



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0051297
(43) 공개일자 2014년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 17/00 (2006.01) H02J 7/02 (2006.01)
H02J 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7003472
(22) 출원일자(국제) 2012년07월09일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년02월10일
(86) 국제출원번호 PCT/NZ2012/000121
(87) 국제공개번호 WO 2013/019122
국제공개일자 2013년02월07일
(30) 우선권주장
593977 2011년07월08일 뉴질랜드(NZ)
(뒷면에 계속)

(71) 출원인
오클랜드 유니서비시즈 리미티드
뉴질랜드 오클랜드 시몬즈 스트리트 70 레벨 10
(72) 발명자
코빅 그란트 안쏘니
뉴질랜드 1025 오클랜드 샌드링엄 하버스톡 로드 28
(74) 대리인
박장원

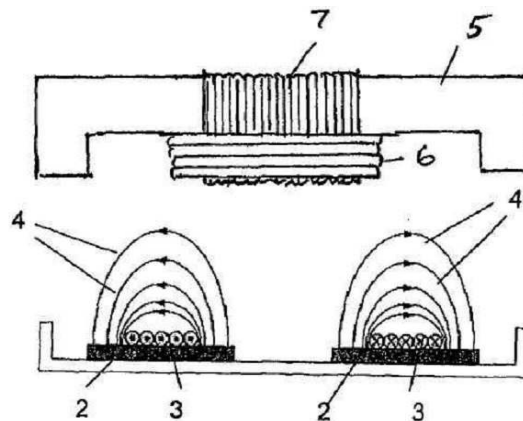
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 유도 전력 전송 시스템들을 위한 자기 구조들의 상호 운용성

(57) 요약

유도 전력 전송 장치는 제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 갖고, 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 수신함으로써 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되고, 제 1 구조는 실질적인 원형 코일(3)을 포함하며, 제 2 자기 구조는 자기 투과성 코어(5)와 연관되는 적어도 2개의 코일 (6, 7)의 배열을 포함한다.

대표도 - 도4



(30) 우선권주장

595251 2011년09월16일 뉴질랜드(NZ)

597367 2011년12월23일 뉴질랜드(NZ)

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 포함하는 유도 전력 전송 장치로서, 상기 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 수신함으로써 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되며, 상기 제 1 구조는 실질적인 원형 코일을 포함하고, 상기 제 2 자기 구조는 자기 투과성 코어와 연관되는 적어도 2개의 코일의 배열을 포함하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 제 2 자기 구조의 코일들은 결합 허용 오차를 상기 제 1 구조와 및 제 2 구조 사이의 상대 횡방향 이동에 제공하도록 배열되는 유도 전력 전송 장치.

청구항 3

청구항 1 또는 2에 있어서, 상기 제 2 구조의 코일들은 상기 구조들의 상대 횡방향 위치가 다른 상이한 양으로 상기 제 1 구조에 의해 생성되는 자계로부터 전기 에너지를 추출하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조의 코일들 중 하나는 상기 제 1 구조에 의해 생성되는 자계의 제 1 방향 성분의 더 큰 비율을 수신하고, 상기 제 2 구조의 코일들 중 다른 것은 상기 제 1 구조에 의해 생성되는 자계의 제 2 방향 성분의 더 큰 비율을 수신하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 성분들은 서로 직교하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 한 성분은 자기 플럭스의 수직 성분이고 다른 성분은 수평 성분인 유도 전력 전송 장치.

청구항 7

청구항 4에 있어서, 상기 성분들은 직각 위상에 있는 유도 전력 전송 장치.

청구항 8

청구항 1 내지 7 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조의 코일들은 플랫 코일들인 유도 전력 전송 장치.

청구항 9

청구항 1 내지 8 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 1 구조의 코일은 플랫 코일인 유도 전력 전송 장치.

청구항 10

청구항 1 내지 9 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조의 2개의 코일은 병렬 관계인 유도 전력 전송 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 제 2 구조는 상기 적어도 2개의 코일과 공간적 직각 위상으로 배열되는 제 3 코일을 포함하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 12

청구항 1 내지 9 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조는 서로 중첩하는 2개의 코일을 포함하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 13

청구항 1 내지 12 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조의 코어는 더 크고 더 작은 자기 저항의 영역들을 갖는 유도 전력 전송 장치.

청구항 14

청구항 1 내지 13 중 어느 하나에 있어서, 상기 제 2 구조의 코어는 격자를 포함하는 유도 전력 전송 장치.

청구항 15

청구항 1 내지 14 중 어느 하나의 장치를 포함하는 유도 전력 전송 시스템.

청구항 16

첨부 도면들에 도시된 실시예들 중 어느 하나를 참조하여 실질적으로 본 명세에서 기재된 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 IPT(inductive power transfer)에 관한 것이고, 결합기들 또는 패드들로 언급되고, 전력을 비접촉 방식으로 전송하기 위해 자기 플럭스를 발생시키고 수신하는 자기 구조들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] IPT 시스템들은 전기적 및 물리적 절연을 제공하여 안전한 동작을 습하거나 더러운 환경들에서 가능하게 하고 따라서 시스템들은 신뢰성있고 유지가 자유롭다. 이 특징들은 편리성과 함께 전원 공급 소비자 전자 장치들, 무인 반송차들 및 EV들(electric vehicles)과 같은, IPT 시스템들의 광범위한 응용들을 야기했다. 전형적인 시스템들의 전력 전송 레벨들은 1-150mm의 결합기들 사이의 에어 갭들의 경우 0.5W에서 50kW까지 변한다. IPT는 어떤 사용자 개입도 필요하지 않기 때문에 EV들을 재충전하는 이상적인 방법이다. 콘크리트 또는 아스팔트는 지면 기반 결합 구조 위에 놓여질 수 있어 이동 부분들을 사용하는 임의의 다른 시스템과 달리 극도로 내구성이 있고 파괴에 잘 견딘다. EV들을 위한 비접촉 충전은 통상, 변압기에서와 같이, 코일들 사이의 상호 결합을 통해 유도적으로 달성되지만, 결합 계수(k)는 전형적으로 내재적인 큰 에어 갭들로 인해 대략 0.01 - 0.5이다.

[0003] IPT 시스템들은 분산 또는 집중 토폴로지들로 느슨하게 그룹화될 수 있으며; 전자는 연속적인 전력이 필요한 응용들에 적합하고 후자는 전력이 고정 위치에서 전송될 필요가 단지 있는 경우들을 위한 것이다. 분산 시스템은 연장된 루프(트랙을 형성함)로 배치되는 일차 코일 및 전력을 부하들에 제공하는 트랙의 작은 부분에 결합하는 1개 이상의 이차 코일들을 포함한다. 집중 시스템은 별개의 일차 및 이차 코일들에 기초하고 전력은 코일들이 가까이 정렬되고 충분한 상호 결합을 가질 때 단지 전송될 수 있다. 이 시스템들은 밀결합 또는 소결합 타입들로 더 구분될 수 있다. 밀결합 시스템들은 비교적 작은 에어 갭들로 동작하고 사용자는 전형적으로 일차 코일을 '플러그 인'해야 한다. 소결합 시스템의 일 예는 초기의 전기 자동차들에 제안된 "충전 패드들"이다. 소결합 시스템들은 큰 에어 갭으로 동작하고 사용자 개입을 필요로 하지 않으며; 이 시스템들은 본 명세서의 대상이다. 대표적인 실시예들은 EV들을 재충전하는 맥락에 제공되고 소결합 집중 토폴로지는 차량들이 전형적으로 알려진 고정 위치들, 예를 들어 주차장들, 택시 승차장들 및 차고들에 주차되는 것으로 주어지면 가장 적절한 것으로 간주된다. 본 발명과 관련되는 당해 기술에서 통상의 기술자들은 본 발명이 다른 IPT 응용들과 관련이 있는 것을 이해할 것이다. 이 문서에서, 자기 결합 구조들은 결합기들 또는 파워 패드들로 언급된다. 이들에 의해 생성되는 기본 플럭스 경로들은 전형적으로 임의의 IPT 시스템의 전체 비용 및 실행가능성을 결정한다.

[0004] EV 제조자들은 실제적인 100-250mm의 동작 에어 갭과 2-7kW의 전력 레벨들을 고려하고, 따라서 7kW를 125mm 에어 갭에 걸쳐 공급할 수 있는 결합기 설계들은 자동차들에 필수적인 것으로 간주된다. 게다가, 시스템은 전체 전력을 충분한 수평 허용 오차(전형적으로 100mm보다 많음)로 전송할 필요가 있다. RPEV들(Roadway Powered Electric Vehicles)에 대해, 심지어 더 큰 구역들은 더 높은 전력 레벨들 및 더 큰 분리들에서 바람직하다. 고정 충전 및 RPEV 응용들 둘 다의 대규모 배치를 위한 잠재력으로 인해, 응용들 둘 다에서 동작할 수 있는 전력 패드들이 바람직하다. 그들은 또한 절대 최소의 재료 사용으로 가능한 바와 같이, 전기적으로 효율적이고, 비용 효율적일 필요가 있다. 이 요건들은 IPT를 위한 디맨딩 애플리케이션(demanding application)으로 EV를 충전하

게 한다.

[0005] 전형적인 집중 IPT 시스템은 3개의 주요 구성요소, 즉 도 1에 도시된 바와 같은 전원, 전력 결합기들(종종 패드들의 형태임) 및 PU(Pick-Up) 컨트롤러를 포함한다. 전원은 정현파 전류를 VLF 주파수 범위에서 생성하며; 그것은 전형적으로 본 명세서에 언급되는 예들에 대해서는 20 kHz이다. 이것은 유도 송신기(Tx.) 패드(L1)와 그의 임피던스 정합 병렬 보상 커패시터(C1) 사이에 공진을 야기한다. 이 접근법은 L_1 내의 무효 전류(I1)가 송신기 패드 근방에서 비교적 높은 플럭스 밀도를 생성하는 것을 허용함으로써 전력 전송을 주어진 스위치 레이팅들로 부스팅한다. 전형적인 IPT PU 프런트엔드는 L_2 및 C_2 를 포함하는 병렬 공진 탱크, 및 스위치 모드 컨트롤러로 구성된다. 탱크를 가로지르는 전압은 정류되고 스위치 모드 컨트롤러는 그것이 정의된 품질 계수(Q)에서 동작하는 것을 가능하게 하여 전력 전송을 부스팅하고 사용가능한 DC 출력을 제공한다. 병렬 보상은 통상 그의 전류 제한 특성으로 인해 배터리 충전 응용들에 사용된다. 동조는 부하(Q_{oc})를 가로지르는 공진 전압을 효과적으로 부스팅하여 배터리 전압에 정합하는 한편, 부하 전류는 수신기(Rx.) 패드의 단락 전류에 의해 고정된다. IPT 시스템은 수신기 패드로부터의 전류가 원하는 허용 오차 범위 내에서 충분하면 요구된 전력을 단지 공급할 수 있을 것이다. 실제로, 권선비는 이것을 달성하기 위해 조정된다. 상기 논의된 예에 대해, "송신기" 패드는 일차 권선에 비유되고 PU에 연결되거나 PU의 일부를 형성하는 "수신기" 패드 구조는 이차 권선에 비유된다. 그러나, 본 발명은 양방향 시스템들, 즉 전력 흐름의 방향이 반전될 수 있는 시스템들에 적용가능할 수도 있다.

[0006] IPT 시스템(P_{out})의 전력 출력은 (1)에 제시된 품질 계수 뿐만 아니라 PU 패드의 개회로 전압(V_{oc}) 및 단락 전류(I_{sc})에 의해 수량화된다. 이것은 제시된 바와 같이, 송신기 패드($V_{in}I_1$)의 입력 단자들에서의 VA, 변압기 결합 계수(k) 및 수신기 회로의 동작 Q에 대하여 기록될 수도 있다.

[0007]
$$P_{out} = P_{su}Q = V_{oc}I_{sc}Q = \omega I_1^2 \frac{M^2}{L_2} Q = V_{in} I_1 k^2 Q \quad (1)$$

[0008] 계수는 상이한 패드 토폴로지들의 자기적 성질들을 직접 비교하는 유용한 척도를 제공하고 수개의 측정들을 LCR 미터로 어느 정도 측정함으로써 쉽게 결정될 수 있다. PU의 동작 Q는 자기 설계 및 출력 전력을 분리하기 위해 일시적으로 무시될 수 있으며; 그 다음, 이것은 송신기 구동 VA 및 k^2 와 관련된다. 실제로, 전원에 대한 입력 전압이 제한되어(예를 들어 240V) 최대 송신기 VA를 제약한다. 그 결과, 출력 전력은 k에 매우 의존하고 최대 k를 주어진 에어 갭에서 갖는 설계들이 바람직하다. 현재, EV 제조자들은 소도시 차량들에 집중하고 있고 이들은 전형적으로 매우 낮은 지면 간격들을 가져서 결합기들 사이의 필요한 에어 갭은 125mm만큼 작을 수 있다. JMAG로 불려지는 3D FEM(Finite Element Method) 소프트웨어 패키지는 정전류원으로 구동되는 파워 패드들을 모델링하기 위해 사용된다. 인덕턴스들이 코일 직경과 같은 패드 이동 또는 파라미터 변화들에 따라 변화므로 구동 VA의 암시적 증가가 존재한다. 실제로, 이러한 VA의 증가는 직렬 커패시턴스를 Tx. 패드에 부가하여 전원에 의해 보여지는 인덕턴스를 효과적으로 낮춤으로써 실현될 수 있지만 실제적으로 부가될 수 있는 양은 그것이 또한 동조 감도를 증가시키기 때문에 제한된다. P_{su} 및 k의 피크들은 통상 동일한 설계점에서 발생하지 않는다. 그 결과, 성능 요건들(이 명세서에 언급되는 예들에서 7kVA)을 충족시키는 패드 설계를 선택하는 것은 전형적으로 패드 인덕턴스를 결합하고 드라이빙할 시에 절충을 필요로 한다.

[0009] 원형 설계들에 기초하는 결합기들은 EV 충전에 사용되는 확실히 가장 일반적인 결합기 토폴로지이다. 공지된 원형 패드 구성은 도 2에 도시되고, 우리의 공개 국제 특허 출원 W02008/24033에 기재되어 있으며, 그것의 내용은 본 명세서에 참고문헌으로 포함되어 있다. 유도 결합 충전기들은 통상 예를 들어 형상이 원형이고 400 mm 직경 25 mm 두께의 치수들을 가질 수 있는 2개의 파워 패드를 사용한다.

[0010] 그러나, 이것과 같은 유도 충전기를 사용하기 위해 차량은 충전 패드 위에 - 전형적으로 완전한 정렬의 50 mm 내에 - 비교적 정확히 위치되어야 하고 차량 상의 파워 패드와 지면 상의 파워 패드 사이의 분리(즉 수직 간격)는 엄밀히 제어되어야 한다. 원칙적으로, 유도 전력 전송은 0 mm와 100 mm 사이의 수직 간격들을 위해 달성될 수 있지만 시스템이 100 mm에 대해 셋업된다면 그것은 120 mm에서 꽤 큰 전력 감소를 가질 것이고 50 mm 아래에서 잘 동작하지 않을 수 있다. 이러한 상황은 패드들 사이의 거리가 변할 때 파워 패드들의 자기 인덕턴스 및 상호 인덕턴스 둘 다 광범위하게 변하기 때문에 발생한다. 따라서, 100 mm에서, 파워 패드 수신기 또는 픽업은 500 W의 전력 소요량에 대한 100 V의 픽업 전압 및 5.0 A의 단락 전류를 가질 수 있다. IPT 시스템 전자 장치들이 4의 Q 계수로 동작한다면, 이때 2 kW는 배터리에 전송될 수 있지만 적절한 배터리 전압에서 요구되는 전력을 생성할 시에 극복할 어려움이 여전히 존재한다.

[0011] 도 2의 공지된 파워 패드 구성은 전형적으로 8개의 페라이트 바(2) 및 코일(3)을 포함하는 알루미늄 케이스(1)를 포함한다. 코일의 전류는 자기 플럭스를 페라이트 바들에서 야기하고 이 플럭스는 페라이트 바들 상에서 시작하여 반타원 형상으로 생각될 수 있는 코일을 포함하는 경로 내의 바의 타단부에 보급되는 플럭스 라인들을 갖는다. 단일 바에 대한 플럭스 라인들(4)은 도 3에 도시된다. 플럭스 라인들은 페라이트를 상향으로 남기고 바의 타단부에 보급되어, 그것에 직각으로 진입한다. 어떤 플럭스도 고체 알루미늄 백킹 플레이트(1)가 그것을 방해하므로 패드의 후면을 나가지 못한다. 실제 패드에서, 8개의 바는 도 3a의 단면에 개략적으로 도시된 플럭스 패턴을 제공한다. 실제 플럭스 패턴의 시뮬레이션은 도 3b에 도시된다.

[0012] 도 3b로부터, 가장 높은 지점에서 플럭스 라인들은 본래 수평인 것이 인지될 수 있다. 그러므로, 일차 패드와 이차 패드 사이에서 가능한 최대 분리를 얻기 위해 이 수평 플럭스를 검출하는 것이 유리할 것이다. 그러나, 수평 플럭스는 패드(패드로부터 패드의 직경의 거의 1/4로 연장됨)에 여전히 비교적 가깝고 파워 패드의 바로 중심에 수평 플럭스가 존재하지 않는다. 따라서, 최대 플럭스 밀도가 이상적인 바로 그 지점 - 중심 - 에서 실제 사용가능한 수평 플럭스 성분은 제로이다. 이 문서에서 원형 패드 또는 결합기에 대한 참조들은 에너지이정될 때 도 3b에 도시된 것과 유사한 방법으로 플럭스를 지향시키는 코일 배열(반드시 진원인 것은 아님)을 갖는 결합기를 언급한다. 다시 말하면, 플럭스 발생 원형 결합기의 중심으로부터 축을 따라 의도된 수신기 결합기를 향하는 방향으로 수평 플럭스가 거의 없다.

[0013] 픽업 패드(즉 차량 장착 파워 패드)의 유도 전압은 분리에 매우 민감하여 - 상호 인덕턴스에 대응함 - 120 mm에서 그것은 거의 40%만큼 감소되는 한편 50 mm에서 그것은 2의 계수만큼 증가된다. 전력의 감소는 차량이 평상시에 완전히 충전되지 않은 것을 의미하지만, 더 도전적인 상황은 더 작은 분리들에서 전송된 전력이 매우 높아서 회로의 구성요소들이 과부하된 것이다. 또한, 분리가 감소될 때, 픽업 코일의 자기 인덕턴스는 또한 회로가 오프 주파수에서 동작하여 여분의 스트레스를 전원에 두도록 변화된다. 분리가 여전히 더 작아질 때, 일차측 상의 비동조 픽업에 의해 야기되는 전원 상의 이러한 스트레스는 지속될 수 없고 시스템은 셧다운되어야 한다. 실제로, 40 및 100 mm 사이의 분리로 동작하는 것이 가능하지 않지만 더 큰 범위는 매우 어렵다.

[0014] 40에서 100 mm까지의 분리의 범위는 꽤 작다. 차량이 비교적 큰 지면 간격을 가지면 이 때 차량 상의 파워 패드는 하강되어야 하거나 지면 상의 파워 패드는 상승되어야 한다. 이것을 수행하는 자동 시스템들은 충전 시스템의 신뢰성을 타협시킨다. 대안적으로, 지면 상의 패드는 고정되지만 상승된 플랫폼 상에 있을 수 있지만 그러한 패드는 차량이 충전되고 있지 않을 때 트립 위험 요소(tripping hazard)이고 이러한 상황은 일반적으로 차량들 또는 보행자들을 포함하는 차고 또는 다른 위치에서 회피되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 목적은 종래 기술의 1개 이상의 단점들을 극복하거나 개선하거나, 또는 대중에게 유용한 선택을 적어도 제공하는 플럭스 송신 또는 수신 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 일 측면에서, 본 발명은 제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 포함하는 유도 전력 전송 장치를 광범위하게 제공하고, 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 수신함으로써 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되고, 제 1 구조는 실질적인 원형 코일을 포함하며, 제 2 자기 구조는 자기 투과성 코어와 연관되는 적어도 2개의 코일의 배열을 포함한다.

[0017] 바람직하게는, 제 2 자기 구조의 코일들은 결합 허용 오차를 제1 구조와 제 2 구조 사이의 상대 횡방향 이동에 제공하도록 배열된다.

[0018] 바람직하게는, 제 2 구조의 코일들은 구조들의 상대 횡방향 위치가 다른 상이한 양으로 제 1 구조에 의해 생성되는 자계로부터 전기 에너지를 추출한다.

[0019] 바람직하게는, 제 2 구조의 코일들 중 하나는 제 1 구조에 의해 생성되는 자계의 제 1 방향 성분의 더 큰 비율을 수신하고, 제 2 구조의 코일들 중 다른 것은 제 1 구조에 의해 생성되는 자계의 제 2 방향 성분의 더 큰 비율을 수신한다.

[0020] 청구항 4에 기재된 장치에 있어서, 성분들은 서로 직교한다.

- [0021] 바람직하게는, 한 성분은 자기 플럭스의 수직 성분이고 다른 성분은 수평 성분이다.
- [0022] 바람직하게는, 성분들은 직각 위상에 있다.
- [0023] 바람직하게는, 제 2 구조의 코일들은 플랫 코일들이다.
- [0024] 바람직하게는, 제 1 구조의 코일은 플랫 코일이다.
- [0025] 바람직하게는, 제 2 구조의 2개의 코일은 병렬 관계이다.
- [0026] 바람직하게는, 제 2 구조는 적어도 2개의 코일과 공간적 직각 위상으로 배열되는 제 3 코일을 포함한다.
- [0027] 바람직하게는, 제 2 구조는 서로 중첩하는 2개의 코일을 포함한다.
- [0028] 바람직하게는, 제 2 구조의 코어는 더 크고 더 작은 자기 저항의 영역들을 갖는다.
- [0029] 바람직하게는, 제 2 구조의 코어는 격자를 포함한다.
- [0030] 다른 측면에서, 본 발명은 이전 기술들 중 하나의 장치를 포함하는 유도 전력 전송 시스템을 광범위하게 포함한다.
- [0031] 다른 측면에서, 본 발명은 제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 포함하는 유도 전력 전송 장치를 광범위하게 제공하고, 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 수신함으로써 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되고, 제 1 구조는 실질적인 원형 코일을 포함하고, 제 2 자기 구조는 적어도 2개의 코일의 배열을 포함하며, 적어도 2개의 코일은 실질적으로 동일한 평면에 배치된다.
- [0032] 바람직하게는, 제 2 구조의 적어도 2개의 코일은 서로 인접한다.
- [0033] 바람직하게는, 제 2 구조의 적어도 2개의 코일은 병렬 관계이다.
- [0034] 대안적으로, 적어도 2개의 코일은 서로 중첩한다.
- [0035] 바람직하게는, 제 2 구조는 적어도 2개의 코일과 공간적 직각 위상으로 배열되는 제 3 코일을 포함한다.
- [0036] 바람직하게는, 구조들 둘 다의 코일들은 실질적인 플랫 코일들을 포함한다.
- [0037] 다른 측면에서, 본 발명은 제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 포함하는 유도 전력 전송 장치를 광범위하게 제공하고, 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 수신함으로써 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되고, 제 1 구조는 실질적으로 서로 인접하여 배열되고 실질적으로 동일한 평면에 배열되는 2개의 코일을 포함하며, 제 2 자기 구조는 적어도 3개의 코일의 배열을 포함하고, 2개의 코일은 실질적으로 동일한 평면에 배치되며, 제 3 코일은 2개의 코일과 공간적 직각 위상으로 배열된다.
- [0038] 바람직하게는, 구조들 둘 다의 코일들은 실질적인 플랫 코일들을 포함한다.
- [0039] 다른 측면에서, 본 발명은 발명의 이전 기술들 중 어느 하나의 장치를 포함하는 IPT 시스템을 광범위하게 제공한다.
- [0040] 다른 측면에서, 본 발명은 유도 전력 전송 방법을 제공하고, 방법은 실질적인 원형 코일을 갖는 제 1 구조를 사용하여 자기 플럭스를 발생시키는 단계, 및 적어도 2개의 코일을 갖는 제 2 구조를 사용하여 제 1 구조로부터 자기 플럭스를 수신하는 단계를 포함하며, 적어도 2개의 코일은 실질적으로 동일한 평면에 배치된다.
- [0041] 다른 측면에서, 본 발명은 유도 전력 전송 방법을 제공하고, 방법은 실질적으로 서로 인접하여 배열되고 실질적으로 동일한 평면에 배열되는 2개의 코일을 포함하는 제 1 구조를 사용하여 자기 플럭스를 발생시키는 단계, 및 적어도 3개의 코일의 배열을 포함하는 제 2 구조를 사용하여 제 1 구조로부터 자기 플럭스를 수신하는 단계를 포함하며, 2개의 코일은 실질적으로 동일한 평면에 배치되고 서로 인접하여 배치되며, 제 3 코일은 2개의 코일과 공간적 직각 위상으로 배열된다.
- [0042] 다른 측면에서, 본 발명은 자기 투과성 재료의 격자 구조를 포함하는 유도 전력 전송 자기 결합 장치를 광범위하게 제공한다.
- [0043] 바람직하게는, 격자 구조는 자기 투과성 재료의 복수의 링크 바들을 포함한다.
- [0044] 바람직하게는, 구조는 복수의 연장 바들 및 바들을 연결하여 격자 구조를 제공하는 복수의 연결 부재들을 포함한다.

- [0045] 바람직하게는, 바들은 실질적으로 평행하다.
- [0046] 바람직하게는, 바들은 종방향으로 배열되고 연결 부재들은 바들을 횡방향으로 상호 연결한다.
- [0047] 바람직하게는, 상호 연결 부재들은 플럭스 경로를 구조를 통해 복수의 방향들로 제공하도록 이격되어 있다.
- [0048] 바람직하게는, 구조는 페라이트를 포함한다.
- [0049] 추가 측면에서, 본 발명은 격자 구조를 갖는 자기 투과성 코어와 연관되는 1개 이상의 기동가능 코일들을 포함하는 IPT 플럭스 패드 또는 결합기를 제공한다.
- [0050] 바람직하게는, 코일(들)는 코어의 일 측 상에 배치된다.
- [0051] 바람직하게는, 코어는 복수의 연장 바들 및 바들을 연결하여 격자 구조를 제공하는 복수의 연결 부재들을 포함한다.
- [0052] 다른 측면에서, 본 발명은 제 1 자기 결합 구조 및 제 2 자기 결합 구조를 포함하는 유도 전력 전송 장치를 광범위하게 제공하고, 구조들은 자기 플럭스를 발생시키며/시키거나 전력을 유도적으로 전송하도록 적응되고, 제 1 구조는 실질적인 원형 코일을 포함하고, 제 2 자기 구조는 2개 이상의 코일의 배열을 포함하며, 코일들 중 적어도 1개는 자기 투과성 코어 주위에 감긴다.
- [0053] 제 2 구조의 2개 이상의 코일은 둘 다 코어 주위에 감긴다.
- [0054] 일 실시예에서, 제 2 자기 구조의 코일들 중 적어도 1개는 복수의 부분 코일들을 포함한다.
- [0055] 일 실시예에서, 제 2 자기 구조의 코일들 중 하나는 일방향으로 코어를 통해 이동하는 플럭스로부터 에너지를 추출하고, 제 2 자기 구조의 코일들 중 다른 것은 상이한 방향으로 코어를 통해 이동하는 플럭스로부터 에너지를 추출한다.
- [0056] 일 실시예에서, 제 2 자기 구조의 코일들 중 하나는 다른 코일로 이동하는 플럭스의 방향과 직각에서 일방향으로 이동하는 플럭스로부터 에너지를 추출한다.
- [0057] 일 실시예에서, 제 2 자기 구조의 코일들 중 하나는 실질적인 플랫 코일을 포함한다. 다른 실시예에서, 복수의 플랫 코일들은 제 2 자기 구조와 자기 연관으로 제공된다.
- [0058] 본 발명의 추가 측면들은 이하의 설명으로부터 분명할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0059] 도 1은 IPT 시스템의 구성요소들을 예시하는 기본 회로도이다.
- 도 2는 공지된 형태의 IPT 전력 전송 패드의 일부의 사시도이다.
- 도 3은 플럭스 라인들을 도시하는 도 2의 패드의 일부의 개략 단면도이다.
- 도 3a는 플럭스 라인들을 도시하는 도 2의 패드의 평면도 및 단면도이다.
- 도 3b는 도 2의 패드의 자계(플럭스 라인들로 표시됨)의 컴퓨터 발생 시뮬레이션의 단면도이다.
- 도 4는 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 1 실시예의 부분 단면도이다.
- 도 5는 도 4의 장치와 함께 사용하는 픽업 제어 회로의 간략한 회로도이다.
- 도 6은 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 2 실시예의 도면이다.
- 도 7은 도 6의 장치와 사용하는 픽업 제어 회로의 간략한 회로도이다.
- 도 8은 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 3 실시예의 도면이다.
- 도 9는 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 4 실시예의 부분 단면도이다.

도 9(b)는 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 5 실시예의 부분 단면도이다.

도 10은 도 2에 도시된 것과 같은 패드를 포함하는 IPT 시스템 플럭스 송신기 및 수신기 장치의 제 6 실시예의 형면도이다.

도 11은 코일(a, b) 및 상호 결합 각각에 의해 생성되는 메인 플럭스 성분들(ϕ_a , ϕ_b 및 ϕ_{ip})을 갖는 DD 패드의 간략한 모델이다.

도 12는 (a) 수평으로 정렬되고 (b) 190mm만큼 오정렬되는 DDQ-DD 시스템의 xz 평면 내의 자기 플럭스 밀도 벡터들을 도시한다.

도 13은 다양한 폭들($I_1 = 23A$)의 직교 코일들에 대한 전력 프로파일들을 도시한다.

도 14는 상이한 패드 조합들 (a) P_{su} 및 (b) k(20kHz에서 $I_1 = 23A$)에 대한 수직 프로파일들을 도시한다.

도 15는 상이한 송신기 패드들 상의 상이한 또는 결합된 코일들을 갖는 수신기 패드들에 대한 전력 프로파일들을 도시한다.

도 16은 상이한 패드 조합들($Q_{max} = 6$) (a) 서큘러 온 서큘러 및 DDQ 온 DD, 및 (b) 서큘러 온 서큘러 및 DDQ 온 서큘러(20kHz에서 $I_1 = 23A$)에 대한 7kW 충전 구역들을 예시한다.

도 17은 측면(상단) 및 위(하단)로부터 보여지는 이극성 패드를 예시한다.

도 18은 다양한 패드 조합들에 대한 변위와 결합되는($P_{su} = I_{sc} * V_{oc}$) 고유 VA를 도시한다.

도 19는 도 18의 조합들에 대한 3kW를 달성하는 것이 가능한 영역을 도시한다.

도 20은 패드가 도 18의 조합들에 대한 전력을 전달하기 위해 동작하는 실제 Q를 도시한다.

도 21은 격자를 형성하여 원형 송신기 패드로부터 더 좋은 플럭스를 허용하는 상호연결 페라이트 블록들을 사용한 수정된 코어 또는 백 플레인을 갖는 이극성 패드를 도시한다.

도 22는 상이한 페라이트 백 플레인들을 사용한 4개의 이극성 패드 구성을 도시한다.

도 23(a) - 도 23(d)는 유사한 코일 크기들과 도 16의 일차 원형 패드 및 다양한 이극성 패드 구성들 사이의 x 변위들에 대한 전압, 전류 결합 계수 및 전체 비보상 VA 프로파일들을 각각 도시한다.

도 24(a) - 도 24(d)는 유사한 코일 크기들과 도 16의 일차 원형 패드 및 다양한 이극성 패드 구성들 사이의 y 변위들에 대한 전압, 전류 결합 계수 및 전체 비보상 VA 프로파일들을 각각 도시한다.

도 25(a) - 도 25(d)는 동일한 페라이트 구조를 갖지만 코일 크기를 변화시키는 일차 원형 패드 및 2개의 이극성 패드 구성 사이의 x 변위들에 대한 전압, 전류 결합 계수 및 전체 비보상 VA 프로파일들을 각각 도시한다.

도 26(a) - 도 26(d)는 동일한 페라이트 구조를 갖지만 코일 크기를 변화시키는 일차 원형 패드 및 2개의 이극성 패드 구성 사이의 y 변위들에 대한 전압, 전류 결합 계수 및 전체 비보상 VA 프로파일들을 각각 도시한다.

도 27은 격자의 형태로 코어 또는 백 플레인을 갖는 이극성 플럭스 수신기의 아래로부터의 평면도를 도시한다.

도 28은 격자의 형태로 코어 또는 백 플레인을 갖는 DDQ 플럭스 수신기의 위로부터의 평면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0060] 명세서 도처의 적절한 곳에서 동일한 참조 번호들은 다양한 실시예들에 존재하는 동일한 특징을 언급하기 위해 사용된다.

[0061] IPT 시스템에 대한 자기 구조들의 새로운 상호 운용 장치의 제 1 실시예는 도 4에 도시된다. 그 도면을 참조하면, 시스템은 E형상 단면을 갖는 코어(5) (자기 투과성 페라이트 또는 유사하고 바람직한 자기적 성질들을 갖는 재료로 구성되는 것이 바람직함)를 포함하는 원형 송신기 구조 및 수신기를 포함한다. 코어(5)는 실질적인 평행 수직 레그들 및 인접한 레그들을 서로 연결하는 직교 연결 영역들을 포함한다. 이러한 외형의 코어는 플랫 E 코어로 언급될 수 있다.

- [0062] 코어(5)에는 수직 축(코어(5)의 중심 레그)에 감기는 제 1 코일(6) 및 코어의 수평 축에 감기는 제 2 코일(3)이 제공된다. 픽업은 코일 장치가 원형 송신기 코일(3)의 중심 근방에 위치되도록 배치되어 도시된다. 코일(3)에 흐르는 전류는 도 4에 도시된 바와 같은 송신기 패드의 대향 측면들 상에 시계 반대 방향 및 시계 방향 자계들을 생성한다. 도 4로부터 알 수 있는 바와 같이, 수신기 구조는 송신기 상에 센터링될 때 코어(5)의 중심 레그를 통해 이동하는 자기 플럭스는 코일(6)에서 전류를 유도한다. 수신기 구조가 도 4에 도시된 바와 같이 옆으로 이동되어(즉 중심에서 벗어나서), 중심 레그를 통해 흐르는 더 적은 플럭스를 야기하면, 더 많은 플럭스는 코어(5)의 수평 축을 통해 흐를 것이고 이러한 플럭스는 코일(7)에서 전류를 유도한다. 그러므로, 수신기 코어에 감기는 복수의 코일들이 존재하여 전기 에너지가 수신기 코어와 원형 송신기 사이의 위치의 상대적 변화들로 인해 플럭스의 변동들로부터 추출되는 것을 보장하는 이러한 장치는 픽업이 전력을 더 넓은 범위의 이동을 통해 추출하는 것을 허용하며, 즉 시스템은 더 큰 결합 허용 오차를 결합 구조들 사이의 상대 횡방향 이동에 제공한다. 따라서, 시스템은 오정렬에 대한 더 큰 허용 오차를 갖는다.
- [0063] 도 5는 독립 동조 커패시터들(8 및 9), 및 코일들(6 및 7)을 위한 정류기들(10 및 11)을 각각 포함하는, 도 4의 픽업 구성을 위한 가능한 동조 및 전력 제어 회로를 도시한다. 전체적으로 12로 참조되는 조절 회로는 공지된 방법으로 동작하여, 일차 코일(3)로부터 픽업을 분리해서 정전압을 부하(13)에 공급한다. 이러한 제어 전략은 미국 특허 제5,293,308호에 더 상세히 설명되어 있으며, 그것의 내용은 본 명세서에 참고문헌으로 포함된다.
- [0064] 직렬 동조 커패시터들은 제 1 코일 및 제 2 코일 둘 다의 유효 단락 전류 및 개회로 전압 출력들이 정합될 수 있는 것을 보장함으로써, 가급적 균일한 전력 프로파일을 보장하기 위해 필요한 경우 각각의 코일(6, 7)에 제공될 수도 있다.
- [0065] 도 6은 본 발명에 따른 픽업에 대한 수신기 장치의 제 2 실시예를 도시하며, 도 4의 2개의 코일(6 및 7)은 한 세트의 부분 코일들(이 실시예에서 실시예 하프 코일들) (14 및 15, 및 16 및 17)을 각각 포함한다. 이 구성에서, 송신기 패드의 원형 코일(3)로부터의 수직 지향 자기 플럭스는 E 코어의 중심 레그를 통해 흐르고 중심 레그의 어느 한 측에 제공되어 중심 레그를 코어의 나머지 2개의 레그에 연결하는 코어의 연결 부분들을 통해 분할된다. 알 수 있는 바와 같이, 이 실시예에서 연결 부분들의 축들은 코어(5)의 레그들의 축들과 직교하고 부분 코일들은 코어(5)의 연결 부분들 상에 제공된다. 코일들(16 및 17)은 코어(5)의 중심 레그로 흐르고 연결 부분들을 통해 분할되는 플럭스로부터 에너지를 추출하므로, 코일들(16 및 17)은 각각의 코일의 상이한 방향에 있는 유도 전류를 합산하도록 도 7에 도시된 바와 같이 배열된다. 코일들(12 및 13)은 코어(5)를 통해 일방향으로 수평으로 흐르는 플럭스로부터 에너지를 추출하므로, 그 코일들은 유도 전류들을 합산하도록 배열된다. 이 실시예에 대한 연관된 동조 및 전력 제어 회로는 도 7에 도시된다.
- [0066] 도 7의 동조 커패시터들은 상이한 자기 회로들에 대응하므로 모두 개별적으로 선택되어야 한다. 또한, 이 와이어링 장치는 도 5에 표시된 바와 같은 동일한 형태의 출력을 제공하고 여분의 트랙 회로들을 부가함으로써 무한정 연장될 수 있다. 또한, E 코어는 추가 부분 코일들과, 부가 레그들 및 연결 부분들을 부가함으로써 연장될 수 있다. 또한, 직렬 동조 커패시터들은 코일 세트들에 제공될 수 있어 코일 세트들의 출력들을 정합하고, 따라서 가급적 균일한 전력 프로파일을 제공한다.
- [0067] 제 1 실시예와 같이, 도 6 및 도 7의 실시예에서, 장치는 유용한 전력 출력들을 전자 제어 회로조직에 대한 더 적은 변화 또는 부가된 비용으로 여전히 달성하면서 원형 패드 구조를 사용하는 IPT 시스템에 대한 측방향 즉 횡방향 이동의 유용한 범위를 증가시킨다.
- [0068] 도 8을 참조하면, 도 6 및 도 7의 실시예가 이제 E 코어보다는 오히려 플랫 코어 구조로서 제공되는 코어(5)를 갖는 추가 실시예가 도시된다. 부분 코일들(14, 15 및 16, 17)은 자기 플럭스를 수신(또는 송신)하는 극 영역들(20)을 남기도록 코어에 감긴다. 이 실시예의 동작은 도 6 및 7의 실시예를 참조하여 설명되는 것과 동일한 것이다.
- [0069] 도 9를 참조하면, 도 6 및 7의 실시예가 이제 E 코어보다는 오히려 플랫 코어 구조로서 제공되는 코어(5)를 갖는 추가 실시예가 도시된다. 부분 코일들(14 및 15)은 코어를 통해 일방향으로 이동하는 플럭스를 캡처하기 위해 여전히 존재하고 이 구성에서 그들은 동위상으로 부가될 것이다. 대안적인 실시예는 하나의 더 큰 단일 코일(14 및 15의 조합)을 갖는 것이다. 부분 코일들(16 및 17)은 코어(5)에 진입하는 플럭스를 플랫 코일(21) 뒤의 코어의 중심 부분에서 캡처하는 플랫 코일(21)로 대체된다.
- [0070] 도 9b를 참조하면, 도 6 및 7의 실시예가 이제 E 코어보다는 오히려 플랫 코어 구조로서 제공되는 코어(5)를 갖는 추가 실시예가 도시된다. 부분 코일들(14 및 15)은 코어를 통해 반대 방향으로 이동하는 플럭스를 캡처하기

위해 여전히 존재하므로 그들은 이위상으로 부가될 것이다. 부분 코일들(16 및 17)은 이위상으로 부가되는 2개의 플랫 코일(22)로 대체된다.

[0071] 도 10은 도 7 및 도 8의 실시예의 부분 코일들(14, 15)이 단일 중심 코일(23)로 대체되는 수신기 구조의 추가 실시예를 도시한다. 전기 연결은 또한 도 10에 도시된다. 부분 코일들(16 및 17)은 이위상으로 연결되어 제 2 코일을 생성해서 코어에서 반대 방향으로 이동하는 플럭스들로부터 에너지를 추출한다.

[0072] 다른 실시예에서, 새로운 패드 토폴로지는 도 11에 도시된 바와 같은 페라이트 스트립들 위에(주변보다는 오히려) 2개의 코일을 배치함으로써 불필요한 후면 플럭스 경로들을 제거한다. 이러한 형태의 패드는 이 문서에서 W02010090539A1에 설명된 바와 같은 DD 패드 또는 구조로 언급된다. 페라이트(도시된 실시예에서 평행 바들의 형태로 제공되고 따라서 더 크고 더 작은 저항의 영역들을 코어에 제공하여 원하는 플럭스 경로들을 가능하게 함)는 메인 플럭스를 코일들 뒤에 보내고 플럭스가 일측 상에 방사되게 하여, 무시가능한 손실을 야기한다. 이상적인 DD 플럭스 경로들은 도 11에 도시된다. 이 경로들은 기본 높이(h_z)가 패드 길이의 $\frac{1}{2}$ 에 비례하기 때문에 좋은 결합을 유사한 형태의 수신기 패드에 허용한다. 2개의 파워 패드 사이의 높은 결합 계수를 달성하는 중요한 특징은 패드 내 결합(k_{ip})이다. 패드 내 플럭스(ϕ_{ip})의 높이는 도 11의 음영 영역 내의 코일들의 폭을 조정함으로써 제어되어, 코일(a)과 코일(b) 사이의 "플럭스 파이프"를 생성한다. 수신기 패드에 결합하는 플럭스(ϕ_{ip})의 일부는 상호 플럭스(ϕ_M)이며, 따라서 플럭스 파이프를 형성하는 코일의 부분은 가능한 길게 이루어져야 한다. 역으로, 코일의 나머지 길이는 구리를 절약하고 R_{ac} 를 낮추기 위해 최소화되어야 한다. 그렇게 행하는 것은 "D"와 같이 형성된 코일들을 야기하고 서로 마주보고 배치되는 그러한 2개의 코일이 존재하므로, 패드는 본 명세서에서 DD(Double D)로 언급된다.

[0073] 최적화 프로세스의 결과는 6×193 코어들을 포함하는 4개의 스트립(도 11에 도시된 바와 같음)을 사용하는 $770\text{mm} \times 410\text{mm}$ 를 측정하는 내장 패드이다. 코일들은 6.1mm의 피치로 감긴 6.36mm^2 리즈 와이어의 20 턴으로 구성되어 240mm의 플럭스 파이프 길이(43% 페라이트 커버리지)가 된다.

[0074] DD 수신기 코일들은 수평 플럭스 성분들을 단지 결합할 수 있다. 그와 같이, x 방향으로의 수평 오프셋들에 대한 수신기 패드의 허용 오차는 제 2 수신기 코일이 부가되면 상당히 개선될 수 있다. 이 코일은 수직 플럭스만을 캡처하도록 설계되고 DD와 공간적 직교 위상에 있다. 부가 코일은 플럭스 캡처를 증대시키기 위해 연장된 페라이트 스트립들을 필요로 하고 결합된 구조는 본 명세서에서 DDQ 수신기로 언급된다. 이러한 형태의 수신기는 W02010090539에 설명되어 있다. 도 12(a)의 플럭스 플롯은 패드들이 정렬될 (δ_z 125mm일) 때 DD 송신기와 직교 수신기 코일들 사이에 상호 플럭스가 존재하지 않는 것을 도시하며; DD는 전체 출력 전력을 공급한다. 그러나, 수신기가 190mm만큼 수평으로 오프셋될 때(도 12(b)의 플럭스 플롯에서와 같이), 직교 코일은 필드를 캡처하기 위해 이상적으로 위치되고 전체 출력 전력을 공급할 수 있는 한편, DD는 그의 전력 프로파일에서 널(null)에 근접해 있다(이것은 $\delta_x = 240\text{mm}$ 에서 발생함).

[0075] W02010090539에 설명된 DDQ 수신기는 임의의 최적화 전에 내장된 직교 코일을 가졌지만, 감소된 코일 폭이 더 좋은 성능을 제공하는 것은 그것이 결정된 때부터이다. 최적화 프로세스는 다양한 폭들의 직교 코일들을 위해 전력 프로파일들을 x 방향으로 취하는 것을 포함한다. 프로파일들은 125mm 에어 갭으로 수행되었고 결과들은 도 13에 도시되며, 인서트들(insets)은 그것이 DD 코일들 내에서 적합해지면 코일 폭 범위를 나타낸다. 가장 높은 P_{su} 는 P_{su} 가 비슷하면 410mm의 폭이 선택되었을지라도 450mm 폭의 코일로 달성되지만 1.6m의 리즈 와이어의 길이에서 전체 감소가 존재한다.

[0076] IPT 충전의 장점들은 잘 이해되고 산학으로 시스템들의 상당한 발전이 존재했다. 현재, 원형 패드들은 가장 일반적이지만 그들은 열등한 성능을 기본적으로 제공하고 RPEV 응용들에 적절하지 않다. 시뮬레이션을 통해 상호 운용 조사를 수행하기 전에, 실험 측정 대 시뮬레이션은 상이한 패드들을 포함하는 모델들이 정확한(원래의 내장된 700mm 원형 패드가 사용된) 것을 검증하기 위해 착수되었다. 결과들은 일치하는 것으로 발견되었으므로 원형 패드 내의 코일의 직경은 40mm의 δ_{AI} 로 조정되었고 직교 코일 폭은 410mm에 설정되었다. '수신기 온송신기'로 언급되는 3개의 가능한 조합은 서클러 온 서클러(circular on circular), DDQ 온 서클러 및 DDQ 온 DD이다.

[0077] 임의의 최적화를 수행하기 전에, 일부 성능 측정들은 바로 위에 언급된 조합들을 위해, 및 또한 도 17에 도시된 이극성 패드로 본 명세서에 언급되는 추가 형태의 패드 구조의 사용을 위해 이루어졌다. 일 실시예에서, 이극성 패드는 아래에서 위로, 알루미늄 플레이트(37), 유전체 스페이서(36), 4행의 페라이트 바들(35) (본 명세서에

페라이트들로 언급됨)을 포함하는 코어(34), 즉 방향으로 확산되는 2개의 평평한 실질적인 동일 평면이고, 게다가 중첩되고 이상적이지만 반드시 "직사각형" 형상이 아닌 코일들(32, 33) (그러나 이들은 리츠 와이어를 감는 용이성으로 인해 더 타원형임), 및 유전체 커버(38)로 구성된다. 코어(34)는 이상적으로 모든 플럭스가 패드의 상단을 통해 코어(4)에 의해 채널링되도록 실드로서의 역할을 한다. 플레이트(37)는 a) 어떤 환경들에서 코어(34) 위에 존재할 수 있는 표유 또는 의사 필드들을 제거하고 작게 하며, b) 부가 구조 강도를 제공하는 역할을 한다.

[0078] 이극성 패드의 자기 구조는 코일들(32, 33) 중 어느 하나 사이에 실질적으로 어떤 상호 결합도 존재하지 않도록 설계된다. 이것은 전압을 서로 결합하는 것 없이 코일들이 임의의 크기 또는 위상에서 독립적으로 동조되는 것을 허용한다. 각각의 코일은 다른 코일의 플럭스 캡처 및 전력 전송에 영향을 미치는 것 없이 독립적으로 동조되고 조절될 수 있다.

[0079] 이극성 패드의 2개의 일차 코일(32, 33)이 서로에 대해 임의의 중첩으로 배치될 때, 코드들 사이에 상호 결합이 존재할 것이다. 그러나, 코일 폭에 대한 중첩의 어떤 비율에 대해, 이 상호 결합은 거의 제로이다. 어떤 상호 결합도 각각의 코일 사이에 존재하지 않는 것을 보장하는데 요구되는 이상적인 중첩은 페라이트의 존재로 인해 간단하지 않지만 하나의 코일을 간단히 고정함으로써 그리고 이것을 고정 주파수에서(예를 들어 적절한 3D 시뮬레이터를 통해 또는 적절한 실험 셋업을 사용하여) 미리 결정된 전류로 에너지이징함으로써 결정될 수 있다. 그 다음, 제 2 일차 코일에서 유도되는 개회로 전압이 측정될 수 있다. 제 2 코일은 중첩을 변화시키기 위해 이동되면, 결합된 전압의 변화가 존재할 것이다. 이것이 최소화되면(이상적으로 제로임), 이상적인 구성이 설정될 수 있다.

[0080] 코일들(32 및 33)의 이러한 자기 분리는 코일들 중 어느 하나가 서로에 영향을 미치는 것 없이 독립적으로 동조되고 정류되는 것을 허용한다. 그와 같이, 그들은 다른 코일의 플럭스 캡처에 영향을 미치는 것 없이 스위치들을 사용하여 턴 오프(독립적으로 분리)될 수도 있다.

[0081] 도 18-도 20은 원형 패드로부터 700mm 직경 송신기를 통해 패드 내의 40A로 발생하는 플럭스에 대한 수신기들로서의 원형, DDQ 및 이극성 패드들 각각의 성능의 실제 측정들을 도시한다. 가정된 전력 요건은 3kW이다.

[0082] 도 18은 변위와 결합되는 ($P_{su} = I_{sc} * V_{oc}$) 고유 VA를 도시한다. 원형 패드 외의 모두에 대해, 중심으로부터 y 및 x 변위(mm)의 측정들은 DDQ 및 이극성 패드들이 편광될 때 개별적으로 제공된다.

[0083] 도 19는 3kW를 달성하는 것이 가능한 영역을 도시한다. 실제로, 실제 전력 출력은 $P_o = Q * P_{su}$ 이다. 패드의 동작 Q는 통상 6 아래에서 유지되어, 동조, 동작 주파수의 불확실성 하에 전달될 수 있는 것을 보장하고 또한 낮은 손실을 보장한다.

[0084] 패드의 동작 VA는 $Q * P$ 이고 설계 코일(Q_L)의 품질 = 300이다. 최악의 경우의 손실들은 최대 전력 및 최대 Q의 극단들에서 $VA/Q_L = 6 * 3000 / 300 = 60W(2\%)$ 이다.

[0085] Q가 6을 초과하도록 요구되면, 3kW가 전달될 수 없고, 전달될 수 있는 전력이 제시되는 것으로 가정된다.

[0086] 도 20은 패드가 전력을 전달하기 위해 동작하는 실제 Q를 도시한다.

[0087] 모든 경우들에서, DDQ 및 이극성 패드들은 원형보다 더 넓은 범위에 걸쳐 전력을 전달할 수 있는 것에 주목한다. 여기서, 원형 패드는 전체 전력을 160mm 변위의 모든 방향들에 전달할 수 있다.

[0088] y 방향으로(자동차를 따라), 더 작은 DDQ 및 이극성은 이것을 달성할 수도 있고, 더 큰 DDQ는 180mm까지 달성하지만, 심지어 더 큰 변위에서 동작할 것이다. x 방향으로(자동차를 가로질러), DDQ 및 이극성 패드들은 320mm (허용 오차의 두배)보다 큰 전체 전력, 및 그것을 넘어서는 상당한 전력을 전달할 것이다.

[0089] 최적화된 패드 배열들에 대한 결과들은 이제 도 14 - 도 16에서 논의된다.

[0090] ~100mm-250mm의 범위에 있는 에어 갭들에 대한 수직 프로파일들 P_{su} 및 k는 송신기 및 수신기 패드들이 완전히 정렬되는 것으로 가정하여 도 14(a) 및 도 14(b)에 각각 도시된다. DDQ-DD 조합은 다른 2개 중 하나보다 상당히 더 좋은 전력 전송을 제공한다. DDQ 수신기 패드는 특수 설계되지 않았지만 원형 송신기에 의한 동작은 거의 동일한 성능을 달성하기 때문에 직교는 DDQ가 원형 패드 상에 센터링될 때 출력 전력의 모두를 제공하는 것에 주목한다. 결합은 코일들이 크기에 있어서 유사하고, 직교 코일이 $450 \times 391mm$ 를 측정하고 원형 송신기가 416mm이기 때문에 좋다. DDQ의 전력 출력은 서클러 온 서클러 설계의 것에 항상 가까우므로 패드는 완전히 상호 운용가

능한 것으로 간주된다. 원형 송신기 패드들이 충전 위치에 존재하면, DDQ 수신기를 갖는 자동차는 이 송신기와 자기적으로 결합할 수 있고 동일한 동조 주파수에서 동작하는 경우 그 동일한 송신기 패드와 동작하도록 특수 설계되는 원형 결합기를 갖는 EV와 거의 동일한 전체 전력 충전율을 실행가능하게 수신할 수 있다.

[0091] 서클러 온 서클러 시스템들은 편광되지 않지만 편광된 수신기가 사용되면 시스템은 편광되고 완전한 3D 전력 프로파일들은 전체 특징 부여에 필요하다. 상당한 수의 시뮬레이션들은 20mm 증분들을 모든 방향들에 사용하여 도 15에 도시된 P_{su} 프로파일들을 결정하기 위해 착수되었다. 모든 시뮬레이션들에 대한 수직 에어 갭은 125mm에 설정되고 I_1 은 20kHz에서 23A이다. 도 15(a)-도 15(e)의 P_{su} 프로파일들은 비교를 위해 제 1 열이 원형 송신기로 여기되는 패드들에 대한 결과들을 나타내는 한편 제 2 열이 DD 송신기보다 위에서 동작하는 DDQ 수신기를 나타내도록 배열된다. 도 15(a)는 서클러 온 서클러 시스템에 대한 프로파일을 도시하고 이것은 원형 패드들에 내재된 파워 널(power null)을 분명히 표시한다. 모든 원형 프로파일들은 패드들이 수평으로 정렬될 때 P_{su} 에 관계없이 이러한 널을 통과하고 이것은 그들이 정렬 수단 없이 고정 충전에 덜 이상적이고 RPEV에 적절하지 않게 하는 기본 허용 오차 제한을 부과한다.

[0092] 원형 송신기에 의해 여기되는 DDQ에 대한 프로파일은 도 15(b)에 도시된다. 피크 P_{su} 는 원형 수신기(도 14(a)에 도시됨)로 달성되는 유사하지만 x 축의 수평 허용 오차는 DD 코일들로부터의 기여로 인해 상당히 더 좋다. 모든 패드들의 두께는 동일하지만 DDQ의 표면적은 $0.32m^2$ 이고 원형 패드는 $0.38m^2$ 이다. DDQ에 대한 전체 재료 요건들이 원형보다 미미하게 더 크게 주어지면, 수평 오정렬에 대한 훨씬 더 큰 허용 오차 때문에 원형에 걸쳐 DDQ 수신기를 갖는 것이 바람직할 것이다. 도 15(c)는 DD 송신기로 여기될 때 DD 및 Q 코일들에 대한 P_{su} 를 개별적으로 도시하며, DD의 전력 출력은 원형 송신기를 사용하여 가능한 것보다 단독으로 상당히 더 좋다. 여기서, 직교 코일은 수신기가 오정렬되고 그의 최대 출력에 다가갈 때 DD가 그의 널에 진입하므로 전체 출력에 상당히 기여한다. δ_x 가 큰 표면의 주석 부분은 그것이 널을 통과한 후에 DD의 전력 출력이다. 원형 송신기(도 15(d)) 및 DD 송신기(도 15(e))에 의해 여기될 때 전체 DD 및 직교 출력들 둘 다는 또한 비교를 위해 도시된다. 이 조합들은 원형 수신기들로 가능한 것보다 훨씬 더 큰 충전 구역들을 생성한다. 전력 프로파일들은 도 15(b) 또는 도 15(c)에 도시된 개별 코일들의 균형 잡힌 프로파일들로 인해 x 축으로 둘 다 아주 매끄럽다. 이 프로파일들은 DDQ 수신기가 도 15(a)의 서클러 온 서클러 프로파일에 비해 상당히 더 좋은 성능을 제공하는 것을 증명한다.

[0093] 충전 구역들은 특정 에어 갭 및 동작 Q가 주어지면 원하는 전력이 전달될 수 있는 물리적 동작 영역을 정의한다. 이 작업에서, 6의 최대 Q가 가정되었고 에어 갭은 125mm에 설정된다. DD 송신기 상에서 동작하는 DDQ 수신기 패드의 결과들은 도 16(a) 및 도 16(b) 각각에서 원형 패드 상에서 동작하는 이 동일한 패드와 비교될 수 있다. 부분들 둘 다는 원형 시스템이 비교를 위해 사용된 경우에 가능한 충전 구역을 도시한다. 현저하게, 물리적으로 더 작은 DDQ-DD 패드들은 원형 패드들을 상당히 능가한다. DD는 전자 가이드스(electronic guidance) 없이 주차를 가능하게 하기에 충분히 큰 충전 구역을 단독으로 제공한다. 직교 또는 DD 코일은 DD 및 직교 충전 구역들이 중첩하는 영역들에 전체 출력 전력을 공급하기 위해 사용될 수 있다. 명시적 DD 및 직교 충전 구역들(도 16(a)의 DD+Q로 표시됨) 외부의 영역은 어느 하나의 코일의 출력이 원하는 7kW를 제공하는데 충분하지 않지만 코일들 둘 다 결합될 때 전력 출력이 $\geq 7kW$ 인 것을 나타낸다. 작은 DD '구역들'은 δ_x 가 매우 클 때 DD가 그의 널을 통과했고 요구된 7kW를 공급할 수 있는 것을 나타낸다.

[0094] 본 명세서에 설명되는 DDQ-DD 패드들은 전력 구역이 y 축으로 상당히 매끄럽기 때문에 RPEV 응용들에 이상적이다. 실제로, 패드들은 차량을 충전하고 추진하는데 필요한 20-60kW를 충족시키는 크기로 스케일리될 필요가 있다. 그러나, 개념을 예시하기 위해, DD 패드들은 배향된 도로를 따라 배치될 수 있으므로 패드(도 12에 도시됨)의 폭은 이동(y 축에 따른) 방향이다. 여기서 조사되는 DD들은 단지 410mm 폭이고 7kW는 DDQ 수신기가 y 축으로 205mm만큼 오프셋될 때 쉽게 전송될 수 있다. 이 시점에, DDQ 수신기는 또한 인접한 송신기로부터 y 축으로 205mm만큼 효과적으로 오프셋되고 따라서 연속적인 전력은 EV에 제공될 수 있었다. 그 시점에 전력은 패드들 둘 다로부터의 기여로 인해 7kW보다 상당히 더 클 것 같으며 따라서 송신기 패드들이 그들 사이의 갭을 갖는 도로에 위치되는 것을 허용하는 것에 주목한다. 이것은 보다 적은 패드들이 크기에 관계없이 도로로부터 km 당 필요하면 RPEV 시스템의 비용을 낮출 것이다. 이상적인 패드 피치를 결정하는 것은 상당한 최적화 프로세스를 필요로 하고 이 문서의 범위를 넘는다. 원형 패드 상의 DDQ에 대한 충전 구역은 도 16(b)에 도시되며 - 이것은 원형 패드들만으로 가능한 것보다 훨씬 더 큰 구역이다. DDQ 수신기는 원형 패드들에 기초하여 시스템들과 완전히 상호 운용가능한 것으로 간주되고 도시된 바와 같이 EV는 더 많은 허용 오차를 기본적으로 가질 것이다.

- [0095] 본 발명은 또한 단일 측 플럭스 경로를 가지면서 원형 패드의 것에 두배인 플럭스 경로 높이를 생성하는 새로운 편광 결합기(DDQ)를 제공한다. DD 송신기는 연속적인 플럭스 경로를 생성하고 RPEV 추진 및 충전에 이상적이다. DDQ 패드는 또한 종래의 원형 패드들과 완전히 상호 운용가능하고 실제로 원형 수신기보다 훨씬 더 큰 허용 오차를 제공한다. 도시된 바와 같이, 새로운 DD 패드 토폴로지는 종래의 설계들보다 IPT EV 충전을 상당히 더 비용 효율적이게 한다.
- [0096] 대조적으로, 기존 패드들은 플럭스 경로들을 제한한다. 도 17의 이극성 패드를 고려한다. 여기서, 페라이트 백 플레인인 도 11의 DD 송신기와 유사한 방식으로 바들(25)을 갖는다. 이 페라이트 스트립들은 북극 및 남극으로부터 연장되는 편광 필드들을 캡처하는데 적합하지만, 원형 송신기 위에 배치될 때, 필드 라인들은 다양한 방향으로 연장하여 송신기에 더 좋게 결합하는데 필요하지만, 수신기에서 이 필드 라인들은 각각의 페라이트 스트립에 직각으로 들어가고 나가야 하고, 이것은 경로의 저항을 증가시킨다.
- [0097] 이제 도 21을 참조하면, 낮은 저항 경로를 송신기 타입들 둘 다에 적절한 모든 방향으로 제공하는 페라이트 세그먼트들을 중첩하는 스트립들(45)을 포함하는 새로운 페라이트 백 구조가 제안된다. 도 22에 도시된 바와 같이, 이것은 이 구조의 정상 구성 및 변화들과 비교하여 평가될 수 있으며 백 플레인은 코일들의 크기에 비해 감소되고 결과들은 도 23 및 도 24에 제시된다. 일정하게 유지되는 백플레인 및 코일 감소가 나중에 비교된다.
- [0098] 190 mm의 코일 내부 직경, 286 mm의 코일 외부 직경, 8개의 페라이트 스포크, 각각 118 mm의 길이를 갖는, 420 mm의 전체 패드 직경을 갖도록 구성되는 일차 원형 패드가 비교된다. 이러한 일차 코일은 20kHz에서 20A rms 전류로 에너지이징된다. 송신기 및 수신기 패드 사이의 거리(z 오프셋)는 모든 시스템들이 테스트되도록 40 mm에서 유지되는 한편, 평가 중인 이극성 수신기들 각각은 x 및 y 방향들에서(도 11에 정의된 이동을 위한 정의들에 따라) 측방으로 이동된다. 수신기는 송신기 상에 완전히 센터링될 때, x , y , z mm 치수는 0, 0, 40이다. 이극성 구조들은 300×300 mm의 최대 치수를 갖는다. 코일들의 외부 치수는 $280\text{mm} \times 280\text{mm}$ 이고, 4mm 직경 폭 리치의 5 턴으로 각각 이루어지고, 두 가닥으로 감긴다(그들은 40mm 폭인 것과 같음). 실제 코일 치수들은 2개의 코일 사이의 중첩에 기초한다. 이러한 원래의 모델에서, 페라이트 구조는 93mm 길이 $\times$ 28mm 폭 $\times$ 16mm 깊이의 치수들을 각각 갖는 3개의 표준 페라이트 바로 구성되는 3개의 페라이트 스트립을 도시한다. 이것은 송신기가 DD 구조이면 예상되는 바와 같이 낮은 저항 경로를 x 방향을 따라 연장되는 필드들에 제공한다.
- [0099] 나중의 모델들에서, 페라이트 구조는 원형 송신기가 모든 방향들에서 그의 중심으로부터 외부로 연장되는 필드들을 갖는 것으로 주어지면, x 및 y 방향들 둘 다의 페라이트 연장들이 임의의 개선을 평가하는 것을 허용하여 낮은 저항 경로를 x 및 y 방향들 둘 다의 필드들에 제공하도록 중첩되는 각각 110mm 길이 $\times$ 15 폭 $\times$ 8mm 깊이의 더 작은 페라이트 바들을 사용한다. 페라이트 구조의 전체 길이의 길이는 280mm 길이이고 폭은 선택된 페라이트 바들의 수에 의해 결정된다. 페라이트 바들의 깊이는 통상 포화에 관한 관심들이 존재하면 중요하다. 조사된 경우에, 페라이트는 결코 포화에 가깝지 않고 따라서 여기서 더 중요한 것은 바들의 폭 및 길이에 제시된 변화들이다. 언급된 바와 같이, 모든 경우들에서 페라이트 구조의 전체 길이는 유사하지만 폭은 평가된 시스템들 사이에서 변한다.
- [0100] P1으로 칭해지는 구조에서(도 22), 26개의 페라이트 블록이 사용되고 원래의 모델(중첩을 제외하고, 각각의 새로운 모델이 2개의 수신기 코일 사이의 어떤 상호 결합을 보장하지 않기로 결정됨)과 유사한 크기의 코일들 아래 배치된다. 페라이트 구조는 P1-CS로 불려지는 제 2 모델에서 동일하며, 이는 그것이 더 작은 코일들을 사용하기 때문에 단지 상이하다(그의 외부 치수들은 10mm만큼 감소되어 페라이트의 10mm를 수신기 패드의 x 및 y 면들 상에 노출시켜 플럭스 캡처를 촉진함). P2로 불려지는 최종 구조는 어떤 상호 결합로 보장하지 않는데 요구되는 중첩을 제외하고 16개의 페라이트 블록 및 P1의 것과 유사한 코일들을 갖는다.
- [0101] 도 23 및 도 24는 원래의 모델의 시뮬레이션된 동작을 P1 및 P2와 비교한다. 도 23에서, 수신기를 원형 송신기에 대해 x 방향으로 이동시키는 충격이 도시되는 한편, 도 24에서 y 방향으로의 이동들이 고려된다. 언급된 바와 같이, 모든 3개의 모델은 본래 동일한 코일 크기들을 수신기에 갖는다(어떤 상호 결합도 보장하지 않기 위해 작은 중첩 차이들을 제외함).
- [0102] 도시된 바와 같이, 결과들에 경미한 비대칭이 존재하고, 이것은 이극성 수신기 상의 코일(43)이 페라이트 스트립들에서 멀리 이격되는 것으로 시뮬레이션되고 따라서 코일(42)보다 원형 송신기에 더 가깝기 때문에 발생한다. 그와 같이, 수신기가 중심의 좌측으로 변위될 때 정렬 코일(43)은 더 많은 전력을 결합하는 것이 발견된다. 도 23 및 도 24의 V1 및 V2, 및 I1 및 I2는 이극성 패드에 대해 각각 코일(42) 및 코일(43)의 전압 및 전류와 관련되는 것에 주목한다. 제시된 결과들을 고려할 때, 현저하게 더 큰 페라이트 구조는 결합된 전압에 관하여 그리고 전송된 모든 비보상 전력에 비해 특히 유익하다. 원래의 모델에서, 28mm 폭의 3개의 바는 플럭스

를 단부들(전체 84mm)에서 캡처하는데 이용가능하다. P1으로 라벨링된 페라이트 구조에서, 각각 15 mm 폭의 9개의 더 얇은 바(전체 135mm)는 플럭스를 단부들에서 더 넓은 영역에 걸쳐 캡처하는 한편, 페라이트 구조(P2)에서 각각 15mm 폭의 8개의 더 얇은 바(전체 75mm)는 더 작은 영역에 걸쳐 캡처한다. 언급된 바와 같이, 더 넓은 영역의 플럭스 캡처의 경우, 결합된 전압은 특히 중심 영역에서 증가하지만(P1을 바를 갖는 원래의 설계 또는 P2를 통해 비교할 때), 캡처된 플럭스는 x 방향으로 200mm 및 y 방향으로 100mm보다 더 많은 변위에 따라 더 신속히 강해진다. 중심에서 전체 이용가능한 비보상 전력은 P2에 비해 P1의 경우 43%만큼 및 원래의 바 설계에 비해 P1의 경우 26%만큼 상당히 증가된다. 그러한 작은 수신기의 동작 범위가 전형적으로 +/-150mm의 x 변위 및 +/- 100mm의 y 변위 내에 있는 것으로 간주되는 것을 고려하면, 이것은 중요하다.

[0103] 도 25 및 도 26을 고려할 때, 여기서 2개의 설계는 동일한 페라이트 구조들과 비교되지만, 크기에 있어서 변화되는 이극성 코일들과 비교된다. 도시된 바와 같이, "P1-CS"로 라벨링된 설계에서 이는 부가 플럭스를 플럭스 캡처에 대한 극단들에서 노출시키기 위해 크기에 있어서 감소되었던 코일들을 갖는 P1에서 페라이트 구조를 나타냈다. 코일들 각각이 송신기에 걸쳐 센터링될 때, 실제 전압은 더 작은 코일 영역으로 인해 약간 감소되지만, 약간 오프셋될 때 이 전압들은 유사하며, 대조적으로 전류들은 +/- 100mm 오프셋 내에서 크게 영향을 받지 않고 일반적으로 증가하여(특히 이극성 수신기가 송신기 상에 센터링된 경우) 정렬될 때 개선된 결합 및 10%의 비보상 전력 증가를 표시한다.

[0104] 바람직한 측면은 개선된 결합을 허용 오차에 의해 보장하는 것이다. 그와 같이, 플럭스를 모든 방향으로 캡처할 수 있는 더 큰 코일들 및 페라이트 백 플레인인 바람직한 것 같다.

[0105] 따라서, 도 27 및 도 28은 이극성 및 DDQ 수신기 둘 다에 적절하여 그들이 편광 및 원형 구조들 둘 다에 상호 운용가능한 것을 보장하는 가능한 구조들을 도시한다. 바들(45)을 선택된 위치들에서 상호 연결하는 부가 페라이트 상호 연결 블록들(47)은 수신기가 원형 송신기로부터 측방으로 변위될 때 플럭스에 대한 낮은 저항의 부가 경로들 또는 영역들(즉 횡방향 경로들 및 종방향과 횡방향 사이의 각도들에서의 경로)을 가능하게 하는 한편, 페라이트 스트립들은 편광 송신기들에 가장 좋다. 따라서, 격자 코어 구조가 제공된다.

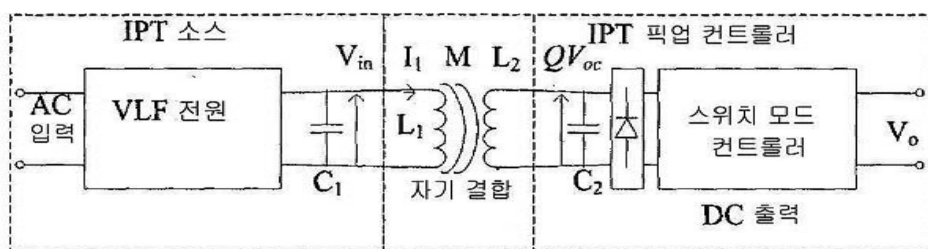
[0106] 도 28에서, 2개의 나란한 더블 D 코일들은 48로 참조되고, 중첩 직교(Q) 코일들은 49로 참조된다.

[0107] 당해 기술에서 통상의 기술자들은 상술한 구조들이 양방향으로 사용될 수 있다는 점을 이해할 것이다. 그러므로, 원형 패드 구조가 예로서 플럭스 송신기로 설명되었지만, 시스템들은 원형 구조가 수신기로 사용되도록 반전될 수 있다. 더욱이, 설명된 새로운 코어 구조들은 플럭스 발생 장치들 상에 사용될 수 있다.

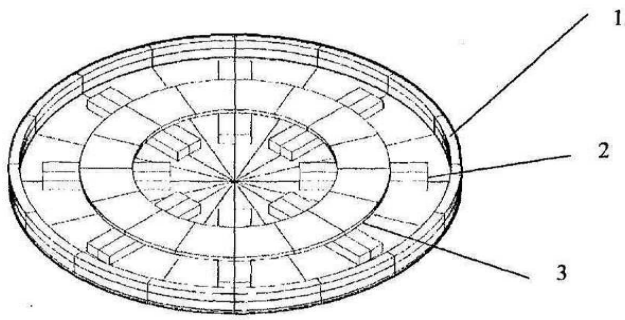
[0108] 본 명세서에 설명되는 현재 바람직한 실시예들에 대한 다양한 변경들 및 수정들은 당해 기술에서 통상의 기술자들에 분명해지는 것이 주목되어야 한다. 그러한 변경들 및 수정들은 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않고 그의 수반되는 장점들을 줄이는 것 없이 이루어질 수 있다. 그러므로, 그러한 변경들 및 수정들은 본 발명 내에 포함되도록 의도된다.

도면

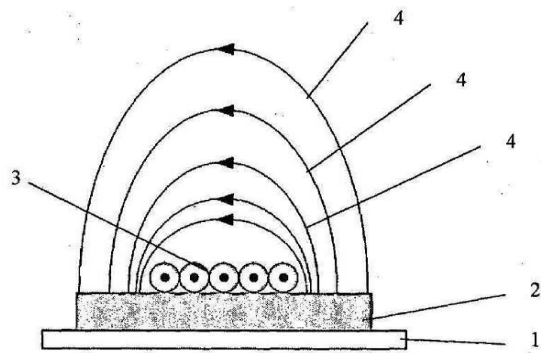
도면1



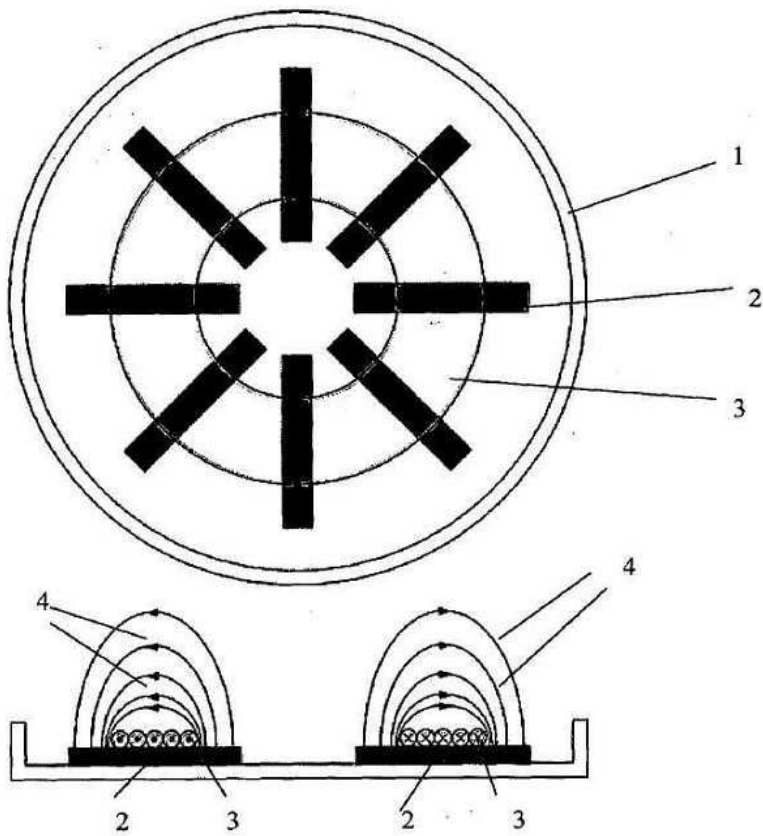
도면2



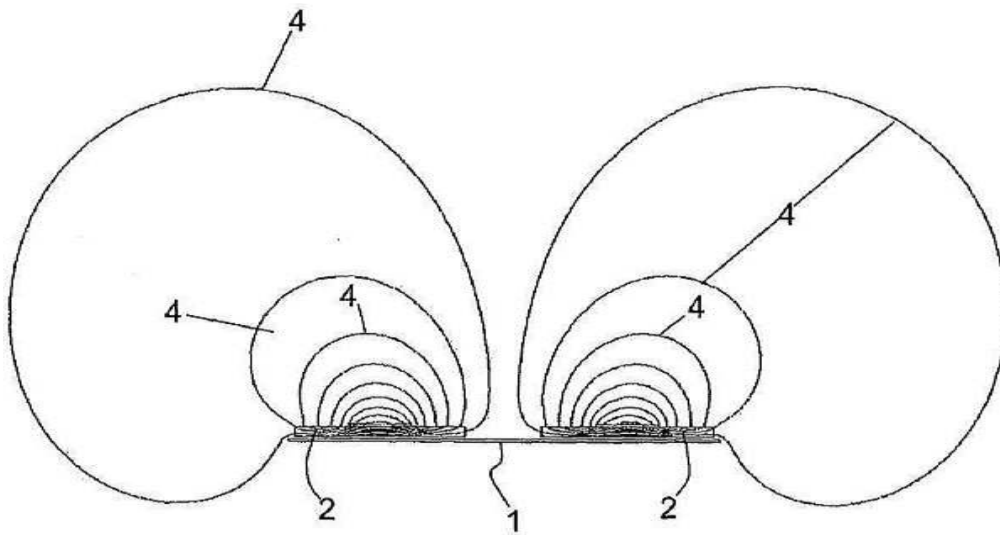
도면3



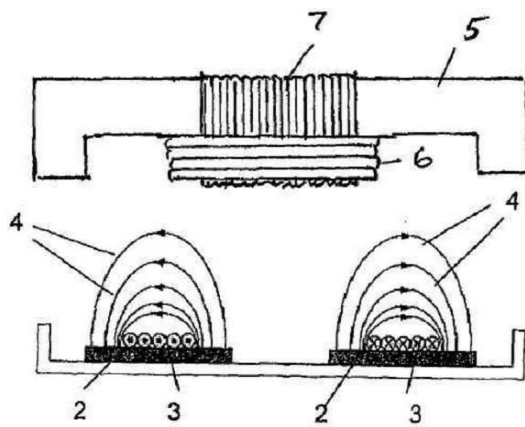
도면3a



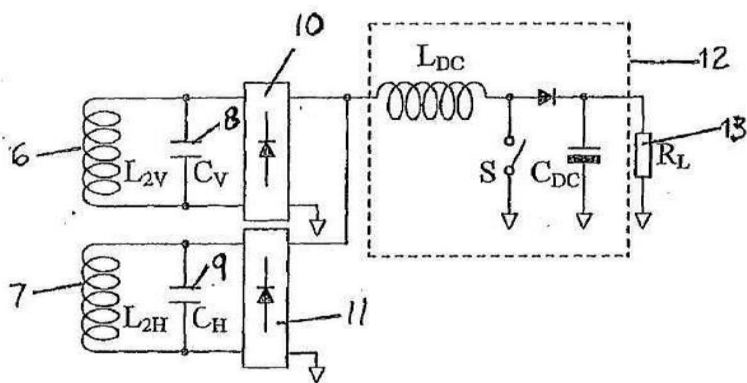
도면3b



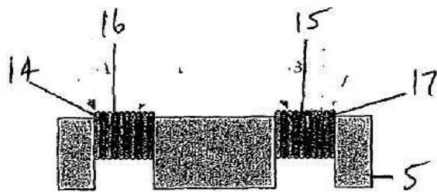
도면4



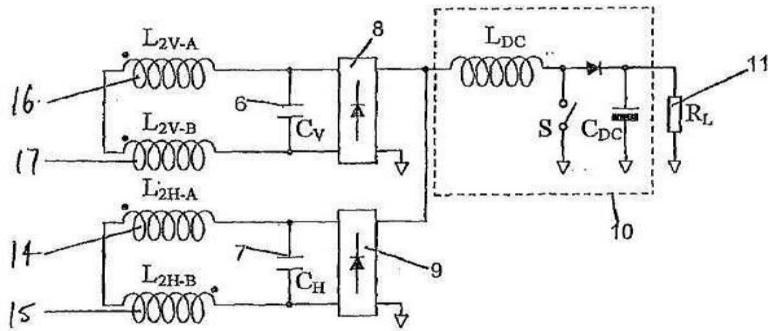
도면5



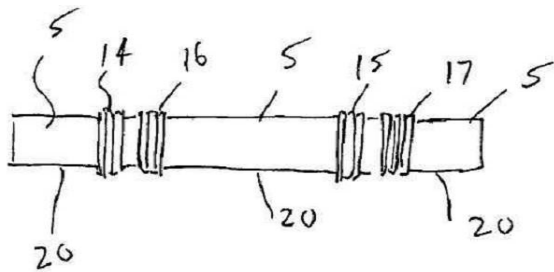
도면6



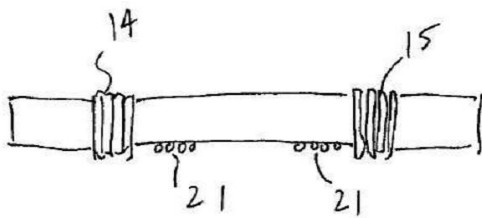
도면7



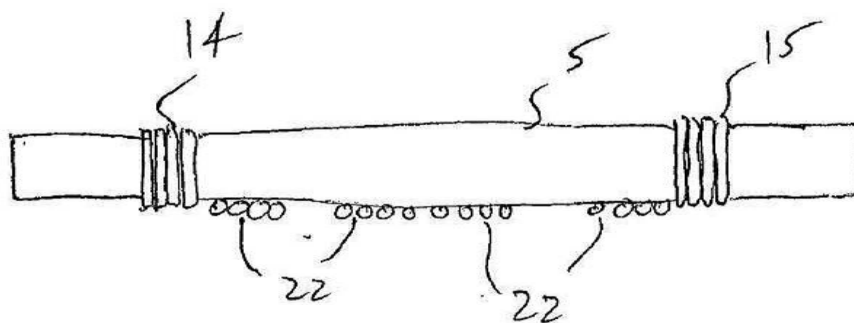
도면8



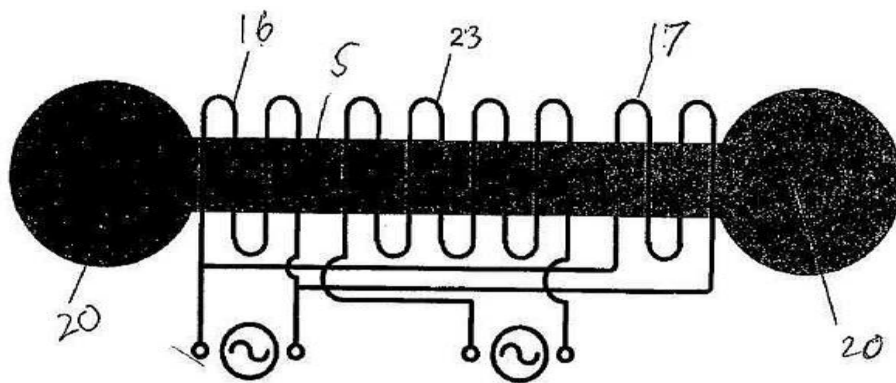
도면9



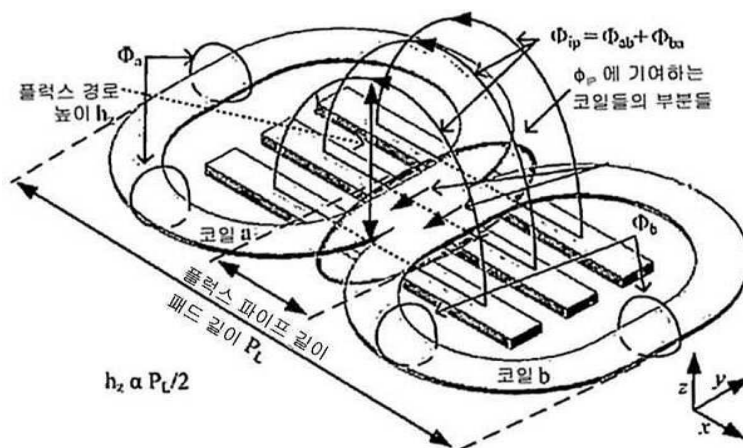
도면9b



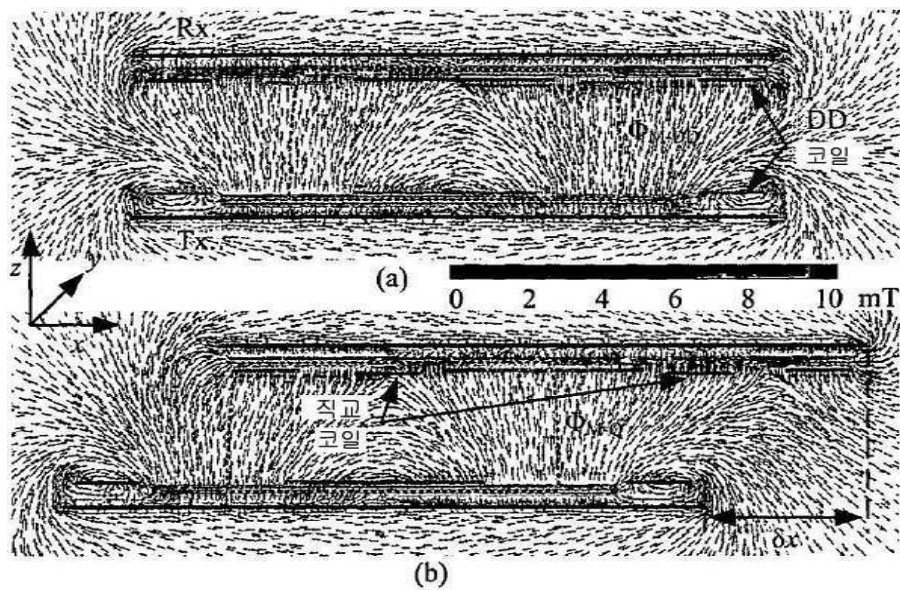
도면10



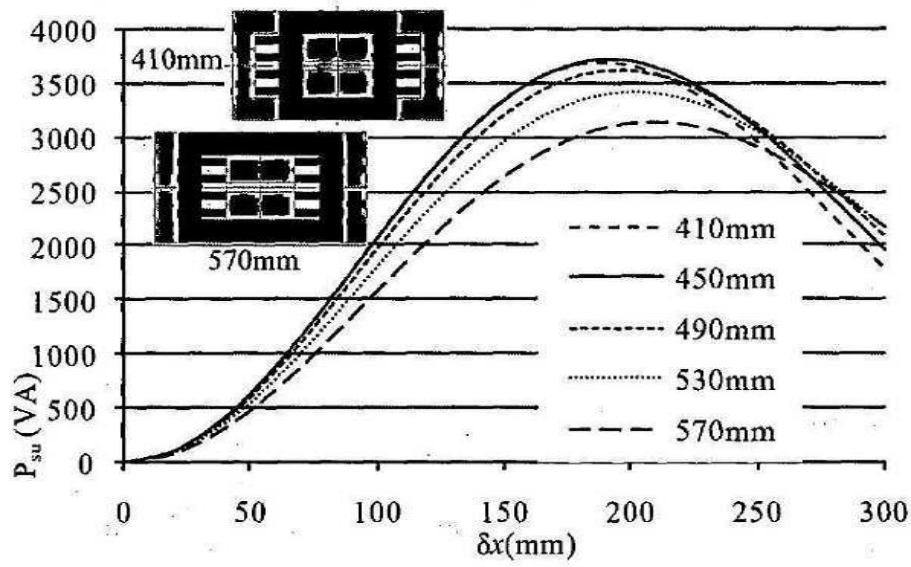
도면11



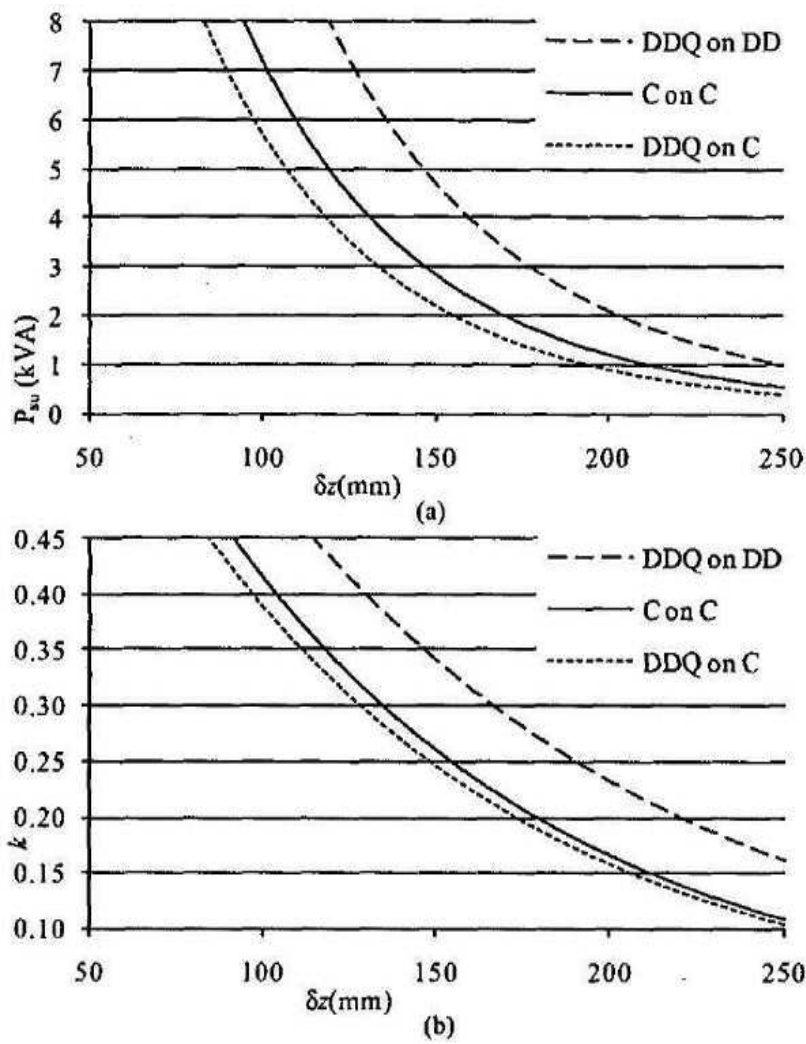
도면12



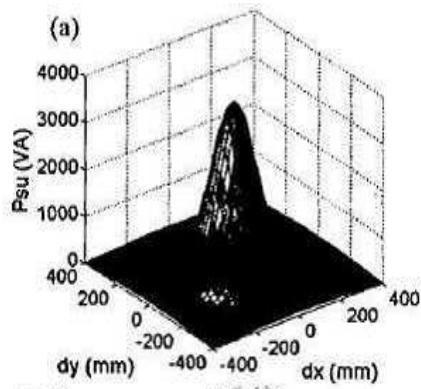
도면13



도면14

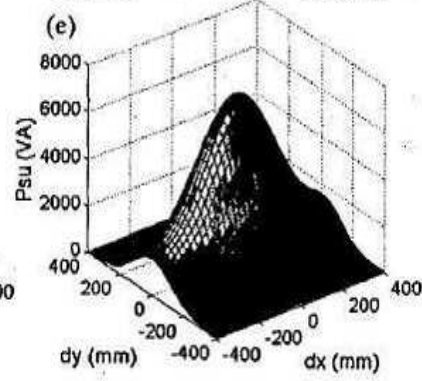
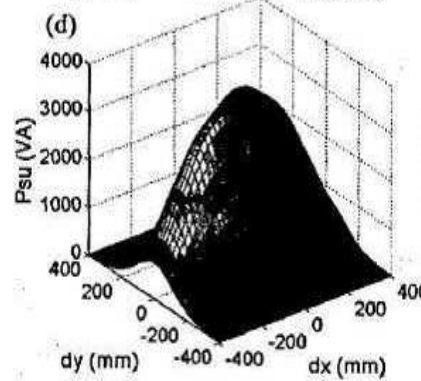
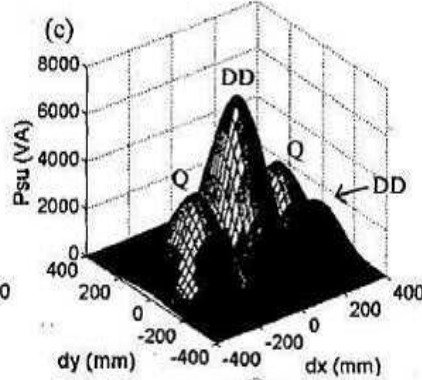
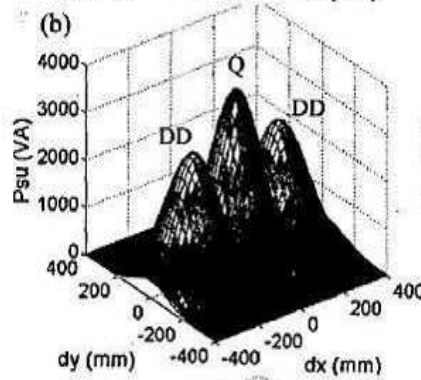


도면15

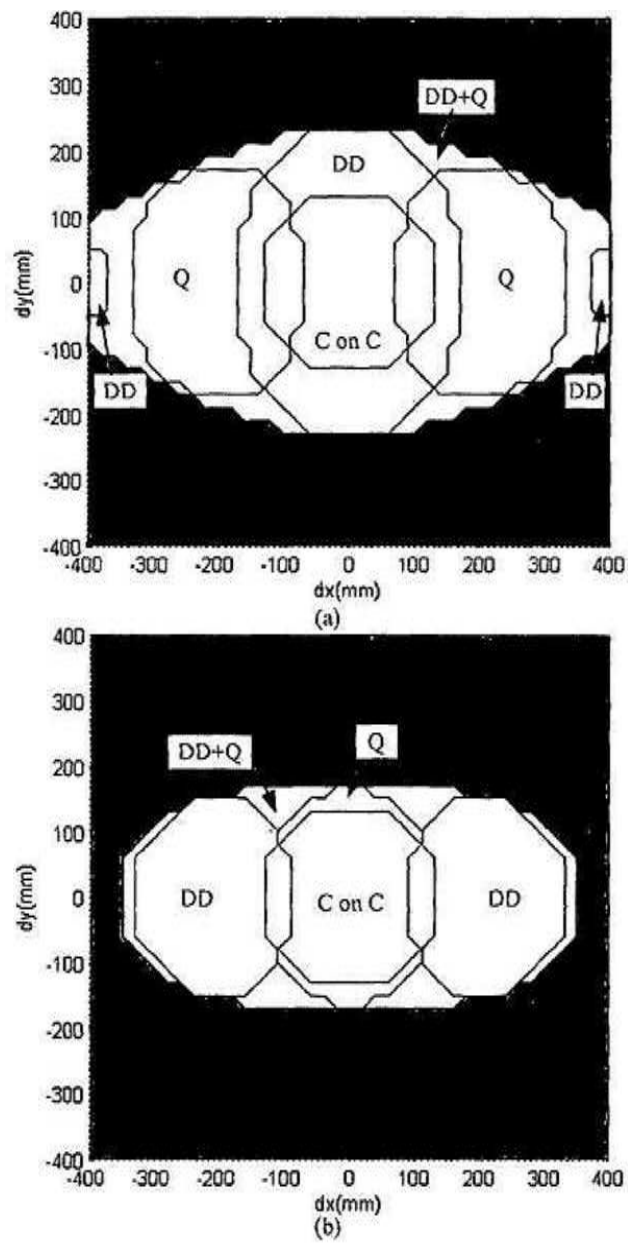


상이한 송신기 패드들 상에 상이하거나 결합된 코일들을 갖는 수신기들에 대한 전력 프로파일들

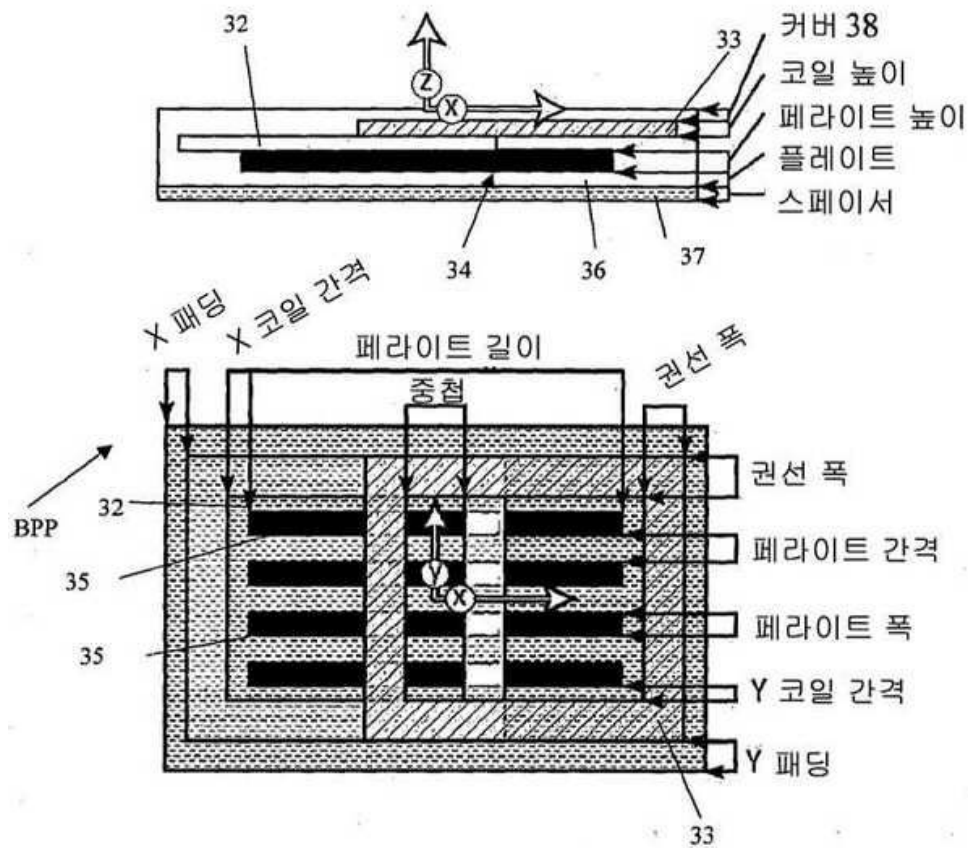
- (a) 서클러 온 서클러
- (b) DD 및 Q Rx. 온 서클러 Tx.
- (c) DD 및 Q Rx. 코일 온 DD Tx.
- (d) DD+Q Rx. 온 서클러 Tx.
- (e) DD+Q Rx. 온 DD Tx.



도면16

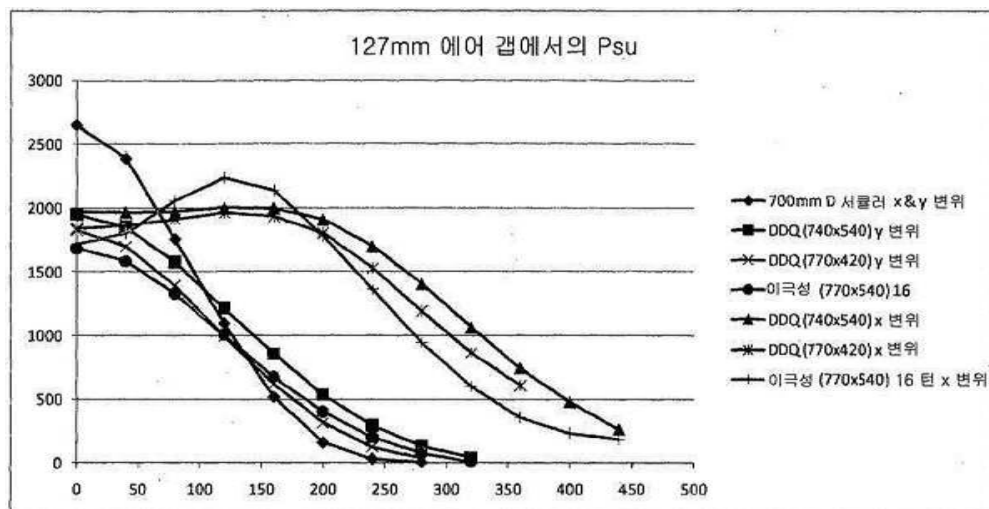


도면17

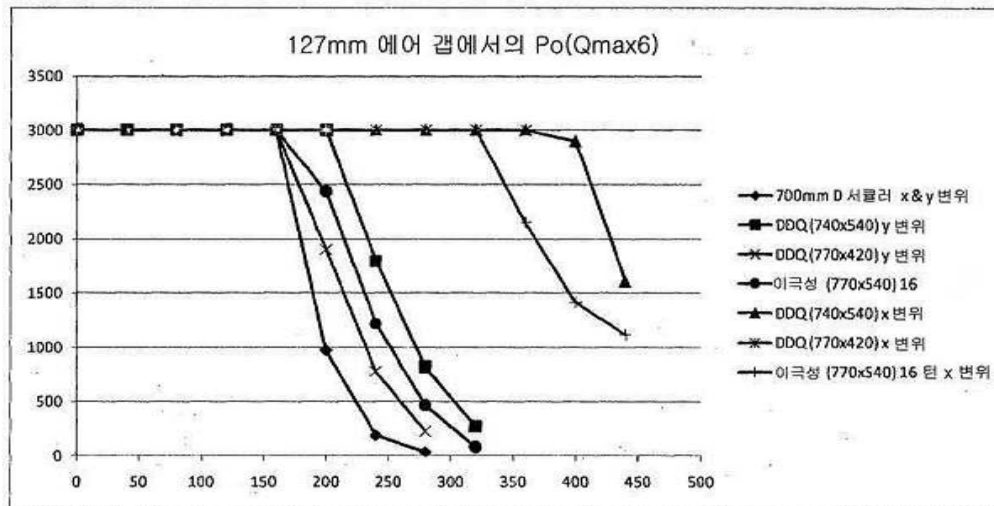


측면(상단) 및 위(하단)로부터 보여지는 바이폴라 패드

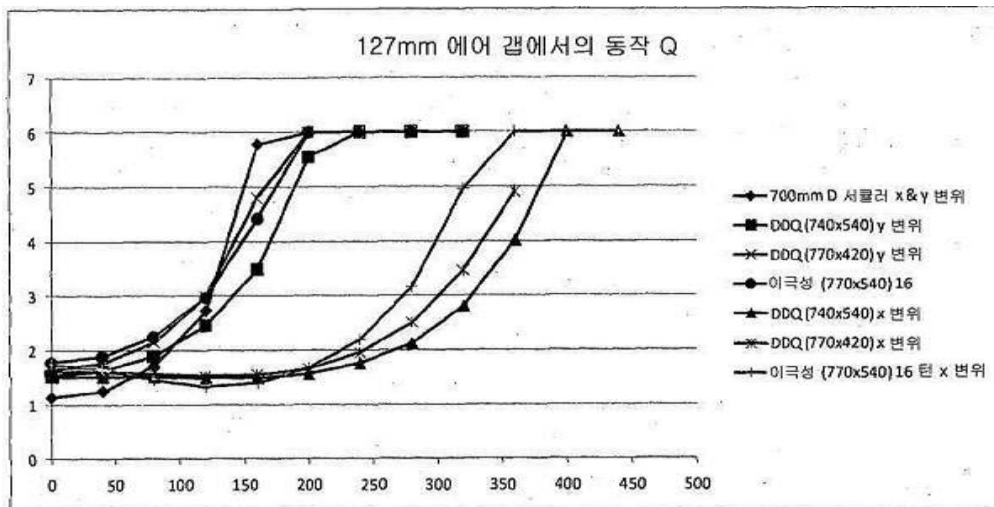
도면18



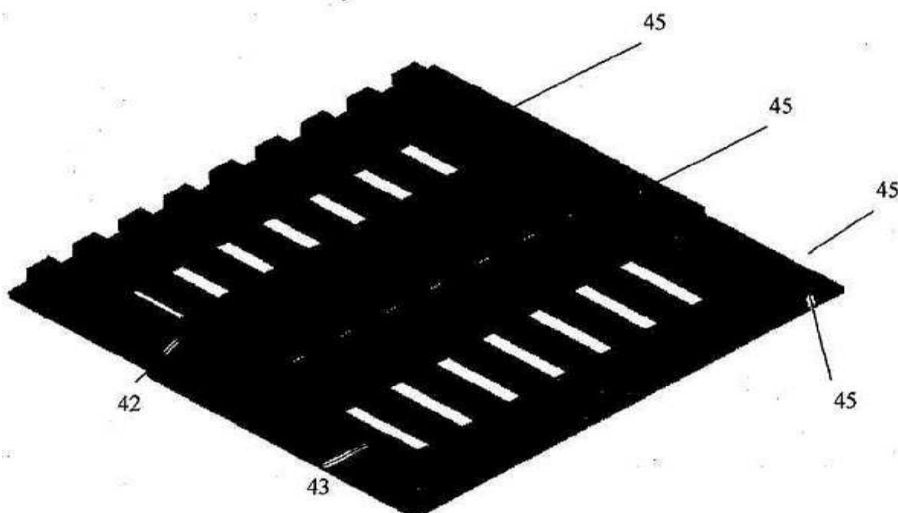
도면19



도면20



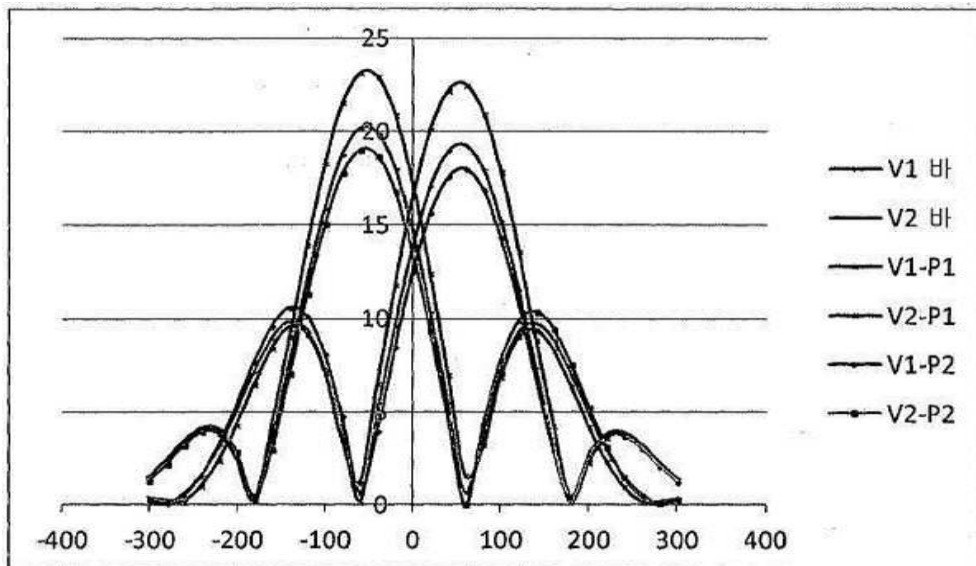
도면21



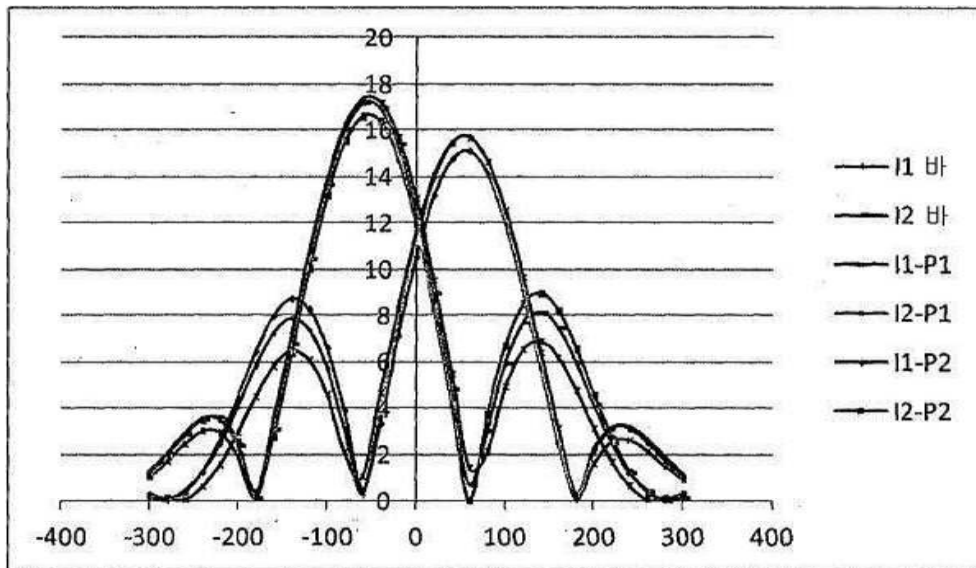
도면22

이극성 패드 구성		페라이트 체적 비교			
		$V_F (mm^3)$	$V_F (cm^3)$	턴의 수	중첩들 (도 11) (mm)
바 페라이트들을 갖는 이극성		374976	374.976	5 턴 (두 가닥)	13
페라이트 격자 및 큰 코일들 (P1)		343200	343.2	5 턴 (두 가닥)	9
페라이트 그리드 더 작은 코일들 (P1 - CS)		343200	343.2	5 턴 (두 가닥)	-6
더 작은 페라 이트 격자 및 큰 코일들 P2		211200	211.2	5 턴 (두 가닥)	18

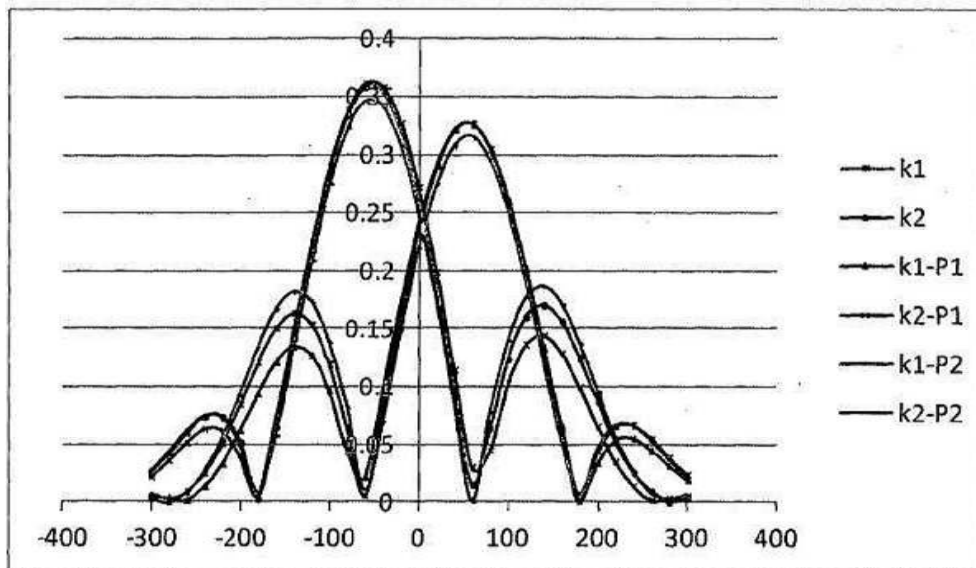
도면23a



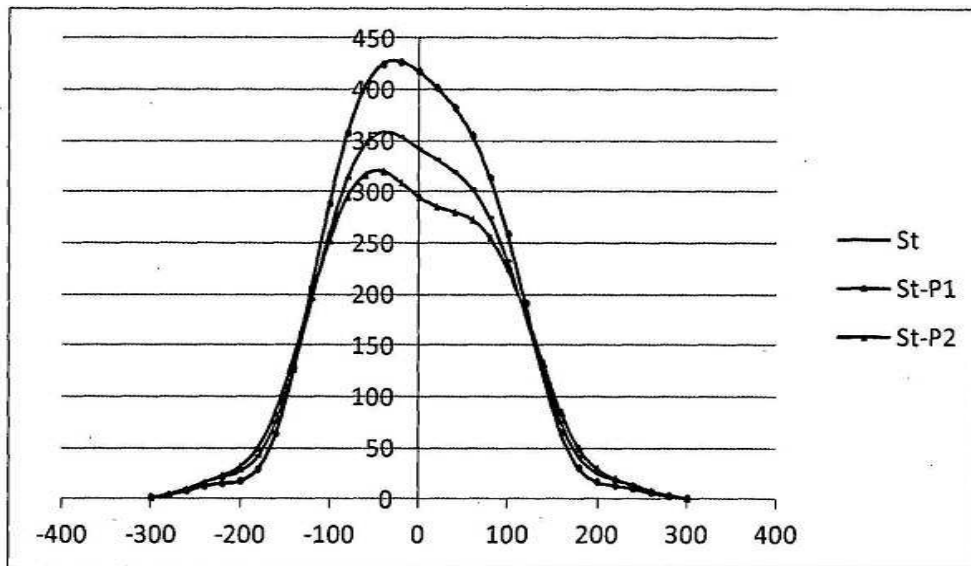
도면23b



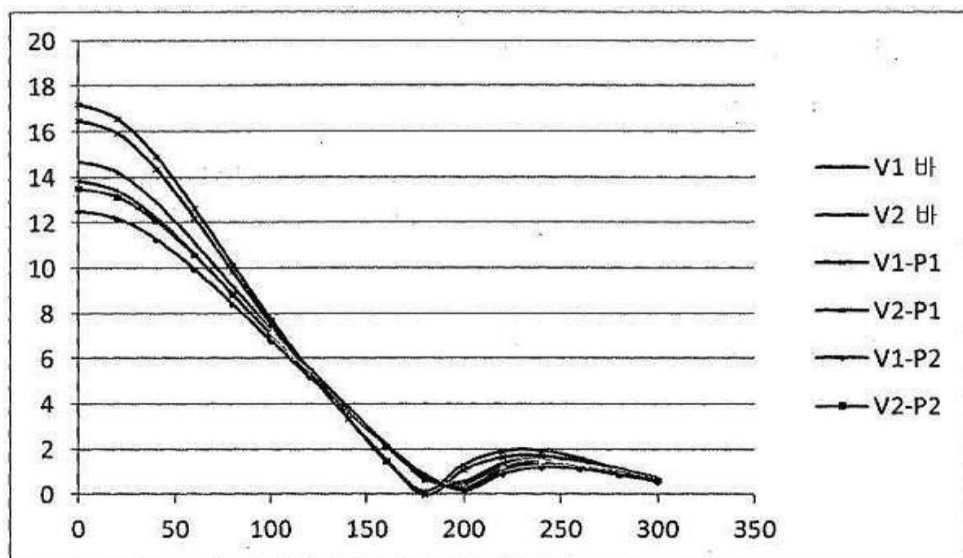
도면23c



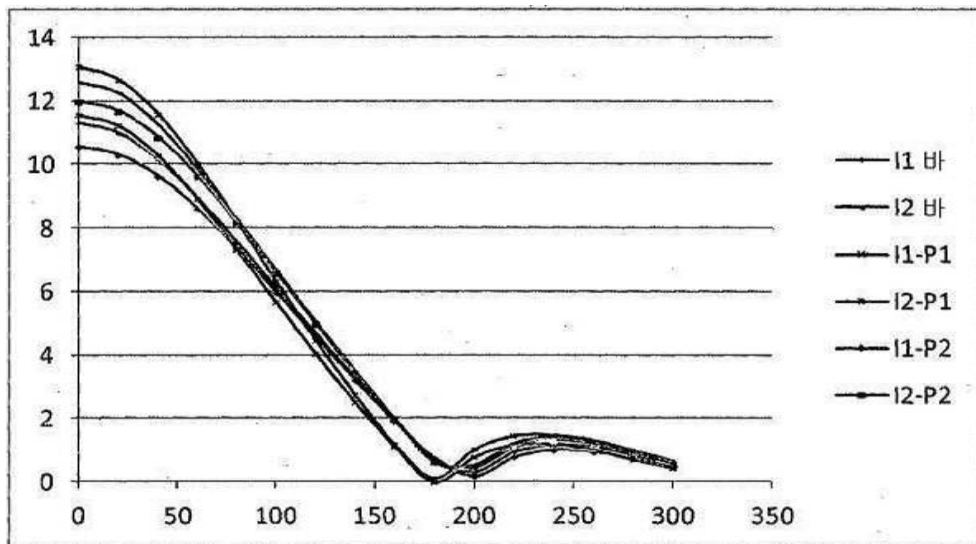
도면23d



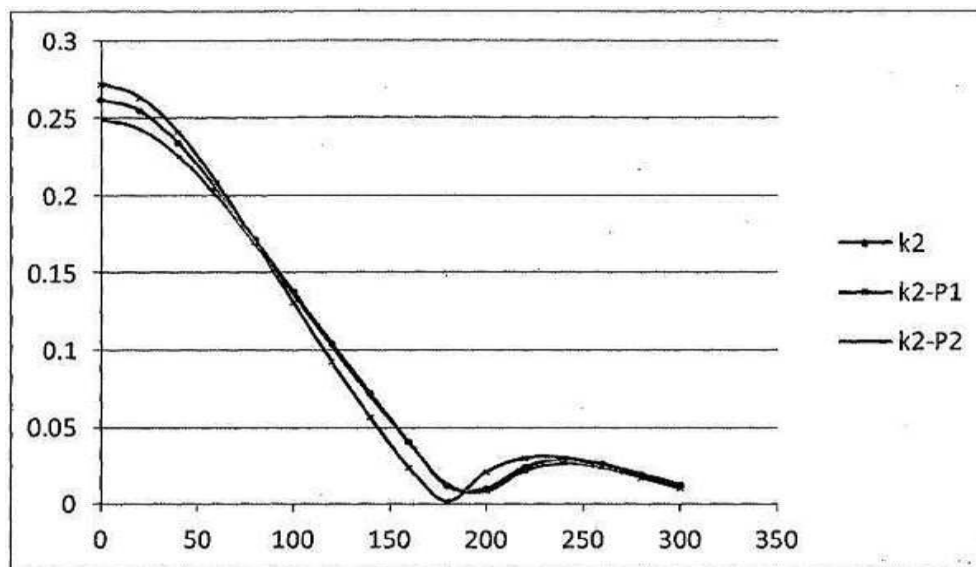
도면24a



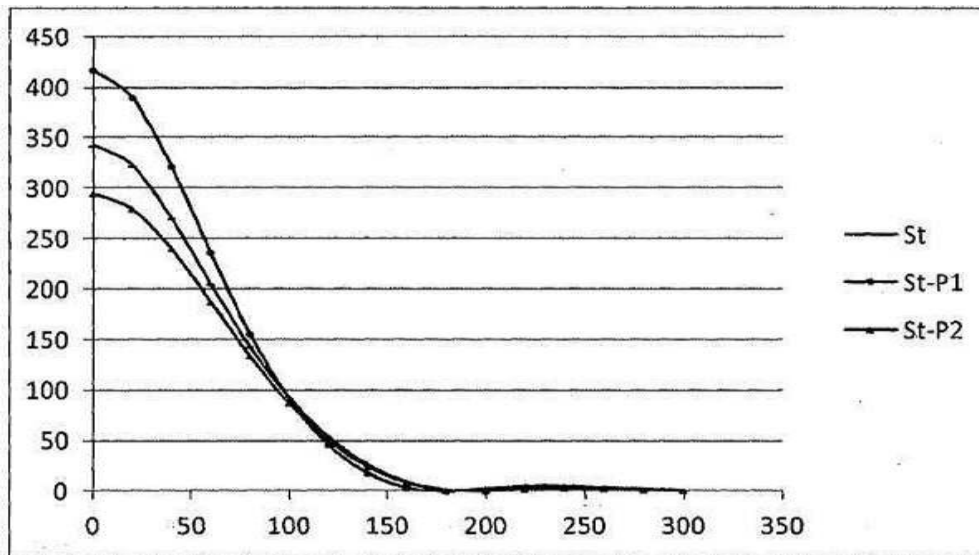
도면24b



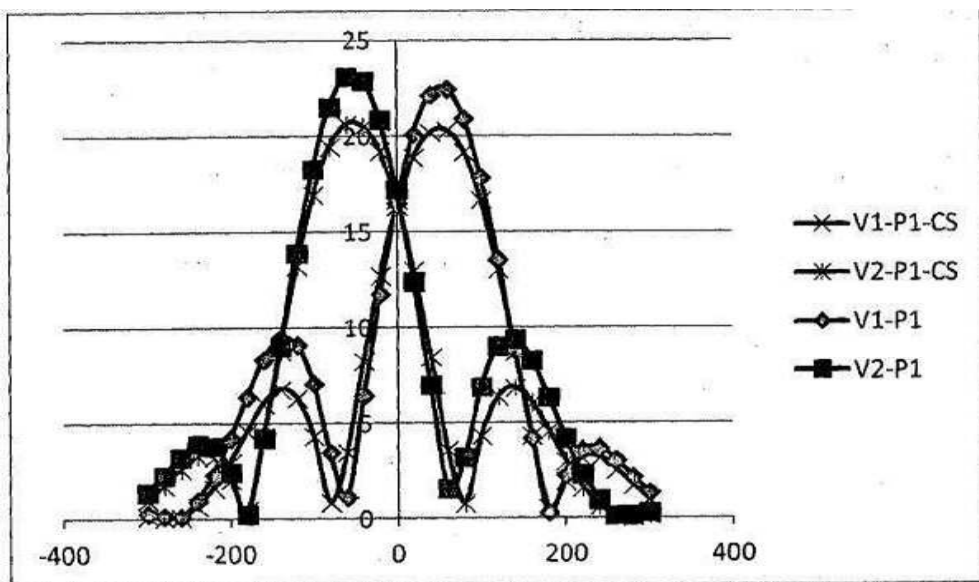
도면24c



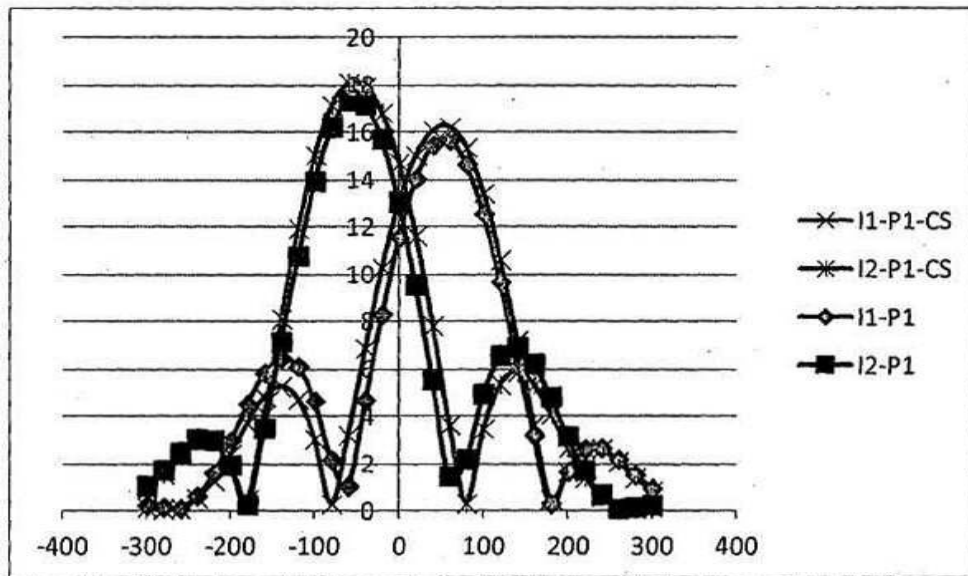
도면24d



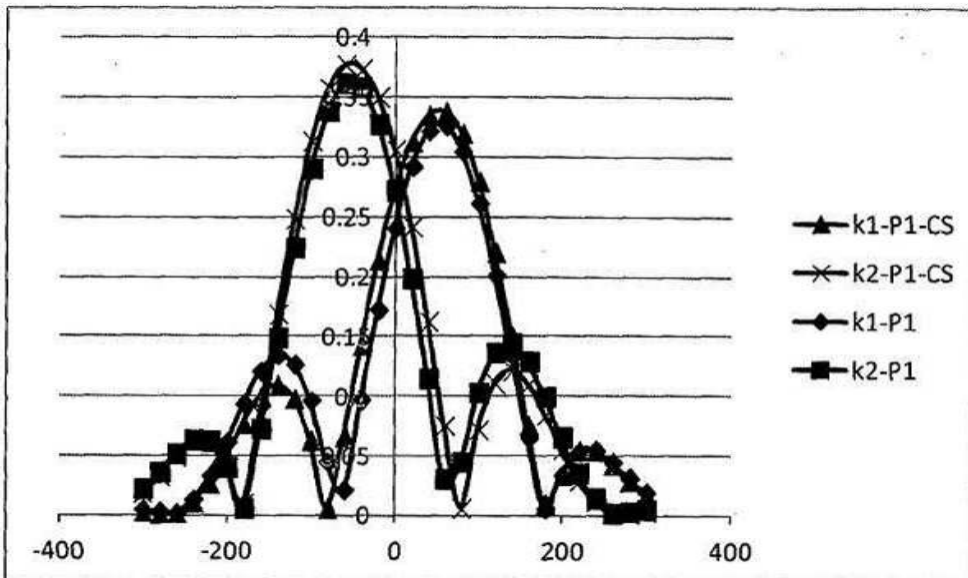
도면25a



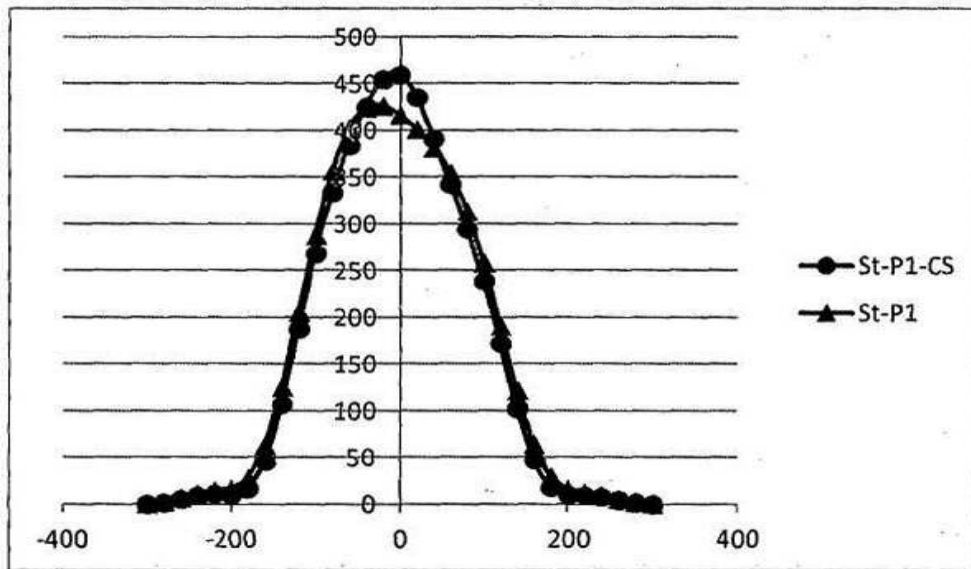
도면25b



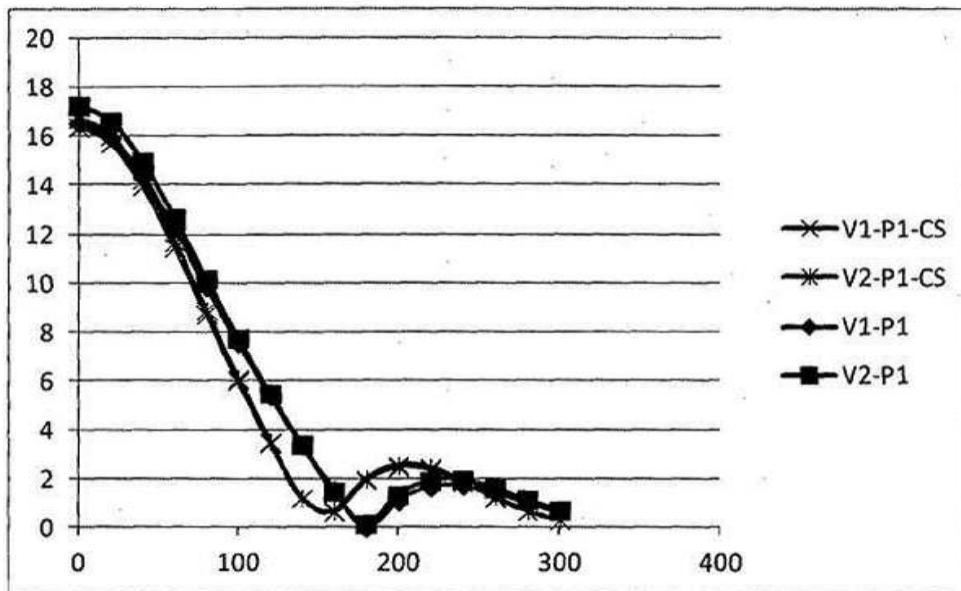
도면25c



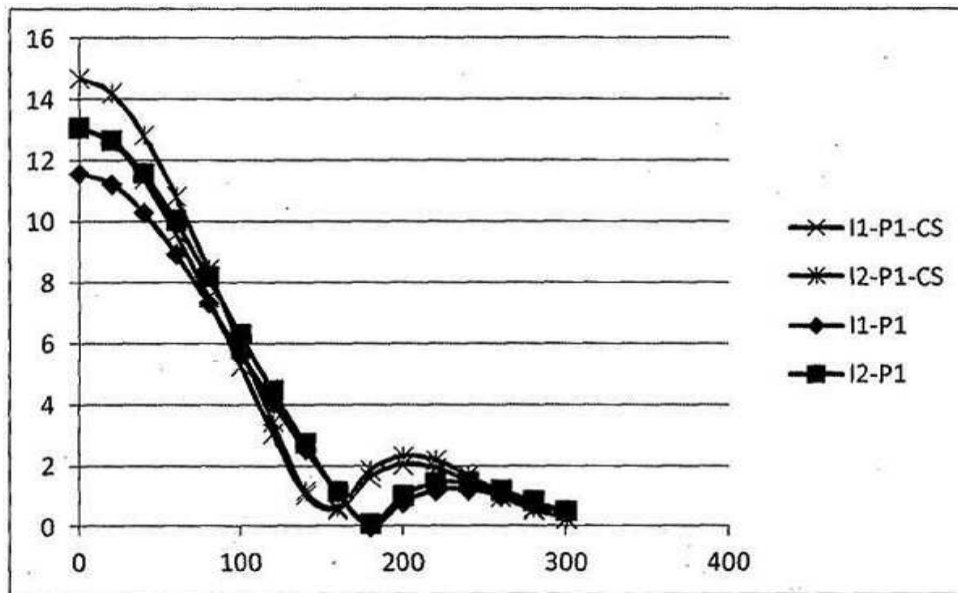
도면25d



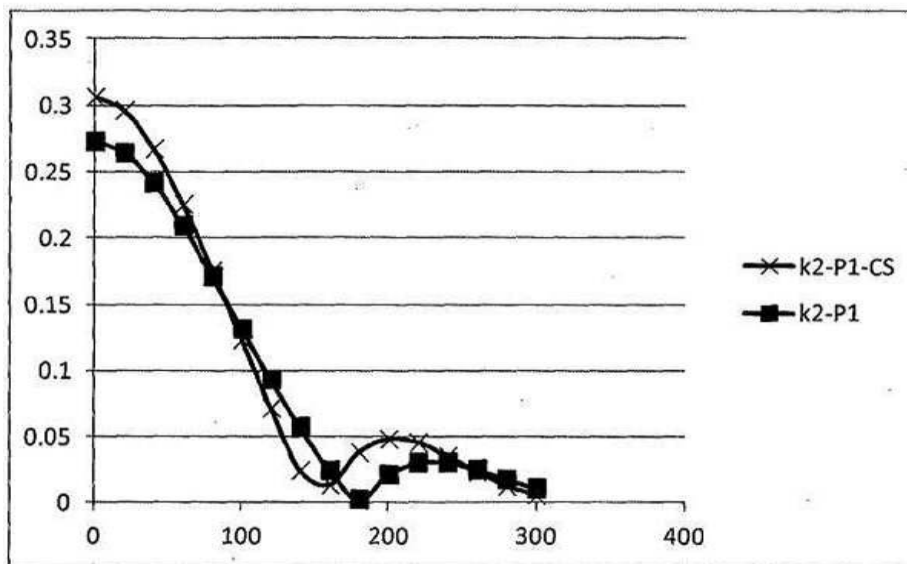
도면26a



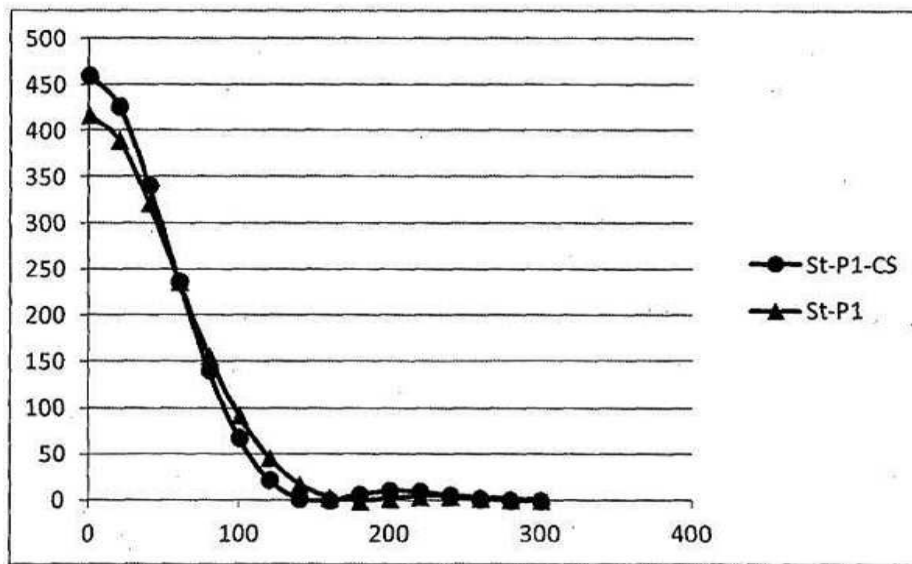
도면26b



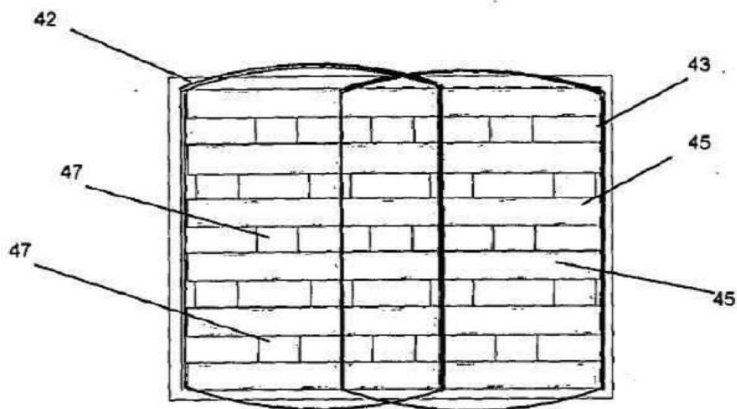
도면26c



도면26d



도면27



도면28

