



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월03일
(11) 등록번호 10-2829263
(24) 등록일자 2025년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 50/12 (2016.01) H02M 3/07 (2006.01)
H02M 7/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 50/12 (2023.08)
H02M 3/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0151655
(22) 출원일자 2023년11월06일
심사청구일자 2023년11월06일
(65) 공개번호 10-2025-0066090
(43) 공개일자 2025년05월13일
(56) 선행기술조사문헌
US20160337152 A1
KR1020170112896 A
JP2010045570 A
Powering Solutions for Biomedical Sensors and
Implants Inside the Human Body
A_Comprehensive Review on Energy Harvesting
Units Energy Storage and Wireless Power
Transfer Techniques(2022.10.10.)

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
뉴욕 유니버시티 인 아부다비 코퍼레이션
아랍에미리트, 아부다비, 피.오. 박스 129188
(72) 발명자
제민규
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학
기술원)
서지훈
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학
기술원)
(74) 대리인
양성보
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 10 항

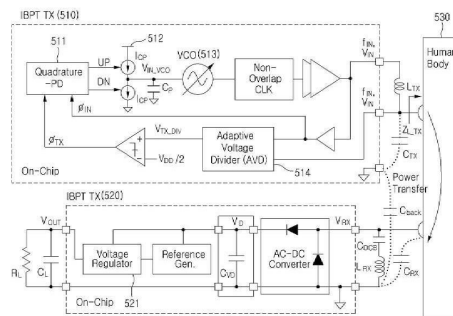
심사관 : 박형준

(54) 발명의 명칭 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법 및 시스템

(57) 요약

연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법 및 시스템이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템은 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하고, 상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환한 후, 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하며, LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 송신기 및 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 통해 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 수신기를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H02M 7/06 (2013.01)

(72) 발명자

조형주

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)

윤기찬

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)

성호용

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동, 한국과학기술원)

하소명

경기도 김포시 고촌읍 상미로 38, 124동 904호(힐스테이트 리버시티 1단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1711175017

과제번호

2022M3C1A3091627

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

STEAM연구

연구과제명
시스템 개발

인간 기능 확장을 위한 생체 신호 센서 기반의 내골격 장치(endoskeleton) 및 통합

기여율

1/2

과제수행기관명

경북대학교

연구기간

2022.08.01 ~ 2023.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1711184656

과제번호

2020M3H2A1078045

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

과학기술혁신인재양성

연구과제명

바이오메디컬 시스템반도체 융합설계 인력육성 센터

기여율

1/2

과제수행기관명

포항공과대학교

연구기간

2023.01.01 ~ 2023.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하고, 상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환한 후, 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하며, LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})의 위상정보를 적응형 분압기를 통해 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 송신기; 및

수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 통해 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 수신기

를 포함하는 인체 전력 전송 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 송신기는,

주파수를 바꿔가면서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾는 검색 단계(Scan Phase) 없이 기생 커패시턴스의 변화를 추적 및 보상하면서 연속적으로 최대 전력을 전달하는 주파수 고정 루프(Frequency Locked Loop; FLL) 기반 최대 공진 전력 추적(Maximum Resonant Power Tracking; MRPT)을 제공하는

인체 전력 전송 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 수신기는,

역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})가 VD(Voltage Doubler)에 대한 입력 커플링 커패시터 역할을 함으로써, 추가적인 커패시터를 필요로 하지 않는

인체 전력 전송 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 수신기는,

송신기 커패시터(C_{RX})와 공진하기 위한 송신기 인덕터(L_{RX})가 삽입되고, DC 차단 커패시터(C_{DCB})가 송신기 인덕터(L_{RX})와 직렬로 연결되는

인체 전력 전송 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 수신기는,

상기 역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})로 인해 송신기 인덕터(L_{RX})의 양단의 직류 전압이 달라져 발생하는 단일 스테이지 정류기의 오동작을 방지하기 위해 상기 송신기 인덕터(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단

커패시터(C_{DCB})를 삽입함으로써 송신기 인덕터(L_{RX}) 사이의 직류 전압을 같게 만들고, DC 전압이 다른 두 노드가 송신기 인덕터(L_{RX})를 통해 직접 연결되는 것을 방지하는

인체 전력 전송 시스템.

청구항 6

송신기 측에서 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하는 단계;

상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환하는 단계;

전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하는 단계;

LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})의 위상정보를 적응형 분압기를 통해 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 단계; 및

수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계

를 포함하는 인체 전력 전송 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})의 위상정보를 적응형 분압기를 통해 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 단계는,

주파수를 바꿔가면서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾는 검색 단계(Scan Phase) 없이 기생 커패시턴스의 변화를 추적 및 보상하면서 연속적으로 최대 전력을 전달하는 주파수 고정 루프(Frequency Locked Loop; FLL) 기반 최대 공진 전력 추적(Maximum Resonant Power Tracking; MRPT)을 제공하는

인체 전력 전송 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계는,

역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})가 VD(Voltage Doubler)에 대한 입력 커플링 커패시터 역할을 함으로써, 추가적인 커패시터를 필요로 하지 않는

인체 전력 전송 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계는,

송신기 커패시터(C_{RX})와 공진하기 위한 송신기 인덕터(L_{RX})가 삽입되고, DC 차단 커패시터(C_{DCB})가 송신기 인덕터(L_{RX})와 직렬로 연결되어, DC 전압이 다른 두 노드가 송신기 인덕터(L_{RX})를 통해 직접 연결되는 것을 방지하는

인체 전력 전송 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계는,

상기 역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})로 인해 송신기 인덕터(L_{TX})의 양단의 직류 전압이 달라져 발생하는 단일 스테이지 정류기의 오동작을 방지하기 위해 상기 송신기 인덕터(L_{TX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 삽입함으로써 송신기 인덕터(L_{TX}) 사이의 직류 전압을 같게 만드는

인체 전력 전송 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인체전력전송(IntraBody Power Transfer; IBPT)은 인체를 매질로 사용하여 전력을 전송하는 기술이다.

[0003] 도 1은 종래기술에 따른 인체전력전송 기술에 대해 설명하기 위한 도면이다.

[0004] 교류신호에 대한 전도성이 높은 인체(110)를 통해 순방향 경로가 형성되며, 송신기와 수신기의 접지(ground) 사이의 기생 커패시턴스들을 통해 폐회로가 형성되고, 역방향 경로가 형성된다. 도 1에 등가회로(120)를 도시하였다. 이렇게 구성된 폐회로를 통해 전력이 전달된다. 이때, 인체의 움직임이나 환경 변화로 인해 기생 커패시턴스들이 계속 변화하여 일정한 전력을 얻기 힘들다. 종래기술에서는 전달되는 전력의 양과 효율을 최대화하기 위해 다양한 기술들이 제안되었다.

[0006] 도 2는 종래기술에 따른 인체 전력 전송 기술을 설명하기 위한 도면이다.

[0007] 도 2(a)는 종래기술[1]의 동적 임피던스 매칭을 통해 송신기에서 전송하는 전력을 최대화하는 인체 전력 전송 기술을 설명하기 위한 도면이다.

[0008] 종래기술[1]은 동적 임피던스 매칭을 통해 50옴 매칭을 하여 송신기에서 전송하는 전력을 최대화하는 기술을 제안한다. 외부 컨트롤러에서 2개의 컵뱅크(cap bank)를 조절하여 적절한 임피던스를 탐색하는 방법이다. 수신기에서는 LC공진을 통해 입력 임피던스를 증가시켜 더 많은 전력을 수신할 수 있도록 한다. 차동 입력 전파 정류회로(Differential-Drive Full-Wave Rectifier; DDFR)를 이용하여 교류 신호를 직류로 정류하고 벅-부스트 컨버터로 원하는 전압을 생성한다.

[0009] 도 2(b)는 종래기술[2]의 수신기에서 받는 전력을 직접 계산하여 계산 결과를 다시 송신기로 전송하는 인체 전력 전송 기술을 설명하기 위한 도면이다.

[0010] 종래기술[2]는 종래기술[1]을 기반으로 하는 향상된 버전으로, 수신기에서 받는 전력을 직접 계산하여 그 정보를 다시 송신기로 전송한다. 이 정보를 활용하여 전력 신호의 주파수를 조정하여 최대 전력을 수신할 수 있도록 한다. 또한, 고전압 드라이버를 활용하여 더 큰 전력을 송신할 수 있도록 한다.

[0011] 도 2(c)는 종래기술[3]의 최대 공진 전력 추적을 이용하는 인체 전력 전송 기술을 설명하기 위한 도면이다.

[0012] 종래기술[3]은 최대 공진 전력 추적(Maximum Resonant Power Tracking; MRPT)이라는 용어를 처음 제시하고 이를 회로로 구현하였다. 검색 단계(Scan Phase)에서 주파수를 바꿔가면서 송신기에서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾은 다음, 전력전송 단계(Powering Phase)에서 해당 주파수로 전력 신호를 송신하는 방법으로 최대 공진 전력 추적 기술을 구현한다. 수신기에서는 30단의 디슨 곱셈기(Dickson multiplier)를 사용하여 전압을 정류하고 승압하며, 전압 레귤레이터(Low Drop Out; LDO)를 이용하여 안정적인 출력 전압을 생성한다.

[0013] 도 3은 종래기술에 따른 인체 전력 전송 기술의 문제점을 설명하기 위한 도면이다.

[0014] 도 3(a)는 종래기술에 따른 인체 전력 전송 기술의 탐색시간(310)을 나타내는 그래프이고, 도 3(b)는 종래기술

에 따른 인체 전력 전송 기술의 최대 전력을 전송하고 있지 않는 구간(320)을 나타내는 도면이다.

- [0015] 종래기술[1]과 종래기술[2]의 동적 임피던스 매칭 방법은 외부의 컨트롤러가 필요하다. 그리고 종래기술[3]의 공진 주파수 탐색은 정해진 주파수 구간을 처음부터 끝까지 일정 간격으로 변화시키면서 진폭을 비교하는 방식으로, 주파수 간격을 너무 작게 가져가면 탐색시간이 길어지고, 너무 크게 가져가면 찾은 공진주파수의 정확성이 떨어지는 트레이드 오프(Trade-off)가 있다.
- [0016] 또한, 사람의 움직임으로 변하는 기생 커패시턴스를 보상하려면 주기적인 탐색 알고리즘의 실행이 필요한데, 종래기술[1] 내지 종래기술[3]에서 제안하는 탐색 알고리즘은 수 ms정도가 소요되고 그 시간동안 전력은 제대로 전송되지 않는다. 따라서 이러한 주기적인 탐색으로 인해 전력전송이 불연속적이고 이는 효율을 떨어뜨린다.
- [0017] 도 3을 참조하면, 탐색을 하고 있는 동안(310)에는 최대 전력을 전송하고 있지 않고, 이 구간(320)이 2ms~8ms 정도이다.
- [0018] 종래기술[1], 종래기술[2]의 수신기에서 사용된 벡-부스트 컨버터 때문에 인덕터가 추가적으로 필요하게 되어 시스템의 크기가 커진다는 단점이 있다. 특히, 종래기술[2]는 수신된 전력에 대한 정보를 송신기로 되돌려 보내는 회로가 추가적으로 필요하고, 그 데이터를 주고받을 수 있는 추가적인 2개의 전극이 필요하여 시스템의 크기가 커지고 복잡해지는 단점이 있다. 종래기술[3]의 수신기도 30단이라는 많은 단 수를 사용했기 때문에 크기가 커지고 전력 효율이 낮아지는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) [1] J. Li et al., "Body-area powering with human body-coupled power transmission and energy harvesting ICs," IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, vol. 14, pp. 1263-1273, Dec. 2020.
- (특허문헌 0002) [2] Y. Dong et al., "Body-coupled power transceiver with node-specific body-area powering," in IEEE European Solid-State Circuits Conference (ESSCIRC), pp. 423-426, Sep. 2021.
- (특허문헌 0003) [3] N. Modak et al., "EQS Res-HBC: A 65-nm electro-quasistatic resonant 5-240 μW human whole-body powering and 2.19 μW communication SoC with automatic maximum resonant power tracking," IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 57, pp. 831-844, Mar. 2022.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0020] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 주파수를 바꿔가면서 송신기에서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾는 검색 단계(Scan Phase)가 없어 기생 커패시턴스의 변화를 추적 및 보상하면서 연속적으로 최대 전력을 전달할 수 있는 송신기 및 단일 스테이지 정류기를 이용한 면적 효율성을 높인 수신기를 도입함으로써, 전력 효율을 향상시키고 시스템의 크기를 줄이는 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법 및 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0021] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템은 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하고, 상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환한 후, 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하며, LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 송신기 및 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 통해 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 수신기를 포함한다.

- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 송신기는 주파수를 바꿔가면서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾는 검색 단계(Scan Phase) 없이 기생 커패시턴스의 변화를 추적 및 보상하면서 연속적으로 최대 전력을 전달하는 주파수 고정 루프(Frequency Locked Loop; FLL) 기반 최대 공진 전력 추적(Maximum Resonant Power Tracking; MRPT)을 제공한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 수신기는 역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})가 VD(Voltage Doubler)에 대한 입력 커플링 커패시터 역할을 함으로써, 추가적인 커패시터를 필요로 하지 않는다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 수신기는 송신기 커패시터(C_{RX})와 공진하기 위한 송신기 인덕터(L_{RX})가 삽입되고, DC 차단 커패시터(C_{DCB})가 송신기 인덕터(L_{RX})와 직렬로 연결된다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 수신기는 상기 역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스(C_{back})로 인해 송신기 인덕터(L_{RX})의 양단의 직류 전압이 달라져 발생하는 단일 스테이지 정류기의 오동작을 방지하기 위해 상기 송신기 인덕터(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 삽입함으로써 송신기 인덕터(L_{RX}) 사이의 직류 전압을 같게 만들고, DC 전압이 다른 두 노드가 송신기 인덕터(L_{RX})를 통해 직접 연결되는 것을 방지한다.
- [0026] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법은 송신기 측에서 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하는 단계, 상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환하는 단계, 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하는 단계, LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 단계 및 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 실시예들에 따르면 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법 및 시스템을 통해 주파수를 바꿔가면서 송신기에서 송신하는 전압의 피크값을 저장하고 비교하여 최대값을 찾는 검색 단계(Scan Phase)가 없어 기생 커패시턴스의 변화를 추적 및 보상하면서 연속적으로 최대 전력을 전달할 수 있는 송신기 및 단일 스테이지 정류기를 이용한 면적 효율성을 높인 수신기를 도입함으로써, 전력 효율을 향상시키고 시스템의 크기를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 종래기술에 따른 인체전력전송 기술에 대해 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 종래기술에 따른 인체 전력 전송 기술을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 종래기술에 따른 인체 전력 전송 기술의 문제점을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 TX 공진 및 RX 공진을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 송신기를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 수신기를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과의 예시를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0031] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 송신기측(TX) 공진 및 수신기측(RX) 공진을 설명하기 위한 도면이다.

[0032] 도 4(a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 TX 공진을 설명하기 위한 도면이다.

[0033] LC 공진을 활용하여 P_{RX} (Power at RX) 및 PTE(Power Transfer Efficiency)를 향상시키기 위해 인체채널 모델(410)와 같이 TX(L_{TX}) 및 RX(L_{RX})에 인덕터를 삽입한다.

[0034] 도 4(a)를 참조하면, 인체채널 모델(410)에서 TX 공진을 설명하기 위한 등가 회로(420)를 도시하였다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 TX 공진은 L_{TX} 와 $C_{TX} || Z_{L_{TX}}$ 가 공진을 형성한다. TX 출력에 보이는 임피던스 $Z_{L_{TX}}$ 는 C_{TX} 와 병렬로 연결되고, L_{TX} 는 C_{TX} 및 $Z_{L_{TX}}$ 와 공진한다. 이때, TX 공진에서 전압 이득은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$[0036] \frac{V_{TX}}{V_{IN}} = \frac{R_{res} - jX_{res}}{R_s + R_{res}}$$

[0037] C_{TX} 와 $Z_{L_{TX}}$ 의 결합된 임피던스는 거의 용량성이고 결과적으로 R_{res} 가 작기 때문에 X_{res} 는 일반적으로 R_{res} 보다 훨씬 크다. C_{back} 의 임피던스는 인체 임피던스 및 부하 임피던스보다 훨씬 크기 때문에 $Z_{L_{TX}}$ 는 지배적인 용량성이 되고 C_{TX} 는 일반적으로 C_{back} 보다 크다. 또한 V_s 와 V_{IN} 은 리액턴스의 합이 0이 되므로 공진 주파수에서 거의 동일한 위상을 가지며 회로는 완전 저항성을 갖는다.

[0038] 일반적으로 C_{TX} 가 C_{back} 보다 훨씬 크므로, $R_{res} \ll X_{res}$ 이고, 공진주파수에서 V_{TX} 와 V_{IN} 의 위상은 약 90도 차이가 난다:

$$[0039] \angle V_{TX} - \angle V_{IN} \approx -\pi/2$$

[0040] 이 속성을 사용하면 위상차를 감지하고 이를 90° 로 고정하여 TX 공진을 얻을 수 있다. V_{TX} 와 V_{IN} 의 위상이 90도 차이 나는 주파수에 고정하는 주파수 고정 루프(Frequency Locked Loop; FLL)를 이용하여 송신기(TX)를 설계한다.

[0041] 도 4(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 RX 공진을 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 도 4(b)를 참조하면, 인체채널 모델(410)에서 RX 공진을 설명하기 위한 등가 회로(430)를 도시하였다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 RX 공진은 L_{RX} 와 C_{RX} 가 공진을 형성한다.

[0044] RX 공진을 설명하기 위한 등가 회로(430)에서 TX는 정현파 전압원 V_{TX} 로 모델링될 수 있으며, 인체 임피던스와 C_{back} 은 $R_B - jX_{back}$ 으로 근사화될 수 있으며, 여기서 X_{back} 은 대부분 C_{back} 의 리액턴스이다. $Z_{IN_{RX}}$ 는 RX 입력에서 나타나는 임피던스이며 $R_{IN_{RX}}$ 는 실수부이고 $X_{IN_{RX}}$ 는 허수부이다. 수신 전력 P_{RX} 및 PTE는 다음과 같이 계산할 수 있다:

$$[0045] P_{RX} = \frac{1}{2} \cdot \frac{|V_{TX}|^2 \cdot R_{IN_{RX}}}{(R_{IN_{RX}} + R_{back})^2 + (X_{IN_{RX}} - X_{back})^2}$$

$$[0046] PTE = \frac{R_{IN_{RX}}}{R_B + R_{IN_{RX}}}$$

[0047] $R_{IN_{RX}}$ 가 R_{RX} 까지 증가하고, 이에 따라 PTE도 증가한다. 음수였던 $X_{IN_{RX}}$ 가 0까지 증가하고, 이에 따라 P_{RX} 도 증가한

다.

$$R_{IN_RX} = R_{RX} \Rightarrow PTE \uparrow$$

$$X_{IN_RX} = 0 \Rightarrow PDL \uparrow$$

L_{RX} 가 없으면 R_{IN_RX} 는 R_{RX} 보다 작아지고 X_{IN_RX} 는 음수 값이 된다. L_{RX} 가 C_{RX} 와 공진에서는 R_{IN_RX} 가 R_{RX} 가 되어 PTE가 최대화되고 X_{IN_RX} 가 0이 되어 P_{RX} 가 증가합니다. TX 공진은 V_{TX} 를 증폭하여 P_{RX} 를 증가시키고, RX 공진은 PTE뿐만 아니라 P_{RX} 도 추가적으로 향상시킨다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

본 발명의 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템은 주파수 고정 루프(FLL) 기반 최대 공진 전력 추적(Maximum Resonant Power Tracking; MRPT)을 위한 송신기(510) 및 단일 스테이지 정류기와 병렬 공진을 위한 수신기(520)를 포함한다.

본 발명의 실시예에 따른 송신기(510)는 직교 위상 검출기(Quadrature-phase detector)(511), 전하 펌프(Charge pump)(512), 전압조정 발진기(Voltage-controlled oscillator)(513), 적응형 분압기(Adaptive voltage divider)(514)를 포함한다.

본 발명의 실시예에 따른 직교 위상 검출기(511)는 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교한다.

본 발명의 실시예에 따른 전하 펌프(512)는 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 적분하여 전하 펌프 커패시터(C_p)에 전압으로 변환한다.

본 발명의 실시예에 따른 전압조정 발진기(513)는 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력한다.

LC공진을 거쳐서 인체(530)를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기(514)를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압한다.

본 발명의 실시예에 따른 수신기(520)의 정류기(521)는 단일 스테이지로 구성된다. 인체체널 모델(530)을 고려하면 기존의 디슨 전압 더블러(Dickson Voltage Doubler; VD) 구조에서 입력 커패시터의 역할을 C_{back} (역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스)이 할 수 있기 때문에 추가적인 커패시터를 구현할 필요가 없다. 하지만 이 구조를 사용하게 되면 L_{RX} 의 양단의 직류 전압이 달라서 정류기가 제대로 동작하지 못해 공진의 효과가 떨어지는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 L_{RX} 와 직렬로 큰 커패시터(C_{DCB})를 삽입하여 L_{RX} 사이의 직류 전압을 같게 만드는 방법을 제안한다. 도 6 및 도 7을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 송신기(510) 및 수신기(520)를 더욱 상세히 설명한다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 송신기를 나타내는 도면이다.

본 발명의 실시예에 따른 송신기는 직교 위상 검출기(Quadrature-phase detector)(610), 전하 펌프(Charge pump)(620), 전압조정 발진기(Voltage-controlled oscillator)(630), 적응형 분압기(Adaptive voltage divider)(640)를 포함한다.

본 발명의 실시예에 따른 직교 위상 검출기(610)는 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 90° 와 비교한다.

본 발명의 실시예에 따른 전하 펌프(620)는 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환한다.

본 발명의 실시예에 따른 전압조정 발진기(630)는 상기 변환된 전압, 다시 말해 필터 출력에 의해 제어되는 주파수에서 발진 신호를 생성하고, L_{TX} 에는 드라이버의 출력인 V_{IN} 이 인가되고, V_{TX} 는 인체에 인가된다. V_{TX} 는 또한

적응형 분압기(640)와 비교기를 통해 직교 위상 검출기(610)로 피드백된다.

- [0067] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 수신기를 나타내는 도면이다.
- [0068] 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 수신기의 단일 스테이지 Dickson VD는 기존 반파 정류기 또는 DDFR에 비해 가장 높은 출력 전압을 갖기 때문에 프런트 엔드 ac-dc 변환기로 활용된다. 더욱이 C_{back} 은 등가 회로 모델에 묘사된 것처럼 VD에 대한 고유한 입력 커플링 커패시터 역할을 한다.
- [0069] 인체채널 모델을 고려하면 기존의 Dickson VD 구조에서 입력 커패시터의 역할을 C_{back} (return-path capacitance (역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스))이 할 수 있다. 따라서, 추가적인 커패시터를 구현할 필요가 없다. 하지만 이 구조를 사용하게 되면 L_{RX} 의 양단의 직류 전압이 달라서 정류기가 제대로 동작하지 못해 공진의 효과가 떨어지는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 L_{RX} 와 직렬로 큰 커패시터(C_{DCB})를 삽입하여 L_{RX} 사이의 직류 전압을 같게 만드는 방법을 제안한다.
- [0070] 본 발명의 실시예에 따르면, C_{RX} 와 공진하기 위한 인덕터 L_{RX} 가 삽입되고, DC 차단 커패시터인 C_{DCB} 는 L_{RX} 와 직렬로 연결되어 DC 전압이 다른 두 노드가 L_{RX} 를 통해 직접 연결되는 것을 방지한다(720). C_{DCB} 가 없는 경우(710), L_{RX} 는 RX 입력에서 전하를 소모하여 V_{RX} 과형 및 VD 동작이 붕괴된다. 또한, 온칩 전압 레퍼런스와 LDO가 구현되어 부하에 안정적인 공급 전압을 제공한다.
- [0072] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0073] 본 발명의 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 방법은 송신기 측에서 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교하는 단계(810), 상기 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환하는 단계(820), 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력하는 단계(830), LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압하는 단계(840) 및 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류하는 단계(850)를 포함한다.
- [0074] 단계(810)에서, 송신기 측에서 직교 위상 검출기를 통해 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 비교한다.
- [0075] 본 발명의 실시예에 따른 직교 위상 검출기는 입력 전압(V_{IN})과 송신기 전압(V_{TX}) 간의 위상차이를 90° 와 비교한다.
- [0076] 단계(820)에서, 입력 전압과 송신기 전압 간의 위상차이에 대한 오차를 전하 펌프를 통해 적분하여 루프 필터(C_p)에 전압으로 변환한다.
- [0077] 단계(830)에서, 전압조정 발진기를 통해 상기 변환된 전압을 주파수로 변환하고 드라이버를 통해 출력한다.
- [0078] 본 발명의 실시예에 따른 전압조정 발진기는 상기 변환된 전압, 다시 말해 필터 출력에 의해 제어되는 주파수에서 발진 신호를 생성하고, L_{TX} 에는 드라이버의 출력인 V_{IN} 이 인가되고, V_{TX} 는 인체에 인가된다.
- [0079] 단계(840)에서, LC공진을 거쳐서 인체를 드라이빙하는 송신기 전압(V_{TX})은 큰 전압을 가지고, 적응형 분압기를 통해 상기 전압의 위상정보를 유지하면서 항복전압 이하로 분압한다.
- [0080] 본 발명의 실시예에 따른 V_{TX} 는 또한 적응형 분압기와 비교기를 통해 직교 위상 검출기로 피드백된다.
- [0081] 단계(850)에서, 수신기 임피던스(L_{RX})와 직렬로 연결되는 DC 차단 커패시터(C_{DCB})를 포함하는 수신기가 상기 분압된 전압을 입력 받아 단일 스테이지 정류기를 통해 교류 신호를 직류로 정류한다.

- [0082] 본 발명의 일 실시예에 따른 연속적인 최대 공진 전력 추적 기능을 제공하는 인체 전력 전송 시스템의 수신기의 단일 스테이지 Dickson VD는 기존 반파 정류기 또는 DDFR에 비해 가장 높은 출력 전압을 갖기 때문에 프런트 엔드 ac-dc 변환기로 활용된다. 더욱이 C_{back} 은 등가 회로 모델에 묘사된 것처럼 VD에 대한 고유한 입력 커플링 커패시터 역할을 한다.
- [0083] 인체채널 모델을 고려하면 기존의 Dickson VD 구조에서 입력 커패시터의 역할을 C_{back} (return-path capacitance (역방향 경로를 형성하는 기생 커패시턴스))이 할 수 있다. 따라서, 추가적인 커패시터를 구현할 필요가 없다. 하지만 이 구조를 사용하게 되면 L_{RX} 의 양단의 직류 전압이 달라서 정류기가 제대로 동작하지 못해 공진의 효과가 떨어지는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 L_{RX} 와 직렬로 큰 커패시터(C_{DCB})를 삽입하여 L_{RX} 사이의 직류 전압을 같게 만드는 방법을 제안한다.
- [0085] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과의 예시를 나타내는 도면이다.
- [0086] 도 9(a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험을 위한 모식도이다.
- [0087] 도 9를 참조하면, L_F 는 인체 임피던스 컨트롤 요소를 나타내고, L_B 는 C_{back} 컨트롤 요소를 나타내며, L_{EL-TX} : C_{TX} 컨트롤 요소를 나타낸다.
- [0088] 도 9(b)는 본 발명의 실시예에 따른 실험 결과에서 MRPT가 없는 경우의 V_{TX} 파형을 나타내는 도면이고, 도 9(c)는 본 발명의 실시예에 따른 실험 결과에서 MRPT가 있는 경우의 V_{TX} 파형을 나타내는 도면이다.
- [0089] 도 9(b)와 같이 MRPT가 없을 때는 환경변화에 따라 공진 주파수가 변화하기 때문에 V_{TX} 가 줄어드는 것을 확인할 수 있다.
- [0090] 반면에, 도 9(c)와 같이 MRPT가 있을 때는 변화하는 공진주파수를 추적하기 때문에 V_{TX} 가 거의 줄어들지 않는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 같은 환경 변화에서 전달된 전력(PDL) 저하가 더 적음을 확인할 수 있다.
- [0091] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 제안한 최대 공진 전력 추적(MRPT) 기술을 통해 연속적인 전력 전송을 할 수 있게 되어 전송 효율과 전력량을 향상시킬 수 있다. 또한, 환경변화나 인체의 움직임에 따라 변화하는 기생 커패시턴스 성분을 잘 추적하고 보상하여 균일한 성능을 얻을 수 있으며, 수신기의 불필요한 요소들을 줄여 간단하게 공진과 정류기를 구현하여 성능을 높일 수 있다.
- [0093] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0094] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0095] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등

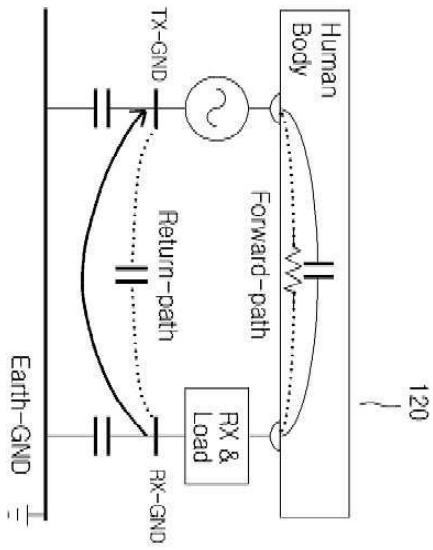
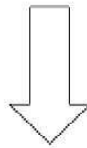
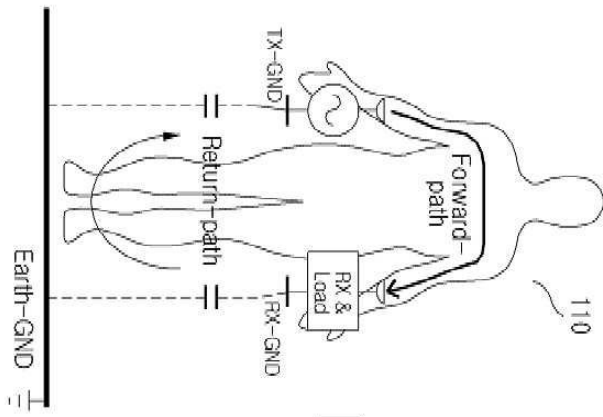
을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0096] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 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.

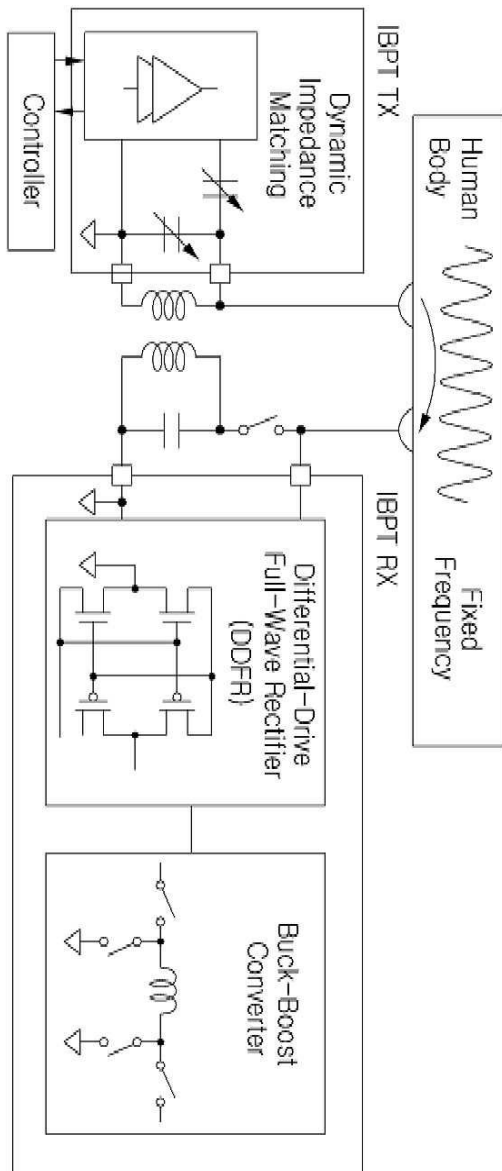
[0097] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

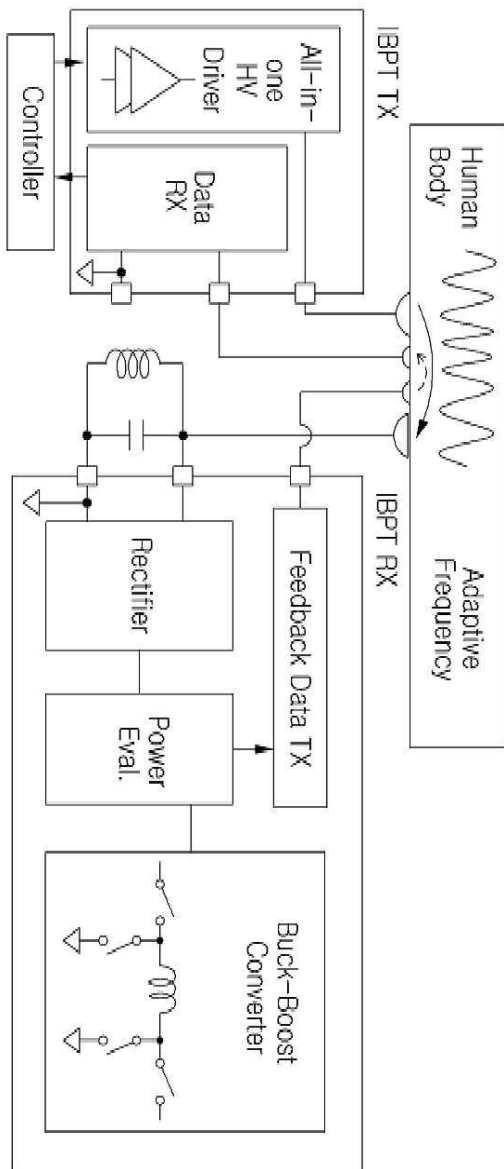
도면1



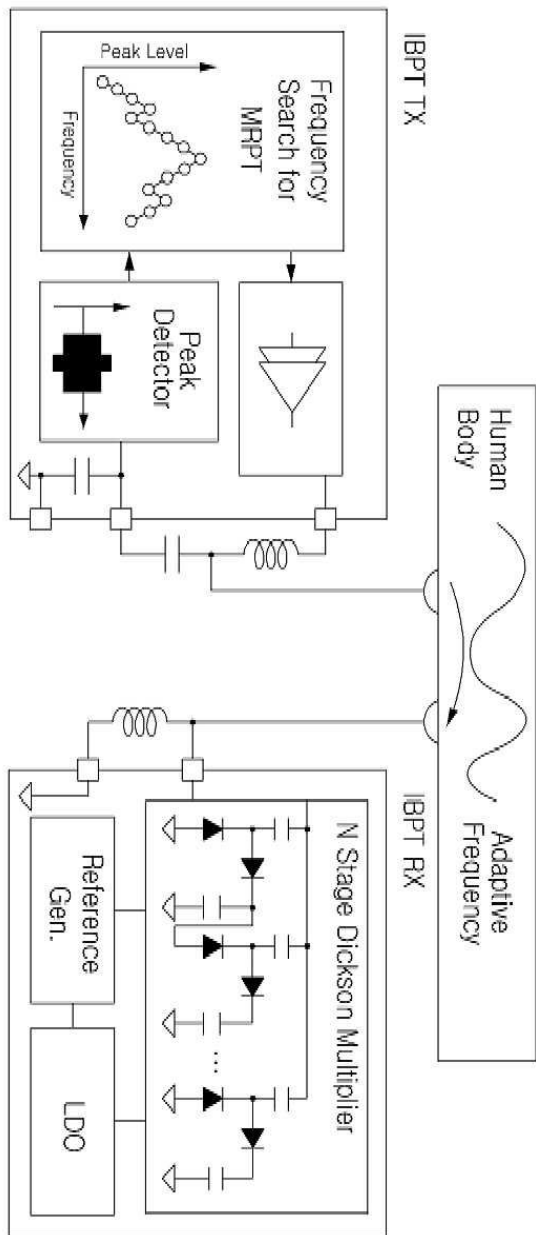
도면2a



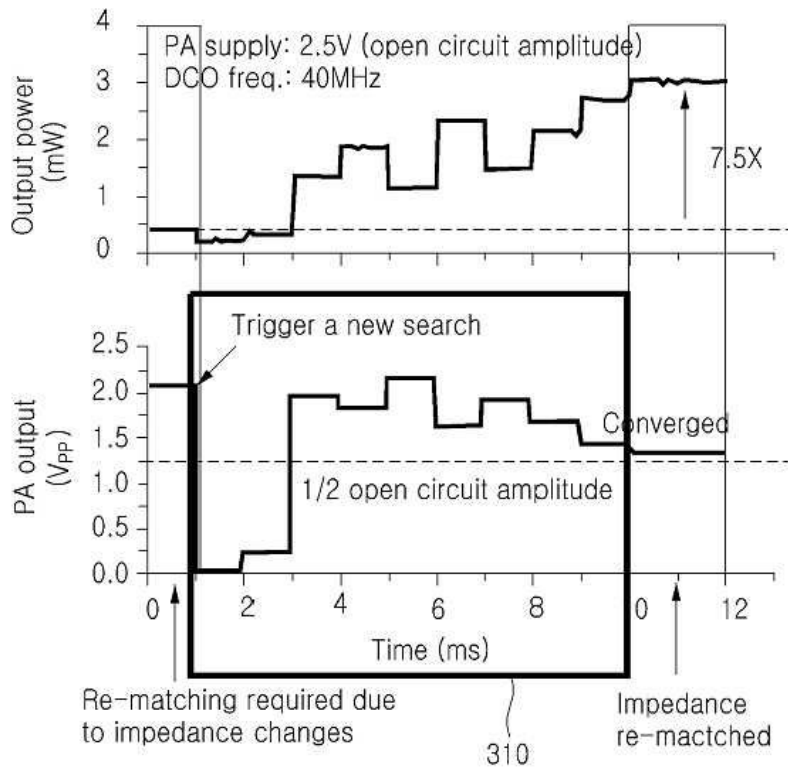
도면2b



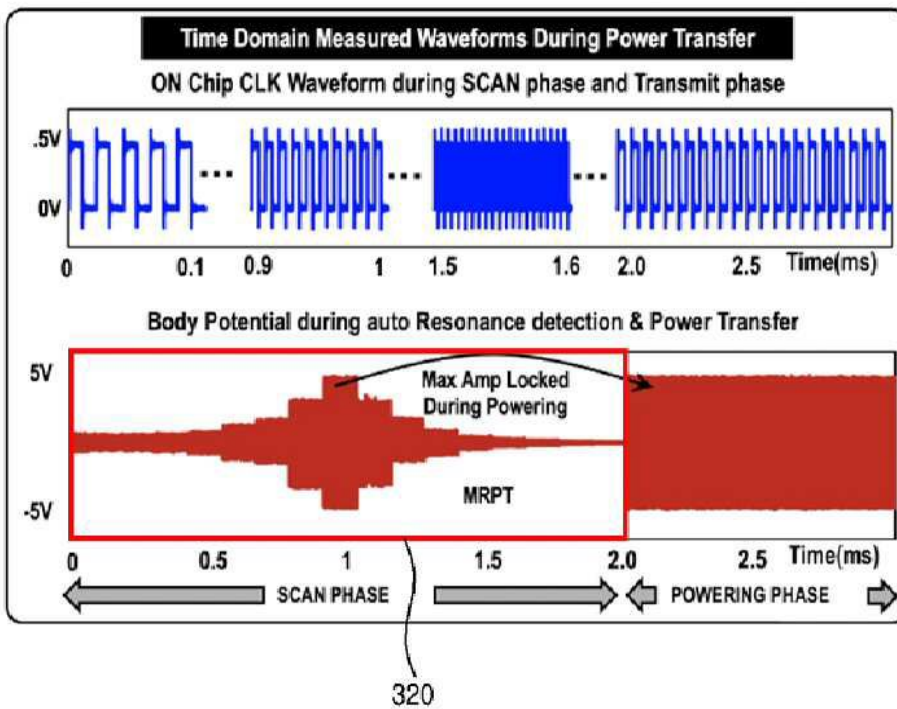
도면2c



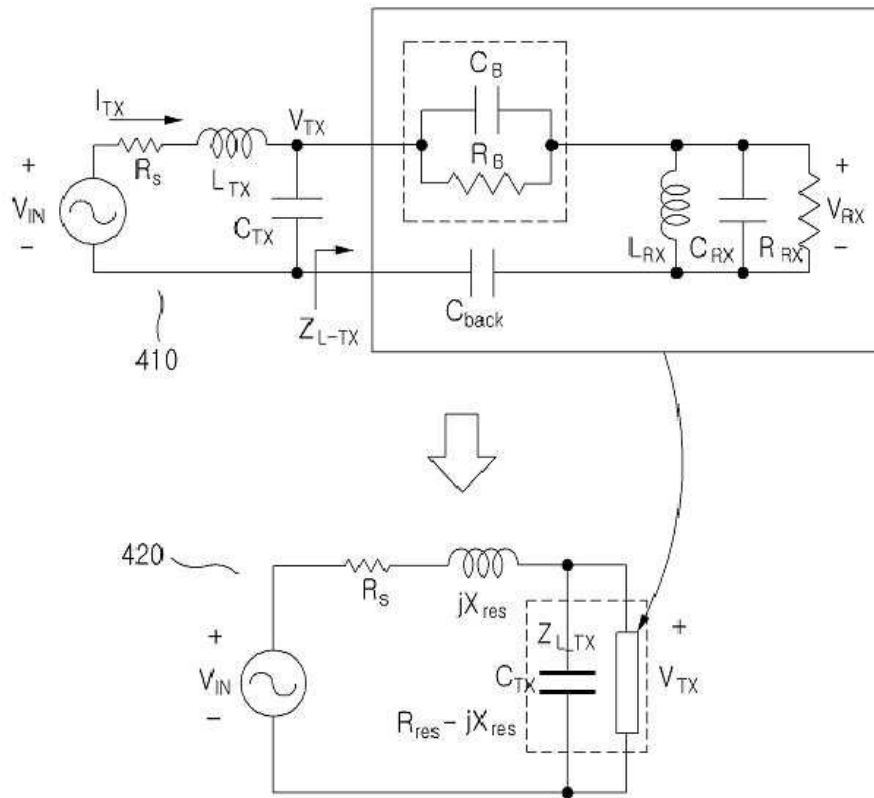
도면3a



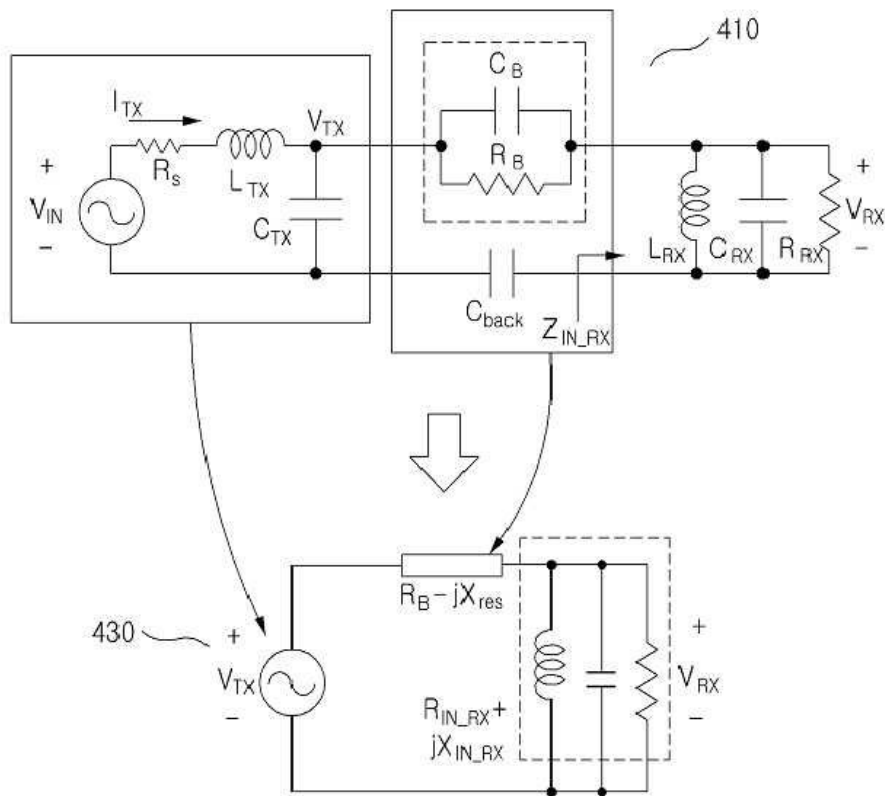
도면3b



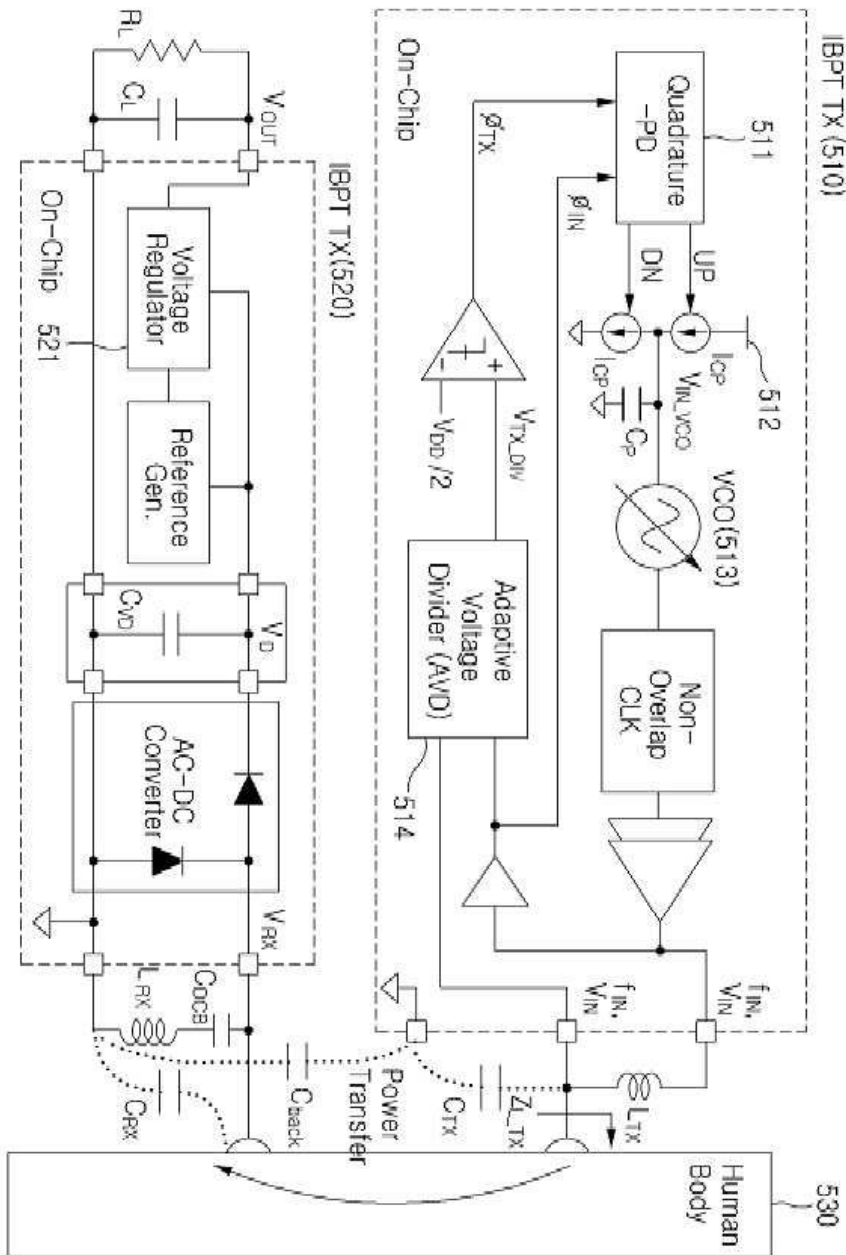
도면4a



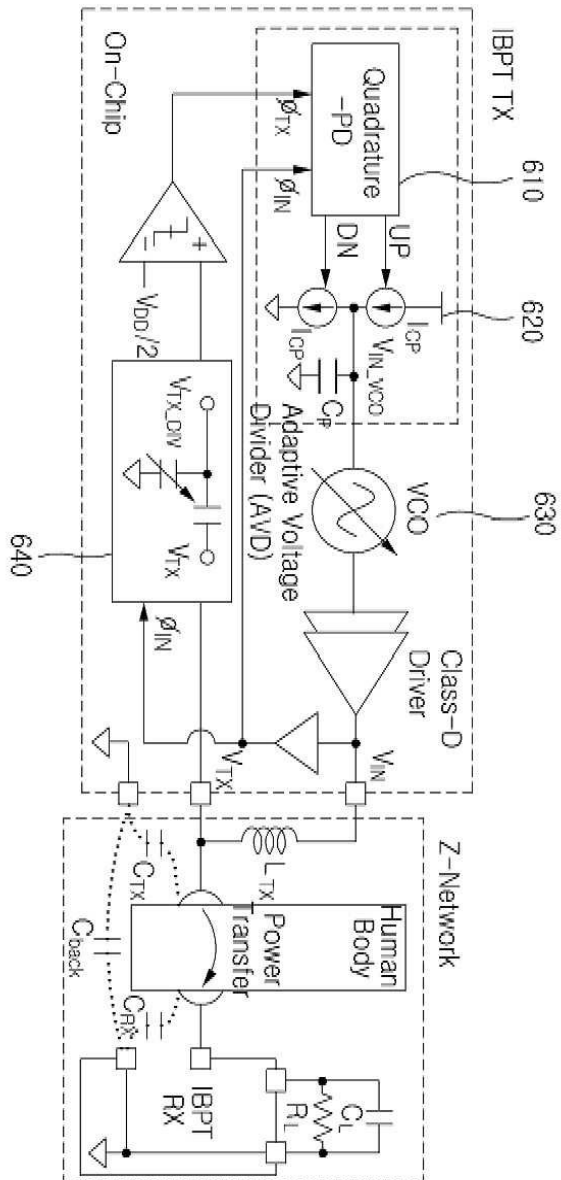
도면4b



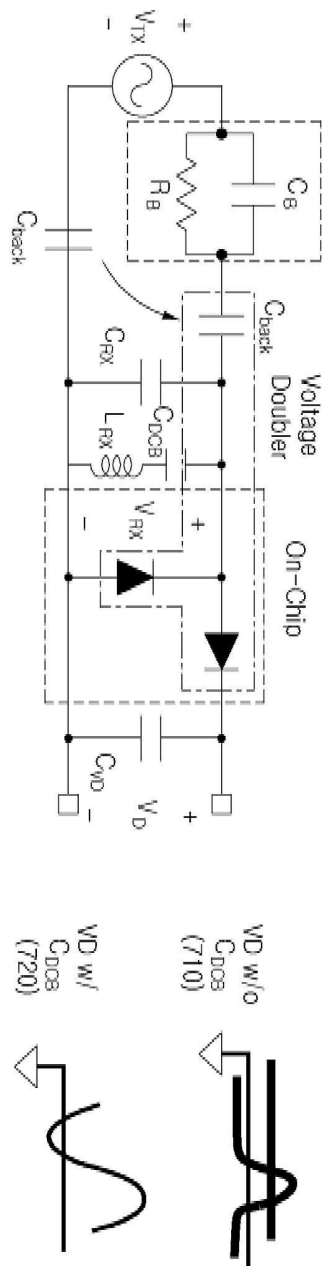
도면5



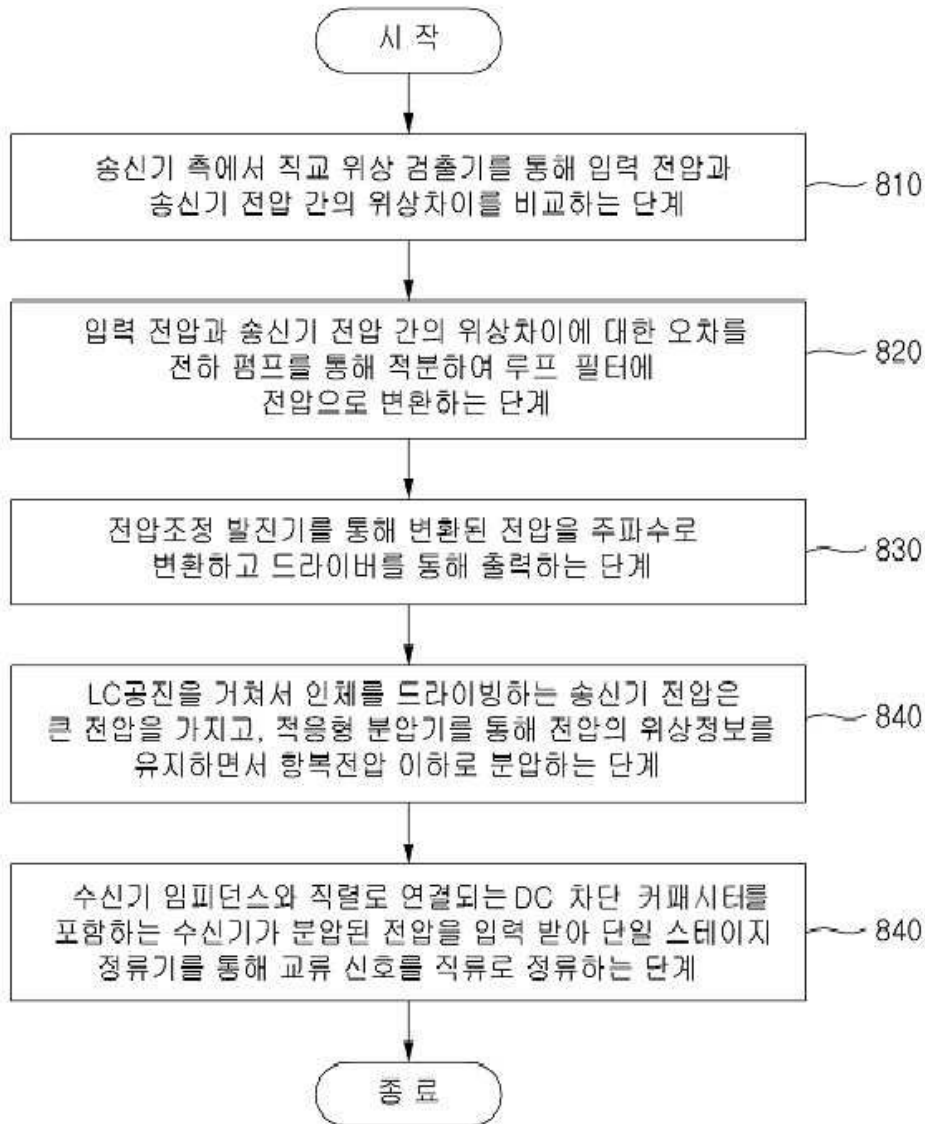
도면6



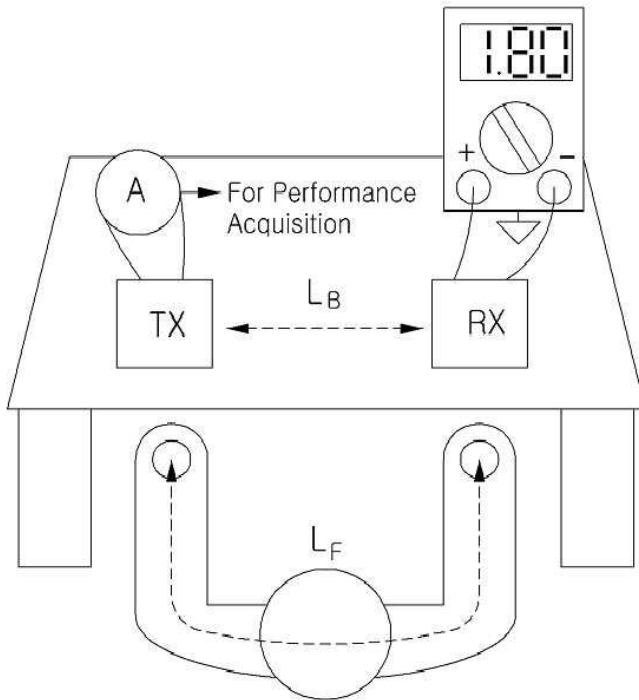
도면7



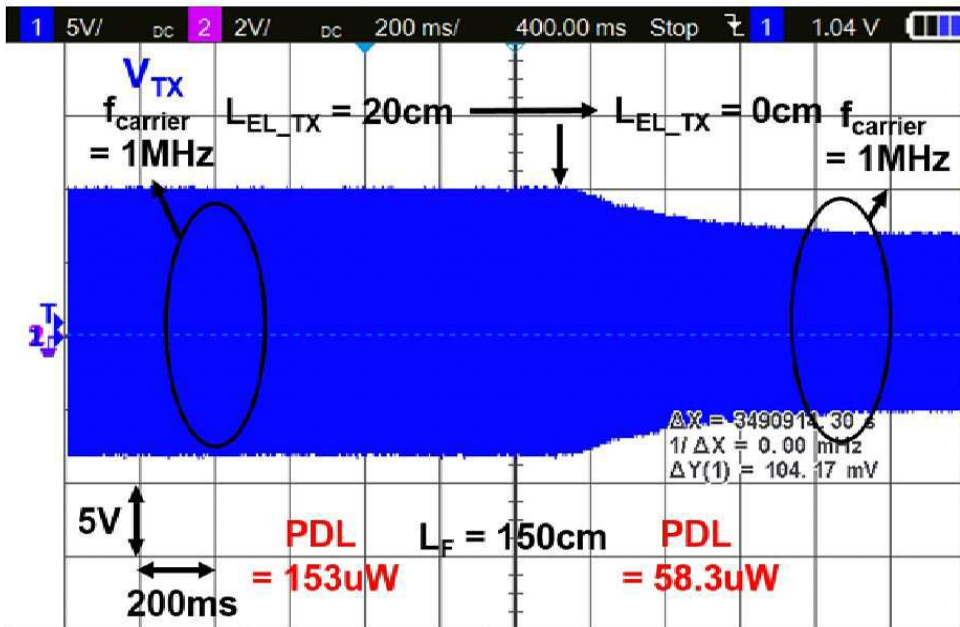
도면8



도면9a



도면9b



도면9c

