

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0113215
(43) 공개일자 2024년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 50/12 (2016.01) H01F 27/34 (2006.01)
H02J 50/70 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H02J 50/12 (2023.08)
H01F 27/345 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0005498
(22) 출원일자 2023년01월13일
심사청구일자 2023년01월13일

(71) 출원인
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
안승영
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)
이범선
경기도 용인시 기흥구 신촌로47번길 11, 307동 1602호(보정동, 신촌마을 포스홈타운2단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

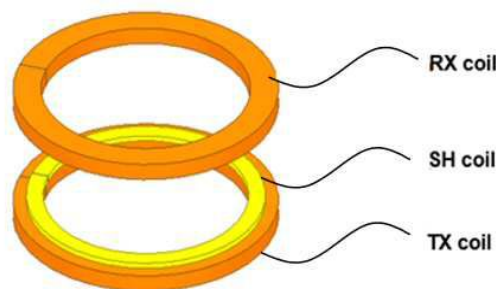
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 무선 전력 전송 시스템

(57) 요약

본 발명은 무선 전력 전송 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 일 측면에 따르면, 무선 전력 전송 장치는 전력을 전송하는 전송 코일을 포함하는 제1 회로; 및 차폐 코일을 포함하는 제2 회로를 포함하되, 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은, 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 작은 제1 주파수와 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 큰 제2 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스 크기가 최소가 되는 주파수 분할이 일어나고, 상기 제1 주파수가 상기 제1 회로의 기본 주파수 보다 크고 상기 제2 주파수가 상기 제2 회로의 제3 고주파 보다 작게 되는 유도 결합을 형성할 수 있다.

대표도 - 도1

1000

(52) CPC특허분류

H02J 50/70 (2023.08)

(72) 발명자

이창민

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)

우성호

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)

신유준

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)

이재원

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)

박동렬

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711161406
과제번호	2017R1A5A1015596
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구사업/선도연구센터사업(ERC)
연구과제명	지능형 바이오메디컬 무선전력전송 연구센터
기 여 율	33/100
과제수행기관명	승실대학교
연구기간	2017.06.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125879
과제번호	2020-0-00839-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송 연구개발사업
연구과제명	(N01210158)(통합EZ)초연결 E-Vehicle 전력 및 신호 EMC 고도화 기술 개발(2021년도)

기 여 율	34/100
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711148900
과제번호	2019R1F1A1049739
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	[통합] 이공분야기초연구사업/기본연구
연구과제명	전이금속산화물을 이용한 p형 투명 전극, pn 접합 및 박막트랜지스터 연구 (2/3)
기 여 율	33/100
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

전력을 전송하는 전송 코일을 포함하는 제1 회로; 및 차폐 코일을 포함하는 제2 회로를 포함하되,

상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은,

상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 작은 제1 주파수와 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 큰 제2 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스 크기가 최소가 되는 주파수 분할이 일어나고, 상기 제1 주파수가 상기 제1 회로의 기본 주파수 보다 크고 상기 제2 주파수가 상기 제2 회로의 제3 고주파 보다 작게 되는, 유도 결합을 형성하는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수)

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 용량성 임피던스인, 무선 전력 전송 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 회로의 상기 제1 주파수 성분은 상기 제1 회로의 전력 전송 효율을 증가시는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수)

청구항 6

제1항에 있어서,

제2주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 유도성 임피던스인, 무선 전력 전송 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제2 회로의 상기 제2 주파수 성분은 상기 제1 회로의 누설 자기장을 상쇄하는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은 결합 계수는 주파수 분할이 일어나는 임계 값 보다 큰, 무선 전력 전송 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 주파수 분할이 일어나는 임계 값은 $\frac{1}{\sqrt{Q_{TX}Q_{SH}}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, Q_{TX} 는 상기 제1 회로의 Q 팩터, Q_{SH} 는 상기 제2 회로의 Q 팩터)

청구항 10

전력을 전송하는 전송 코일을 포함하는 제1 회로; 및 차폐 코일을 포함하는 제2 회로를 포함하되,

상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은,

결합 계수 k 는 $k_{critical} < k < 0.8$ 범위를 갖는 유도 결합을 형성하는, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, $k_{critical}$ 는 주파수 분할 현상이 일어나는 임계 결합 계수)

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은,

상기 제2 회로의 임피던스는 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 작은 제1 주파수와 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 큰 제2 주파수에서 최소가 주파수 분할 현상이 일어나도록 유도 결합을 형성하는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수)

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제1 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 용량성 임피던스인, 무선 전력 전송 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 제2 회로의 상기 제1 주파수 성분은 상기 제1 회로의 전력 전송 효율을 증가시는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 제2 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수)

청구항 16

제11항에 있어서,

제2주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 유도성 임피던스인, 무선 전력 전송 장치.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 제2 회로의 상기 제2 주파수 성분은 상기 제1 회로의 누설 자기장을 상쇄하는, 무선 전력 전송 장치.

청구항 18

제10항에 있어서,

상기 주파수 분할이 일어나는 임계 값은 $\frac{1}{\sqrt{Q_{TX}Q_{SH}}}$ 인, 무선 전력 전송 장치.

(여기서, Q_{TX} 는 상기 제1 회로의 Q 팩터, Q_{SH} 는 상기 제2 회로의 Q 팩터)

청구항 19

제10항에 있어서,

$k_{critical} < k$ 범위에서 제2 주파수 성분에 대한 누설 자기장을 최대로 상쇄시킬 수 있는 k 값은 $k = \frac{8}{1+9\alpha}$

이고, α 는 코일의 형상에 기초하여 정의되는 상수인

무선 전력 전송 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 전력 전송 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 휴대폰, 전기 자동차 등의 전자기기에 전원을 공급하기 위한 방법으로, 상용 전원과 전자기기에 물리적인 케이블 또는 전선을 연결하여 전력을 공급하는 유선 전력 공급 방법과, 제1 코일에 흐르는 전류에 의해 제2 코일에 전류가 유도되는 유도 결합(inductive coupling)을 이용함으로써 물리적인 케이블 또는 전선이 요구되지 않는 무선 전력 공급 방식이 있다.

[0003] 최근에는 휴대폰, 전기 자동차 분야에서 무선 전력 공급 방식에 대한 수요가 증가하고 있어, 무선 전력 공급 방식은 전력 전송 효율 및 누설 자기장에 의해 안전성의 문제를 개선할 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2019-0138052호, "무선 전력 시스템"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 효율 및 안전성이 개선된 무선 전력 전송 시스템을 제공하는 것이다.

[0006] 또한, 본 발명의 목적은 차폐 코일을 포함하는 무선 전력 전송 시스템을 제공하는 것이다.

[0007] 또한, 본 발명의 목적은 주파수 분할을 이용한 무선 전력 전송 시스템을 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명의 목적은 기본 주파수에서의 전력 전송 효율을 높이고 고차 주파수에서 누설 자기장을 상쇄하는 무선 전력 전송 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 무선 전력 전송 장치는 전력을 전송하는 전송 코일을 포함하는 제1 회로; 및 차폐 코일을 포함하는 제2 회로를 포함하되, 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일은, 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 작은 제1 주파수와 상기 제2 회로의 공진 주파수 보다 큰 제2 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스 크기가 최소가 되는 주파수 분할이 일어나고, 상기 제1 주파수가 상기 제1 회로의 기본 주파수 보다 크고 상기 제2 주파수가 상기 제2 회로의 제3 고주파 보다 작게 되는 유도 결합을 형성할 수 있다.

[0010] 일 실 시예에서, 상기 제1 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k}}$ 일 수 있다(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수).

- [0011] 일 실시예에서, 제1 주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 용량성 임피던스일 수 있다.
- [0012] 일 실시예에서, 제2 회로의 상기 제1 주파수 성분은 상기 제1 회로의 전력 전송 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0013] 일 실시예에서, 제2 주파수는 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k}}$ 일 수 있다(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로의 공진 주파수, k 는 상기 전송 코일과 상기 차폐 코일의 결합 계수).
- [0014] 일 실시예에서, 제2주파수에서 상기 제2 회로의 임피던스는 유도성 임피던스일 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 제2 회로의 상기 제2 주파수 성분은 상기 제1 회로의 누설 자기장을 상쇄할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 전송 코일과 상기 차폐 코일은 결합 계수는 주파수 분할이 일어나는 임계 값 보다 크고 0.8 보다 작을 수 있다.

- [0017] 일 실시예에서, 주파수 분할이 일어나는 임계 값은 $\frac{1}{\sqrt{Q_{TX}Q_{SH}}}$ 일 수 있다(여기서, Q_{TX} 는 상기 제1 회로의 Q 팩터, Q_{SH} 는 상기 제2 회로의 Q 팩터).
- [0018] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 무선 전력 전송 장치는 송 코일을 포함하는 제1 회로; 및 차폐 코일을 포함하는 제2 회로를 포함하되, 전송 코일과 상기 차폐 코일은 결합 계수 k 는 $k_{critical} < k < 0.8$ 범위를 갖는 유도 결합을 형성할 수 있다(여기서, $k_{critical}$ 는 주파수 분할 현상이 일어나는 임계 결합 계수).

발명의 효과

- [0019] 본 발명의 일 측면에 따르면 효율 및 안전성이 개선된 무선 전력 전송 시스템이 가능하게 된다.
- [0020] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따르면 차폐 코일을 포함하는 무선 전력 전송 시스템이 가능하게 된다.
- [0021] 또한, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면 주파수 분할을 이용한 무선 전력 전송 시스템이 가능하게 된다.
- [0022] 또한, 본 발명의 또 다른 측면에 따르면 기본 주파수에서의 전력 전송 효율을 높이고 고차 주파수에서 누설 자기장을 상쇄하는 무선 전력 전송 시스템이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2 및 도 3은 로봇 팔에 적용된 종래 무선 전력 전송 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0025] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0027] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0028] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
- [0029] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.

- [0030] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [0031] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [0032] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0033] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [0034] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0035] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0036] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0037] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0038] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0039] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템의 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0040] 도 1은 참조하면, 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 무선 전력 전송 시스템(1000)은 무선 전력을 전송하기 위한 전송 코일(TX coil), 전송 코일(TX coil)로부터 전력을 수신하기 위한 수신 코일(RX coil) 및 누설 자기장을 상쇄하기 위한 차폐 코일(SH coil)을 포함할 수 있다.
- [0041] 도 2를 참조하면, 무선 전력 전송 시스템(1000)은 전송 코일(TX coil)을 포함하는 제1 회로(2100), 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200) 및 수신 코일(RX coil)을 포함하는 제3 회로(2300)를 포함할 수 있다.
- [0042] 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제3 회로(2300)의 수신 코일(RX coil)은 유도 결합 계수 k_1 에 따른 유도 결합을 형성하고, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2회로의 차폐 코일(SH coil)은 유도 결합 계수 k_2 에 따른 유도 결합을 형성하고, 제3 회로(2300)의 수신 코일(RX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil)은 유도 결합 계수 k_3 에 따른 유도 결합을 형성할 수 있다. 이때, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil)은 유도 결합 계수 k_2 는 아래 수학식 1과 같이, 주파수 분할이 일어나는 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 보다 크고 0.8 보다 작게 설정될 수 있다.
- [0043] [수학식 1]
- [0044]
$$k_{critical} < k_2 < 0.8$$
- [0045] (여기서, 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 는 $\frac{1}{\sqrt{Q_{TX}Q_{SH}}}$ 이고, Q_{TX} 는 제1 회로(2100)의 Q 팩터, Q_{SH} 는 제2 회로(2200)의 Q 팩터를 의미한다.)

[0046] 이하, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil)은 유도 결합 계수 k_2 가 상기 수학식 1에 따른 유도 결합 형성에 따른 무선 전력 전송의 효율 개선 효과를 도 3 내지 도 5를 참조하여 후술한다.

[0047] 도 3 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선 전력 전송 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[0048] 도 3을 참조하면, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수는 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 보다 작게 설정된 경우, 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 주파수에 따른 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기가 도시되어 있다. 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제1 회로(2100)의 임피던스는 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 회로의 공진 주파수에서 최소가 됨을 확인할 수 있다.

[0049] 도 4를 참조하면, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수는 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 보다 작게 설정된 경우, 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 주파수에 따른 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기가 도시되어 있다. 이때, 제2 회로(2200)의 임피던스는 제2 회로(2200)의 공진 주파수 보다 작은 주파수(이하, 제1 주파수) 및 제2 회로(2200)의 공진 주파수 보다 큰 주파수(이하, 제2 주파수)에서 임피던스가 최소가 되는 주파수 분할 현상이 일어난다.

[0050] 종래에는 무선 전력 전송의 효율을 높이고 누설 자기장을 차단하기 위해 차폐 코일(SH coil)이 사용되었으나, 도 4와 같이 주파수 분할 현상이 일어나면 오히려 무선 전력 전송의 효율이 낮아지는 문제가 있어, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil)의 결합 계수를 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 가 작게 설정하였다.

[0051] 도 5를 참조하면, 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수가 상기 수학식 1과 같이 설정된 경우에, 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 주파수에 따른 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기가 도시되어 있다. 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수가 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 가 크기 때문에 주파수 분할 현상이 발생함을 확인할 수 있다. 이때, 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 주파수에 따른 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기는

제1 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k_2}}$ 및 제2 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k_2}}$ 각각에서 최소가 된다. 차폐 코일(SH coil)을 포함하는 제2 회로

(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기는 제1 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k_2}}$ 보다 작은 주파수에서는 용량성 임피던스의 특성을 나타낸다. 이 영역에서는 제2 회로(2200)에 포함된 차폐 코일(SH coil)에 흐르는 전류의 방향과 제1 회로(2100)의 송신 코일에 흐르는 전류의 방향이 같은 방향이 되므로 전력 전송의 효율이 증가할 수 있다. 또한, 차폐 코일

(SH coil)을 포함하는 제2 회로(2200)의 임피던스(Z_{SH})의 크기는 제2 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k_2}}$ 보다 작은 주파수에서는 유도성 임피던스의 특성을 나타낸다. 이 영역에서는 제2 회로(2200)에 포함된 차폐 코일(SH coil)에 흐르는 전류의 방향과 제1 회로(2100)의 송신 코일에 흐르는 전류의 방향이 반대 방향이 되므로 제1 회로(2100)의 전송 코일(TX coil)의 자기장을 상쇄시킬 수 있다.

[0052] 따라서, 본 발명에서 무선 전력 전송 시스템(1000)은 1 회로의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수를 수학식 1과 같이 설정함으로써, 제2 회로(2200)의 제1 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k_2}}$ 가 제1 회로(2100)가 동작하는 기본 주파수와 일치시켜 무선 전력 전송의 효율을 증가시키고, 제2 회로(2200)의 제

2 주파수 $\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k}}$ 를 제1 회로(2100)가 동작하는 고주파에 일치시켜 고주파 성분에서 발생하는 누설 자기장을 상쇄시킬 수 있다. 이러한 원리를 이용하여 상기 수학식 1은 아래 수학식에 따라 유도될 수 있다.

[수학식 2]

$$k_{critical} < k_2$$

본 발명에 따른 무선 전력 전송 시스템(1000)은 주파수 분할 현상을 전제로 함으로, 1 회로의 전송 코일(TX coil)과 제2 회로(2200)의 차폐 코일(SH coil) 간의 유도 결합 계수는 임계 결합 계수 $k_{critical}$ 보다 커야 한다.

[수학식 3]

$$\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1+k}} > \omega_o$$

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로(2200)의 공진 주파수, ω_o 는 제1 회로(2100)가 동작하는 기본 주파수를 의미한다.)

이는 제2 회로(2200)의 제1 주파수를 제1 회로(2100)의 기본 주파수와 일치시켜, 무선 전력 전송의 효율을 개선시키기 위함이다.

[수학식 4]

$$\frac{\omega_{SH}}{\sqrt{1-k}} < \omega_{har}$$

(여기서, ω_{SH} 는 제2 회로(2200)의 공진 주파수, ω_{har} 는 제1 회로(2100)의 고주파 성분 중 홀수(odd) 고주파(제3 고주파, 제5 고주파...)를 의미한다.)

이는 제2 회로(2200)의 제2 주파수를 제1 회로(2100)의 홀수 고주파에 일치시켜 고주파 성분에서의 누설 자기장을 차단하기 위함이다.

한편, 결합 계수 k 는 $k_{critical} < k < 0.8$ 범위를 갖는 유도 결합을 형성한다. 이때, $k_{critical} < k$ 범위에서 제2 주파수 성분에 대한 누설 자기장을 최대로 상쇄시킬 수 있는 k 값을 도출하는 것이 가능하다. 이때, k 값은 하기 수학식 5를 통해 도출될 수 있다.

[수학식 5]

$$\begin{aligned} \vec{B}_{TX} + \vec{B}_{SH} &\propto N_{TX}I_{TX}^{3rd} - N_{SH}I_{SH}^{3rd} = (N_{TX}I_{TX}^{3rd}) \left(\frac{8-(1+9\alpha)k}{8-k} \right) \\ * \alpha &= \frac{(D_{outer-TX} - N_{TX}(W_{TX} + P_{TX}))^2}{(16D_{outer-TX} + 28N_{TX}(W_{TX} + P_{TX}))} \times \frac{(16D_{outer-SH} + 28N_{SH}(W_{SH} + P_{SH}))}{(D_{outer-SH} - N_{SH}(W_{SH} + P_{SH}))^2} \\ \Rightarrow k &= \frac{8}{1+9\alpha} \end{aligned}$$

여기서, B_{TX} 는 전력을 전송하는 코일에 의한 자기장 성분을 의미하며, B_{SH} 는 차폐 코일에 의해 발생하는 자기장 성분, N_{TX} 는 전력을 전송하는 송신 코일의 턴수, N_{SH} 는 차폐 코일의 턴수, I_{TX} 는 송신코일에 흐르는 전류이고, I_{SH} 는 차폐 코일에 흐르는 전류이고, 이때 3rd는 3차 고조파 주파수를 의미하고, W_{TX} 는 송신 코일의 와이어 직경, P_{TX} 는 와이어 사이의 채널 간격, $D_{outer-TX}$ 는 송신 코일의 전체 직경(예를 들어, 원형 코일의 경우 지름), $D_{outer-SH}$ 는 차폐 코일의 직경을 의미한다. 그리고, 수학식 5는 코일의 형상이 원형 코일일 때의 인덕턴스 값

을 이용할 수 있다. α 는 코일의 형상에 기초하여 정의되는 상수이고, α 와 관련된 수식에서 D_{outer} 는 코일의 직경, w 는 와이어의 직경, p 는 두 와이어 사이의 채널 간격을 의미한다.

[0068] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

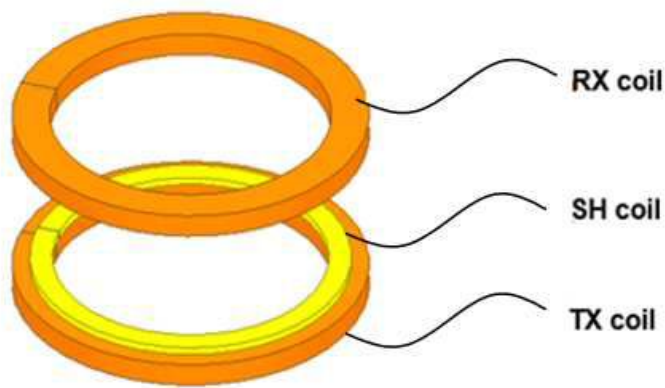
[0069] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0070] 1000: 무선 전력 전송 시스템 2100: 제1 회로
2200: 제2 회로 2300: 제3 회로

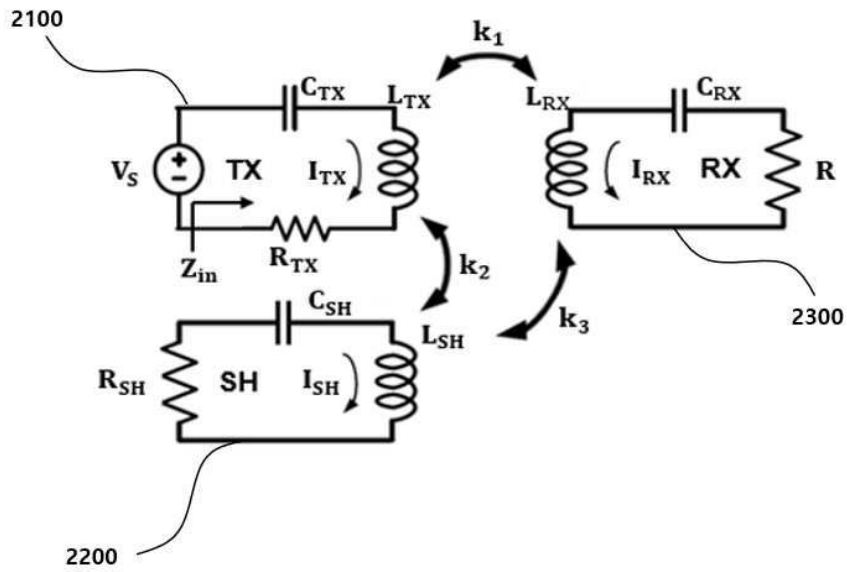
도면

도면1

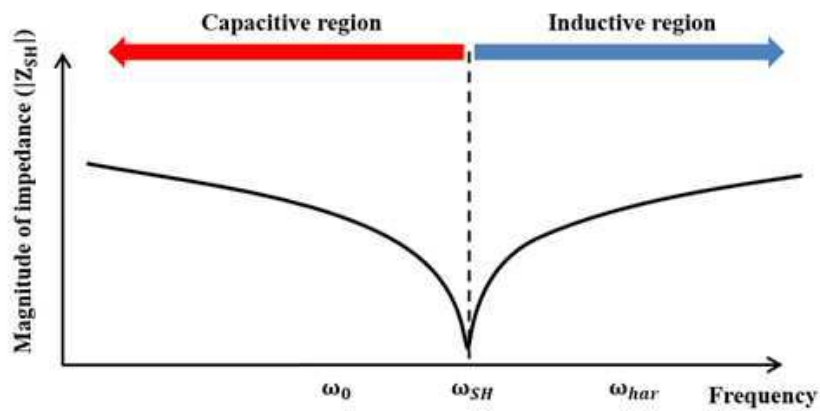


1000

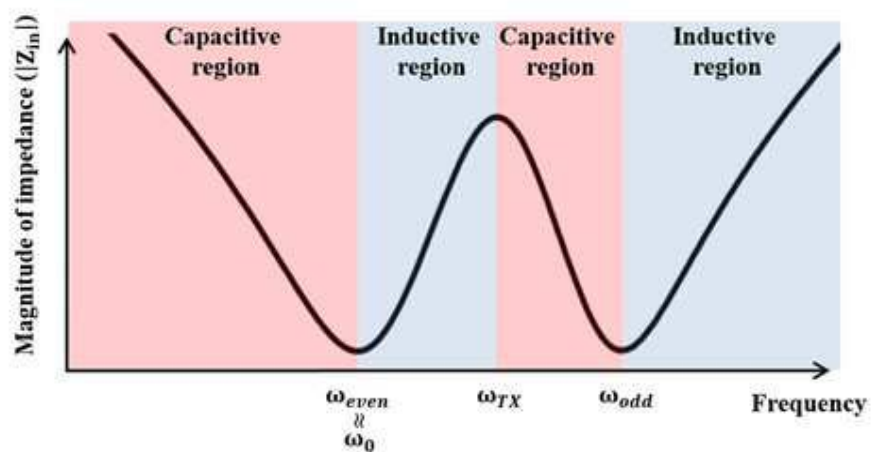
도면2



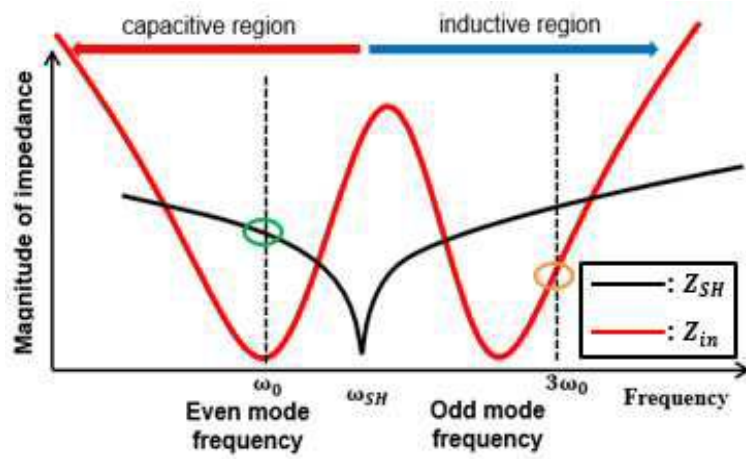
도면3



도면4



도면5



< Impedance of the proposed method >