- 도 8은 대면적 무선 전력 시스템의 일 실시예를 도시한다.
- 도 9는 병렬 고전류 ZVS 클래스 D 증폭기의 일 실시예를 도시한다.
- 도 10은 병렬 고전류 ZVS 클래스 E 증폭기의 일 실시예를 도시한다.
- 도 11은 대면적 무선 전력 시스템의 일 실시예를 도시한다.
- 도 12는 고 전압 멀티-레벨 ZVS 클래스 D 증폭기의 일 실시예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 대면적 무선 전력 시스템(400)을 도시한다. 무선 전력 시스템(400)은 3 개의 코일(40A, 40B, 40C)을 갖지만, 전력을 제공하는 면적의 크기에 기초하여 더 많거나 적은 코일이 사용될 수 있다. 도 4 및 아래의 도면은 도 3의 다중 루프 구성을 도시하지만, 코일(40A, 40B 및 40C)은 임의의 코일 유형일 수 있다. 각각의 코일은 각각의 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C)에 연결된다. 코일(40A, 40B, 40C)은 개별 단계에서 스케일링(scale)되지만, 2 개 이상의 코일에 연결할 만큼 충분히 큰 임의의 부하가 각 코일로부터 동위상의 전력을 수신함을 보장하기 위해 각 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C) 간의 정확한 동기화가 필요하다. 그러나, 무선 전력 증폭기들 간의 물리적 거리는 낮은 지터 및 타이밍 왜곡을 갖는 동기 신호를 분배하는 것을 어렵게 만든다. 이와 관련하여, 각각의 무선 전력 증폭기는 동기화 수신기(42A, 42B, 42C) 및 동기화 송신기(43)를 포함하는 동기화 회로(50)에 연결된다. 또한, 이 실시예에서, 코일(40A, 40B, 40C)은 -17 dB의 최

대 결합을 갖도록 하는 방식으로 물리적으로 이격된다.

[0020] 고 공진 무선 전력 애플리케이션을 위한 ISM 주파수 6.78 MHz에서, 코일 클러스터의 대면적은 그들 사이의 용량성 커플링을 증가시킨다. 이 용량성 커플링은 공통 모드 전류를 위한 경로를 제공한다. 공통 모드 전류는 EMI 문제, 원치 않는 가열 및 성능 저하를 야기한다. 이러한 공통 모드 문제를 극복하기 위해, 적합한 공통 모드 초크(44A, 44B, 44C)는 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C)와 코일(40A, 40B, 40C) 사이에 연결된다. 공통 모드 초크(44A, 44B, 44C)는 바람직하게는 바이필라 권선이고(bifilar wound), 바람직하게는 두꺼운 플라스틱 절연체를 사용하여 커패시턴스를 감소시켜 코어 재료에 직접적으로 손실을 유도한다.

[0021] 도 5는 바람직한 실시예에 따라 동기화 회로(50)를 함께 포함하는, 도 4의 동기화 송신기(43) 및 동기화 수신기(42A, 42B, 42C)의 블록도를 도시한다. 동기화 회로(50)는 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)에 의해 복수의 동기화 수신기(42A, 42B, 42C)에 연결된 동기화 송신기(43)를 포함한다. 동기화 송신기(43)는 무선 전력 시스템(400)에 단일 중단 클록 신호를 제공하는 발진기(52), 단일 중단 클록 신호를 차동 신호로 변환하는 차동 드라이버(53A, 53B, 53C) 및 각각의 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)에 전력을 제공하는 DC 전원(54)을 포함한다. 발진기(52)에 의해 공급되는 신호의 주파수는 바람직하게는 고 공진 무선 전력 애플리케이션을 위한 ISM 대역인 6.78 MHz이다. 각각의 동기화 수신기(42A, 42B, 42C)는 격리 드라이버(56A, 56B, 56C)에 연결된 차동 수신기(55A, 55B, 55C)를 포함한다.

[0022] 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)은 발진기(52)로부터 각각의 차동 수신기(55A, 55B, 55C)로 클록 신호를 분배하기 위해 사용된다. 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)은 무선 전력 전자기장으로부터의 내성을 제공하기 위해 사용되고 지터 및 타이밍 에러를 유발할 수 있는 반사를 방지하는 고정 임피던스, 바람직하게는 50Ω 또는 100 Ω를 갖는다. 각각의 동기화 수신기(42A, 42B, 42C)는 각각의 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)으로부터 차동 신호를 수신하고 그 차동 신호를 각각의 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C)에 연결된 격리 드라이버(56A, 56B, 56C)의 형태로, 격리 장벽을 통해 전송되는 단일 중단 신호로 변환한다. 각각의 차동 수신기(55A, 55B, 55C)의 출력은 각각의 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C) 사이의 고주파 저임피던스 경로를 제거하기 위해 격리된 드라이버(56A, 56B, 56C)에 공급된다. 각각의 차동 수신기(55A, 55B, 55C)는 바람직하게는 각각의 차동 전송 라인 쌍(51A, 51B, 51C)을 통해 DC 전원(54)으로부터의 DC 전력을 수신한다. 각각의 격리된 드라이버는 바람직하게는 각각의 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C)에 의해 전력을 공급 받는다.

[0023] 복수의 코일이 동기화될 때, 다양한 길이의 케이블이 필요하다. 그러나, 길이가 상이한 케이블을 사용하면, 각 수신기에서의 다른 신호와 비교하여 위상차가 발생할 수 있다. 전술한 바와 같이, 다양한 코일들이 동위상인 것이 중요하다. 이 문제를 해결하는 한 가지 방법은 동기화 송신기를 동기화 수신기에 연결하는데 동일한 길이의 케이블을 사용하는 것이다. 그러나, 송신기와 수신기 사이의 거리가 짧은 코일의 경우, 케이블의 다발화를 야기할 수 있고, 이것은 다발화된 케이블을 보관할 공간을 필요로 한다. 따라서, 이 솔루션은 바람직하지 않다. 다른 솔루션은 도 5에 도시된 바와 같이 각각의 동기화 회로에 지연 보상 회로(57A, 57B, 57C)를 포함하는 것이다. 케이블이 가장 짧은 경우 지연 보상 회로는 더 긴 지연을 추가하도록 구성될 수 있다. 케이블이 중간 길이인 경우 지연 보상 회로는 중간 지연을 추가하도록 구성될 수 있다. 케이블이 가장 긴 경우 지연 보상 회로는 필요하지 않으며, 모든 지연 회로 설정에 대한 지연 기준으로서의 역할을 수행한다. 모든 추가된 지연들은 각각의 수신기에 대한 다양한 신호들 간의 최소 위상차의 목표, 바람직하게는 200 ps 이하를 달성하도록 의도된다.

[0024] 지연 보상 회로(57A, 57B, 57C)는 도 5에 도시된 바와 같이 차동 수신기(55A, 55B, 55C)와 격리 드라이버(56A, 56B, 56C) 사이에 배치되는 것이 바람직하다. 또한, 지연 보상 회로(57A, 57B, 57C)는 격리 드라이버(56A, 56B, 56C) 뒤에 그리고 무선 전력 증폭기(41A, 41B, 41C) 이전에 배치될 수도 있고, 또는 발진기(52)와 동기화 송신기(43)의 차동 드라이버(53A, 53B, 53C) 사이에 배치될 수도 있다. 도 6은 예시적인 지연 보상 회로(57A, 57B, 57C)를 도시하고, 예시적인 지연 보상 회로가 지연을 보상하기 위해 동작하는 방법을 그래프로 도시한다. 도 6에 도시된 지연 보상 회로는 예시적인 것이며, 임의의 공지된 지연 보상 회로가 사용될 수 있다.

[0025] 도 7은 무선 전력 시스템(70)을 갖는 본 발명의 대안의 실시예를 도시한다. 무선 전력 시스템(70)은 코일(40A, 40B, 40C)이 미국 특허 출원 번호 제 15/922,286호에 기술된 바와 같이 부분적으로 중첩한다는 점을 제외하고는 무선 전력 시스템(400)(도 4)과 거의 동일하다.

[0026] 도 8은 다른 실시예에 따른 대면적 무선 전력 시스템(80)을 도시한다. 대면적 무선 전력 시스템(80)은 공진 대면적 코일(81) 및 더 작은 유도 코일(82)을 사용한다. 고 전류 증폭기(83)에 의해 구동되는 더 작은 유도 코일(82)은 공진 대면적 코일(81) 내로 자기장을 유도하고, 공진을 통해 자기장을 강화시킨다. 더 작은 유도 코일

(82)은 고전류 1 차이다, 즉, 공진 대면적 코일(81) 내에 고 전력을 유도하기 위한 전류는 더 작은 유도 코일에 대해 높은 전류를 야기하고 전류 변환기처럼 행동한다. 더 작은 유도 코일(82)은 튜닝될 수도 있고 튜닝되지 않을 수도 있다. 공진 대면적 코일(81)은 저 전류 코일이며 튜닝된다.

[0027] 대면적 무선 전력 시스템(80) 내의 2 개의 코일(81, 82)의 조합은 정확한 전류를 생성하기 위한 전류 변환기로서의 역할을 수행한다. 도 4의 대면적 무선 전력 시스템(400)에 비해 대면적 무선 전력 시스템(80)의 2-코일 접근법의 주요 이점은 공진 대면적 코일(81)이 전력 표면적 위에 주기적인 작은 갭 없이 균일한 필드를 생성하도록 설계될 수 있다는 것이다. 그러나, 대면적 무선 전력 시스템(80)의 2-코일 접근법은 유도 코일 면적의 증가로 인해 매우 넓은 면적으로 스케일링될 수 있는 능력이 제한되어 있다. 또한, 유도 코일과 공진 코일 모두 대면적에 적합한 특성을 가져야 한다.

[0028] 고전류 증폭기(83)는, 예를 들어, 차동 모드 ZVS 클래스 D 증폭기 또는 도 10에 도시된 바와 같이 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 클래스 E 증폭기 사이의 순환 전류를 방지하기 위해, 도 9에 도시된 바와 같이 전류 밸런싱 인덕터(LB1, LB2, LB2, LB4)를 사용하여 병렬로 배열된 2 개의 차동 모드 ZVS 클래스 D 증폭기 일 수 있다. 이 두 경우 모두 전류를 증가시켜 코일로의 전력을 증가시킨다. 이러한 병렬 증폭기는 미국 특허 제 9,331,061 호에 보다 상세하게 기술되어있다. 도 9 및 도 10의 각각의 증폭기 토폴로지에 사용된 각각의 FET에 대한 게이트 신호 타이밍은 또한 손실 증가로 이어질 수 있는 전류 불균형 또는 순환을 방지하기 위해 정확한 타이밍을 요구한다. 이것은 지연 보상 회로(57A, 57B, 57C)와 유사한 방식으로 신호가 좁은 윈도우 내에 도달하도록, 동등한 신호 전송 경로 길이와 함께 저 지연 게이트 드라이버가 사용될 것을 요구한다.

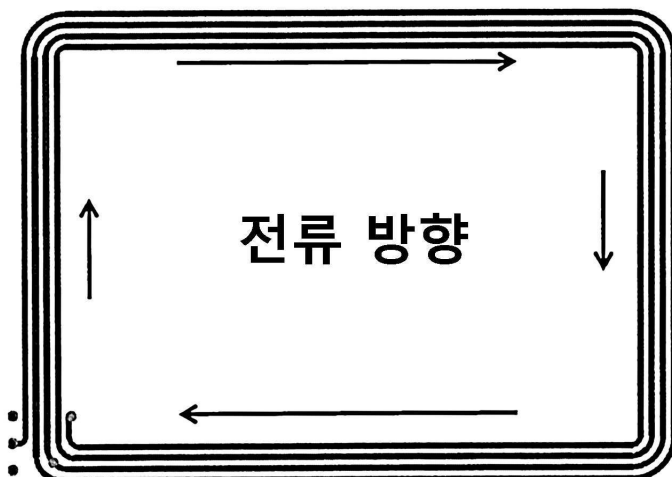
[0029] 도 11은 다른 실시예에 따른 대면적 무선 전력 시스템(110)을 도시한다. 대면적 무선 전력 시스템(110)은 고전압 증폭기(112)에 의해 전력을 공급받는 하나의 대형 코일(111)만을 사용한다. 무선 전력 시스템(110)은 코일에 충분한 전류를 유도하기에 충분한 구동 전압을 제공함으로써 대형 코일과 관련된 문제를 극복한다.

[0030] 도 12는 고전압 증폭기(112)의 예시적인 실시예를 도시한다. 고전압 증폭기(112)는 멀티-레벨 구성으로 적층된 복수의 ZVS 클래스 D 증폭기를 포함하며, 여기서 모든 증폭기는 동기식으로 스위칭될 필요가 있다. 멀티-레벨 변환기에 고유하게, 고전압 증폭기(112)는 더 낮은 스위칭 주파수를 허용하면서 부하에 대한 출력 주파수를 증가시킨다. 이것은 이러한 토폴로지의 많은 장치에 대한 손실을 낮게 유지한다. 이 토폴로지는 ZVS 클래스 D 토폴로지가 각 개별 레벨(하프 브리지)에 대한 ZVS를 보장하는데 사용되는 멀티-레벨 변환기로 확장된다. 도 12는 차동 모드 구성을 도시하지만, 고전압 증폭기(112)는 단일 종단형일 수도 있다.

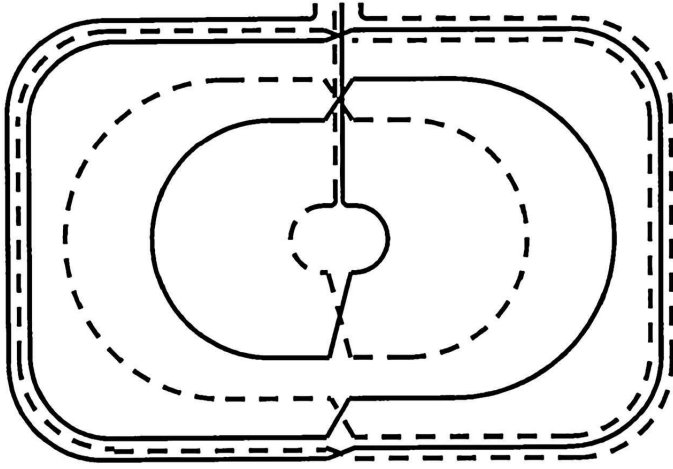
[0031] 상기 상세한 설명에서, 특정 실시예가 참조된다. 이 실시예들은 당업자가 실시할 수 있도록 충분히 상세하게 설명된다. 다른 실시예들이 이용될 수 있고 다양한 구조적, 논리적 및 전기적 변경이 이루어질 수 있음을 이해해야 한다. 또한, 특정 실시예가 에너지 전달 시스템과 관련지어 설명되었지만, 여기에 설명된 특징은 일반적으로 다른 유형의 회로에 적용 가능하다는 것을 이해해야 한다.

도면

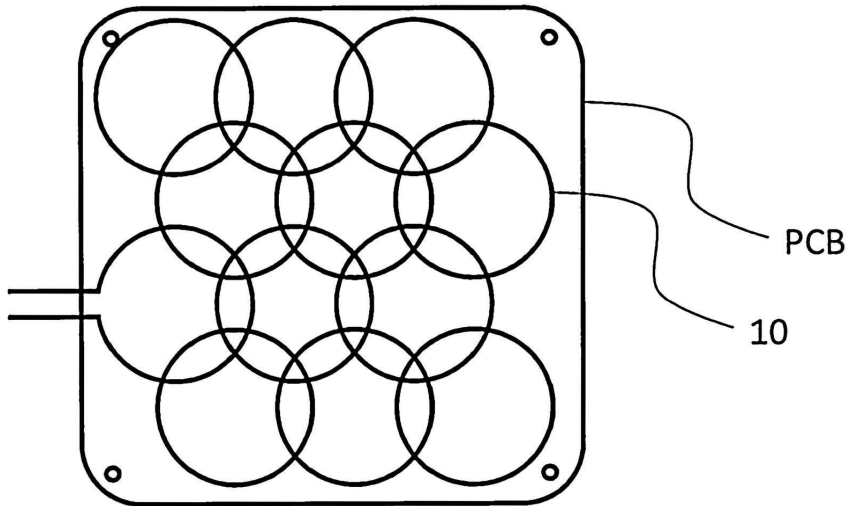
도면1



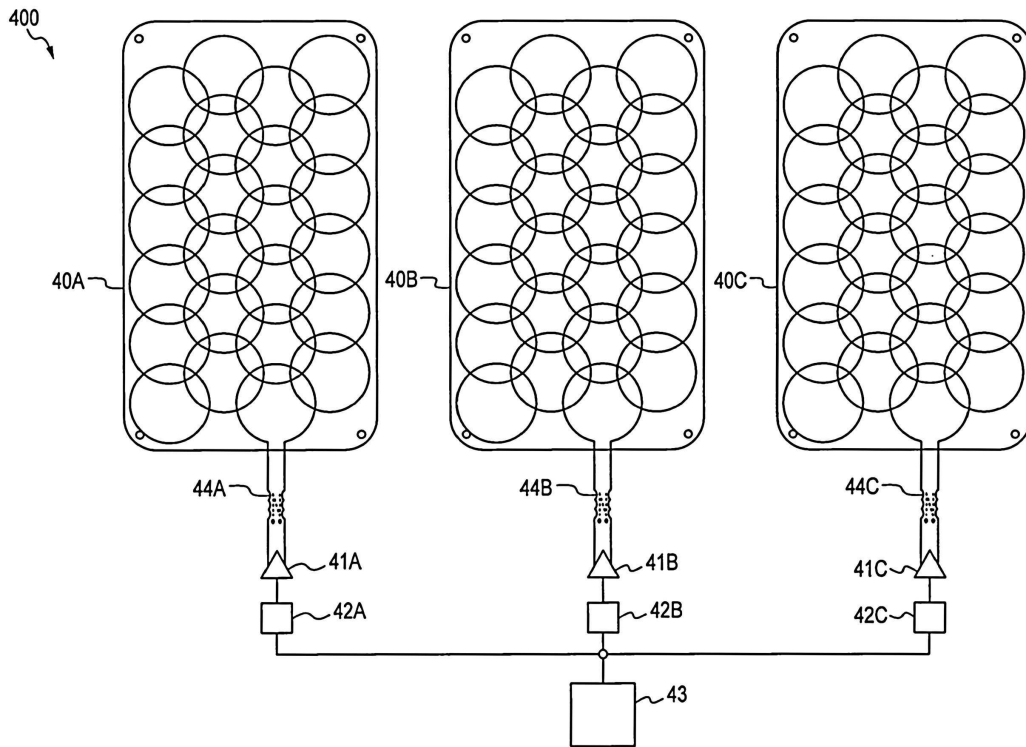
도면2



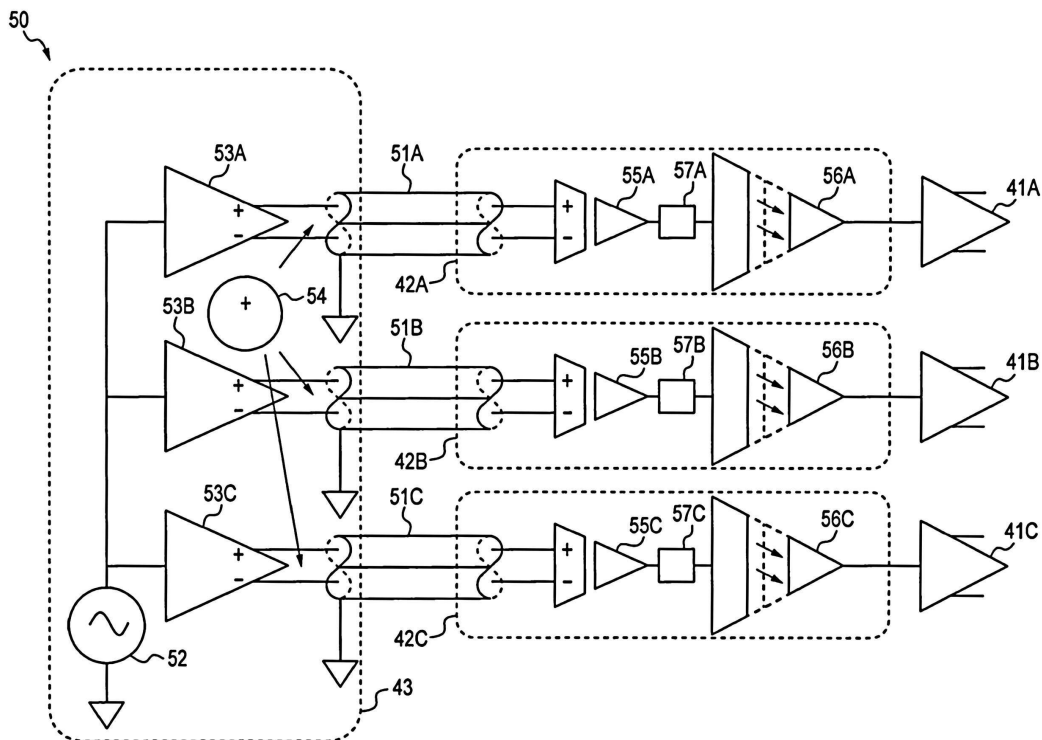
도면3



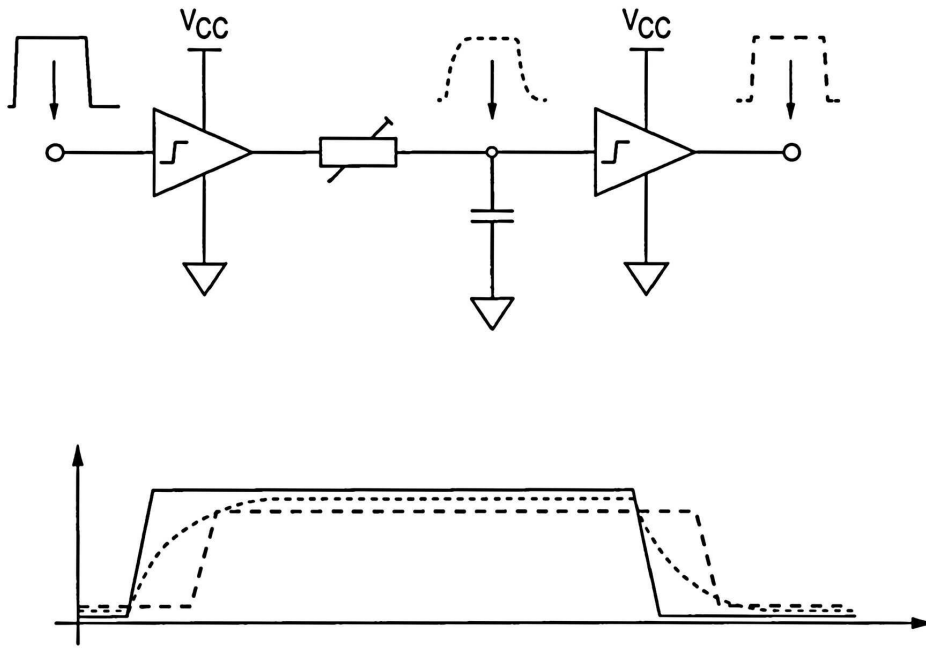
도면4



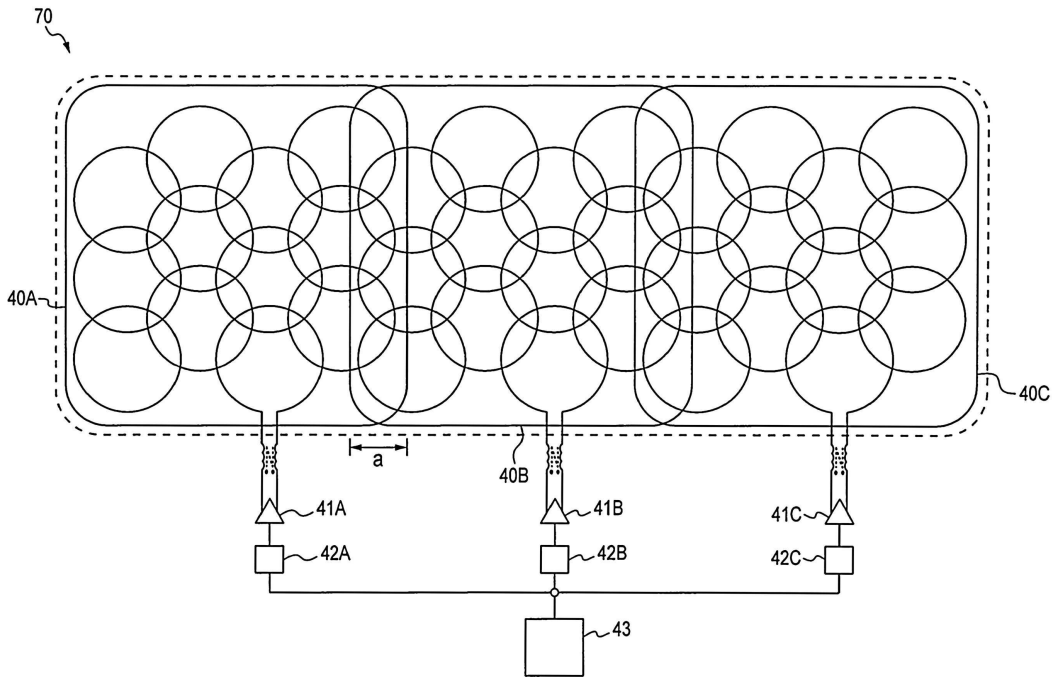
도면5



도면6

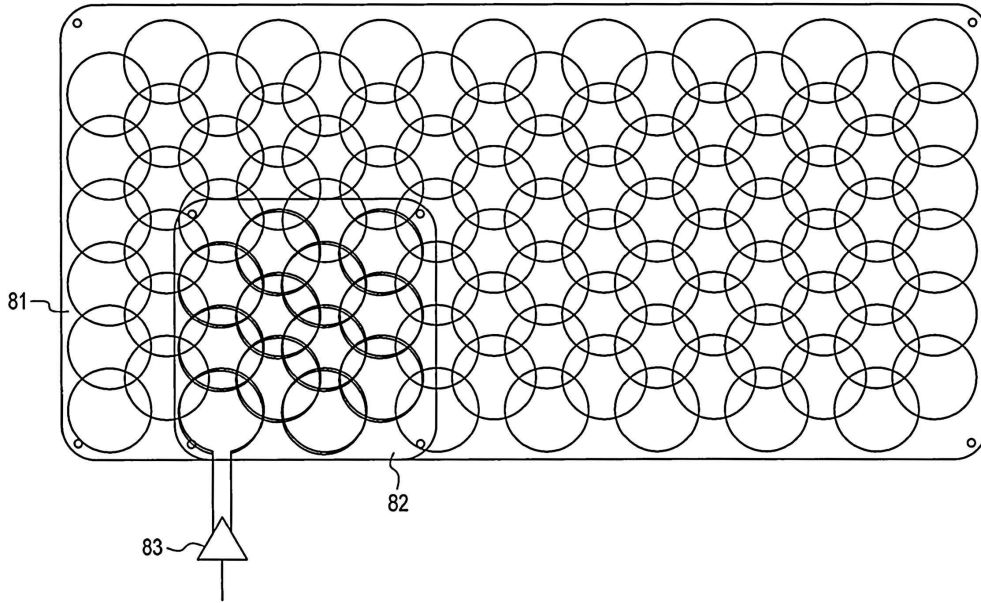


도면7

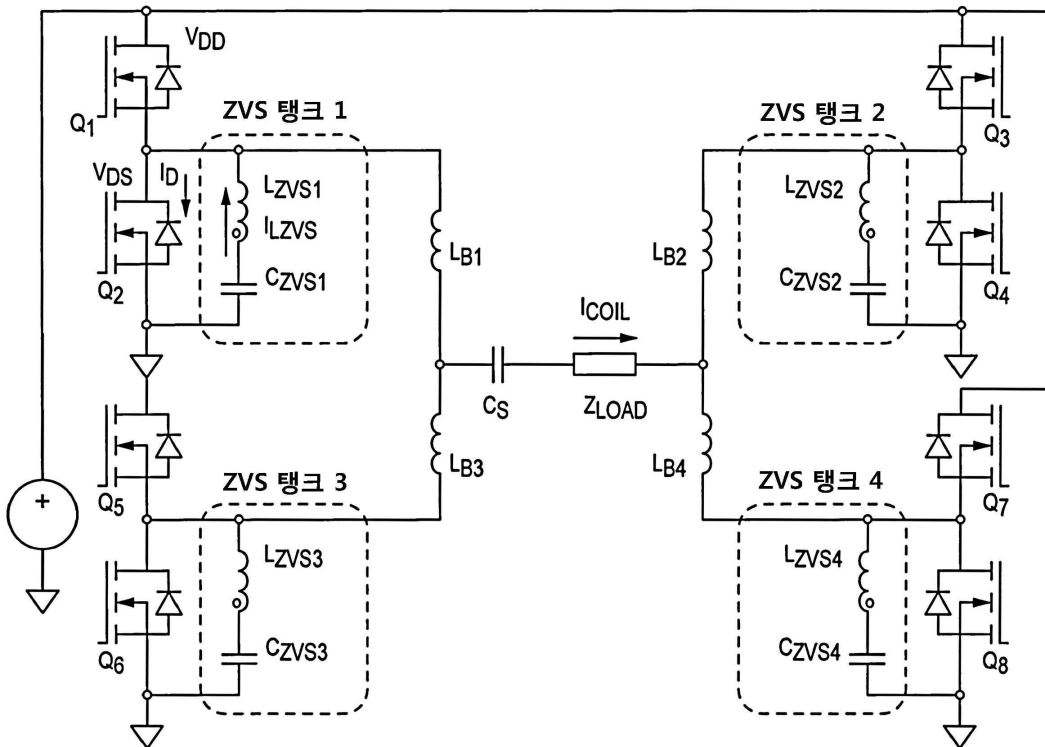


도면8

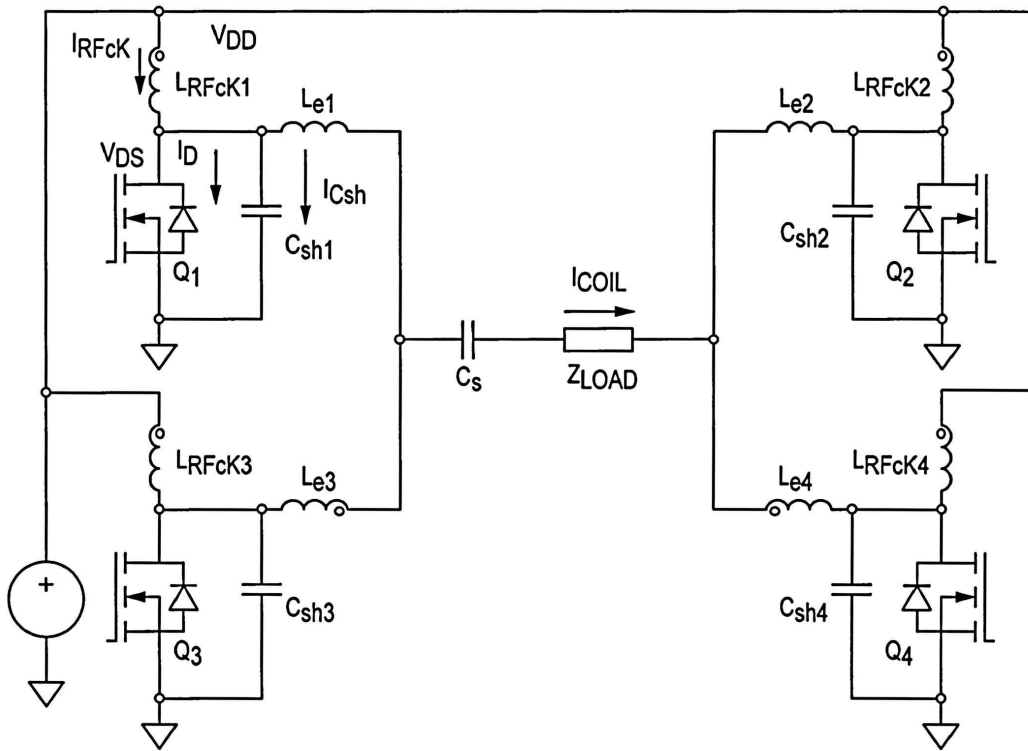
80



도면9

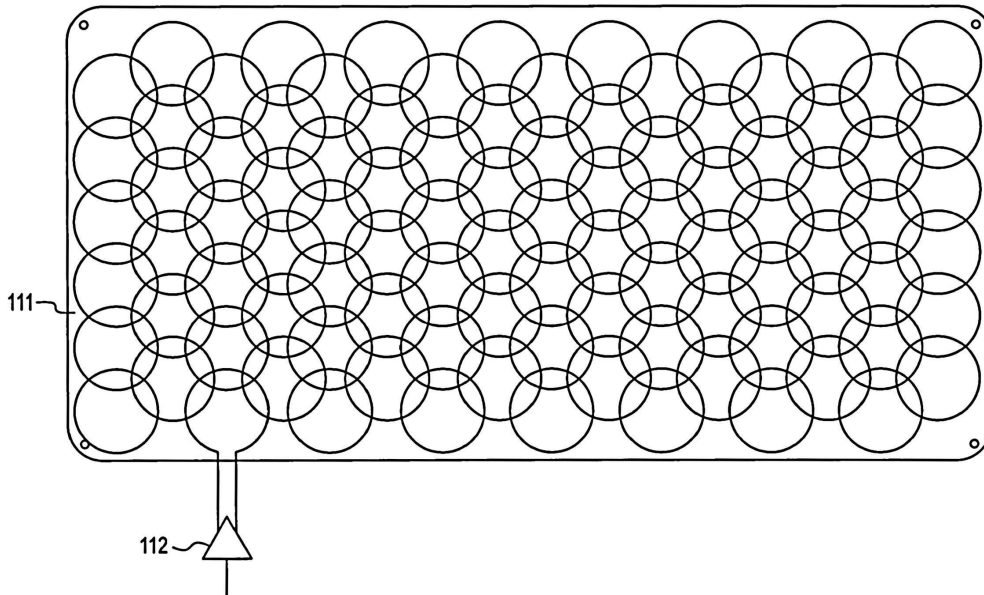


도면10



도면11

110



도면12

