(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0008963
(43) 공개일자 2023년01월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H02J 50/12* (2016.01) *H02J 50/40* (2016.01)
*H03M 1/12* (2006.01) *H04B 5/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*H02J 50/12* (2016.02)
*H02J 50/40* (2016.02)
(21) 출원번호 10-2021-0089395
(22) 출원일자 2021년07월08일
심사청구일자 2021년07월08일

(71) 출원인
**경희대학교 산학협력단**
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
**김상혁**
경기도 수원시 영통구 광교호수공원로 45, 1004동 2902호(원천동, 광교 호반베르디움)
**이종헌**
경기도 수원시 영통구 도청로18번길 26, 1동 1950호(이의동)
(74) 대리인
**김연권**

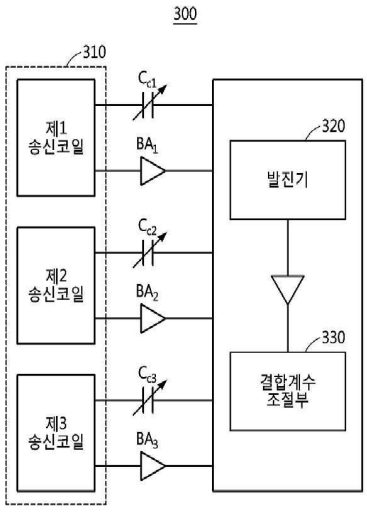
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **홀짝성-시간 대칭에 기반하여 결합계수를 조절하는 무선전력 전송 장치**

## (57) 요 약

본 발명은 홀짝성-시간 대칭에 기반하여 결합계수를 조절하는 무선전력 전송 장치에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 적어도 하나의 발진기와 각각 연결되는 복수의 송신 코일 및 상기 복수의 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수에 기초하여, 상기 복수의 송신 코일과 상기 발진기 사이의 결합계수를 조절하는 결합계수 조절부를 포함한다.

*대 표 도* - 도3



(52) CPC특허분류
*H03M 1/12* (2019.01)
*H04B 5/0037* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711105984
과제번호 2017R1C1B2009892
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업/일반연구자지원사업/신진연구자지원사업
연구과제명 초소형 생체 이식 기기와의 무선 전력 통신 시스템 연구 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2017.03.01 ~ 2021.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345332280
과제번호 2018R1A6A1A03025708
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업/중점연구소지원사업
연구과제명 융복합 에너지 자율형 다기능 센서 플랫폼 연구
기 여 율 1/3
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2018.06.01 ~ 2021.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711116241
과제번호 2016-0-00291-0051
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 대학ICT연구센터지원사업
연구과제명 LOS/NLOS 환경에서 3차원 선택적 공간 무선전력전송 기술연구
기 여 율 1/3
과제수행기관명 경희대학교 산학협력단
연구기간 2016.06.01 ~ 2021.12.31

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

적어도 하나의 발진기와 각각 연결되는 복수의 송신 코일 및

상기 복수의 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수에 기초하여, 상기 복수의 송신 코일과 상기 발진기 사이의 결합계수를 조절하는 결합계수 조절부

를 포함하는 무선전력 전송 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 결합계수 조절부는,

상기 발진기 사이의 결합계수를 조절하여, 홀짝성-시간 대칭(parity-time symmetry)을 구현하는

무선전력 전송 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 결합계수 조절부는,

상기 수신 코일 사이의 결합계수를 모니터링하고, 상기 모니터링된 결합계수와 일치하도록 상기 발진기 사이의 결합계수를 조절하는

무선전력 전송 장치.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 복수의 송신 코일 각각과 상기 발진기 사이에 구비되는 완충 증폭기 및

상기 완충 증폭기로부터 측정되는 전압, 위상 및 주파수 중 적어도 하나의 값을 디지털 값으로 변환하고, 상기 변환된 디지털 값을 상기 결합계수 조절부에 전달하는 아날로그-디지털 변환기

를 더 포함하는 무선전력 전송 장치.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 송신 코일 각각과 상기 발진기 사이에 구비되는 복수의 가변 캐패시터

를 더 포함하는 무선전력 전송 장치.

### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 결합계수 조절부는,

상기 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 제어하여 상기 발진기 사이의 결합계수를 조절하는

무선전력 전송 장치.

### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 결합계수 조절부는,

상기 가변 캐패시터인 버랙터 다이오드에 인가되는 전압을 조절하여, 상기 캐패시턴스 값을 제어하는

무선전력 전송 장치.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 수신 코일 사이의 결합계수는,

상기 송신 코일의 자체 유도 계수, 상기 수신 코일의 자체 유도 계수 및 상기 송신 코일과 상기 수신 코일 간의 상호 유도 계수에 기초한 연산을 통해 결정되는

무선전력 전송 장치.

**청구항 9**

제5항에 있어서,

상기 발진기 사이의 결합계수는,

상기 송신 코일의 캐패시턴스 값, 상기 수신 코일의 캐패시턴스 값 및 상기 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값에 기초한 연산을 통해 결정되는

무선전력 전송 장치.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 발진기 사이의 결합계수는,

상기 송신 코일의 캐패시턴스 값, 상기 수신 코일의 캐패시턴스 값 및 상기 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값에 기초하는 하기 수학식2를 통해 결정되는

[수학식2]

$$\mu_i = \frac{2\pi f_0 C_c}{2\sqrt{C_1 C_2}}$$

여기서, $\mu_i$는 i번째 송신 코일과 상기 발진기 사이의 결합계수, $C_1$은 상기 송신 코일의 캐패시턴스 값, $C_2$는 상기 수신 코일의 캐패시턴스 값, $f_0$는 공진 주파수, $C_c$는 상기 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값인

무선전력 전송 장치.

## 발명의 설명

### 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선전력 전송 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 무선전력 전송 시에 홀짝성-시간 대칭에 기반하여 결합계수를 조절하는 기술적 사상에 관한 것이다.

### 배 경 기 술

[0002] 도 1a 내지 도 1b는 종래의 무선전력 전송 시스템을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 수평 거리에 따른 코일 사이의 결합계수의 변화를 설명하기 위한 도면이다.

[0003] 도 1a 내지 도 2를 참조하면, 종래의 무선전력 전송 시스템은 자기공명 무선전력 전송 방식(110) 또는 비선형

홀짝성-시간 대칭 무선전력 전송 방식(120)으로 동작할 수 있다.

[0004] 자기공명 무선전력 전송 방식(110)은 송신단(111), 송신단(111)과 제1 거리($d_1$)만큼 이격된 송신 코일(112), 수신단(114), 수신단(114)과 제2 거리($d_2$)만큼 이격된 수신 코일(113)을 포함하고, 자기 공명에 기반하여 송신 거리($d_{12}$)만큼 이격된 송신 코일(112)과 수신 코일(113)간에 무선전력을 송수신할 수 있다.

[0005] 또한, 비선형 홀짝성-시간 대칭 무선전력 전송 방식(120)은 발진기(122)를 구비한 송신 코일(121), 수신단(124) 및 수신단(124)과 제2 거리($d_2$)만큼 이격된 수신 코일(123)을 포함하고, 홀짝성-시간 대칭에 기반하여 송신 거리($d_{12}$)만큼 이격된 송신 코일(121)과 수신 코일(123)간에 무선전력을 송수신할 수 있다.

[0006] 구체적으로, 기존에 널리 이용되는 자기공명 무선전력 전송 방식(110)은 높은 무선전력 전송 효율을 유지하기 위해 송수신단에서 실시간으로 미세한 조정을 해야하는 번거로움이 있다.

[0007] 보다 구체적으로, 자기공명 무선전력 전송 방식(110)은 송신 코일(112)과 수신 코일(113)간의 송신 거리($d_{12}$)가 특정 거리 이상으로 가까워지면, 시스템의 공진 주파수가 변경될 수 있다.

[0008] 이는, 회로적으로 송신단(111) 측에서 보이는 송신 코일(112)의 임피던스가 바뀌는 것을 의미하고, 임피던스 불균형으로 인하여 무선전력전송 효율이 감소할 수 있다.

[0009] 이에, 자기공명 무선전력 전송 방식(110)에서는 제1 거리($d_1$) 및 제2 거리($d_2$)를 변화시키며, 이를 통해 임피던스 불균형 문제를 해결 하였다.

[0010] 반면, 비선형 홀짝성-시간 대칭 무선전력 전송 방식(120)은 수직 방향으로 움직이는 수신 코일(123)에 대해 송신단 회로에서 실시간으로 조정을 할 필요 없이 일정한 효율을 얻을 수 있다.

[0011] 보다 구체적으로, 비선형 홀짝성-시간 대칭 무선전력 전송 방식(120)에서는 송신 코일(121)에 구비된 발진기(122)를 이용하여 자체적으로 임피던스 불균형을 조절할 수 있다.

[0012] 한편, 무선전력 전송 시스템에서는 송신 코일과 수신 코일이 수평 방향으로 움직이는 상황이 빈번하게 발생될 수 있다.

[0013] 이에, 무선전력 전송 시스템에서 같은 크기의 송신 코일을 이용하면 무선전력 전송이 가능한 수평 방향의 범위가 한정적 이라는 문제가 있다(참조부호 200의 'identical coil'). 또한, 무선전력 전송 시스템에서 송신 코일의 크기를 증가시키면 전력전송 범위를 수평방향으로 확장시킬 수 있지만, 결합계수(K)가 약해진다는 문제가 있다(참조부호 200의 'enlarged coil').

[0014] 따라서, 현재 무선전력 전송 시스템에서는 무선전력 전송이 가능한 범위를 수평적으로 확장시키기 위해, MISO(multiple input single output) 방식의 무선전력 전송 기술이 적용되고 있다.

[0015] 그러나, MISO 방식은 여러개의 동일한 크기의 송신 코일을 수평적으로 배치시키고, 각 송신 코일에 인가되는 입력 전류과 위상을 일일히 조절해주는 방식으로, 송신 코일간의 상호작용으로 인해 발생하는 임피던스 변화로 원하는 입력 전류과 위상을 인가하기 어렵다는 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제9,375,580호, "LEADLESS PACEMAKER SYSTEM"

(특허문헌 0002) 미국등록특허 제9,358,387호, "LEADLESS PACEMAKER"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 복수의 송신 코일을 효과적으로 제어하여 무선전력 전송이 가능한 범위를 수평 방향으로 확장시킬 수 있는 무선전력 전송 장치를 제공하고자 한다.

[0018] 또한, 본 발명은 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수와 일치 되도록 제어하여 높은 전력전송 효율을 구현하는 무선전력 전송 장치를 제공하고자 한다.

## 과제의 해결 수단

[0019] 본 발명의 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 적어도 하나의 발진기와 각각 연결되는 복수의 송신 코일 및 복수의 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수에 기초하여, 복수의 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 조절하는 결합계수 조절부를 포함할 수 있다.

[0020] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 발진기 사이의 결합계수를 조절하여, 홀짝성-시간 대칭(parity-time symmetry)을 구현할 수 있다.

[0021] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 수신 코일 사이의 결합계수를 모니터링하고, 모니터링된 결합계수와 일치하도록 발진기 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0022] 일측에 따르면, 무선전력 전송 장치는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 완충 증폭기 및 완충 증폭기로부터 측정되는 전압, 위상 및 주파수 중 적어도 하나의 값을 디지털 값으로 변환하고, 변환된 디지털 값을 결합계수 조절부에 전달하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함할 수 있다.

[0023] 일측에 따르면, 무선전력 전송 장치는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 복수의 가변 캐패시터를 더 포함할 수 있다.

[0024] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 제어하여 발진기 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0025] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 가변 캐패시터인 버랙터 다이오드에 인가되는 전압을 조절하여, 캐패시턴스 값을 제어할 수 있다.

[0026] 일측에 따르면, 수신 코일 사이의 결합계수는 송신 코일의 자체 유도 계수, 수신 코일의 자체 유도 계수 및 송신 코일과 수신 코일 간의 상호 유도 계수에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0027] 일측에 따르면, 발진기 사이의 결합계수는 송신 코일의 캐패시턴스 값, 수신 코일의 캐패시턴스 값 및 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0028] 일측에 따르면, 발진기 사이의 결합계수는 송신 코일의 캐패시턴스 값, 수신 코일의 캐패시턴스 값 및 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값에 기초하는 하기 수학식2를 통해 결정될 수 있다.

[0029] [수학식2]

[0030] $$\mu_i = \frac{2\pi f_0 C_c}{2\sqrt{C_1 C_2}}$$

[0031] 여기서, $\mu_i$는 i번째 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수, $C_1$은 송신 코일의 캐패시턴스 값, $C_2$는 수신 코일의 캐패시턴스 값, $f_0$는 공진 주파수, $C_c$는 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값일 수 있다.

## 발명의 효과

[0032] 일실시예에 따르면, 본 발명은 복수의 송신 코일을 효과적으로 제어하여 무선전력 전송이 가능한 범위를 수평 방향으로 확장시킬 수 있다.

[0033] 일실시예에 따르면, 본 발명은 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수와 일치 되도록 제어하여 높은 전력전송 효율을 구현할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0034] 도 1a 내지 도 1b는 종래의 무선전력 전송 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 수평 거리에 따른 코일 사이의 결합계수의 변화를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 구현예를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치에 구비되는 가변 캐패시터의 특성을 설명하기 위한 도면이다.

도 6a 내지 도 6b는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 전력전송 효율을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 응용예를 설명하기 위한 도면이다.

## *발명을 실시하기 위한 구체적인 내용*

[0035] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[0036] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0037] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들면 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0038] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들면 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0039] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0040] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0042] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0044] 도 3은 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0045] 도 3을 참조하면, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치(300)는 복수의 송신 코일을 효과적으로 제어하여 무선전력 전송이 가능한 범위를 수평 방향으로 확장시킬 수 있다.

[0046] 또한, 무선전력 전송 장치(300)는 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수와 일치 되도록 제어하여 높은 전력전송 효율을 구현할 수 있다.

[0047] 구체적으로, 무선전력 전송 장치(300)는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수를 조절하여, 복수의

송신 코일이 위치하고 있는 넓은 영역에 걸쳐서 안정적이고 높은 효율로 무선전력을 전송할 수 있다.

[0048] 다시 말해, 무선전력 전송 장치(300)는 송신 코일간의 상호작용으로 인해 발생하는 임피던스 변화에 무관하게 간단한 결합 계수의 조절만으로 복수의 송신 코일 내 전류의 크기와 위상을 최적화하여 높은 효율로 무선전력을 전송할 수 있다.

[0049] 이를 위해, 무선전력 전송 장치(300)는 복수의 송신 코일(310), 적어도 하나의 발진기(320) 및 결합계수 조절부(330)를 포함할 수 있다.

[0050] 이하에서는, 복수의 송신 코일(310)을 3개의 송신 코일(제1 송신 코일, 제2 송신 코일 및 제3 송신 코일)로 예시하나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 2개 또는 4개 이상의 송신 코일이 적용될 수 있다.

[0051] 또한, 무선전력 전송 장치(300)는 MISO(multiple input single output) 방식의 무선전력 전송 시스템에 구비될 수 있으며, 결합계수 조절부(330)는 마이크로-프로세서(micro-processor)로 구현될 수 있다.

[0052] 일실시예에 따른 복수의 송신 코일(310)은 적어도 하나의 발진기(320)와 각각 연결될 수 있다.

[0053] 예를 들면, 복수의 송신 코일(310)은 하나의 발진기(320)를 공유하거나, 각각 서로 다른 발진기(320)를 이용할 수도 있다. 즉, 제1 내지 제3 송신 코일은 각각 제1 내지 제3 발진기와 연결될 수도 있다.

[0054] 일실시예에 따른 결합계수 조절부(330)는 복수의 송신 코일(310) 각각과 수신 코일 사이의 결합계수에 기초하여, 복수의 송신 코일(310)과 발진기(320) 사이의 결합계수를 조절할 수 있다. 예를 들면, 수신 코일은 무선전력 전송 장치(300)로부터 전력을 수신하는 무선전력 수신 장치에 구비될 수 있다.

[0055] 일측에 따르면, 결합계수 조절부(330)는 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수를 조절하여, 홀짝성-시간 대칭(parity-time symmetry)을 구현할 수 있다.

[0056] 구체적으로, 결합계수 조절부(330)는 복수의 송신 코일(310) 각각과 수신 코일 사이의 결합계수를 모니터링하고, 모니터링된 결합계수와 일치하도록 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0057] 홀짝성-시간 대칭(PT-대칭)은 두 물체로 이루어진 시스템이 짝변환(P 변환)과 시간적 역변환(T 변환)을 거칠 때 대칭을 이루는 것을 의미하며, PT-대칭을 이루는 시스템 내 두 물체 사이의 결합 계수가 특정 값 이상이 되면 전체적인 에너지가 보존되는 성질이 있다.

[0058] 구체적으로, 무선전력 전송 시스템은 전송 장치와 수신 장치 사이에 PT-대칭을 이루고, 결합 계수가 부하로 인한 손해율 보다 크면 전송 장치의 전력이 모두 수신 장치로 전달된다는 장점이 있다.

[0059] P-대칭은 본래 공간적 대칭을 의미하나, 신호의 파장에 비해 전송 장치와 수신 장치의 크기가 작으면 송신 코일과 수신 코일의 인덕턴스와 캐패시턴스가 같은 값을 갖는 것을 의미할 수 있다.

[0060] MISO 방식과 같이 복수의 송신 코일을 기반으로 하는 무선전력 전송 시스템에서는 모든 코일의 인덕턴스와 캐패시턴스가 동일하게 설정될 수 있으며, 복수의 송신 코일(310) 각각과 수신 코일 사이의 결합계수의 크기와 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수의 크기를 동일하게 제어할 수 있다.

[0061] T-대칭은 발진기에서 공급하는 전력과 수신 장치에서 소모하는 전력을 동일하게 하는 것을 의미하며, 발진기의 비선형적인 특성에 의하여 발진기에서 공급하는 전력은 수신기에서 소모하는 전력과 동일하게 제어될 수 있다.

[0062] 일측에 따르면, 무선전력 전송 장치(300)는 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이에 구비되는 복수의 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)를 더 포함할 수 있다.

[0063] 예를 들면, 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)는 버랙터 다이오드(varactor diode)일 수 있다.

[0064] 버랙터 다이오드는 인가되는 전압에 따라 커패시턴스 값을 가변할 수 있는 가변용량 다이오드로, 가변 리액터(variable reactor), 배리캡(varicap), 에디캡(epicap) 및 전압가변 커패시터(voltage-variable capacitance) 등으로 명명기도 한다.

[0065] 버랙터 다이오드는 pn-접합 다이오드에 역방향 전압을 걸어 공핍층의 두께에 따라 커패시턴스 값을 제어할 수 있다. 구체적으로, 버랙터 다이오드는 역방향 직류 전압이 인가되면 캐패시턴스 값이 제어될 수 있으며, 교류 전압이 인가되면 가변 캐패시터와 거의 동일한 동작을 수행할 수 있다.

[0066] 일측에 따르면, 결합계수 조절부(330)는 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)의 캐패시턴스 값을 제어하여 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0067] 다시 말해, 결합계수 제어부(330)는 버랙터 다이오드, 즉 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)에 인가되는 전압을 제어하여, 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)의 캐패시턴스 값을 원하는 값으로 제어할 수 있다.

[0068] 한편, 무선전력 전송 장치(300)는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 완충 증폭기(buffer amplifier)($BA_1$, $BA_2$, $BA_3$)와, 완충 증폭기($BA_1$, $BA_2$, $BA_3$)로부터 측정되는 전압, 위상 및 주파수 중 적어도 하나의 값을 디지털 값으로 변환하고, 변환된 디지털 값을 결합계수 조절부(330)에 전달하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함할 수 있다.

[0069] 다시 말해, 결합계수 조절부(330)는 완충 증폭기($BA_1$, $BA_2$, $BA_3$)와, 아날로그-디지털 변환기를 통해 복수의 송신 코일(310) 각각에서의 전압, 위상 및 주파수 등을 모니터링하고, 모니터링 결과에 기초하여 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수를 제어할 수 있다.

[0070] 일측에 따르면, 복수의 송신 코일(310) 각각과 수신 코일 사이의 결합계수는 송신 코일(310)의 자체 유도 계수, 수신 코일의 자체 유도 계수 및 송신 코일(310)과 수신 코일 간의 상호 유도 계수에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0071] 또한, 복수의 송신 코일(310) 각각과 발진기(320) 사이의 결합계수는 송신 코일(310)의 캐패시턴스 값, 수신 코일의 캐패시턴스 값 및 가변 캐패시터($C_{C1}$, $C_{C2}$, $C_{C3}$)의 캐패시턴스 값에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0073] 도 4는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 구현예를 설명하기 위한 도면이다.

[0074] 도 4를 참조하면, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치(400)는 발진기와 연결되는 제1 송신 코일, 제2 송신 코일 및 제3 송신 코일을 포함할 수 있으며, 제1 내지 제3 송신 코일을 통해 무선전력 수신 장치에 구비된 수신 코일로 무선전력을 전송할 수 있다.

[0075] 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 결합계수 조절부는 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수($K_1$, $K_2$, $K_3$)에 기초하여, 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)를 조절할 수 있다.

[0076] 구체적으로, 결합계수 조절부는 제1 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수($K_1$)에 기초하여 제1 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$)를 조절하고, 제2 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수($K_2$)에 기초하여 제2 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수($\mu_2$)를 조절하며, 제3 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수($K_3$)에 기초하여 제3 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수($\mu_3$)를 조절할 수 있다.

[0077] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 제1 송신 코일과 제2 송신 코일 사이의 결합계수($\mu_{23}$)와 제2 송신 코일과 제3 송신 코일 사이의 결합계수($\mu_{34}$)를 조절할 수도 있다.

[0078] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)를 조절하여 홀짝성-시간 대칭(PT-대칭)을 구현할 수 있다.

[0079] 구체적으로, 결합게수 조절부는 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수($K_1$, $K_2$, $K_3$)를 모니터링하고, 모니터링한 결합계수($K_1$, $K_2$, $K_3$)와 일치하도록 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)를 조절할 수 있다.

[0080] 일측에 따르면, 무선전력 전송 장치(400)는 제1 내지 제3 송신 코일과, 발진기 사이에 구비되는 복수의 가변 캐패시터를 더 포함할 수 있다.

[0081] 예를 들면, 가변 캐패시터는 제1 송신 코일과 발진기 사이에 구비되는 제1 가변 캐패시터와, 제2 송신 코일과 발진기 사이에 구비되는 제2 가변 캐패시터 및 제3 송신 코일과 발진기 사이에 구비되는 제3 가변 캐패시터를

포함할 수 있다. 또한, 가변 캐패시터는 버랙터 다이오드일 수 있다.

[0082] 일측에 따르면, 무선전력 전송 장치(400)는 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)를 전기적으로 쉽게 조절 가능하도록 하기 위해, 발진기와 송신 코일 사이의 전력 전송을 가변 캐패시터를 통해 수행할 수 있다.

[0083] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 제어하여 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)를 조절할 수 있다.

[0084] 다시 말해, 결합계수 조절부는 제1 내지 제3 버랙터 다이오드, 즉 제1 내지 제3 가변 캐패시터에 인가되는 전압을 개별적으로 제어하여, 제1 내지 제3 가변 트랜지스터 각각의 캐패시턴스 값을 원하는 값으로 제어할 수 있다.

[0085] 한편, 무선전력 전송 장치(400)는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 완충 증폭기와, 완충 증폭기로부터 측정되는 전압, 위상 및 주파수 중 적어도 하나의 값을 디지털 값으로 변환하고, 변환된 디지털 값을 결합계수 조절부에 전달하는 아날로그-디지털 변환기를 더 포함할 수 있다.

[0086] 다시 말해, 결합계수 조절부는 완충 증폭기와, 아날로그-디지털 변환기를 통해 제1 내지 제3 송신 코일 각각에서의 전압, 위상 및 주파수 등을 모니터링하고, 모니터링 결과에 기초하여 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수를 제어할 수 있다.

[0087] 일측에 따르면, 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수($K_1$, $K_2$, $K_3$)는 송신 코일의 자체 유도 계수 $L_1$와, 수신 코일의 자체 유도 계수 $L_2$ 및 송신 코일과 수신 코일 간의 상호 유도 계수 $M_{12}$에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0088] 바람직하게는, i번째 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수는 하기 수학식1을 통해 결정될 수 있다.

[0089] [수학식1]

$$K_i = \frac{2\pi f_0 M_{12}}{2\sqrt{L_1 L_2}}$$

[0090]

[0091] 여기서, $f_0$는 공진 주파수를 의미한다.

[0092] 일측에 따르면, 제1 내지 제3 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수($\mu_1$, $\mu_2$, $\mu_3$)는 결합계수는 송신 코일의 캐패시턴스 값 $C_1$, 수신 코일의 캐패시턴스 값 $C_2$ 및 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값 $C_C$에 기초한 연산을 통해 결정될 수 있다.

[0093] 바람직하게는, i번째 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수($\mu_i$)는 하기 수학식2를 통해 결정될 수 있다.

[0094] [수학식2]

$$\mu_i = \frac{2\pi f_0 C_c}{2\sqrt{C_1 C_2}}$$

[0095]

[0096] 여기서, $f_0$는 공진 주파수를 의미하고, 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값 $C_C$는 i가 1인 경우에 제1 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 의미하고, i가 2인 경우에 제2 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 의미하며, i가 3인 경우에 제3 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 의미한다.

[0098] 도 5는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치에 구비되는 가변 캐패시터의 특성을 설명하기 위한 도면이다.

[0099] 도 5를 참조하면, 참조부호 500은 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 가변 캐패시터에 인가되는

전압에 따른 캐패시턴스 값의 변화를 도시한다.

[0100] 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치에 구비되는 가변 캐패시터는 버랙터 다이오드로 구현될 수 있다.

[0101] 버랙터 다이오드는 인가되는 전압에 따라 커패시턴스 값을 가변할 수 있는 가변용량 다이오드로, pn-접합 다이오드에 역방향 전압을 걸어 공핍층의 두께에 따라 커패시턴스 값을 제어할 수 있다. 구체적으로, 버랙터 다이오드는 역방향 직류 전압이 인가되면 캐패시턴스 값이 제어될 수 있으며, 교류 전압이 인가되면 가변 캐패시터와 거의 동일한 동작을 수행할 수 있다.

[0102] 참조부호 500에 따르면, 일실시예에 따른 가변 캐패시터는 인가되는 전압이 커질수록 캐패시턴스 값이 감소하고, 인가되는 전압이 작아질수록 캐패시턴스 값이 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0103] 즉, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 가변 캐패시터에 인가되는 전압을 제어하여 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 조절할 수 있으며, 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값 조정을 통해 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수 값을 조정할 수 있다.

[0105] 도 6a 내지 도 6b는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 전력전송 효율을 설명하기 위한 도면이다.

[0106] 도 6a 내지 도 6b를 참조하면, 참조부호 610은 PT-대칭으로 무선전력을 전송할 때 송신 코일과 수신 코일간의 수평 거리에 따른 전력전송 효율을 측정 결과를 도시하고, 참조부호 620은 PT-비대칭으로 무선전력을 전송할 때 송신 코일과 수신 코일간의 수평 거리에 따른 전력전송 효율을 측정 결과를 도시한다.

[0107] 참조부호 610 내지 620에 따르면, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 조절하여 모든 송신 코일에 대하여, 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수와 일치시켜, PT-대칭을 이룰 수 있으며, PT-대칭을 통해 높은 효율로 무선전력을 전송하는 것을 확인할 수 있다.

[0108] 구체적으로, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 수신 코일이 송신 코일의 중심점으로부터 5㎜ 이내의 수평 거리에 위치하는 경우에, 15% 이상의 높은 효율로 무선전력을 전송하는 것을 확인할 수 있다.

[0110] 도 7은 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치의 응용예를 설명하기 위한 도면이다.

[0111] 도 7을 참조하면, 참조부호 700은 무선전력 수신 장치를 포함하는 체내 이식형 센서를 도시한다.

[0112] 체내 이식형 센서(700)는 스트레처블 기판(stretchable substrate)에 구비되는 안테나부(710)와 회로부(720)를 포함할 수 있다.

[0113] 예를 들면, 체내 이식형 센서는 체내에 이식된 심박동 조율기일 수 있다. 또한, 스트레처블 기판은 PDMS(polydimethylsiloxane) 기판일 수 있다.

[0114] 구체적으로, 안테나부(710)는 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치로부터 무선전력을 수신하는 수신 코일을 포함할 수 있고, 회로부(720)는 수신한 전력에 대한 정류 회로, 배터리 및 감지 회로 등을 포함할 수 있다.

[0115] 한편, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 발진기, 적어도 하나의 발진기와 각각 연결되는 복수의 송신 코일 및 복수의 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수에 기초하여, 복수의 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 조절하는 결합계수 조절부를 포함할 수 있다.

[0116] 결합계수 조절부는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수를 조절하여, 홀짝성-시간 대칭을 구현할 수 있다.

[0117] 구체적으로, 결합계수 조절부는 복수의 송신 코일 각각과 수신 코일 사이의 결합계수를 모니터링하고, 모니터링된 결합계수와 일치하도록 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0118] 일측에 따르면, 일실시예에 따른 무선전력 전송 장치는 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이에 구비되는 복수의 가변 캐패시터를 더 포함할 수 있다.

[0119] 또한, 결합계수 조절부는 가변 캐패시터의 캐패시턴스 값을 제어하여 복수의 송신 코일 각각과 발진기 사이의 결합계수를 조절할 수 있다.

[0120] 일측에 따르면, 결합계수 조절부는 가변 캐패시터인 버랙터 다이오드에 인가되는 전압을 조절하여, 캐패시턴스 값을 제어할 수 있다.

[0122] 결국, 본 발명을 이용하면, 복수의 송신 코일을 효과적으로 제어하여 무선전력 전송이 가능한 범위를 수평 방향으로 확장시킬 수 있다.

[0123] 또한, 본 발명을 이용하면, 송신 코일과 발진기 사이의 결합계수를 송신 코일과 수신 코일 사이의 결합계수와 일치 되도록 제어하여 높은 전력전송 효율을 구현할 수 있다.

[0125] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들면, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 장치, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0126] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

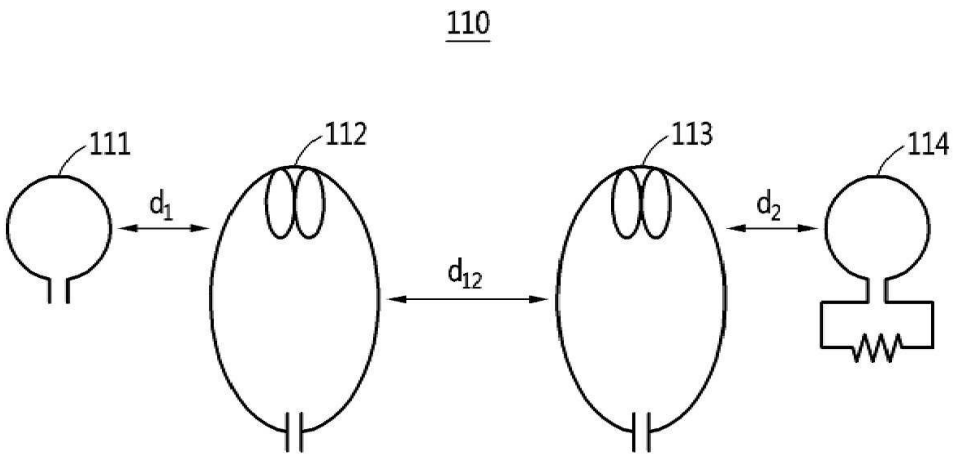
## 부호의 설명

[0127] 300: 무선전력 전송 장치 310: 복수의 송신 코일

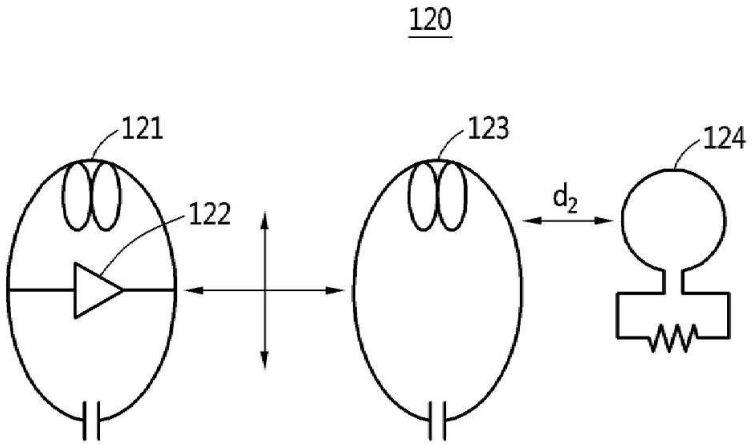
320: 발진기 330: 결합계수 조절부

## 도면

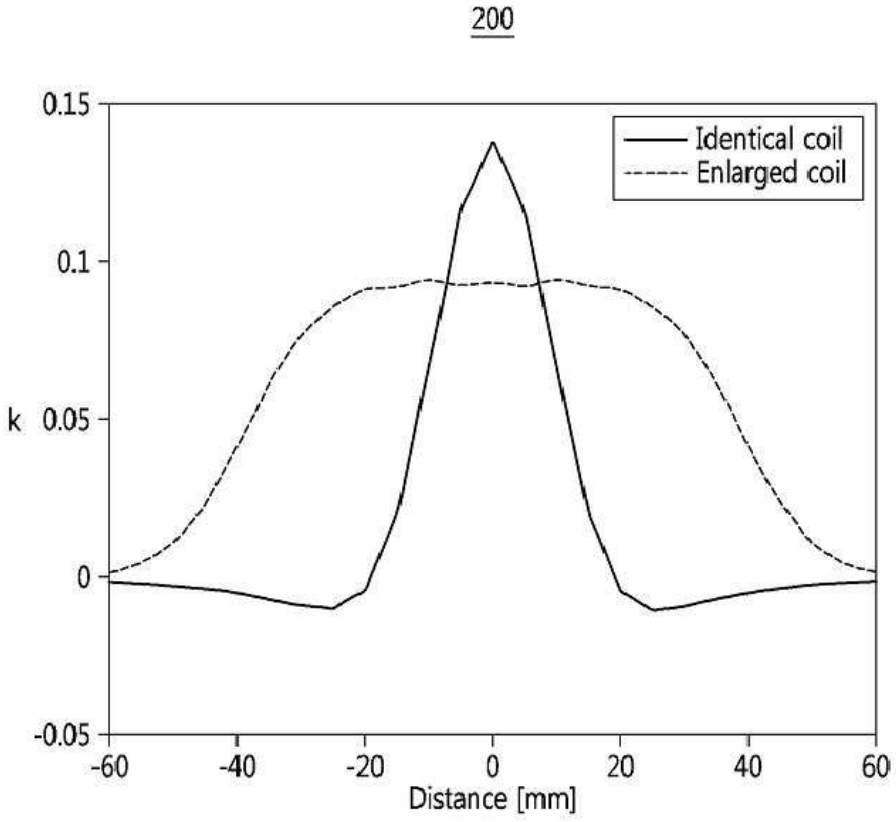
### 도면1a



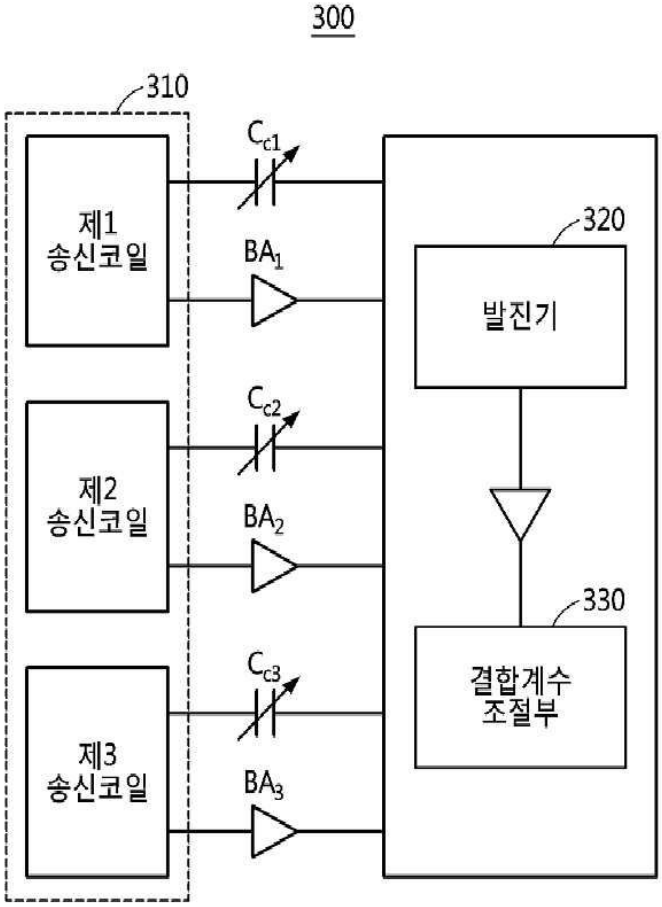
도면1b


120
121
122
123
124
$d_2$

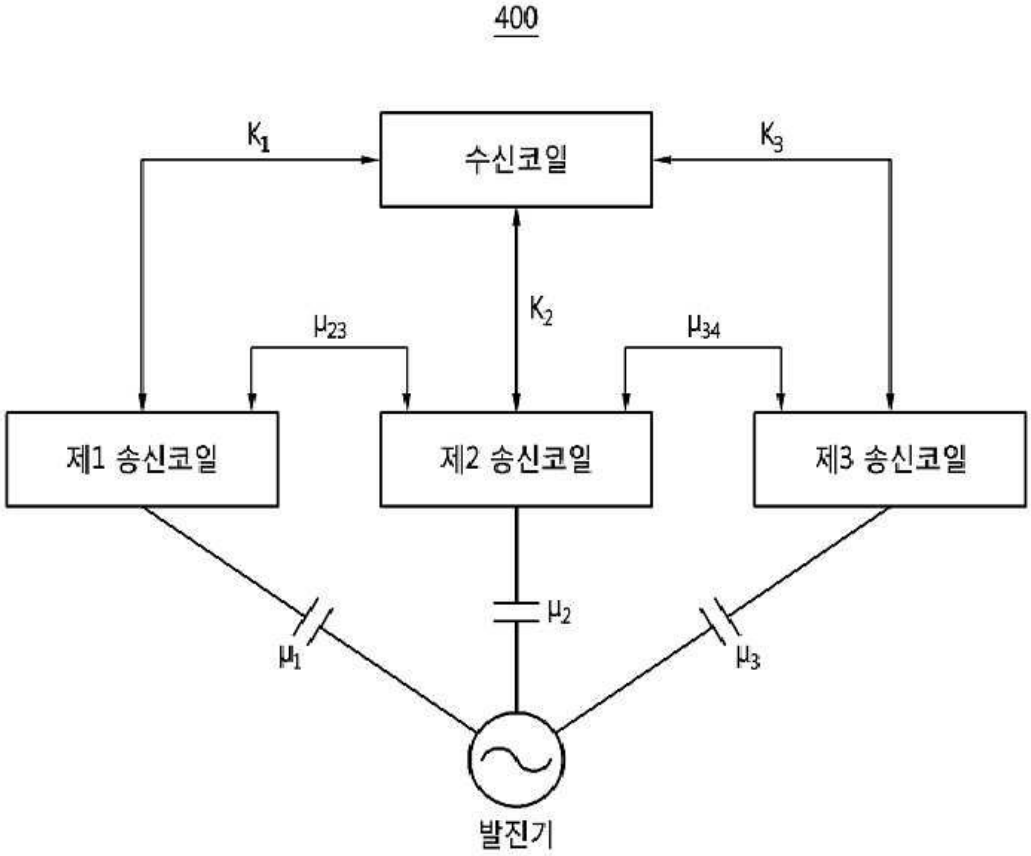
도면2


200
0.15
0.1
k 0.05
0
-0.05
-60
-40
-20
0
20
40
60
Distance [mm]
Identical coil
Enlarged coil

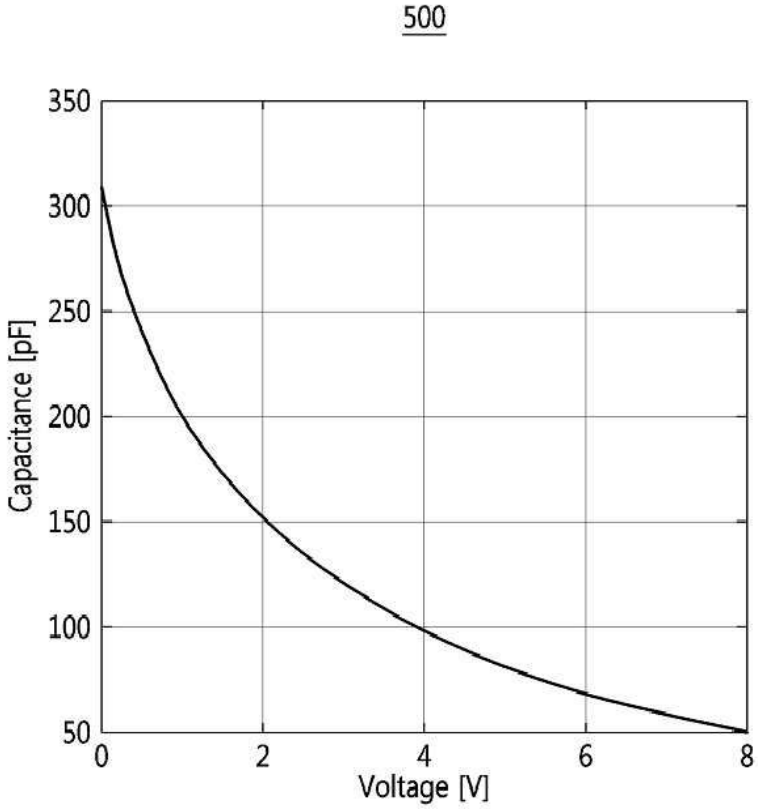
도면3


300
310
제1
송신코일
제2
송신코일
제3
송신코일
$C_{c1}$
$C_{c2}$
$C_{c3}$
$BA_1$
$BA_2$
$BA_3$
320
발진기
330
결합계수
조절부

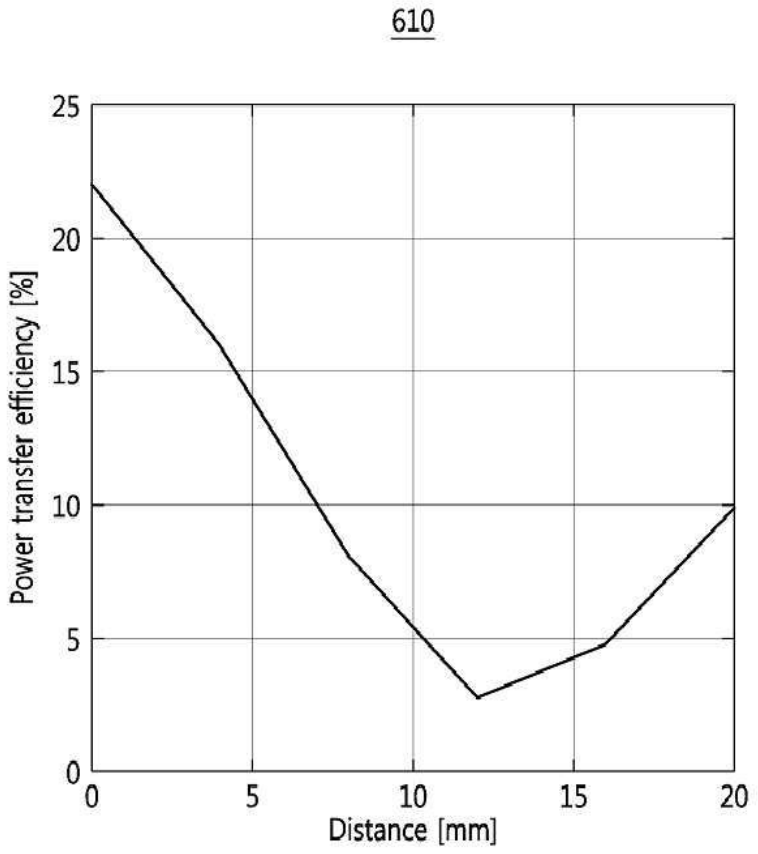
도면4


400
수신코일
$K_1$
$K_2$
$K_3$
$\mu_{23}$
$\mu_{34}$
제1 송신코일
제2 송신코일
제3 송신코일
$\mu_1$
$\mu_2$
$\mu_3$
발진기

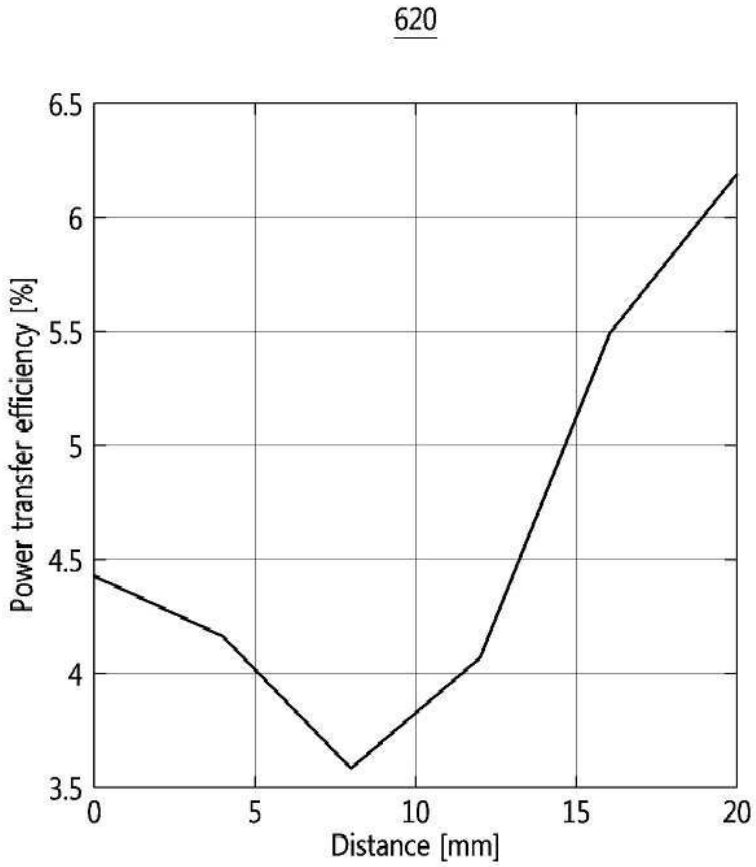
도면5


500
350
300
250
200
150
100
50
Capacitance [pF]
0
2
4
6
8
Voltage [V]

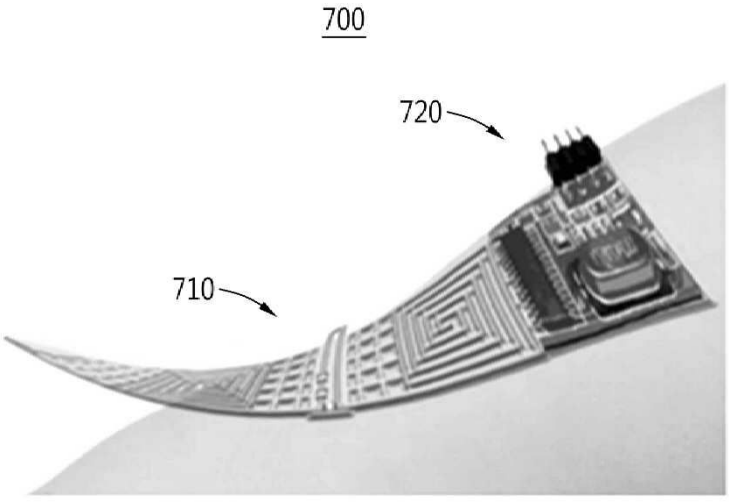
도면6a


610
25
20
15
10
5
0
Power transfer efficiency [%]
0
5
10
15
20
Distance [mm]

도면6b


620
6.5
6
5.5
5
4.5
4
3.5
Power transfer efficiency [%]
0
5
10
15
20
Distance [mm]

도면7


700
720
710