



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0007775
(43) 공개일자 2012년01월25일

(51) Int. Cl.

B60L 5/00 (2006.01) H02J 7/00 (2006.01)
H02J 17/00 (2006.01) B60L 11/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0068470

(22) 출원일자 2010년07월15일

심사청구일자 2010년07월15일

(71) 출원인

한국과학기술원

대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자

서남표

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원
(구성동, 숙소)

조동호

서울특별시 서초구 남부순환로 2361, 현대슈퍼빌
A동 1502호 (서초동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장수현

전체 청구항 수 : 총 25 항

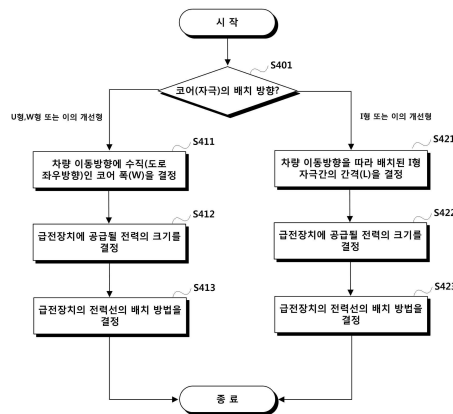
(54) 전기 자동차를 이용하는 운송 시스템의 급전장치 설계 방법 및 장치

(57) 요약

집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 급전장치를 설계하는 방법이 제공된다. 설계 방법은 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격을 입력받는 후에, 두 자극 사이의 간격에 기초하여 급전장치와 집전장치 사이의 간격을 결정한다. 다음으로, 급전장치와 집전장치 사이의 간격 및 상기 자기장의 크기에 대해 요구되는 값에 기초하여 급전장치에 공급될 전력의 크기를 결정한다.

이러한 설계 방법에 따르면, 각 기능적 요구 사항이 서로 디커플되어 있기 때문에, 급전장치를 용이하게 설계할 수 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

임춘택

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 원
자력및양자공학과 (구성동, 숙소)

전성준

부산 해운대구 좌동 경남아파트 103-502

김정호

대전광역시 유성구 대학로 291, 한국과학기술원 (구
구성동, 숙소)

안승영

서울특별시 서초구 나루터로4길 49, 333동 302호
(잠원동, 신반포아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 급전장치를 설계하는 방법으로서,

- (a) 급전장치와 집전장치 사이의 간격을 입력받는 단계;
- (b) 상기 급전장치와 집전장치 사이의 간격에 기초하여 급집전 코어 폭 또는 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격을 결정하는 단계;
- (c) 급전장치에서 발생하는 자기장의 크기에 대해 요구되는 값을 입력받는 단계; 및
- (d) 상기 단계(b)에서 결정된 급집전 코어 폭 또는 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격, 및 상기 자기장의 크기에 대해 요구되는 값에 기초하여 급전장치에 공급될 전력의 크기를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d) 이후에,

- (d1) 급전장치에 전력을 공급하는 전선의 배치 방법을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 단계(a) 이전에,

급전장치의 자극의 배열 방향을 입력받는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

급전장치의 자극의 배열 방향은,

둘 이상의 자극이 차량 진행방향과 평행하게 연장되고 서로 나란한 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

급전장치의 자극의 배열 방향은,

다수의 자극이 차량 진행방향을 따라 직렬로 배열된 것

을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d) 이후에,

- (d2) 급전장치 및 집전장치에서 발생하는 전자기장(EMF)에 대한 능동 또는 수동 차폐 방식을 결정하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d) 이후에,

(d3) 급전장치 스위치의 온오프 상태를 결정하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d) 이후에,

(d4) 급전장치에서 발생하는 교류 자기장의 주파수에, 차량에 부착된 집전장치를 공진시킬 것을 결정하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급전장치 설계 방법.

청구항 9

자기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치 및 집전장치를 설계하는 방법으로서,

(a) 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터를 초기값으로 설정하는 단계;

(b) 집전장치에 요구되는 최소 집전용량 값(이하 '집전용량 기준값'이라 한다) 및 급집전장치에서 발생허용되는 최대 EMF 값(이하 'EMF 기준값'이라 한다)을 입력받는 단계;

(c) 현재 설정된 설계 파라미터로부터 집전용량 및 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 단계;

(d) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 미만이거나 발생 EMF 레벨이 EMF 기준값 초과(이하 "설계조건 불만족"이라 한다)인 경우 설정된 설계 파라미터 중 급전전류값을 조정하면서 집전용량 및 발생 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; 및

(e) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 이상이고 발생하는 전자파(EMF) 레벨이 상기 EMF 기준값 이하(이하 "설계조건 만족"이라 한다)가 되게하는 급전전류값이 존재하는 경우, 그 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 단계(e)에서,

설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에,

(e11) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계

를 더 포함하고, 이후,

(e12) 상기 단계(e11)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(e)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

상기 단계(e)에서,

설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하지 않는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에,

(e21) 급집전 코어 폭 또는 자극간 간격(이하 '급집전 코어 폭'으로 통칭한다)을 허용범위 내에서 증가시키고 급전전류값을 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계;

(e22) 설계조건 만족시키는 급집전 코어 폭 및 급전전류값이 존재하지 않으면 급전장치 설계과정을 종료하고, 존재하는 경우 단계(e23)으로 진행하는 단계;

(e23) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계

를 더 포함하고, 이후,

(e24) 상기 단계(e23)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(e22)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 12

청구항 9에 있어서,

상기 단계(d)에서, 조정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함하고,

상기 단계(e)에서, 존재여부를 판단하고 최종 설계 파라미터로서 결정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 13

청구항 9에 있어서,

상기 공진 주파수 값은,

최대 가청 주파수 값보다 큰 값으로 결정하는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 14

청구항 9 내지 청구항 13 중 어느 한 항에 있어서,

설계조건 만족 여부의 판단에는,

급전장치와 집전장치 간의 이격거리가, 기 설정된 최소 이격거리 이상이 되는지에 대한 판단이 더 포함되는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 15

자기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치를 설계하는 방법으로서,

(a) 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터를 결정할 급집전장치의 코어 구조 타입(type)을 입력받는 단계;

(b) 상기 설계 파라미터를 초기값으로 설정하는 단계;

(c) 집전장치에 요구되는 최소 집전용량 값(이하 '집전용량 기준값'이라 한다) 및 급집전장치에서 발생허용되는 최대 EMF 값(이하 'EMF 기준값'이라 한다)을 입력받는 단계;

(d) 현재 설정된 설계 파라미터로부터 집전용량 및 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 단계;

(e) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 미만이거나 발생 EMF 레벨이 EMF 기준값 초과(이하 "설계조건 불만족"이라 한다)인 경우 설정된 설계 파라미터 중 급전전류값을 조정하면서 집전용량 및 발생 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; 및

(f) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 이상이고 발생하는 전자파(EMF) 레벨이 상기 EMF 기준값 이하(이하 "설계조건 만족"이라 한다)가 되게 하는 급전전류값이 존재하는 경우, 그 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 상기 코어 구조 타입에 대한 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 단계(a)에서, 둘 이상의 코어 구조 타입이 입력된 경우,

각 코어 구조 타입에 대하여 순차적으로 상기 단계(b) 내지 단계(f)를 수행하는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 단계(f)에서,

설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에,

(f11) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계

를 더 포함하고, 이후,

(f12) 상기 단계(f11)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(f)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 18

청구항 15에 있어서,

상기 단계(f)에서,

설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하지 않는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에,

(f21) 급집전 코어 폭 또는 자극간 간격(이하 '급집전 코어 폭'으로 통칭한다)을 허용범위 내에서 증가시키고 급전전류값을 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계;

(f22) 설계조건 만족시키는 급집전 코어 폭 및 급전전류값이 존재하지 않으면 급집장치 설계과정을 종료하고, 존재하는 경우 단계(f23)으로 진행하는 단계;

(f23) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계

를 더 포함하고, 이후,

(f24) 상기 단계(f23)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(f22)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 19

청구항 15에 있어서,

상기 단계(e)에서, 조정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함하고,

상기 단계(f)에서, 존재여부를 판단하고 최종 설계 파라미터로서 결정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함하는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 20

청구항 15에 있어서,

상기 공진 주파수 값은,

최대 가청 주파수 값보다 큰 값으로 결정하는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 21

청구항 15 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 있어서,

설계조건 만족 여부의 판단에는,

급전장치와 집전장치 간의 이격거리가, 기 설정된 최소 이격거리 이상이 되는지에 대한 판단이 더 포함되는 것

을 특징으로 하는 급집전장치 설계 방법.

청구항 22

차기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치 및 집전장치를 설계하는 장치로서,

공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터로부터 집전용량을 산출하는 집전용량 산출부;

상기 설계 파라미터로부터 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 EMF 레벨 산출부;

상기 설계 파라미터 값 및 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값을 저장하는 설계 파라미터 데이터베이스;

사용자로부터 상기 각 설계 파라미터 값, 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값 및, 요청되는 집전용량 및 EMF 레벨 값을 포함하는 설계조건 기준값을 입력받는 입력부;

설계과정에서 산출되는 데이터, 설계조건 기준값 및 결정되는 설계 파라미터 값을 포함하는 설계과정의 각종 데이터를 디스플레이해 주는 설계화면 제공부; 및

기 설정된 범위의 집전용량 및 EMF 레벨을 만족하는 급집전장치를 설계하기 위하여, 상기 각 구성요소를 제어하여 각 설계 파라미터의 변동에 따른 집전용량 및 EMF 레벨 산출 및, 이에 따른 설계 파라미터의 결정 과정을 제어하는 설계 프로세스 제어부

를 포함하는 급집전장치 설계 장치.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 설계 파라미터에는,
 상기 급집전 코어 구조 타입을 더 포함하는 것
 을 특징으로 하는 급집전장치 설계 장치.

청구항 24

청구항 22에 있어서,
 상기 설계조건 기준값에는,
 급전장치와 집전장치 간의 최소 이격거리 값이 더 포함되는 것
 을 특징으로 하는 급집전장치 설계 장치.

청구항 25

청구항 22에 있어서,
 상기 설계 파라미터로부터 급전장치와 집전장치 간의 이격거리를 산출하는 이격거리 산출부
 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 급집전장치 설계 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전기 자동차를 이용하는 운송 시스템의 급집전장치를 설계하는 방법 및 설계를 위한 장치에 관한 것으로서, 더 구체적으로는, 이동 중에 외부로부터의 공급된 전력을 이용하여 주행하면서 동시에 배터리를 충전시킬 수 있는 전기 자동차를 이용하는 운송 시스템의 급전장치 및 차량에 설치되는 집전장치를 설계하는 방법 및 그 설계장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기존의 내연 기관 차량은 화석연료를 이용하여 구동된다. 이 경우, 엔진에서 연소된 후 차량의 외부로 배출되는 배기가스는 대기 오염이나 지구 온난화 등의 환경 문제의 원인이 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 대체 에너지를 이용하는 차량에 대한 연구가 이루어져 왔다. 대체 에너지를 이용하는 차량 중에는 배터리에 충전된 전기를 이용하는 것, 수소와 산소로 이루어진 연료 전지를 이용하는 것, 태양열을 이용하는 것 등이 있다. 이중 배터리에 충전된 전기를 이용하는 차량은 일부 실용화되고 있다.

[0003] 배터리의 전력을 이용하는 차량이 해결해야 하는 과제는 현재 실용화된 배터리의 용량이 충분히 크지 않기 때문에 장거리 주행이 어렵다는 점이다. 예를 들어, 국내의 환경에서 배터리의 전력을 이용하는 차량이 실용성을 갖기 위해서는 한번 충전으로 서울과 부산 사이의 거리, 즉, 대략 400km 정도의 주행이 가능해야 한다. 그러나, 기존의 기술로 이러한 주행거리를 구현하면 배터리의 무게가 증가하여 전기 자동차의 효율이 떨어진다. 또한, 내연 기관을 이용하는 차량은 연료를 보충하는 경우 주유소에 잠깐 정차하는 것으로 충분하지만, 배터리의 전력을 이용하는 전기 자동차의 경우에는 배터리의 충전에 오랜 시간이 소요되기 때문에 내연 기관을 이용하는 차량과 같이 짧은 시간 안에 연료를 보충하기 어렵다는 문제가 있다.

[0004] 이와 관련하여, 본 출원인의 특허 제940,240호에는 도로에 설치된 급전장치로부터 전력을 공급받는 차량을 이용하는 운송 시스템이 개시되어 있다. 이 문헌에 나타나 있는 온라인 전기 자동차(Online Electric Vehicle; OLEV)는 지하에 설치된 급전장치로부터 전력을 공급받고 그 전력을 이용하여 바퀴를 구동하는 모터를 작동시킨다. 온라인 전기 자동차는 급전장치가 설치된 도로를 주행하는 경우에는 급전장치로부터 공급받은 전력으로 주행하며, 급전장치가 설치되지 않은 도로를 주행할 경우에는 배터리의 전력을 이용한다. 또한, 공급받은 전력은 온라인 전기 자동차의 배터리를 충전하기 위해 이용될 수 있다. 이에 따라, 장거리 운행을 위해 대용량의 무게가 무거운 배터리를 장착할 필요가 없으므로 효율이 증가하며, 급전장치가 설치된 도로를 주행하는 동안 배터리의 충전이 이루어지므로 충전을 위해 오랜 시간 동안 정차할 필요가 없다.

[0005] 온라인 전기 자동차에 전력을 공급하는 급전장치와 관련하여 본 출원인의 특허출원 10-2009-0067715호에 개시된 W형 및 10-2009-0091802호에 개시된 I형과 같은 종류의 것이 있다. 특허 출원 10-2009-0067715호에 개시된 바

와 같이, W형 또는 듀얼 레일(dual rail)형 급전장치는 전극이 차량의 진행 방향, 즉, 도로의 연장 방향과 직교하는 방향으로 배치되며, 급전선은 차량의 진행 방향을 따라 연장된다. 이에 반해, I형 급전장치는 전극이 차량의 진행 방향을 따라 배치된다. 급전장치는 전술한 2가지 종류의 것 외에도 U형 또는 모노 레일(mono rail)형 급전장치도 구현될 수 있다. W형 급전장치는 전극이 양측 및 중앙에 배치되지만 U형 급전장치는 양측에만 배치되는 점에 차이가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 여러 종류의 급집전장치를 체계적으로 용이하게 설계하는 방법 및 그 설계를 위한 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른, 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 급전장치를 설계하는 방법은, (a) 급전장치와 집전장치 사이의 간격을 입력받는 단계; (b) 상기 급전장치와 집전장치 사이의 간격에 기초하여 급집전 코어 폭 또는 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격을 결정하는 단계; (c) 급전장치에서 발생하는 자기장의 크기에 대해 요구되는 값을 입력받는 단계; 및 (d) 상기 단계(b)에서 결정된 급집전 코어 폭 또는 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격, 및 상기 자기장의 크기에 대해 요구되는 값에 기초하여 급전장치에 공급될 전력의 크기를 결정하는 단계를 포함한다.

[0008] 상기 단계(d) 이후에, (d1) 급전장치에 전력을 공급하는 전선의 배치 방법을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 단계(a) 이전에, 급전장치의 자극의 배열 방향을 입력받는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 급전장치의 자극의 배열 방향은, 둘 이상의 자극이 차량 진행방향과 평행하게 연장되고 서로 나란한 것일 수 있다.

[0011] 급전장치의 자극의 배열 방향은, 다수의 자극이 차량 진행방향을 따라 직렬로 배열된 것일 수 있다.

[0012] 상기 단계(d) 이후에, (d2) 급전장치 및 집전장치에서 발생하는 전자기장(EMF)에 대한 능동 또는 수동 차폐 방식을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 단계(d) 이후에, (d3) 급전장치 스위치의 온오프 상태를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 단계(d) 이후에, (d4) 급전장치에서 발생하는 교류 자기장의 주파수에, 차량에 부착된 집전장치를 공진시킬 것을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 자기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치 및 집전장치를 설계하는 방법은, (a) 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터를 초기값으로 설정하는 단계; (b) 집전장치에 요구되는 최소 집전용량 값(이하 '집전용량 기준값'이라 한다) 및 급집전장치에서 발생허용되는 최대 EMF 값(이하 'EMF 기준값'이라 한다)을 입력받는 단계; (c) 현재 설정된 설계 파라미터로부터 집전용량 및 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 단계; (d) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 미만이거나 발생 EMF 레벨이 EMF 기준값 초과(이하 "설계조건 불만족"이라 한다)인 경우 설정된 설계 파라미터 중 급전전류값을 조정하면서 집전용량 및 발생 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; 및 (e) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 이상이고 발생하는 전자파(EMF) 레벨이 상기 EMF 기준값 이하(이하 "설계조건 만족"이라 한다)가 되게하는 급전전류값이 존재하는 경우, 그 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 단계(e)에서, 설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에, (e11) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이후, (e12) 상기 단계(e11)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(e)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0017] 상기 단계(e)에서, 설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하지 않는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에, (e21) 급집전 코어 폭 또는 자극간 간격(이하 '급집전 코어 폭'으로 통칭한다)을 허용범위 내에서 증가시키고 급전전류값을 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; (e22) 설계조건 만족시키는 급집전 코어 폭 및 급전전류값이 존재하지 않으면 급전장치 설계과정을 종료하고, 존재하는 경우 단계(e23)으로 진행되는 단계; (e23) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이후, (e24) 상기 단계(e23)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(e22)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 단계(d)에서, 조정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함할 수 있고, 상기 단계(e)에서, 존재 여부를 판단하고 최종 설계 파라미터로서 결정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 공진 주파수 값은, 최대 가청 주파수 값보다 큰 값으로 결정하는 것이 바람직하다.
- [0020] 상기 설계조건 만족 여부의 판단에는, 급전장치와 집전장치 간의 이격거리가, 기 설정된 최소 이격거리 이상이 되는지에 대한 판단이 더 포함될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 자기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치를 설계하는 방법은, (a) 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터를 결정할 급집전장치의 코어 구조 타입(type)을 입력받는 단계; (b) 상기 설계 파라미터를 초기값으로 설정하는 단계; (c) 집전장치에 요구되는 최소 집전용량 값(이하 '집전용량 기준값'이라 한다) 및 급집전장치에서 발생허용되는 최대 EMF 값(이하 'EMF 기준값'이라 한다)을 입력받는 단계; (d) 현재 설정된 설계 파라미터로부터 집전용량 및 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 단계; (e) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 미만이거나 발생 EMF 레벨이 EMF 기준값 초과(이하 "설계조건 불만족"이라 한다)인 경우 설정된 설계 파라미터 중 급전전류값을 조정하면서 집전용량 및 발생 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; 및 (f) 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 이상이고 발생하는 전자파(EMF) 레벨이 상기 EMF 기준값 이하(이하 "설계조건 만족"이라 한다)가 되게 하는 급전전류값이 존재하는 경우, 그 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 상기 코어 구조 타입에 대한 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함한다.
- [0022] 상기 단계(a)에서, 둘 이상의 코어 구조 타입이 입력된 경우, 각 코어 구조 타입에 대하여 순차적으로 상기 단계(b) 내지 단계(f)를 수행할 수 있다.
- [0023] 상기 단계(f)에서, 설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에, (f11) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이후, (f12) 상기 단계(f11)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(f)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 단계(f)에서, 설계조건 만족시키는 급전전류값이 존재하지 않는 경우, 현재 설정되어 있는 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하기 전에, (f21) 급집전 코어 폭 또는 자극간 간격(이하 '급집전 코어 폭'으로 통칭한다)을 허용범위 내에서 증가시키고 급전전류값을 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하는 단계; (f22) 설계조건 만족시키는 급집전 코어 폭 및 급전전류값이 존재하지 않으면 급전장치 설계과정을 종료하고, 존재하는 경우 단계(f23)으로 진행되는 단계; (f23) 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면, 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이후, (f24) 상기 단계(f23)에서 결정된 최대 공진주파수, 상기 단계(f22)의 급전전류값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 단계(e)에서, 조정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함할 수 있고, 상기 단계(f)에서, 존재 여부를 판단하고 최종 설계 파라미터로서 결정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함할 수 있다.

- [0026] 상기 공진 주파수 값은, 최대 가청 주파수 값보다 큰 값으로 결정하는 것이 바람직하다.
- [0027] 설계조건 만족 여부의 판단에는, 급전장치와 집전장치 간의 이격거리가, 기 설정된 최소 이격거리 이상이 되는 지에 대한 판단이 더 포함될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 자기장을 발생시킴으로써 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하는 급전장치 및 집전장치를 설계하는 장치는, 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터로부터 집전용량을 산출하는 집전용량 산출부; 상기 설계 파라미터로부터 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하는 EMF 레벨 산출부; 상기 설계 파라미터 값 및 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값을 저장하는 설계 파라미터 데이터베이스; 사용자로부터 상기 각 설계 파라미터 값, 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값 및, 요청되는 집전용량 및 EMF 레벨 값을 포함하는 설계조건 기준값을 입력받는 입력부; 설계 과정에서 산출되는 데이터, 설계조건 기준값 및 결정되는 설계 파라미터 값을 포함하는 설계과정의 각종 데이터를 디스플레이해 주는 설계화면 제공부; 및 기 설정된 범위의 집전용량 및 EMF 레벨을 만족하는 급집전장치를 설계하기 위하여, 상기 각 구성요소를 제어하여 각 설계 파라미터의 변동에 따른 집전용량 및 EMF 레벨 산출 및, 이에 따른 설계 파라미터의 결정 과정을 제어하는 설계 프로세스 제어부를 포함한다.
- [0029] 상기 설계 파라미터에는, 상기 급집전 코어 구조 타입을 더 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 설계조건 기준값에는, 급전장치와 집전장치 간의 최소 이격거리 값이 더 포함될 수 있다.
- [0031] 상기 급집전장치 설계 장치는, 상기 설계 파라미터로부터 급전장치와 집전장치 간의 이격거리를 산출하는 이격거리 산출부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명에 따른 온라인 전기 자동차의 설계 방법은 기능적 요구 사항이 디커플되어 있기 때문에, 용이하게 급전장치를 설계할 수 있게 하는 효과가 있다.
- [0033] 또한, 본 발명에 따른 설계 방법은 다양한 방식의 급집전장치를 최적의 방법으로 설계할 수 있게 하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 온라인 전기 자동차의 길이 방향과 폭 방향을 나타내는 도면.
- 도 2는 U형 급전장치를 개략적으로 도시하는 도면.
- 도 3은 I형 급전장치를 개략적으로 도시하는 도면.
- 도 4는 공리설계 이론에 따른 급전장치의 설계방법을 나타내는 순서도.
- 도 5는 급집전장치의 최적설계 방법을 나타내는 순서도.
- 도 6은 자기유도방식으로 전력을 공급 및 집전하는 급집전장치를 설계하는 장치를 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0036] 본 발명에 따른 설계 방법과 관련하여, 먼저 온라인 전기 자동차(Online Electric Vehicle; OLEV)를 이용하는 운송 시스템의 설계 변수는 공리설계(axiomatic design) 이론에 의해 다음과 같이 결정될 수 있다.

[0037] 운송 시스템의 기능적 요구 사항(FR: functional requirements)은 다음과 같다:

[0038] FR1 = 차량을 전력으로 추진시켜라 (Propel the vehicle with electric power)

[0039] FR2 = 전력을 지하에 설치된 전력선으로부터 차량으로 전송하라 (Transfer electricity from underground electric cable to the vehicle)

[0040] FR3 = 차량을 조향하라 (Steer the vehicle)

[0041] FR4 = 차량을 정지시켜라 (Brake the vehicle)

[0042] FR5 = 이동 방향을 전환시켜라 (Reverse the direction of motion)

[0043] FR6 = 차량의 속도를 변화시켜라 (Change the vehicle speed)

[0044] FR7 = 외부로부터 전력 공급이 없을 경우 전력을 공급하라 (Provide the electric power when there is no external electric power supply)

[0045] FR8 = 지하에 설치된 전력선에 전력을 공급하라 (Supply electric power to the underground cable)

[0046] 운송 시스템의 구속 조건(C: constraints)은 다음과 같다:

[0047] C1 = 전기 시스템을 규율하는 안전 규정 (Safety regulations governing electric systems)

[0048] C2 = 온라인 전기 자동차의 가격 (내연 기관 차량에 비교해 경쟁력이 있어야 함) (Price of OLEV (should be competitive with cars with IC engines))

[0049] C3 = 지구 온난화를 유발하는 가스의 불방출 (No emission of greenhouse gases)

[0050] C4 = 시스템의 긴 내구성 및 신뢰성 (Long-term durability and reliability of the system)

[0051] C5 = 도로와 차량 바닥 사이의 간격에 대한 차량 관련 규정 (Vehicle regulation for space clearance between the road and the bottom of the vehicle)

[0052] 위와 같은 기능적 요구 사항(FR) 및 구속 조건(C)들을 만족시키는 운송 시스템의 설계변수(DP, design parameter)는 다음과 같다:

[0053] DP1 = 전기 모터 (Electric motor)

[0054] DP2 = 지하에 설치되는 전력선 (Underground coil)

[0055] DP3 = 기존의 조향 시스템 (Conventional steering system)

[0056] DP4 = 기존의 브레이킹 시스템 (Conventional braking system)

[0057] DP5 = 전기 극성 (Electric polarity)

[0058] DP6 = 모터에 의한 구동 (Motor drive)

[0059] DP7 = 충전 가능한 배터리 (Re-chargeable battery)

[0060] DP8 = 전력 공급 시스템 (Electric power supply system)

[0061] 위에서 주어진 운송 시스템의 기능적 요구 사항(FR)과 설계변수(DP)는 각각 8개이다. 또한, 설계 행렬(design matrix)은 언커플(uncouple)되어 있다. 그러나, 이러한 운송 시스템의 기능적 요구 사항(FR)과 설계변수(DP)는 세부적인 설계가 완성될 때까지 분해(decompose)되어야 한다.

- [0062] 본 발명에서는 전술한 운송 시스템의 2번째 기능적 요구 사항(이하에서, “FR2” 라고 함)과 2번째 설계변수 (DP2)를 분해함으로써, 운송 시스템에서 이용되는 급전장치의 설계 방법을 제공한다. FR2와 DP2를 다시 기재하면 다음과 같다:
- [0063] FR2 = 전력을 지하에 설치된 전력선으로부터 차량으로 전송하라 (Transfer electricity from underground electric cable to the vehicle)
- [0064] DP2 = 지하에 설치되는 전력선 (Underground coil)
- [0065] 위의 FR2와 DP2는 구체적인 설계 개념이 주어지지 않았기 때문에, 그대로는 구현될 수 없다. 따라서, 더 낮은 수준의 기능적 요구 사항과 설계변수를 고려하여야 온라인 전기 자동차에 대한 온전한 개념을 잡을 수 있다. 이하에서는, 더 낮은 수준으로 분해함으로써, 1) 어떻게 전력을 지면 위쪽으로 전달할 것인가, 및 2) 집전장치의 최대 높이를 어떻게 조절할 것인가, 즉, 지면과 차량에 설치된 집전장치 사이의 간격을 어떻게 조절할 것인가에 대하여 검토한다.
- [0066] FR2는 다음과 같이 분해될 수 있다:
- [0067] FR21 = 교류 자기장을 발생시켜라 (Generate an alternating magnetic field)
- [0068] FR22 = 자기장의 자기력 수준을 조절하라 (Control the power level of the magnetic field)
- [0069] FR23 = 자기장의 높이(H)를 조절하기 위하여 자기장의 형태를 만들어라 (Shape the magnetic field to control the height of the field, H)
- [0070] FR24 = 전자파의 방출을 조절하라 (Control the radiation (EMF))
- [0071] FR25 = 자기장을 온/오프 하라 (On/Off the magnetic field)
- [0072] FR26 = 차량의 사용을 위해 지하에서 발생하는 교류 자기장에서의 집전전력을 최대화하라 (Maximize the pick-up of the power in the alternating magnetic field created under the ground for use in the vehicle)
- [0073] 전술한 기능적 요구 사항을 만족하는 방법은 여러 다른 방법이 있을 수 있다. 본 발명에서는 언커플된 설계를 실현하기 위하여 다음과 같이 설계변수를 선택한다:
- [0074] DP21 = 자극을 둘러싸는 교류 전기장을 가지며 지하에 설치되는 전력선 (Underground power lines with AC field surrounding the magnetic core (ferrite))
- [0075] DP22 = 전력 수준, 즉, 전류와 전압의 곱 (Electric power level, i.e., current (I) times voltage (V))
- [0076] DP23 = 지하에 설치된 코어에 의하여 형성되는 자극의 폭 (Width of the magnetic poles established by the magnetic core in the ground)
- [0077] DP24 = 전자기장에 대한 능동 또는 수동 차폐 (Active or passive shield for EMF)
- [0078] DP25 = 전력을 온/오프하기 위한 스위치 (Switch that turn on/off the underground power)
- [0079] DP26 = 교류 자기장의 주파수와 공진하는 차량에 부착된 집전장치(Pick-up unit mounted on the car that resonates the frequency of the alternating magnetic field)

[0080] 기능적 요구 사항과 설계변수를 위와 같이 설정하면, 설계 행렬(design matrix)은 아래와 같이 주어진다.

[0081] [수학식 1]

$$\begin{matrix}
 \left. \begin{matrix} FR21 \\ FR22 \\ FR23 \\ FR24 \\ FR25 \\ FR26 \end{matrix} \right\} = \begin{matrix} \left[\begin{matrix} A11 & A12 & A13 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A22 & A23 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A33 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A44 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A55 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A66 \end{matrix} \right] \begin{matrix} \left[\begin{matrix} DP21 \\ DP22 \\ DP23 \\ DP24 \\ DP25 \\ DP26 \end{matrix} \right]
 \end{matrix}
 \end{matrix}$$

[0082]

[0083] 위 식에서 A11, A12 등은 상수(선형 시스템인 경우) 또는 설계변수의 함수(비선형 시스템인 경우)로 주어지며, 기능적 요구 사항과 설계변수의 관계를 나타낸다. 수학식 1로부터 알 수 있듯이, FR21은 DP21, DP22 및 DP23과 연관되며, FR22는 DP22 및 DP23과 연관되고, FR23은 DP23과만 연관된다.

[0084] 수학식 1로부터 본 발명에 따른 설계가 디커플된 설계(decoupled design)임을 알 수 있다. 또한, 기능적 요구 사항 {FR24, FR25, FR26}와 설계변수 {DP24, DP25, DP26}의 관계는 언커플되어 있음(uncoupled)을 알 수 있다.

[0085] 기능적 요구 사항 {FR21, FR22, FR23}과 설계변수 {DP21, DP22, DP23}의 관계는 삼각 행렬이며, 이는 디커플된 설계(decoupled design)임을 의미한다. 이러한 종류의 디커플된 설계에서는 DP23을 가장 먼저 결정해야 한다. 다음으로 DP22를 결정하고 끝으로 DP21을 결정함으로써 각 기능적 요구 사항(FR21, FR22, FR23)의 값을 설정한다. 즉, 각 기능적 요구 사항은 아래와 같이 순차적으로 결정될 수 있다:

[0086] [수학식 2]

[0087] $FR23 = A33 \cdot DP23$

[0088] $FR22 = A22 \cdot DP22 + A23 \cdot DP23$

[0089] $FR21 = A11 \cdot DP21 + A12 \cdot DP22 + A13 \cdot DP23$

[0090] 수학식 2에 기재된 순서를 따르지 않으면 기능적 요구 사항을 독립적으로 결정할 수 없다. FR24와 FR25는 언커플되어 있기 때문에 아래와 같이 독립적으로 결정될 수 있다:

[0091] [수학식 3]

[0092] $FR24 = A44 \cdot DP24$

[0093] $FR25 = A55 \cdot DP25$

[0094] $FR26 = A66 \cdot DP26$

[0095] 이하에서는, 진술한 설계 방법을 각각 U형 급전장치 및 I형 급전장치의 설계 방법에 적용한 실시예에 대하여 도 1 내지 도 3을 참고하여 구체적으로 설명한다. 도 1에서, a는 차량의 길이, b는 차량의 폭을 나타내며, 도 2 및 3에서 W 및 L은 각각 U형 급전장치의 경우 코어(자극) 폭 및 I형 급전장치의 경우 코어 사이의 간격을 나타

낸다.

- [0096] U형 급전장치의 경우, 코어 폭(W)을 설정함으로써 지면과 집전장치 사이의 간격(H)을 조절할 수 있다. 이를 다 른 방식으로 표현하면 다음과 같다: $FR23 = H = (\text{상수}) \times f(W)$, 여기서 $f(W)$ 는 코어 폭(W)의 함수를 의미한다. FR22를 만족시키기 위하여, 즉, 자기장의 자기력의 수준을 조절하기 위하여, 전력 수준, 즉, 전류와 전압을 설정한다. 예를 들어, 전압이 결정되면 전류를 설정한다. FR21은 DP22 및 DP23의 영향을 받으며 DP21에 의하여 조절될 수 있다. 예를 들어, 차량의 이동 방향을 따라 지하에 설치되는 전력선의 수가 DP21이 될 수 있다.
- [0097] 전술한 내용을 수학적 식 1에 적용하면 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다:
- [0098] [수학적 식 4]
- [0099] $FR23 = A33 \cdot DP23 = A33 \times f(W)$
- [0100] $FR22 = A22 \cdot DP22 + A23 \cdot DP23 = A22 \cdot I \cdot V + A23 \times f(W)$
- [0101] $FR21 = A11 \cdot DP21 + A12 \cdot DP22 + A13 \cdot DP23$
- [0102] $= A11 \cdot \text{electromagnet design} + A12 \cdot I \cdot V + A13 \times f(W)$
- [0103] I형 급전장치의 경우, U형 급전장치와 동일한 관계가 적용된다. 다만, I형 급전장치의 경우 FR23이 차량의 이동 방향에 대한 코어의 간격(L)의 함수로 표현되는 점에 차이가 있다.
- [0104] I형 급전장치의 경우 코어(자극)가 차량의 이동 방향을 따라 배치되는 것에 의해 다음과 같은 이점을 갖는다.
- [0105] 1) 차량의 길이(a)가 차량의 폭(b)보다 크기 때문에, I형 급전장치를 이용하면 자극 사이의 간격을 차량의 길이 방향, 즉, 차량의 이동 방향을 따라 더 크게 설정할 수 있다. 또한, 자극 사이의 간격이 커짐에 따라 지면과 차량의 급전장치 사이의 간격(H)이 더 커질 수 있다.
- [0106] 2) 자극을 차량의 이동 방향과 동일한 방향으로 배치함으로써, 차량의 폭 방향에 대해 자기장을 좁게 형성시킬 수 있다. 이에 따라, 차량의 폭 방향에서의 자기장 차폐가 유리해진다.
- [0107] 3) 차량의 폭 방향으로 1개 이상의 I형 급전장치를 추가로 배치하여 차량의 폭 방향을 따라 동시에 발생하는 다 수의 자기장을 제공함으로써 전송되는 전력을 증가시킬 수 있다.
- [0108] 4) 차량의 이동 방향을 따라 배치된 전력선 사이에 위상 지연을 도입하여 자기장의 프로파일(profile)을 평편하 게 함으로써 전력 전송의 효율을 높일 수 있다.
- [0109] 위에서 설명한 사항에 기초하여, 이하에서는 본 발명에 따른 집전장치를 갖는 차량에 무선으로 전력을 공급하기 위한 급전장치를 설계하는 방법을 설명한다.
- [0110] 도 4는 공리설계 이론에 따른 급전장치의 설계방법을 나타내는 순서도이다.
- [0111] 먼저, 급전장치의 형식을 입력받는다. 즉, U형 급전장치, W형 급전장치 또는 I형 급전장치 또는 이러한 형태를 다양한 방식으로 개선한 형태 중 어떤 형태의 급전장치인지에 대한 선택을 입력받는다(S401).
- [0112] U형은 도 2에 도시된 급전코어 구조로서, 차량 진행방향과 평행하게 연장되고 서로 나란한 둘 이상의 자극(21 1)을 구비하는 구조이다. 코어의 차량 진행방향과 수직인(좌우방향의) 단면(213)이 'U'자형의 형상이어서 U형이 라고 지칭한다.
- [0113] I형은 도 3에 도시된 급전코어 구조로서, 차량 진행방향을 따라 직렬로 배열된 다수의 자극(311)이 차량 진행방

향을 따라 직렬로 1개 또는 다수의 열을 이루도록 배열된 형태이다. 자극의 차량 진행방향에 수직인 단면이 'I'자 형상이어서 I형이라고 지칭한다.

[0114] W형은 U형의 급전코어가 차량 진행방향과 나란하게 인접하여 배치된 것과 유사한 구조이다. 이에 따라 자극의 차량 진행방향과 수직인(좌우방향의) 단면이 'W'자형의 형상이 되므로 W형이라고 지칭한다.

[0115] 이외에도, 이러한 I형, U형, W형을 일부 변형하고 개선한 다양한 형태의 코어 구조 타입이 존재한다.

[0116] 급전장치의 형식이 결정된 후에, 급전장치와 집전장치 사이의 간격(H)(도 2 및 도 3 참조)을 입력받는다. 급전장치는 지하에 설치되며 코어의 상단부가 지면과 거의 일치하므로, 결과적으로 지면과 집전장치 사이의 간격을 입력받게 된다. 다음으로 급전장치와 집전장치 사이의 간격에 기초하여 급전장치의 인접하는 두 자극 사이의 간격을 결정한다(S411, S421). U형, W형 급전장치 또는 U형, W형의 개선형태의 급전장치의 경우는 차량의 이동 방향에 수직인, 즉 도로 전방을 바라본 상태에서 좌우방향에 대한 코어(자극)의 폭(W)(도 2 참조)을 결정하며(S411), I형 급전장치 또는 I형의 개선형태의 급전장치의 경우에는 차량의 이동 방향을 따라 직렬로 다수 배열된 I형 코어(자극) 간의 간격(L)(도 3 참조)을 결정한다(S421).

[0117] 급전장치와 집전장치 사이의 간격이 결정되면, 급전장치에서 발생하는 자기장의 크기에 대해 요구되는 값을 입력받는다. 자기장의 크기는 차량의 운송에 필요한 전력, 급전장치와 집전장치 사이의 전력 전송 효율 등을 고려하여 결정된다. 다음으로, 앞에서 결정된 급전장치와 집전장치 사이의 간격 및 자기장의 크기에 대해 요구되는 값에 기초하여 급전장치에 공급될 전력의 크기를 결정한다(S412, S422). 예를 들어, 전압의 크기가 정해진 경우라면 공급될 전류의 크기를 결정한다.

[0118] 이후, 급전장치에 전력을 공급하는 전선의 배치 방법을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 전력선의 직경 및 전력선의 개수 등을 결정할 수 있다(S413, S423).

[0119] 이상에서 설명한 공리설계(axiomatic design) 이론에 따른 설계 방법은 기능적 요구 사항(FR)과 설계변수(DP)의 관계가 디커플 또는 언커플 되어 있기 때문에, 온라인 전기 자동차용 급전장치를 용이하게 설계할 수 있다.

[0120] 이하에서는 이러한 공리설계 이론에 따른 설계방법으로부터 도출해 낸 온라인 전기자동차의 최적설계 방법을 설명한다.

[0121] 도 5는 급집전장치의 최적설계 방법을 나타내는 순서도이다.

[0122] 최적설계의 목적은 집전용량을 최대화하는데 있다. P_c 를 집전용량, V_c 집전 전압이라할 때 P_c 는 V_c 의 제곱에 비례한다. 즉,

[0123]
$$P_c \propto V_c^2$$

[0124] 가 성립한다.

[0125] 집전전압을 그에 관계되는 파라미터의 함수로 표시할 때,

[0126]
$$V_c = F(f_r, I_s, M_1, M_2, g_{air}, W_c, S_c, C_c)$$

[0127] 로 나타낼 수 있다. 여기서 각 파라미터는, 공진주파수 f_r , 급전전류 I_s , 1차측(급전장치) 코일 권수 M_1 , 2차측(집전장치) 코일 권수 M_2 , 급전장치와 집전장치간 이격거리 g_{air} , 급집전 코어폭 W_c (I형의 경우는 자극 간격), 급집전 코어구조 S_c (U형, W형, I형, 개선형), 급집전 코어 재료 특성 C_c (투자율, 주파수특성)을 의미한다. V_c 는 다음 식에 비례한다.

[0128]
$$V_c \propto \frac{f_r I_s M_2 W_c}{M_1 g_{air}}$$

[0129] 한편, 최적설계의 다른 목적은 집전효율을 최대화하는데 있다.

[0130] 효율 E는 다음 식을 만족한다.

$$E = \frac{\text{레귤레이터 출력전력}}{\text{급전인버터 입력전력}} = \frac{\text{집전전력용량}}{\text{급전선로전력용량}} = \frac{P_c}{P_s} = \frac{\frac{V_c^2}{R_c}}{I_s^2 R_s} = \frac{V_c^2}{R_c I_s^2 R_s}$$

[0132] 여기서 R_c 는 집전 저항, R_s 는 급전 선로 저항 (급전 선로 유효 단면적, 공진 주파수 함수, 선로 길이, 도전율)을 의미한다.

[0133] 급전장치 설계에 있어서, 이격거리 g_{air} 는 다음 식에 비례한다.

$$g_{air} = F(f_r, I_s, \frac{N_2}{N_1}, W_c, S_c, C_c) \propto f_r I_s \frac{N_2}{N_1} W_c$$

[0135] 여기서 g_{air} 는 승용차의 경우 12cm 이상, 버스 등 대형차의 경우에는 20cm 이상이 유지되는 것이 바람직하다.

[0136] 한편, 발생하는 전자파(EMF) 레벨은 일정 값 미만이어야 한다. 즉 발생하는 EMF 레벨을 L_{emf} 라 할 때

$$L_{emf} = F(f_r, I_s, \frac{N_2}{N_1}, W_c, S_c, C_c, g_{air}) \propto f_r I_s \frac{N_2}{N_1} W_c \cdot g_{air}$$

[0138] 가 성립하며, 임의의 지점에서의 최대 $L_{emf} < 62.5\text{mG}$ (수동형, LC 공진 코일형, 능동형 차폐)를 만족하는 것이 바람직하다.

[0139] 도 5를 참조하면, 먼저, 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터를 결정할 급집전장치의 코어 구조 타입(type)을 입력한다(S501). 급전코어 구조 타입은 I형, U형, W형 또는 이러한 각 형태의 일부 변형으로 개선된 타입형 등이 가능하다. 이러한 급전코어 구조 타입에 대하여는 도 2 내지 도 4를 참조하여 진술하였다.

[0140] 이와 같은 상기 설계 파라미터를 초기값으로 설정한다(S502). 설계 파라미터는 위에 든 파라미터 외에도 다양한 파라미터가 있을 수 있다. 이후, 집전장치에 요구되는 최소 집전용량 값(이하 '집전용량 기준값'이라 한다) 및 급집전장치에서 발생허용되는 최대 EMF 값(이하 'EMF 기준값'이라 한다)을 입력한다(S503). 입력되는 값에는, 급전장치와 집전장치 간의 최소 이격거리 값이 더 포함될 수 있다.

[0141] 현재 설정된 설계 파라미터로부터 집전용량 및 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출하고, 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 미만이거나 EMF 기준값 초과(이하 "설계조건 불만족"이라 한다)인 경우 설정된 설계 파라미터 중 급전전류값을 조정하면서 집전용량 및 발생 EMF 레벨 산출을 반복한다(S504). 조정하는 설계 파라미터에는 집전코일의 권수를 더 포함할 수 있다.

[0142] 산출된 집전용량이 상기 집전용량 기준값 이상이고, 발생하는 전자파(EMF) 레벨이 상기 EMF 기준값 이하(이하 "설계조건 만족"이라 한다)가 되게 하는 급전전류값이 존재하는지 판단한다(S505). 이 경우 그러한 조건을 만족하는 집전코일 권수 값이 존재하는지도 아울러 판단할 수 있다(S505). 또한 도 5의 순서도에 도시되지는 아니 하였으나 이러한 설계조건 만족 여부의 판단에는, 급전장치와 집전장치 간의 이격거리가, 기 설정된 최소 이격거리 이상이 되는지에 대한 판단이 더 포함될 수 있고, 이는 이하의 모든 설계조건 만족 여부를 판단하는 경우에 동일하게 적용될 수 있다. 최소 이격거리는, 예를 들어, 승용차의 경우 12cm, 버스 등 대형차의 경우에는 20cm 등으로 설정될 수 있다.

[0143] 그러한 값들이 존재하는 경우, 그 급전전류값, 집전코일 권수 값 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을

상기 코어 구조 타입에 대한 최종 설계 파라미터로서 결정할 수 있다(S507). 또는 결정 전에, 설계 파라미터 중 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면(S506), 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여, 설계조건 만족시키는 범위 내에서 최대 공진주파수를 구하여(S510), 그 공진주파수, 그 때의 급전전류값, 집전코일 권수 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값을 최종 설계 파라미터로서 결정할 수 있다(S507).

- [0144] 단계 S505에서 조건을 만족하는 급전전류값 및 집전코일 권수 값이 존재하지 않는 경우, 급집전 코어 폭을 허용 범위 내에서 증가시킬 수 있다.
- [0145] 본 도면에서는 급집전 코어 폭이라는 용어로 통일하여 도시하였으나, 이하에서 '급집전 코어 폭'은, U형, W형 급전장치 또는 U형, W형의 개선형태의 급전장치의 경우는 차량의 이동 방향에 수직인, 즉 도로 전방을 바라본 상태에서 좌우방향으로의 코어(자극)의 폭(W)을 의미하고(도 2 참조), I형 급전장치 또는 I형의 개선형태의 급전장치의 경우에는 차량의 이동 방향을 따라 직렬로 배열된 I형 코어(자극) 간의 간격(L)을 의미(도 3 참조)하는 것으로 한다.
- [0146] 즉, 급집전 코어 폭 값을 증가시키고, 급전전류값, 집전코일 권수 값 등을 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복한다(S508). 이로부터 설계조건 만족시키는 급집전 코어 폭, 급전전류값 및 집전코일 권수 등의 값(해)이 존재하면(S509) 다음 단계(S506)로 진행하나, 존재하지 않으면(S509) 설계과정을 종료한다.
- [0147] 단계 S509에서 해가 존재하는 경우, 설계 파라미터 중 현재 설정된 공진주파수 값이 허용 범위 내의 최대 공진주파수(이하 '상한 공진주파수'라 한다)보다 작으면(S506), 상기 설계 파라미터 중 공진주파수를 상기 상한 공진주파수 이하의 범위에서 상향 조정하면서 집전용량 산출 및 발생하는 EMF 레벨 산출을 반복하여, 설계조건 만족시키는 최대 공진주파수를 구하고(S510), 그 공진주파수, 상기 단계들에서 결정된 급전전류값, 집전코일 권수, 급집전 코어 폭 및 현재 설정되어 있는 타 설계 파라미터 값들을 최종 설계 파라미터로서 결정할 수 있다(S507).
- [0148] 이러한 설계 과정은, 최초로 둘 이상의 코어 구조 타입이 입력된 경우, 각 코어 구조 타입에 대하여 자동으로 순차적으로 수행되도록 구성할 수 있다.
- [0149] 상기 공진 주파수 값은, 소음을 줄이기 위하여 최대 가청 주파수 값(20kHz)보다 큰 값으로 결정하는 것이 바람직하다.
- [0150] 도 6은 자기유도방식으로 전력을 공급 및 집전하는 급전장치 및 집전장치를 설계하는 장치(600)를 나타내는 도면이다.
- [0151] 설계 프로세스 제어부(610)는 기 설정된 범위의 집전용량 및 EMF 레벨을 만족하는 급집전장치를 설계하기 위하여, 이하 각 구성요소를 제어하여 각 설계 파라미터의 변동에 따른 집전용량 및 EMF 레벨 산출 및, 이에 따른 설계 파라미터의 결정 과정을 제어한다.
- [0152] 집전용량 산출부(620)는 공진주파수, 급전전류값, 급집전 코어 폭 및 집전코일 권수를 포함하는 설계 파라미터로부터 집전용량을 산출한다.
- [0153] EMF 레벨 산출부(630)는 상기 설계 파라미터로부터 발생하는 전자파(EMF) 레벨을 산출한다.
- [0154] 이격거리 산출부(640)는 상기 설계 파라미터로부터 급전장치와 집전장치 간의 이격거리를 산출한다.
- [0155] 설계 파라미터 데이터베이스(650)는 상기 설계 파라미터 값 및 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값을 저장한다.
- [0156] 입력부(660)는 사용자로부터 상기 각 설계 파라미터 값, 상기 각 설계 파라미터의 변동가능 범위값 및, 요청되는 집전용량, EMF 레벨 값, 급전장치와 집전장치 간 최소 이격거리 값을 포함하는 설계조건 기준값을 입력받는다.
- [0157] 설계화면 제공부(670)는 사용자에게 설계과정에서 산출되는 데이터, 설계조건 기준값 및 결정되는 설계 파라미터 값을 포함하는 설계과정의 각종 데이터를 디스플레이해 준다. 설계과정에서 산출되는 데이터에는 전술한 바와 같이, 현재 설계 파라미터에 의해 산출되는 집전용량, 현재 설계 파라미터에 의해 발생할 것으로 산출되는

발생 EMF 레벨, 현재 설계 파라미터에 의해 산출되는 급전장치와 집전장치 간의 이격거리 등이 포함될 수 있다.

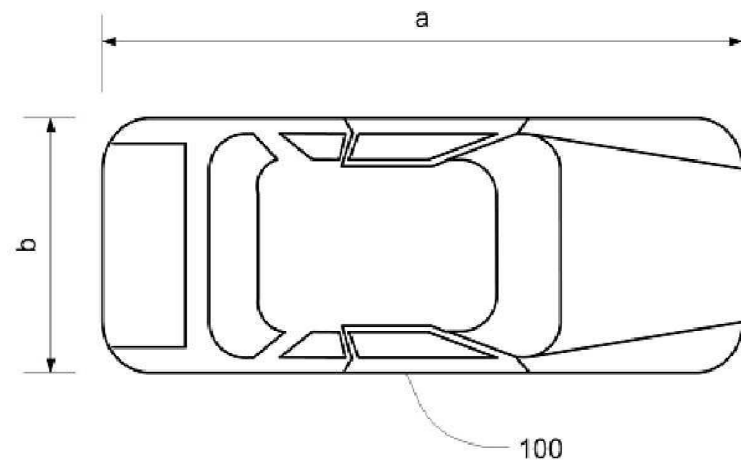
부호의 설명

[0158]

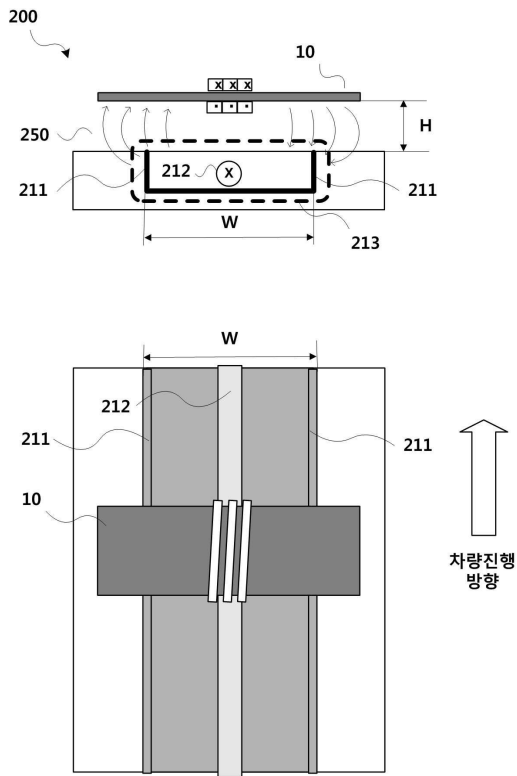
- 100: 온라인 전기 자동차
- 10, 20: 집전장치
- 200: U형 급전장치
- 211: U형 급전장치의 코어(자극)
- 212: U형 급전장치의 급전선
- 213: U형 급전코어 단면
- 300: I형 급전장치
- 311: I형 급전장치의 코어(자극)
- 312, 313: I형 급전장치의 급전선
- 250, 350: 급전장치에 의해 형성된 자기장
- 600: 급전장치 설계 장치
- 610: 설계 프로세스 제어부
- 620: 집전용량 산출부
- 630: EMF 레벨 산출부
- 640: 이격거리 산출부
- 650: 설계 파라미터 데이터베이스
- 660: 입력부
- 670: 설계화면 제공부

도면

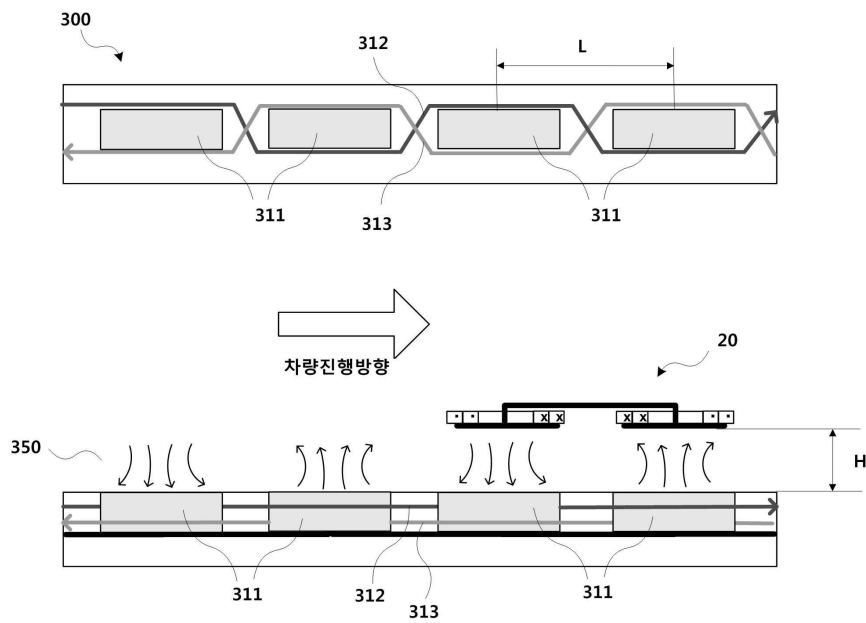
도면1



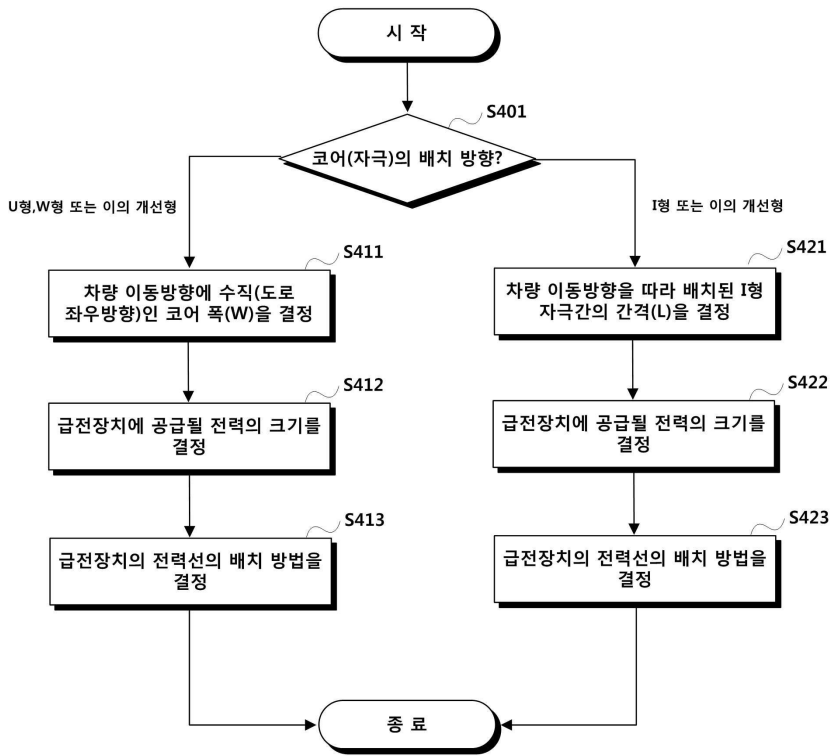
도면2



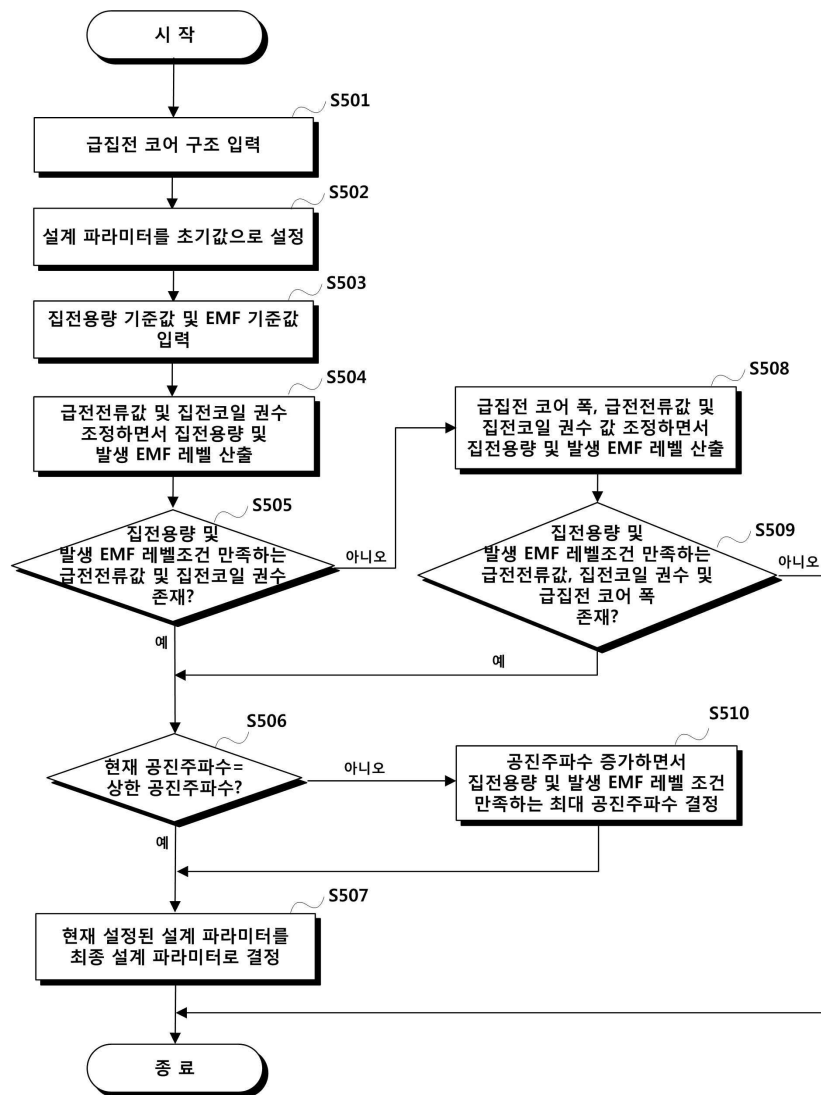
도면3



도면4



도면5



도면6

