



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월29일
 (11) 등록번호 10-1390954
 (24) 등록일자 2014년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H02J 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0148249
 (22) 출원일자 2012년12월18일
 심사청구일자 2012년12월18일

(56) 선행기술조사문헌
 US20100277003 A1
 JP2012100522 A

(73) 특허권자

한국과학기술원

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자

홍성철

대전 유성구 어은로 57, (어은동, 한빛아파트)

안덕주

서울 서초구 바우피로 91, 111동 703호 (양재동, 우성아파트)

(74) 대리인

이원희

전체 청구항 수 : 총 12 항

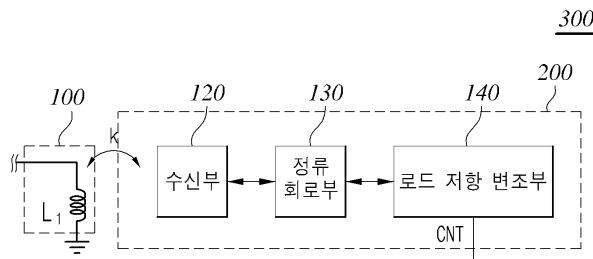
심사관 : 한상일

(54) 발명의 명칭 수신단의 유효 로드저항 변조를 이용하여 효율과 전달전력을 향상시키는 무선전력수신 장치

(57) 요약

수신단의 유효 로드 저항 변조를 이용하여 전달전력을 향상시키는 무선전력수신 장치 및 이를 이용한 무선전력전송 시스템을 개시한다. 무선전력수신 장치의 수신부는 무선전력 송신기로부터 전력을 수신한다. 정류 회로부는 수신부로부터 출력된 전류를 정류하여 출력한다. 로드 저항 변조부는 듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호를 수신하고, 수신된 제어신호에 따라 정류 회로부로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 효율을 향상시키기 위해 등가 저항의 크기를 증가시킨다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

무선전력 송신기로부터 전력을 수신하는 수신부;

상기 수신부로부터 출력된 전류를 정류하여 출력하는 정류 회로부; 및

듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호를 수신하고, 상기 수신된 제어신호에 따라 상기 정류 회로부로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 효율을 향상시키기 위해 등가 저항의 크기를 증가시키는 로드 저항 변조부;를 포함하는 무선전력수신 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 듀티 비는,

고정 또는 가변 듀티 비(duty ratio)인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 수신부는,

인덕터와 커패시터가 직렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 로드 저항 변조부는,

상기 유효 로드 저항의 크기가 감소되도록 상기 정류 회로부로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하는 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 로드 저항 변조부는,

부스트(Boost) 또는 벡-부스트(buck-boost) 타입 변조회로인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 로드 저항 변조부는,

SEPIC 타입 변조회로인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 수신부는,
 인덕터와 커패시터가 병렬로 연결되는 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,
 상기 로드 저항 변조부는,
 상기 유효 로드 저항의 크기가 증가되도록 상기 정류 회로로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하는 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,
 상기 로드 저항 변조부는,
 벡(buck) 타입 또는 벡-부스트(buck-boost) 변조 회로인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,
 상기 로드 저항 변조부는,
 벡-부스트-캐스케이드(Buck-boost-cascade) 타입 변조회로인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 11

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 수신부는,
 인덕터와 2개의 커패시터를 구비하며, 상기 2개의 커패시터 각각은 인덕터와 직렬-병렬 구조 또는 병렬-직렬 구조로 연결되는 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,
 상기 로드 저항 변조부는,
 상기 무선전력수신 장치의 부하시의 Q(loaded-Q) 및 로드 저항을 높이도록 유효 로드 저항을 변조하는 변조 회로인 것을 특징으로 하는 무선전력수신 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 무선 전력 전송 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수신단의 유효 로드저항 변조를 이용하여 전

[0001]

달전력을 향상시키는 무선전력수신 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 무선전력 전송 시스템은 크게 송신기 DC 파워 서플라이, 송신기 공진형 인버터, 송신공진기, 수신공진기, 정류 회로부, 전력변환기로 구성된다. 낮은 커플링과 작은 공진기의 제약 하에서도 높은 효율을 내기 위해서는 수신기의 로드 저항 값이 그에 맞게 최적화되어야 한다.
- [0003] 효율뿐 아니라 수신기에서 요구하는 전력량 이상을 전달할 능력도 필요하다. 특히 송신기와 수신기 간 거리가 멀어지게 되면 수신기에 충분한 전력을 공급할 수 없게 된다. 거리뿐 아니라 로드 저항값도 전력전달량에 영향을 미친다. 결과적으로 수신기에 원하는 전력을 높은 효율로 전달하기 위해서는 로드 저항값을 적절하게 선택하여야 한다.
- [0004] 문제는 로드 저항값을 마음대로 바꾸기는 어렵다는 점이다. 로드 저항은 전력을 실제 소모하는 장치의 전력요구량에 의해 결정되는 것이지 시스템의 디자인 변수가 아니다. 임피던스 변환 회로를 이용하면 수신 공진기에서 바라보는 유효 로드 저항값을 변환할 수 있고 성능을 개선시킬 수 있다.
- [0005] 하지만 기존의 임피던스 변환 회로들은 임피던스 변환 비율을 마음대로 바꿀 수 없었고 고정된 변환비율을 가지고 있었다.
- [0006] 이것은 특정 거리, 혹은 특정 로딩 전류 상태(loading current condition) 하에서는 성능 최적화가 가능하지만, 거리가 변화하거나 로딩 전류(loading current)가 변화할 때는 다시 성능이 떨어지고 시스템이 불안정해 진다는 단점이 있었다.
- [0007] 기존의 수신기 뒷부분의 전력변환 회로에는 요구되는 전력보다 더 많은 전력이 수신되었을 때 전력을 제한하는 기능만 있었다. 따라서 수신된 전력이 요구되는 전력보다 적을 때는 실제 로드 저항에 원하는 전력량을 충분히 공급할 수 없었다.
- [0008] 또한, 종래 발명인 미국 공개 특허 특허 US2010/0277003 A1인 "Adaptive impedance tuning in wireless power transmission"에서는 DC-DC 컨버터(converter)를 이용하여 수신기 저항을 바꾸는 목적이 효율 증가가 아니라 파워 제어(power control)을 목적 위함이었다. 해당 특허에는 출력 파워를 높이거나 낮추기 위하여 다양한 제어(control) 방법 및 출력/입력파워 센싱(sensing) 방법이 청구항(claim)에 개시되어 있다. 하지만 그것들의 목적은 전력전달 제어이지 효율 증가가 아니었다. 해당 특허에는 해당 방법을 사용해서 전달되는 전력이 증가한다고 해서 효율도 반드시 증가하는 것은 아니라고 설명되어 있다.
- [0009] 반면, 본 특허의 목표는 전력 제어가 아니라, 전력변환 회로의 도움을 받아 공진기 효율을 향상시키는 데 목적이 있다. 제안된 수신기는 동일한 전력을 동일한 거리에서 받아오더라도 자기 자신의 등가 저항(reflected resistance)를 증폭시킨 상태에서 동작하기 때문에 효율이 높아진다. 제안된 로드 저항 변조부를 추가하지 않았을 때 보다 추가했을 때 더 높은 효율을 얻게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 종래의 무선 전력 전송 시스템 내에 사용되던 기존의 임피던스 변환 회로들은 임피던스 변환 비율을 마음대로 바꿀 수 없었고 고정된 변환비율을 가지고 있어, 송신기와 수신기 사이의 특정 거리, 혹은 특정 로딩 전류 상태 하에서는 성능 최적화가 가능하지만, 거리가 변화하거나 로딩 전류가 변화할 때는 다시 성능이 떨어지고 시스템이 불안정해 진다는 문제점을 해결할 수 있는 수신단의 유효 로드 저항 변조를 이용하여 전달전력을 향상시키는 무선전력 수신 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 무선전력수신 장치는 무선전력 송신기로부터 전력을 수신하는 수신부; 상기 수신부로부터 출력된 전류를 정류하여 출력하는 정류 회로부; 및 듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호를 수신하고, 상기 수신된 제어신호에 따라 상기 정류 회로부로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 효율을 향상시키기 위해 등가 저항의 크기를 증가시키는 로드 저항 변조부;를 포함한다.

[0012]

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면 수신기의 부하시의 Q(loaded-Q)가 증가하는 방향으로 유효 로드저항을 변화시켜 송신기로 투영되어 보이는 등가 저항(reflected resistance)을 증가시킴으로써 전체 시스템 효율과 출력전력을 높일 수 있다는 이점이 있다.

[0014] 또한, 무선전력송신 장치와 무선전력수신 장치 사이의 거리가 멀어져서 출력전력이 실제 로드저항에서 요구하는 전력량 이하로 떨어졌을 때, 등가 저항(reflected resistance)을 높일 수 있어 보다 먼 거리에서 동일한 효율과 출력전력을 유지할 수 있다는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 직렬 수신 공진기와 등가 저항과의 상관관계를 나타낸 예시도이다.
- 도 2는 병렬 수신 공진기와 등가 저항과의 상관관계를 나타낸 예시도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 무선전력전송 시스템을 나타낸 블럭도이다.
- 도 4는 도 3에 도시된 정류 회로도의 일 예를 나타낸 예시도이다.
- 도 5는 본 발명의 로드 저항 변조부의 제1 실시 예인 제1 변조 회로(부스트(boost) 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- 도 6는 본 발명의 로드 저항 변조부의 제2 실시 예인 제2 변조 회로(부스트(boost) 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- 도 7은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제3 실시 예인 제3 변조 회로(SEPIC 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- 도 8은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제4 실시 예인 제4 변조 회로(벅(buck) 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- 도 9은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제5 실시 예인 제5 변조 회로 (맥동(Pulsating) DC 전압 입력을 받는 플라이백(flyback) 변조 회로)를 나타낸 예시도이다.
- 도 10는 본 발명의 로드 저항 변조부의 제6 실시 예인 제6 변조 회로(벅-부스트-캐스케이드(buck-boost-cascade)를 나타낸 예시도이다.
- 도 11은 본 발명의 수신부가 직렬공진 구조와 병렬공진 구조로 혼합되어 있을 때, 로드저항 변조를 통해 등가 저항을 증가시키기 위하여, 수신부를 직렬 혹은 병렬로 등가적으로 변환하는 예를 나타낸 예시도이다.
- 도 12는 도 3에 도시된 무선전력수신 장치의 구동방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 13은 도 3에 도시된 무선전력전송 시스템의 구동방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 14의 (a)는 본 발명과 종래발명과의 무선전력송신 장치와 무선전력수신 장치 사이의 거리 변화에 따른 전달 전력을 비교한 그래프이며, 도 14의 (b)는 본 발명과 종래발명과의 송신기와 수신기 사이의 거리 변화에 따른

전달전력을 비교한 그래프이다.(부하 변조(Load-modulated):본 발명, 정류기 전용(Rectifier-only): 종래발명)
 도 15의 (a)는 본 발명과 종래발명에서 21.6W 출력시의 거리에 따른 전달전력의 효율성을 비교한 그래프이며,
 도 15의 (b)는 본 발명과 종래발명에서 10.9W 출력 시 전달전력의 효율성을 비교한 그래프이다.(부하 변조
 (Load-modulated):본 발명, 정류기 전용(Rectifier-only): 종래발명)

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0017] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 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 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0019] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 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 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 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.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하도록 한다.

[0021] 먼저, 본 발명을 설명함에 앞서, 무선전력송신 장치 내의 등가 저항의 크기는 아래에 기재된 수학적 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

[0022] [수학적 식 1]

[0023]
$$R_{reflected} = k^2 \omega_0 L_1 Q_{RX}$$

[0024] 여기서, k는 송신기 내의 송신코일과 수신기 내의 수신 공진기 사이의 커플링 계수, L1은 송신코일의 인덕턴스, 수신공진기의 부하시의 Q(loaded-Q)를 Q_{RX}, 공진기들의 공진주파수 및 인버터 스위칭 주파수를 w0 라고 할 때, 송신코일과 수신기 사이의 커플링 영향은 송신코일에게는 하나의 등가 저항(R_{reflected})으로 나타난다.

[0025] 등가 저항(R_{reflected})은 수신기의 영향이 송신코일로 투영되어 보이기 때문에 등가 저항(reflected resistance)이라 한다.

[0026] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 등가 저항(R_{reflected})은 송신 코일(L1)의 기생저항(R_{TXparasitic})과 직렬로 연결된다. 따라서 등가 저항(R_{reflected})을 크게 하는 것이 고효율과 고풍력의 조건이다.

[0027] 등가 저항(reflected resistance)은, 수학적 식 1을 참조, Q_{RX}에 의존하고, Q_{RX}는 다시 수신 공진기의 로드 저항에

의해 결정된다.

- [0028] 직렬 공진 수신기에서는, 도 1을 참조, 로드 저항(R_L)이 작을수록 부하시의 Q(loaded-Q)와 등가 저항이 커지고, 병렬공진 수신기에서는, 도 2을 참조, 로드 저항(R_L)이 커질수록 부하시의 Q(loaded-Q)와 등가 저항($R_{reflected}$)이 커진다.
- [0029] 이에 본 발명에서는 로드 저항 변조 회로를 통해 수신 공진기의 유효 로드 저항 크기 및 등가 저항의 크기를 가변하여 전달전력의 효율과 전송전력을 증가시키는데 있다.
- [0030] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 무선전력전송 시스템을 나타낸 블록도이다. 도 4는 도 3에 도시된 정류 회로 도의 일 예를 나타낸 예시도이다.
- [0031] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 무선전력전송 시스템(300)은 무선전력 송신 장치(100) 및 무선전력수신 장치(200)를 포함한다.
- [0032] 상기 무선전력송신 장치(100)는 전력을 전달한다. 상기 무선전력송신 장치(100)는 DC 파워 공급기 및 송신 공진부를 구비하며, 상기 DC 파워 공급기로부터 생성된 전력을 송진 공진부 내의 인덕터(L1)를 통해 외부로 전송하는 기능을 수행한다.
- [0033] 상기 무선전력수신 장치(200)는 무선전력전달 효율을 향상시키기 위해 등가 저항의 크기를 조절한다.
- [0034] 보다 구체적으로, 상기 무선전력수신 장치(200)는, 수신부(120), 정류 회로부(130) 및 로드 저항 변조부(140)를 포함한다.
- [0035] 상기 수신부(120)는 상기 무선전력송신 장치로부터 전력을 수신한다.
- [0036] 상기 정류 회로부(130)는 상기 수신부(120)로부터 출력된 전류를 정류하여 출력한다.
- [0037] 상기 로드 저항 변조부(140)는 듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호를 수신하고, 상기 수신된 제어신호(CNT)에 따라 상기 정류 회로부(130)로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 상기 효율을 향상시키기 위해 상기 전력 송신기 내의 등가 저항의 크기를 조절한다.
- [0038] 상기 제어신호(CNT)는 상기 로드 저항 변조부(140)의 구동을 제어하며, 보다 구체적으로는, 고정 또는 가변 듀티 비(duty ratio)를 갖는 펄스 신호인 제어신호(CNT)로서, 상기 로드 저항 변조부(140) 내의 스위칭 소자를 주기적으로 ON/OFF 시켜준다.
- [0039] 상기 수신부(120)는 인덕터(L)와 커패시터(C)가 직렬 또는 병렬 연결 구조 또는 직렬과 병렬이 혼용된 형태로 구성될 수 있다. 보다 구체적인 설명은 이하에 기재된 도 10을 참조하여 설명한다.
- [0040] 다음으로, 도 4를 참조하면, 상기 정류 회로부(130)는 제1 정류부(131), 제2 정류부(132) 및 정류 회로부 출력 필터(133)를 구비하며, 상기 수신부(120)로부터 정류된 전류를 인가받아 상기 로드 저항 변조부(140)로 인가한다.
- [0041] 상기 제1 정류부(131)는 두 개의 다이오드(D)가 제1 노드(n1)를 통해 직렬연결되며, 상기 제2 정류부(132)는 두 개의 다이오드(D)가 제2 노드(n2)를 통해 직렬연결되며, 상기 제1 정류부(131)와 상기 제2 정류부(132)는 병렬 연결된다. 또한, 상기 정류 회로부(130)는 상기 정류 회로부 출력 필터(C)와 병렬연결된다.
- [0042] 상기 수신부(120)에서 인가된 교류 전류는 상기 제1 정류부(131)의 정류소자인 다이오드를 거쳐 정류 회로부(130)의 출력 필터(C)를 통해 직류 전류로 출력된다.
- [0043] 상기 로드 저항 변조부(140)는 상기 정류 회로부(130)로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절하여 로드 저항(R_L)의 크기를 가변시키는 기능을 수행한다. 보다 구체적으로, 상기 유효 로드 저항의 크기가 증가 또는 감소되도록 상기 정류 회로부(130)로부터 인가되는 전류의 흐름을 조절한다.

- [0044] 도 5는 본 발명의 로드 저항 변조부의 제1 실시 예인 제1 변조 회로(부스트(boost) 타입 변조회로)를 나타낸 예 시도이다.
- [0045] 도 5에 도시된 바와 같이, 보다 구체적으로, 상기 로드 저항 변조부(140)는 상기 수신부(120) 내의 인덕터(L)와 커패시터(C)의 연결구조에 따라 가변되며, 직렬 연결 구조일 경우, 제1 변조 회로(210), 제 2 변조 회로(220), 또는 제3 변조 회로(230)를 포함하며, 병렬 연결구조일 경우, 제4 변조 회로(240), 제5 변조 회로(250), 또는 제6 변조 회로(260)를 포함한다.
- [0046] 상기 제1 변조 회로(210)는 인덕터(211), 제1 스위칭 소자(212), 제2 스위칭 소자(213) 및 커패시터(214)를 포함하는 부스트(boost) 타입 회로일 수 있다.
- [0047] 보다 구체적으로, 상기 인덕터(211)는 일단이 상기 정류부와 연결되며, 타단이 제3 노드(N3)와 연결된다. 상기 제1 스위칭 소자(212)의 드레인 단은 제3 노드(N3)와 연결되고, 소스 단은 제4 노드(N4)와 연결된다. 상기 제2 스위칭 소자(213)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결되고 타단이 제5 노드(N5)와 연결된다.
- [0048] 펄스 신호인 제어신호(CNT)가 제1 스위칭 소자(212)의 게이트 단에 인가된다. 상기 제어 신호(CNT)의 듀티 비(duty ratio)는 고정된 값을 가질 수도 있고 로드 저항의 출력전압에 따라 가변할 수도 있다.
- [0049] 제 1 스위칭 소자(212)와 제 2 스위칭 소자 (213)는 번갈아 가면서 턴온 된다.
- [0050] 제 1 스위칭 소자(212)가 턴온 될 때 인덕터(211)에 흐르는 전류는 점점 커지게 (전류 빌드업(buildup)) 된다. 상기 인덕터에 흐르는 전류는 제 1 스위칭 소자(212)와 정류회로부(130)를 거쳐 빌드업(buildup) 된다.
- [0051] 제 1 스위칭 소자(212)가 턴오프 되면, 제3 노드(N3) 에 걸리는 전압이 증가하며 이것이 제 2 스위칭 소자(213)의 문턱 전압 이상이 되는 순간 제2 스위칭 소자(213)가 턴온된다. 이에 따라 인덕터(211)에 흐르던 전류는 로드 저항(RL)으로 인가된다.
- [0052] 전체 스위칭 주기 중, 제 1 스위칭 소자(212)가 턴 온 되어 있는 비율 즉 듀티 비(duty ratio) 가 커질수록 전류 빌드업(buildup)이 많이 되고 변조기(210)로의 입력저항은 작아지며, 제1 변조 회로(210)로의 입력저항이 유효 로드 저항이기 때문에, 등가 저항(reflected resistance)이 커지게 된다.
- [0053] 따라서, 상기 제1 변조 회로(210)는 펄스 신호인 제어신호(CNT)의 듀티 비에 따라 전류 흐름을 조절함으로써, 기존의 로드 저항보다 입력저항을 작아지게 하여 무선전력송신 장치(100) 내의 등가 저항을 증가시킬 수 있다. 이에 따라 무선전력의 전달 효율과 전력량을 증가시킨다.
- [0054] 도 6은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제2 실시 예인 제2 변조 회로(부스트(boost) 타입 변조회로)를 나타낸 예 시도이다.
- [0055] 도 6에 도시된 바와 같이, 상기 제2 변조 회로(220)는 맥동(pulsating) DC 전류를 입력받는 부스트(boost) 타입 회로의 일 예를 나타낸 회로도이다.
- [0056] 보다 구체적으로 상기 제2 변조 회로(220)는 제1 스위칭 소자(221), 제2 스위칭 소자(222) 및 커패시터(223)를 포함한다.
- [0057] 상기 제1 스위칭 소자(221)의 드레인 단은 제3 노드(N3)와 연결, 게이트 단은 제어부(170)와 연결되며, 소스 단은 제4 노드(N4)와 연결된다.
- [0058] 상기 제2 스위칭 소자(222)는 일단이 제3 노드(N3)와 타단이 제5 노드(N5)와 연결된다. 상기 커패시터(223)는 제2 스위칭 소자(222)와 병렬 연결된다.
- [0059] 상기 제2 변조 회로(222)는 제1 변조 회로(210)에서 전력 수신기의 정류 회로부 출력 커패시터(C) 필터와 로드 저항 변조부의 인덕터가 제거된 회로이다.

- [0060] 따라서, 제1 스위칭 소자(221)가 턴온되면 수신부에서 공진전류의 진폭이 서서히 증가한다. 이때 제1 스위칭 소자(221)의 턴온 구간이 길면(즉, 온 듀티(on duty) 구간이 길면) 수신부(120) 내에서 전류 빌드업(buildup)이 일어나게 된다. 따라서, 수신부(120)에서 보이는 유효 로드 저항은 작아지고 등가 저항은 커지게 된다.
- [0061] 도 7은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제3 실시 예인 제3 변조 회로(SEPIC 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- [0062] 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 제3 변조 회로(230)는 맥동(pulsating) DC 전류를 입력받는 SEPIC 타입 변환 회로의 일 예를 나타낸 회로이며, 보다 구체적으로 제1 스위칭 소자(231), 제2 스위칭 소자(234), 제1 커패시터(232), 제2 커패시터(235) 및 인덕터(233)를 포함한다.
- [0063] 상기 제1 스위칭 소자는 드레인 단이 제3 노드(N3)와 연결, 게이트 단이 제어부와 연결, 소스 단이 제4 노드(N4)와 연결된다.
- [0064] 상기 제1 커패시터(232)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결, 타단이 제5 노드(N5)와 연결되며, 상기 인덕터(233)는 일단이 제5 노드(N5)와 연결, 타단이 제6 노드(N6)와 연결되며, 상기 제2 스위칭 소자(234)는 다이오드이며, 일단이 제6 노드(N6)와 연결, 타단이 제7 노드(N7)와 연결된다. 상기 제2 커패시터(235)는 일단이 제7 노드(N7)와 연결, 타단이 제8 노드(N8)와 연결된다.
- [0065] 여기서, 제1 스위칭 소자(231)가 제어신호(CNT)를 수신받아 활성화되면, 제3 노드(N3)와 수신부(120)에 인가된 전류의 흐름은 증가된다. 이때, 제6 노드(N6)와 연결된 인덕터는 전류 빌드업(buildup) 상태가 되어 제5 노드(N5)로 전류(I_{LS})를 공급하게 된다.
- [0066] 이후 제1 스위칭 소자(231)가 턴오프되면, 제5 노드(N5)에 인가되는 전류($I_{CS} + I_{SL}$)량에 따른 전압이 제2 스위칭 소자(234)의 문턱 전압보다 커지게 된다. 이후, 제2 스위칭 소자(234)가 턴온되어 제5 노드(N5)에 인가된 전류는 증가된다.
- [0067] 따라서, 수신부(120)에 보여지는 로드 저항(R_L)의 크기는 로드 저항 변조부(140)에서 유효 로드 저항을 조절함으로써, 크거나 작아질 수 있다. 이러한 원리로 등가 저항을 감소 또는 증가시킬 수 있다.
- [0068] 도 8은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제4 실시 예인 제4 변조 회로(벅(buck) 타입 변조회로)를 나타낸 예시도이다.
- [0069] 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 제4 변조 회로(240)는 입력저항을 증가시키는 벅(buck) 타입 변환 회로 중 일 예를 나타낸 회로도이다.
- [0070] 보다 구체적으로, 제1 스위칭 소자(241), 제2 스위칭 소자(242), 인덕터(243) 및 커패시터(244)를 포함한다.
- [0071] 상기 제1 스위칭 소자(241)는 드레인 단이 정류 회로부(130)와 연결되며, 게이트 단이 제어부(170)와 연결되며, 드레인 단이 제3 노드(N3)와 연결된다. 상기 제2 스위칭 소자(242)는 다이오드일 수 있으며, 일단이 제3 노드(N3)와 연결, 타단이 제4 노드(N4)와 연결된다. 상기 인덕터(243)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결, 타단이 제5 노드(N5)와 연결된다. 상기 커패시터(244)는 상기 인덕터와 병렬연결되도록 일단이 제3 노드(N3)와 연결되며, 타단이 제6 노드(N6)와 연결된다.
- [0072] 제1 스위칭 소자(241)가 펄스 신호인 제어신호를 수신받아 턴온되면, 유효 로드 저항은 고정된다. 만약, 제1 스위칭 소자(241)가 턴 오프되면, 전류의 흐름이 적어져 유효 로드 저항은 커지게 되며, 그에 따라 무선전력송신 장치 내에는 더욱 큰 등가 저항이 보이게 된다.
- [0073] 높아진 등가 저항은 효율과 전력을 증가시키며, 결과적으로 무선전력수신 장치로 송신하는 전력량과 전력전달의 효율이 증가하게 된다.
- [0074] 도 9은 본 발명의 로드 저항 변조부의 제5 실시 예인 제5 변조 회로 (맥동(Pulsating) DC 전압 입력을 받는 플라이백(flyback) 변조 회로)를 나타낸 예시도이다.

- [0075] 도 9에 도시된 바와 같이, 제5 변조 회로(250)는 맥동(Pulsating) DC 전압 입력을 받는 플라이백(flyback) 변조 회로 중 일 예를 나타낸 회로도이다.
- [0076] 보다 구체적으로, 제5 변조 회로(250)는 제1 인덕터(251)와 제2 인덕터(252) 내에 권선된 코일의 방향이 역방향을 갖는 플라이백트랜스포머(253), 제1 스위칭 소자(254), 제2 스위칭 소자(255) 및 커패시터(256)를 포함한다.
- [0077] 참고로, 상기 플라이백트랜스포머(253)는 상기 제1 인덕터(251) 내에 권선된 코일과 제2 인덕터(252) 내에 권선된 코일의 방향이 역방향으로 형성되어, 그에 따른 역기전력을 이용하여 전류를 인가한다.
- [0078] 제1 인덕터(251)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결되며, 타단이 제1 스위칭 소자(254)의 소스 단과 연결된다. 상기 제1 스위칭 소자(254)는 소스 단이 상기 제1 인덕터(251)의 타단과 연결되며, 게이트 단에 제어신호가 인가되고, 드레인 단이 제4 노드(N4)와 연결된다.
- [0079] 상기 제2 인덕터(252)는 일단이 상기 다이오드의 일단과 연결되며, 타단이 상기 커패시터(256)의 일단과 연결된다. 상기 커패시터(256)는 상기 다이오드와 병렬 연결된다.
- [0080] 상기 제5 변조 회로(250)에 인가되는 펄스 신호인 제어신호의 오프 듀티(off duty) 비가 커질 수록, 제1 스위칭 소자(254)의 턴오프 구간이 길어지면, 제1 인덕터(251)에서 제2 인덕터(252)로 인가되는 전류의 흐름은 감소하며 수신부(120)에 걸리는 공진 전압은 증가하게 된다. 따라서 유효 로드 저항이 증가된다.
- [0081] 그에 따라 수신부(120)는 무선전력송신 장치 내에 등가 저항이 높아지도록 유도하게 된다. 높아진 등가 저항은 전력전달의 효율과 전력량을 증가시키며, 결과적으로 무선전력수신 장치로 송신하는 전력량과 효율이 증가하게 된다.
- [0082] 도 10는 본 발명의 로드 저항 변조부의 제6 실시 예인 제6 변조 회로(벅-부스트-캐스케이드(buck-boost-cascade))를 나타낸 예시도이다.
- [0083] 상기 제6 변조 회로(260)는 맥동(Pulsating) DC 전압 입력을 받는 벅-부스트-캐스케이드(buck-boost-cascade) 타입 회로의 일 예를 나타낸 회로도이다.
- [0084] 보다 구체적으로, 제6 변조 회로(260)는 제1 스위칭 소자(261), 제2 스위칭 소자(262), 인덕터(263), 제3 스위칭 소자(264), 제4 스위칭 소자(265) 및 커패시터(C)를 포함한다.
- [0085] 제1 스위칭 소자(261)는 소스 단이 정류 회로부(130)와 연결되며, 게이트 단에 제어신호(CNT)가 인가되고, 드레인 단이 제3 노드(N3)와 연결된다.
- [0086] 인덕터(263)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결되며, 타단이 제5 노드(N5)와 연결된다. 제2 스위칭 소자(262)는 일단이 제3 노드(N3)와 연결되며, 타단이 제4 노드(N4)와 연결된다. 제3 스위칭 소자는 소스 단이 제5 노드(N5)와 연결되며, 게이트 단이 제어부(170)와 연결되며, 드레인 단이 제6 노드(N6)와 연결된다. 커패시터(267)는 일단이 제7 노드(N7)와 연결되며, 타단이 제8 노드(N8)와 연결된다.
- [0087] 여기서, 제1 및 제3 스위칭 소자(261, 264)는 동일한 펄스 신호인 제어신호(CNT)를 동시에 수신하여 턴온/턴오프 동작을 수행하게 된다.
- [0088] 따라서, 제1 및 제3 스위칭 소자(261,264)가 턴온 될 경우, 인덕터에 전류 빌드업이 발생한다. 빌드업 시간이 짧아지면(즉, 온 듀티(on duty) 구간이 짧으면) 수신부(120)에서 공진 전압 빌드업이 많이 일어나게 된다.
- [0089] 따라서 수신부(120)에서 보이는 유효 로드 저항은 커지고 그에 따라 송신기 내의 등가 저항은 커지게 된다. 따라서, 무선전력송신 장치(100)로부터 출력되는 전력량과 전력전달의 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0090] 도 11은 본 발명의 수신부가 직렬공진 구조와 병렬공진 구조로 혼합되어 있을 때, 로드 저항 변조를 통해 등가 저항을 증가시키기 위하여, 수신기를 직렬 혹은 병렬로 등가적으로 변환하는 예를 나타낸 예시도이다.
- [0091] 보다 구체적으로, 도 11의 (a)를 참조하면, 전력 수신기는 커패시터(C2A)와 커패시터(C2B)에 의해 직렬공진과 병렬공진 구조를 모두 포함하고 있다.

[0092] 만약 $\omega^2 C_{2B}^2 R_L \ll 1$ 이면, 커패시터(C2B)의 영향은 무시되고 회로는 직렬 공진이 된다. 이 때는 로드저항 변조부에서 전류흐름을 제어하여 유효 로드 저항을 작게 하면 부하시의 Q(loaded-Q)와 등가저항(reflected resistance)를 높일 수 있다.

[0093] 만약 $\omega^2 C_{2B}^2 R_L \gg 1$ 라면, 직렬공진 구조로 변환되는데, 로드 저항의 값이 역수로 변하면서 스케일링 된다. (즉 $\frac{1}{\omega^2 C_{2B}^2 R_L}$). 따라서 로드 저항(R_L)이 커질수록 변환된 로드 저항은 작아지고 부하시의 Q(loaded-Q)는 커진다. 따라서 로드 저항 변조부에서 전류흐름을 제어하여 유효 로드 저항을 크게 하면 등가 저항(reflected resistance)을 높일 수 있다.

[0094] 도 11의 (b) 또한, 전력 수신기는 커패시터(C2A)와 커패시터(C2B)에 의해 직렬공진과 병렬공진 구조를 모두 포함하고 있다.

[0095] 만약 $\omega^2 C_{2B}^2 R_L \gg 1$ 이면, 커패시터(C2B)의 영향은 무시되고 회로는 병렬 공진이 된다. 이 때는 로드저항 변조부에서 전류흐름을 제어하여 유효 로드 저항을 크게 하면 부하시의 Q(loaded-Q)와 등가저항 (reflected resistance)를 높일 수 있다.

[0096] 만약 $\omega^2 C_{2B}^2 R_L \ll 1$ 라면, 수신부는 병렬공진 구조로 변환되는데, 로드 저항 값이 역수로 변하면서 스케일링 된다. (즉 $\frac{1}{\omega^2 C_{2B}^2 R_L}$).

[0097] 따라서 로드 저항이 작아질수록 변환된 로드 저항은 커지고 부하시의 Q(loaded-Q)는 커진다. 따라서 로드 저항 변조부에서 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항을 작게 하면 등가 저항(reflected resistance)을 높일 수 있다.

[0098] 도 12는 도 3에 도시된 무선전력 수신기의 구동 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0099] 도 12에 도시된 바와 같이, 무선전력수신 장치의 구동 방법(S10)은 수신 단계(S11), 정류 단계(S12) 및 로드 저항 가변 단계(S13)를 포함한다.

[0100] 상기 수신 단계(S11)는 수신부가 무선전력송신 장치(100)로부터 전력을 수신하는 단계이다.

[0101] 상기 정류 단계(S12)는 정류 회로부가 상기 수신된 전력으로 생성된 전류를 정류하는 단계이다.

[0102] 상기 로드 저항 가변 단계(S13)는 로드 저항 변조부(140)가 듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호를 수신하고, 상기 제어신호(CNT)에 따라 상기 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 효율을 향상시키기 위해 등가 저항의 크기를 조절하는 단계이다.

[0103] 상기 듀티 비는 고정 또는 가변 듀티 비일 수 있으며, 상기 정류 단계(S12)는 맥동(Pulsating) DC 전류를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0104] 도 13은 도 3에 도시된 무선전력 전송 시스템의 구동 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0105] 도 13에 도시된 바와 같이, 무선전력 전송 시스템의 구동 방법(S100)은 전송 단계(S110), 수신 단계(S120), 정류 단계(S130), 로드 저항 가변 단계(S140)를 포함한다.

[0106] 상기 전송 단계(S110)는 무선전력송신 장치(100)가 전력을 전송하는 단계이다.

[0107] 상기 수신 단계(S120)는 무선전력수신 장치(200)가 상기 전송된 전력을 수신하는 단계이다.

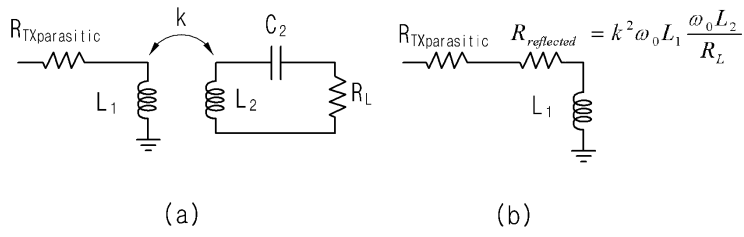
- [0108] 상기 정류 단계(S130)는 무선전력수신 장치(200)가 상기 수신된 전력으로 생성된 전류를 정류하는 단계이다.
- [0109] 상기 로드 저항 가변 단계(S140)는 무선전력수신 장치(200)가 듀티 비(duty ratio)를 포함하는 제어신호(CNT)를 수신하고, 상기 제어신호(CNT)에 따라 전류의 흐름을 조절하여 유효 로드 저항의 크기를 가변시켜, 그에 따른 등가 저항의 크기를 조절하여 전달전력의 효율을 향상시키는 단계이다.
- [0110] 도 14의 (a)는 본 발명과 종래발명과의 송신기와 수신기 사이의 거리 변화에 따른 전송전력을 비교한 그래프이며, 도 14의 (b)는 본 발명과 종래발명과의 송신기와 수신기 사이의 거리 변화에 따른 전송전력을 비교한 그래프이다.
- [0111] 도 14의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, 종래 발명은 거리가 멀어질 수록 전송전력 및 시스템의 효율성이 작아짐을 알 수 있다. 이에 반해, 본 발명은 로드 저항 변조부를 통해 거리에 상관없이 일정한 전송전력 및 효율성을 가짐을 알 수 있다.
- [0112] 도 15의 (a)는 본 발명과 종래발명에서 21.6W 출력시의 거리에 따른 전달전력의 효율성을 비교한 그래프이며, 도 15의 (b)는 본 발명과 종래발명에서 10.9W 출력 시 전달전력의 효율성을 비교한 그래프이다.
- [0113]
- [0114] 따라서, 본 발명은 수신기 출력전압을 피드백으로 받아서 등가 저항(reflected resistance)의 크기(저항값)을 조절할 수 있다. 또한, 이것은 거리가 멀어지더라도 일정한 전력을 공급할 수 있다. 이에 반해, 종래 발명은 거리가 멀어져서 전력변환기 앞까지의 출력전력이 실제 로드 저항에서 요구하는 전력량 이하로 떨어졌을 경우 전력공급을 하지 못하였다.
- [0115] 하지만 본 발명에서는 거리가 멀어져서 전력변환기 앞까지의 출력전력이 실제 로드 저항에서 요구하는 전력량 이하로 떨어졌을 때, 등가 저항(reflected resistance)을 높일 수 있기 때문에 보다 먼 거리까지도 요구되는 송신기의 출력전력을 유지할 수 있다.
- [0116] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시 예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재된 특허 청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형 가능함은 물론이다.

부호의 설명

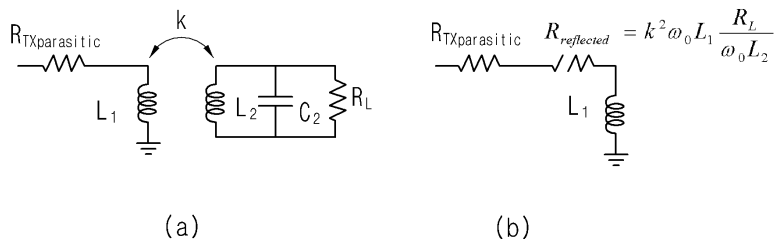
- [0117] 100: 무선전력송신 장치
- 120: 수신부
- 130: 정류 회로부
- 140: 로드 저항 변조부
- 200: 무선전력수신 장치
- 210: 제1 변조 회로
- 220: 제2 변조 회로
- 230: 제3 변조 회로
- 240: 제5 변조 회로
- 250: 제6 변조 회로
- 260: 제7 변조 회로
- 300: 무선전력전송 시스템

도면

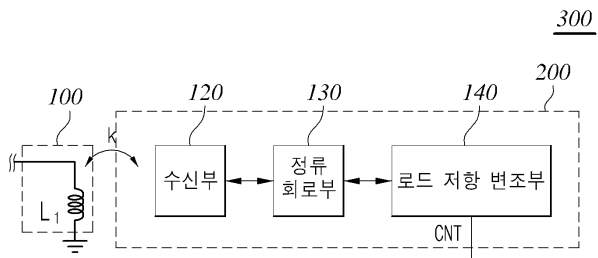
도면1



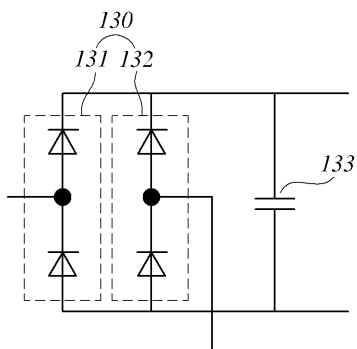
도면2



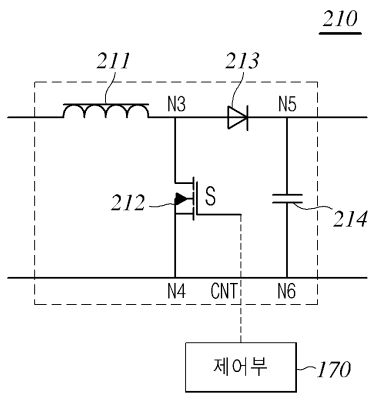
도면3



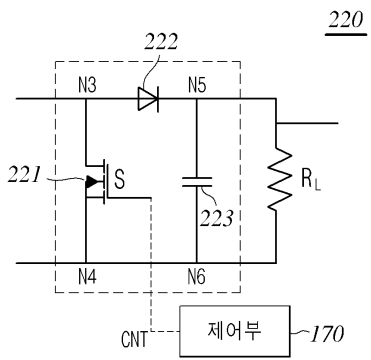
도면4



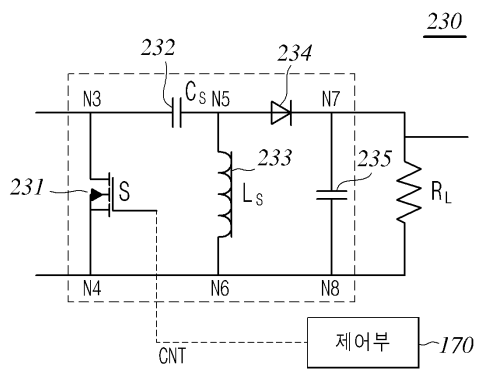
도면5



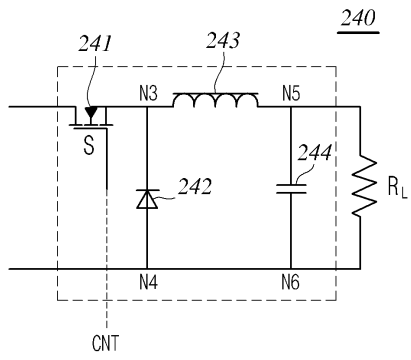
도면6



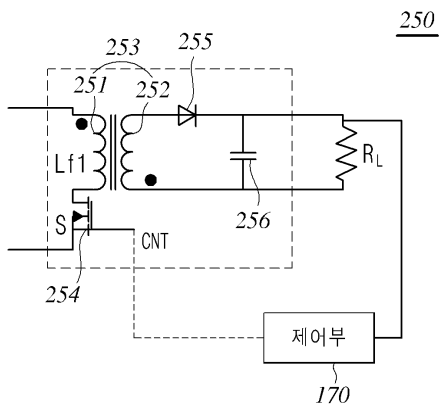
도면7



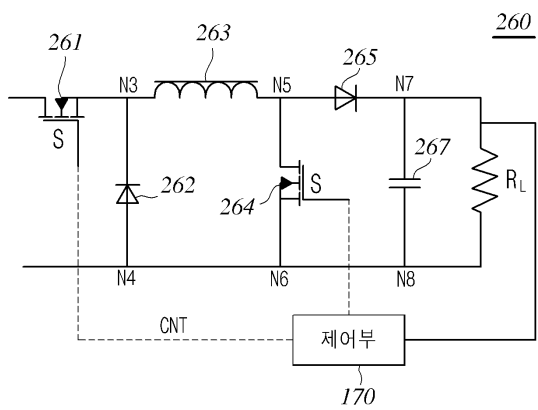
도면8



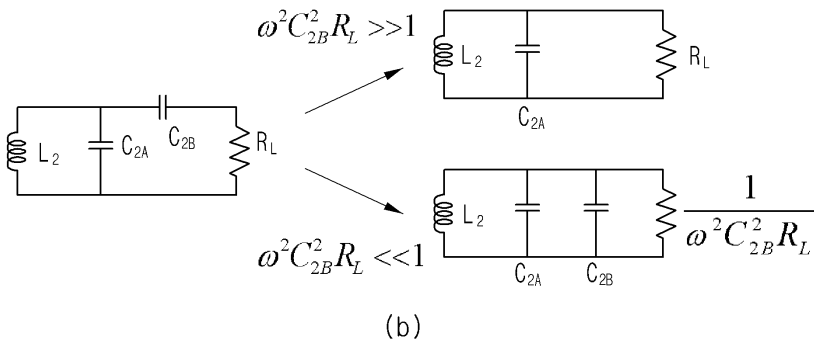
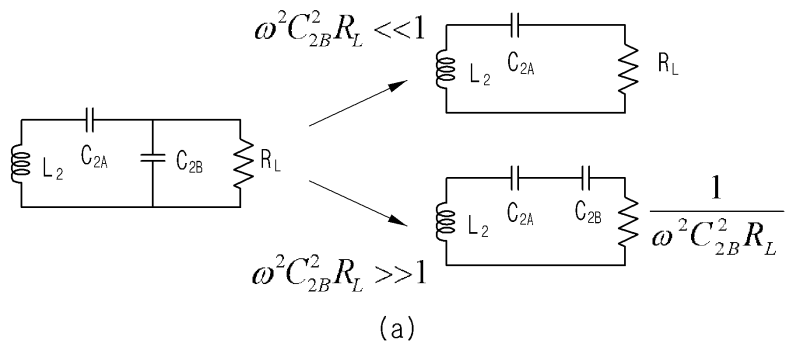
도면9



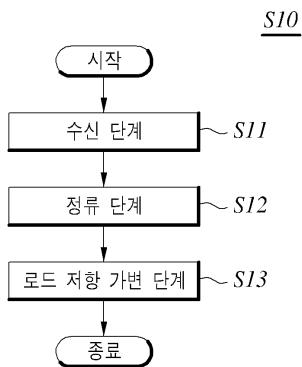
도면10



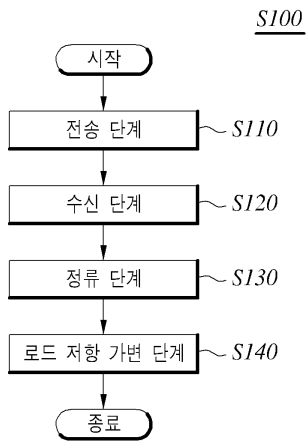
도면11



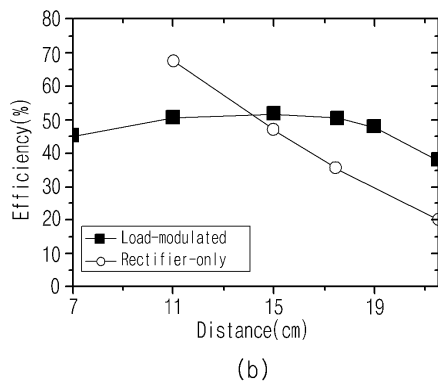
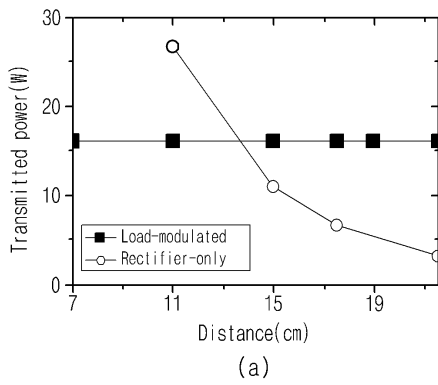
도면12



도면13



도면14



도면15

