(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0143399
(43) 공개일자 2023년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 30/20 (2020.01) *G06F 111/06* (2020.01)
G06F 30/17 (2020.01) *H02K 15/02* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06F 30/20 (2020.01)
G06F 30/17 (2020.01)
(21) 출원번호 10-2022-0042227
(22) 출원일자 2022년04월05일
심사청구일자 2022년04월05일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
임동국
울산광역시 남구 대학로 93, 7호관 418호 (무거동)
이태희
울산광역시 남구 신복로31번길 16, 206호 (무거동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

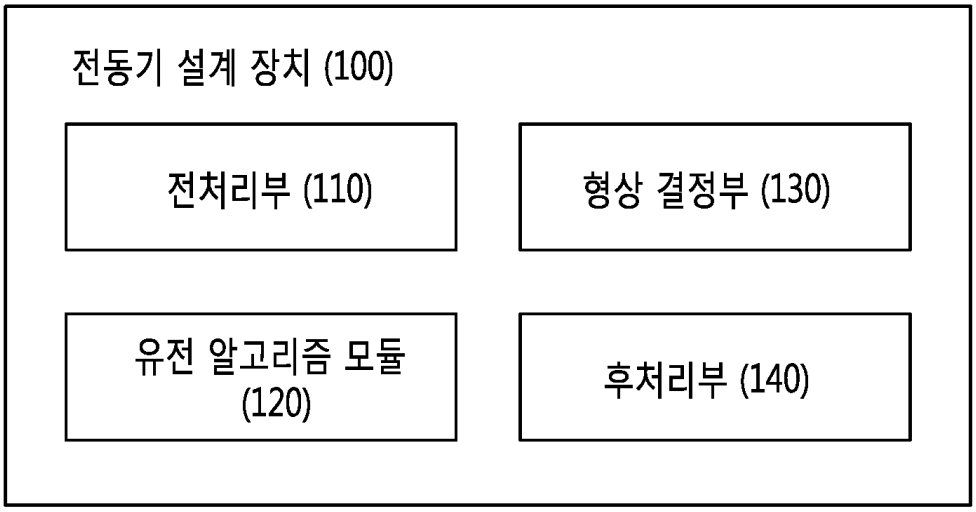
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **전동기 설계 방법 및 이를 지원하는 전동기 설계 장치**

(57) 요 약

제1 곡률을 가지는 원통 형상의 모델에 대응하도록 복수의 셀(cell)을 포함하는 적어도 하나의 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성하는 전처리부, 및 유전 알고리즘을 이용하여 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 해를 산출하는 유전 알고리즘 모듈을 포함하고, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 제1 곡률과 반대되는 전동기 설계 장치가 개시된다. 이 외에도 본 문서를 통해 파악되는 다양한 실시 예가 가능하다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H02K 15/02 (2013.01)
H02K 19/06 (2013.01)
H02K 19/103 (2013.01)
G06F 2111/06 (2020.01)
H02K 2215/00 (2021.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345341781
과제번호 2021RIS-003
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 지자체-대학협력기반지역혁신사업
연구과제명 친환경 선박용 전기추진시스템 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 울산대학교
연구기간 2021.11.01 ~ 2022.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

전동기 설계 장치에 있어서,

제1 곡률을 가지는 원통 형상의 모델에 대응하도록 복수의 셀(cell)을 포함하는 적어도 하나의 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성하는 전처리부; 및

유전 알고리즘을 이용하여 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 해를 산출하는 유전 알고리즘 모듈을 포함하고,

상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고,

상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 제1 곡률과 반대되는, 전동기 설계 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 모델에 의하여 형성되는 자속선의 곡률과 적어도 부분적으로 대응하는, 전동기 설계 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 모델은 서로 다른 적어도 2개의 물질들로 구성되고,

상기 전동기 설계 장치는,

상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 제2 곡률에 대응하도록 보정하는 후처리부를 포함하는, 전동기 설계 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 후처리부는 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경되는 비율에 기반하여 상기 제2 곡률을 결정하는, 전동기 설계 장치.

청구항 5

제 1 항에 기재된 전동기 설계 장치에 기반하는 전동기 설계 방법에 있어서,

제1 곡률을 가지는 원통 형상의 모델에 대응하도록 복수의 셀(cell)을 포함하는 적어도 하나의 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성하는 단계; 및

유전 알고리즘을 이용하여 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 해를 산출하는 단계를 포함하고,

상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고,

상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 제1 곡률과 반대되는, 전동기 설계 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 모델에 의하여 형성되는 자속선의 곡률과 적어도 부분적으

로 대응하는, 전동기 설계 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 모델은 서로 다른 적어도 2개의 물질들로 구성되고,

상기 전동기 설계 방법은,

상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 제2 곡률에 대응하도록 보정하는 단계를 포함하는, 전동기 설계 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 보정하는 단계는 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경되는 비율에 기반하여 상기 제2 곡률을 결정하는, 전동기 설계 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 문서에서 개시되는 실시 예들은 전동기 설계 방법 및 이를 지원하는 전동기 설계 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전동기는 전자 유도 현상을 이용하여 전기 에너지를 기계적 에너지인 회전 운동으로 변환하는 기계 장치일 수 있다. 예를 들어, 전동기는 회전자(rotor)의 코일에 흐르는 전류와 고정자(stator)의 자기장 사이에 작용하는 힘에 의하여 회전력을 발생시킬 수 있다.

[0003] 최근에는 전기차의 개발 및 상용화와 더불어 모터와 같은 전동기의 수요가 증가하는 추세이다. 예를 들어, 전기차에 이용되는 중요한 기계 장치인 모터는 전기차의 성능, 전기차의 디자인 및 전기차 내 다른 구조(또는 기계 장치)와의 적절한 배치를 위하여 보다 정밀한 설계를 필요로 할 수 있다.

[0004] 전동기를 설계하는 방법은 1차 설계된 모델의 몇몇 설계 변수를 지정하여 최적 설계를 수행하는 방법을 포함할 수 있다. 상기 설계 변수를 지정하여 최적 설계를 수행하는 방법은 설계 정보의 수치를 변경하며 최적 설계안의 설계 변수를 산출함으로써, 지정된 설계 범위 내에서 빠르고 효율적으로 전동기의 최적 형상을 탐색할 수 있다. 그러나 상기 설계 변수를 지정하여 최적 설계를 수행하는 방법은 제한적인 설계 변수의 개수를 포함할 수 있다.

[0005] 상기 설계 변수를 지정하여 최적 설계를 수행하는 방법의 문제점을 해소할 수 있는 다른 설계 방법으로는, 토폴로지 알고리즘(topology algorithm, TA)을 이용하여 최적 설계를 수행하는 방법이 있다. 상기 토폴로지 알고리즘을 이용하여 최적 설계를 수행하는 방법은 복수의 셀(cell) 구조를 유연하게 변경함으로써, 정형화되지 않은 전동기의 최적 형상을 탐색할 수 있다. 그러나 상기 토폴로지 알고리즘을 이용하여 최적 설계를 수행하는 방법 또한 다음과 같은 문제점을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 토폴로지 알고리즘을 이용하여 최적 설계를 수행하는 방법은 복수의 셀 구조를 유연하게 변경 가능한 대신 상기 복수의 셀 구조를 세부적으로 변경하는 데 상당한 시간을 소비할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에 따라 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에서는, 토폴로지 알고리즘의 전동기 설계와 관련된 최적해 산출에 필요한 시간을 감소시키되 상기 전동기 설계와 관련된 최적해 산출의 정확도를 증가시킬 수 있는 전동기 설계 방법 및 이를 지원하는 전동기 설계 장치를 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시 예에 따르면, 전동기 설계 장치는 제1 곡률을 가지는 원통 형상의 모델에 대응하도록 복수의 셀(cell)

을 포함하는 적어도 하나의 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성하는 전처리부, 및 유전 알고리즘을 이용하여 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 해를 산출하는 유전 알고리즘 모듈을 포함하고, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 제1 곡률과 반대될 수 있다.

[0008] 일 실시 예에 따르면, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 모델에 의하여 형성되는 자속선의 곡률과 적어도 부분적으로 대응할 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 따르면, 상기 모델은 서로 다른 적어도 2개의 물질들로 구성되고, 상기 전동기 설계 장치는 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 제2 곡률에 대응하도록 보정하는 후처리부를 포함할 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따르면, 상기 후처리부는 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경되는 비율에 기반하여 상기 제2 곡률을 결정할 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따르면, 전동기 설계 방법은 제1 곡률을 가지는 원통 형상의 모델에 대응하도록 복수의 셀(cell)을 포함하는 적어도 하나의 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성하는 단계, 및 유전 알고리즘을 이용하여 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 해를 산출하는 단계를 포함하고, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 제1 곡률과 반대될 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 따르면, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 상기 모델에 의하여 형성되는 자속선의 곡률과 적어도 부분적으로 대응할 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 모델은 서로 다른 적어도 2개의 물질들로 구성되고, 상기 전동기 설계 방법은, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 제2 곡률에 대응하도록 보정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 보정하는 단계는 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경되는 비율에 기반하여 상기 제2 곡률을 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 문서에 개시되는 다양한 실시 예에 따른 전동기 설계 방법 및 이를 지원하는 전동기 설계 장치는 토폴로지 알고리즘의 전동기 설계와 관련된 최적해 산출에 필요한 시간을 감소시키되 상기 전동기 설계와 관련된 최적해 산출의 정확도를 증가시킴으로써, 전동기 설계의 효율성을 증가시킬 수 있다.

[0016] 이 외에도 본 문서를 통해 직접적 또는 간접적으로 파악되는 다양한 효과가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 일 실시 예에 따른 전동기 설계 장치의 블록도이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 전동기의 사시도이다.

도 3은 도 2에 도시된 전동기의 일부분에 해당하는 단면도이다.

도 4는 일 실시 예에 따른 전동기의 설계 단계 중 역방향 메쉬 그리드를 생성하는 과정을 예시적으로 도시한 도면이다.

도 5는 일 실시 예에 따른 전동기의 설계 단계 중 비율 기반 평탄화 기법을 수행하는 과정을 예시적으로 도시한 도면이다.

도 6은 일 실시 예에 따른 전동기 설계 방법을 도시한 흐름도이다.

도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 대응되는 구성요소에 대해서는 동일한 참조 번호가 부여될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것

이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 이하에서 동일한 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0019] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.

[0020] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "이루어지다(made of)"는 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0021] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성에 대하여 상세히 설명한다.

[0024] 도 1은 일 실시 예에 따른 전동기 설계 장치의 블록도이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 전동기 설계 장치(100)는 전처리부(110), 유전 알고리즘 모듈(120), 형상 결정부(130) 및 후처리부(140)를 포함할 수 있다. 다양한 실시 예에서, 전동기 설계 장치(100)는 상기 구성요소들 중 적어도 하나를 생략하거나 다른 구성요소를 추가적으로 포함할 수 있다. 예를 들어, 전동기 설계 장치(100)는 적어도 하나의 메모리를 더 포함할 수 있다.

[0026] 일 실시 예에 따르면, 전처리부(110)는 설계 대상을 결정하고, 상기 결정된 설계 대상의 제1 모델에 대응하는 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성할 수 있다. 예를 들어, 전처리부(110)는 모터의 회전자(예: 도 3의 제2 구조물(320))를 설계 대상으로 결정하고, 기 설계된 모터의 회전자 모델(예: SynRM rotor)에 대응하는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역을 생성할 수 있다. 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역은 복수의 셀(cell)을 포함하는 영역일 수 있다. 여기서, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 설계 대상의 형상에 따른 곡률과 반대되는 곡률을 가질 수 있다.

[0027] 일 실시 예에 따르면, 유전 알고리즘 모듈(120)은 유전 알고리즘을 이용하여 상기 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 제1 해를 산출할 수 있다. 예를 들어, 유전 알고리즘 모듈(120)은 초기해 생성 및 엘리트 셋을 지정하는 제1 산출 과정, 교차 및 돌연변이에 기반하여 자식해를 생성하는 제2 산출 과정, 및 세대를 반복하며 수렴 모델을 산출하는 제3 산출 과정을 통해 상기 제1 해를 산출할 수 있다.

[0028] 유전 알고리즘 모듈(120)은 상기 제1 산출 과정에서, 기 설계된 모터의 회전자 모델에 대응하는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 임의의 해들을 설정하고, 상기 설정된 임의의 해들 중 설계 대상인 모터의 성능(예: 토크(torque))을 고려하여 적어도 하나의 엘리트 셋을 지정할 수 있다.

[0029] 유전 알고리즘 모듈(120)은 상기 제2 산출 과정에서, 상기 제1 산출 과정을 통해 지정된 적어도 하나의 엘리트 셋을 증대(augmentation)하여 복수의 자식해들을 생성할 수 있다.

[0030] 유전 알고리즘 모듈(120)은 상기 제3 산출 과정에서, 상기 제1 산출 과정 및 상기 제2 산출 과정을 반복하여 설계 대상인 모터의 성능을 증가시킬 수 있는 제1 해를 산출할 수 있다.

[0031] 유전 알고리즘 모듈(120)은 상술한 제1 내지 제3 산출 과정을 통해 산출된 제1 해에 기반하여, 상기 전처리부(110)에 의해 생성된 제1 모델을 제2 모델로 변경(또는 보정)할 수 있다.

[0032] 일 실시 예에 따르면, 형상 결정부(130)는 ON-OFF 기법에 기반하여 상기 제2 모델로부터 상기 제3 모델의 형상

을 결정할 수 있다. 예를 들어, 형상 결정부(130)는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에서, 복수의 셀 각각에 해당하는 물질(예; 철(Fe) 또는 공기)을 변경하는 과정을 반복함으로써, 설계 대상인 모터의 성능에 최적화된 제3 모델의 형상을 결정할 수 있다.

[0033] 일 실시 예에 따르면, 후처리부(140)는 지정된 곡률에 기반하여, 상기 제3 모델의 형상에서 구조물의 경계면을 평탄화할 수 있다. 예를 들어, 후처리부(140)는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 지정된 곡률에 대응하도록 보정할 수 있다. 상기 지정된 곡률은 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경(예: 제1 부분들의 물질은 제2 부분들의 물질로 변경되고, 제2 부분들의 물질은 제1 부분들의 물질로 변경)되는 비율에 기반하여 결정될 수 있다.

[0034] 다양한 실시 예에 따르면, 상술한 전동기 설계 장치(100) 내 적어도 하나의 구성요소들의 동작(또는 기능)은 적어도 하나의 프로세서(미도시)에 의하여 수행될 수 있다.

[0035] 다양한 실시 예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서는 메모리(미도시)로부터 명령(command) 또는 인스트럭션들(instructions)을 수신하고, 수신된 명령 또는 인스트럭션들에 따라 각 구성요소들을 제어하여, 다양한 기능들을 수행할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서는 중앙 처리 장치(central processing unit, CPU), 마이크로 컨트롤 유닛(micro control unit, MCU), 마이크로 프로세서 유닛(micro processor unit, MPU) 등으로 구현될 수 있다.

[0037] 도 2는 일 실시 예에 따른 전동기의 사시도이다.

[0038] 도 2를 참조하면, 일 실시 예에 따른 전동기(200)는 특정 모터일 수 있다. 예를 들어, 상기 전동기(200)는 릴럭턴스(reluctance) 토크에 기반하여 회전력을 발생시키는 릴럭턴스 모터일 수 있다. 다양한 실시 예에서, 상기 전동기(200)의 형상은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 예시적으로 도시한 도면이며, 릴럭턴스 모터뿐만 아니라 다양한 종류의 전동기로 대체될 수 있다.

[0040] 도 3은 도 2에 도시된 전동기의 일부분에 해당하는 단면도이다. 도 3은 도 2의 A-A' 선을 따라 절단된 단면을 나타내는 도면일 수 있다.

[0041] 도 3을 참조하면, 일 실시 예에 따른 전동기(200)는 제1 구조물(310) 및 제2 구조물(320)을 포함할 수 있다. 제1 구조물(310)은 예를 들어, 모터의 고정자에 해당할 수 있다. 제2 구조물(320)은 예를 들어, 모터의 회전자에 해당할 수 있다.

[0042] 일 실시 예에 따르면, 제1 구조물(310)은 제1 금속층(311) 및 권선들(301)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 금속층(311)들 사이사이에는 구리 권선 다발에 해당하는 권선들(301)이 배치될 수 있다.

[0043] 일 실시 예에 따르면, 제2 구조물(320)은 복수의 금속층들(321, 322, 323) 및 복수의 공기층들(302a, 302b, 302c)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 복수의 금속층들(321, 322, 323) 사이사이에는 복수의 공기층들(302a, 302b, 302c)이 형성될 수 있다.

[0044] 다양한 실시 예에 따르면, 제1 구조물(310) 및 제2 구조물(320) 각각은 서로 같거나 다른 물질들로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제1 구조물(310)에서 제1 금속층(311)은 제1 크기의 자기 특성을 갖는 금속과 제2 크기의 자기 특성을 갖는 금속들을 포함하고, 제2 구조물(320)에서 제2 금속층들(321, 322, 323)은 제3 크기의 자기 특성을 갖는 금속과 제4 크기의 자기 특성을 갖는 금속들을 포함할 수 있다.

[0046] 도 4는 일 실시 예에 따른 전동기의 설계 단계 중 역방향 메쉬 그리드를 생성하는 과정을 예시적으로 도시한 도면이다. 다양한 실시 예에서, 도 4의 적어도 일부 구성요소는 도 3의 구성요소들 중 적어도 일부와 대응될 수 있다. 예를 들어, 도 4에 도시된 제2 구조물(420)은 도 3에 도시된 제2 구조물(320)과 대응될 수 있다.

[0047] 도 4를 참조하면, 일 실시 예에 따른 전동기 설계 장치(100)는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에 기반하여 제1 상태(400a)의 제2 구조물(420) 형상을 제2 상태(400b)로 변경(또는 보정)할 수 있다.

[0048] 제1 상태(400a)를 참조하면, 제2 구조물(420)에는 지정된 곡률을 갖는 자속선들(499a)이 형성될 수 있다. 상기

자속선들(499a)에 의한 자속의 경로는 예컨대 제2 구조물(420)의 형상(예: 원통형)에 따른 제1 곡률(예: 제2 구조물(420)의 바깥 곡면의 곡률)과 반대될 수 있다.

[0049] 제2 상태(400b)를 참조하면, 제2 구조물(420)에는 복수의 셀을 포함하는 메쉬 그리드 영역이 생성될 수 있다. 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선(499b)의 곡률은 제1 상태(400a)의 자속선들(499a)의 곡률과 적어도 부분적으로 대응될 수 있다. 여기서, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선(499b)의 곡률은 제2 구조물(420)의 형상에 따른 제1 곡률과 반대될 수 있다.

[0051] 도 5는 일 실시 예에 따른 전동기의 설계 단계 중 비율 기반 평탄화 기법을 수행하는 과정을 예시적으로 도시한 도면이다. 다양한 실시 예에서, 도 5의 적어도 일부 구성요소는 도 3(또는 도 4)의 구성요소들 중 적어도 일부와 대응될 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 제2 구조물(420)은 도 3에 도시된 제2 구조물(320)과 대응될 수 있다.

[0052] 도 5를 참조하면, 일 실시 예에 따른 전동기 설계 장치(100)는 비율 기반 평탄화 기법에 기반하여 제2 구조물(420)에서 서로 다른 층들 사이의 경계면을 곡선으로 보정할 수 있다. 예를 들어, 확대 영역(A)을 참조하면, 후처리부(140)는 메쉬 그리드 영역 중 금속층들(422, 423) 및 공기층(402b) 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 지정된 곡률에 대응하도록 보정할 수 있다. 상기 지정된 곡률은 상기 경계면에 인접한 제1 부분들(P1) 및 제2 부분들(P2)이 서로 변경되는 비율에 기반하여 결정될 수 있다. 즉, 후처리부(140)는 하나의 금속층(422) 및 공기층(402b) 사이의 경계면에서, 물질들 간의 비율에 기반하여 상기 하나의 금속층(422)에 해당하는 물질을 상기 공기층(402b)에 해당하는 물질로 변경하고, 상기 공기층(402b)에 해당하는 물질을 상기 하나의 금속층(422)에 해당하는 물질로 변경함으로써, 제1 곡선(S1)을 형성할 수 있다. 또한, 후처리부(140)는 다른 하나의 금속층(423) 및 공기층(402b) 사이의 경계면에서, 물질들 간의 비율에 기반하여 상기 다른 하나의 금속층(423)에 해당하는 물질을 상기 공기층(402b)에 해당하는 물질로 변경하고, 상기 공기층(402b)에 해당하는 물질을 상기 다른 하나의 금속층(423)에 해당하는 물질로 변경함으로써, 제2 곡선(S2)을 형성할 수 있다. 따라서, 후처리부(140)는 금속층(422 및/또는 423) 및 공기층(402b) 사이의 경계면을 지정된 곡선(S1 및/또는 S2)으로 변경하더라도 메쉬 그리드 영역 내에서 해당 물질들이 차지하는 비율을 상기 변경 전과 동일하게 유지할 수 있다.

[0054] 도 6은 일 실시 예에 따른 전동기 설계 방법을 도시한 흐름도이다.

[0055] 단계 S610을 참조하면, 전동기 설계 장치(100)는 설계 대상을 결정하고, 상기 결정된 설계 대상의 제1 모델에 대응하는 메쉬 그리드(mesh grid) 영역을 생성할 수 있다. 예를 들어, 전처리부(110)는 모터의 회전자(예: 도 3의 제2 구조물(320))를 설계 대상으로 결정하고, 기 설계된 모터의 회전자 모델(예: SynRM rotor)에 대응하는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역을 생성할 수 있다. 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역은 복수의 셀(cell)을 포함하는 영역일 수 있다. 여기서, 상기 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에는 상기 복수의 셀에 의하여 곡선이 형성되고, 상기 복수의 셀에 의하여 형성된 곡선의 곡률은 설계 대상의 형상에 따른 곡률과 반대되는 곡률을 가질 수 있다.

[0056] 단계 S620을 참조하면, 전동기 설계 장치(100)는 유전 알고리즘을 이용하여 상기 메쉬 그리드 영역에 대한 목적함수의 제1 해를 산출할 수 있다. 예를 들어, 유전 알고리즘 모듈(120)은 초기해 생성 및 엘리트 셋을 지정하는 제1 산출 과정, 교차 및 돌연변이에 기반하여 자식해를 생성하는 제2 산출 과정, 및 세대를 반복하며 수렴 모델을 산출하는 제3 산출 과정을 통해 상기 제1 해를 산출할 수 있다. 유전 알고리즘 모듈(120)은 제1 내지 제3 산출 과정을 통해 산출된 제1 해에 기반하여, 상기 전처리부(110)에 의해 생성된 제1 모델을 제2 모델로 변경(또는 보정)할 수 있다.

[0057] 단계 S630을 참조하면, 전동기 설계 장치(100)는 ON-OFF 기법에 기반하여 상기 제2 모델로부터 상기 제3 모델의 형상을 결정할 수 있다. 예를 들어, 형상 결정부(130)는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역에서, 복수의 셀 각각에 해당하는 물질(예; 철(Fe) 또는 공기)을 변경하는 과정을 반복함으로써, 설계 대상인 모터의 성능에 최적화된 제3 모델의 형상을 결정할 수 있다.

[0058] 단계 S640을 참조하면, 전동기 설계 장치(100)는 지정된 곡률에 기반하여 상기 제3 모델의 형상에서 구조물의 경계면을 평탄화할 수 있다. 예를 들어, 후처리부(140)는 적어도 하나의 메쉬 그리드 영역 중 서로 다른 적어도 2개의 물질들 사이에 위치한 계단 형상의 경계면을 지정된 곡률에 대응하도록 보정할 수 있다. 상기 지정된 곡률은 상기 서로 다른 적어도 2개의 물질들 중 상기 경계면에 인접한 부분들이 서로 변경(예: 제1 부분들의 물질

은 제2 부분들의 물질로 변경되고, 제2 부분들의 물질은 제1 부분들의 물질로 변경)되는 비율에 기반하여 결정될 수 있다.

[0060] 이상과 같이 본 발명의 도시된 실시 예를 참고하여 설명하고 있으나, 이는 예시적인 것들에 불과하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 요지 및 범위에 벗어나지 않으면서도 다양한 변형, 변경 및 균등한 다양한 타 실시 예들이 가능하다는 것을 명백하게 알 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적인 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0061] 100: 전동기 설계 장치

110: 전처리부

120: 유전 알고리즘 모듈

130: 형상 결정부

140: 후처리부

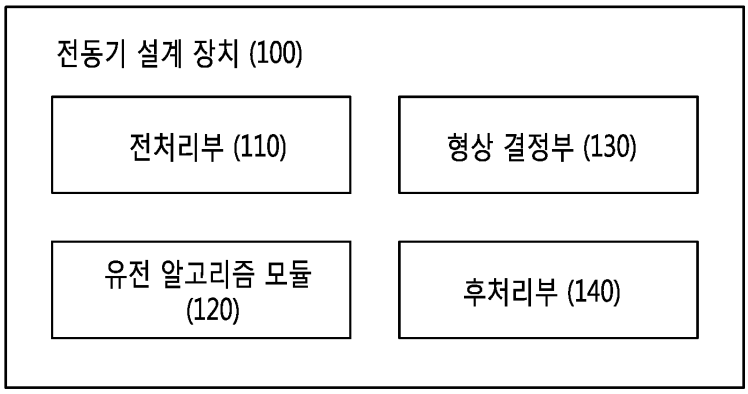
200: 전동기

310: 제1 구조물

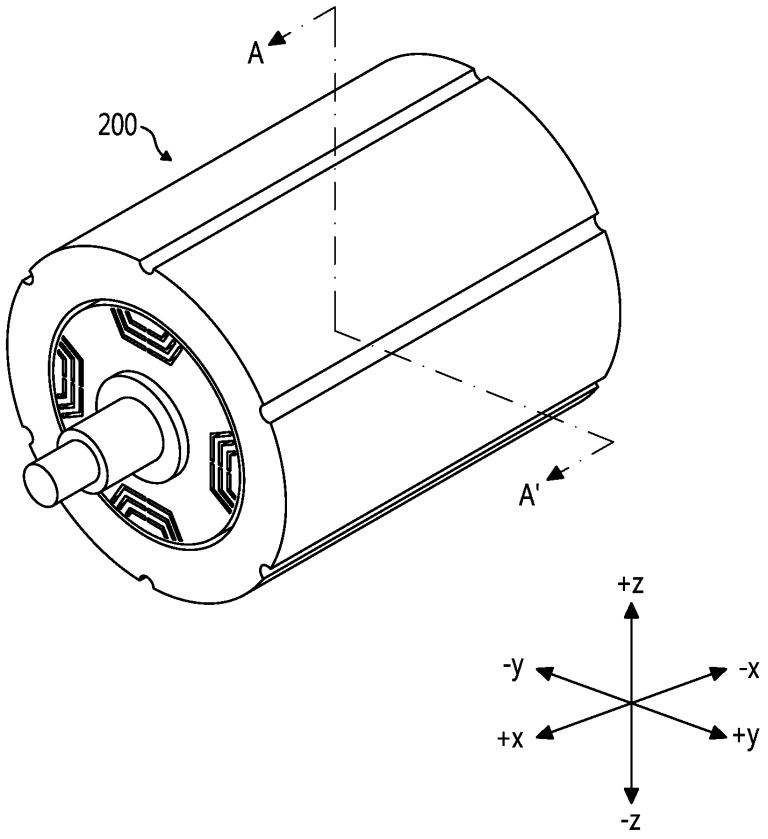
320: 제2 구조물

도면

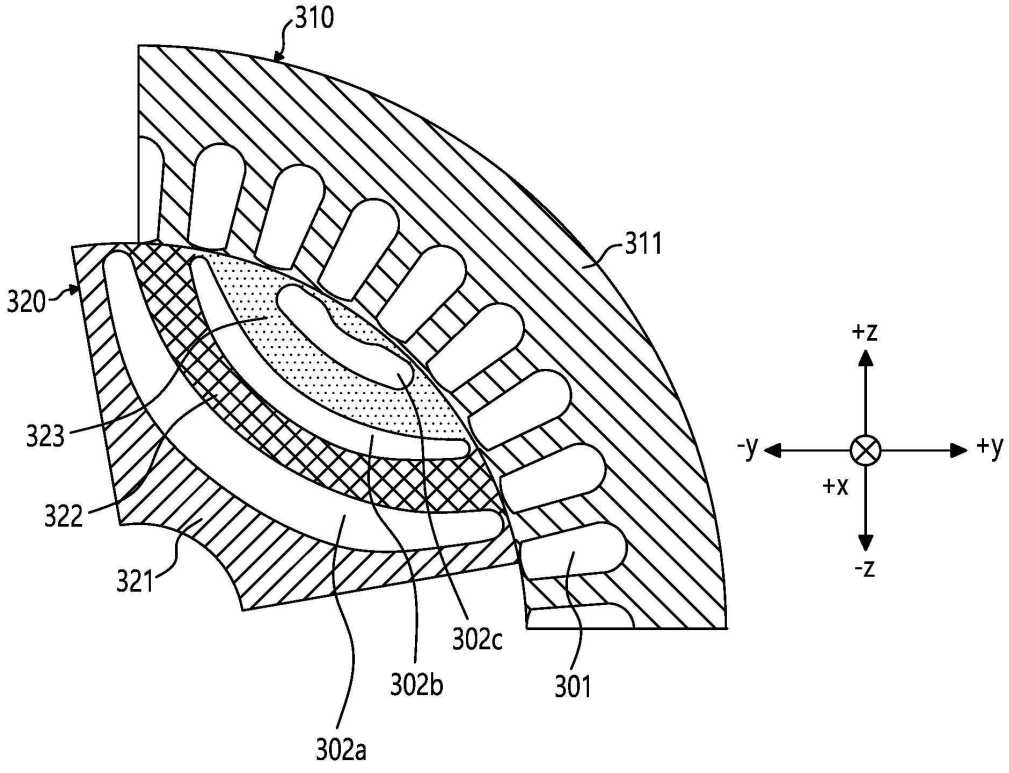
도면1



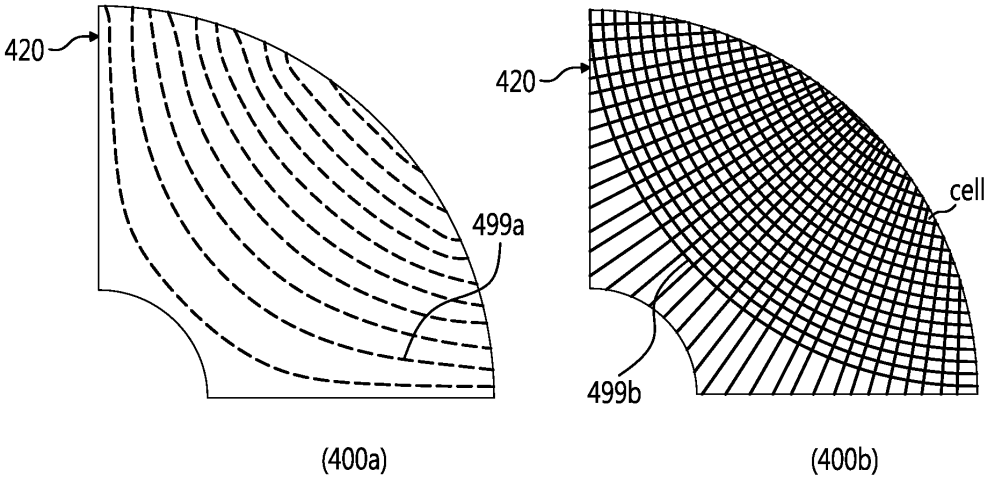
도면2



도면3

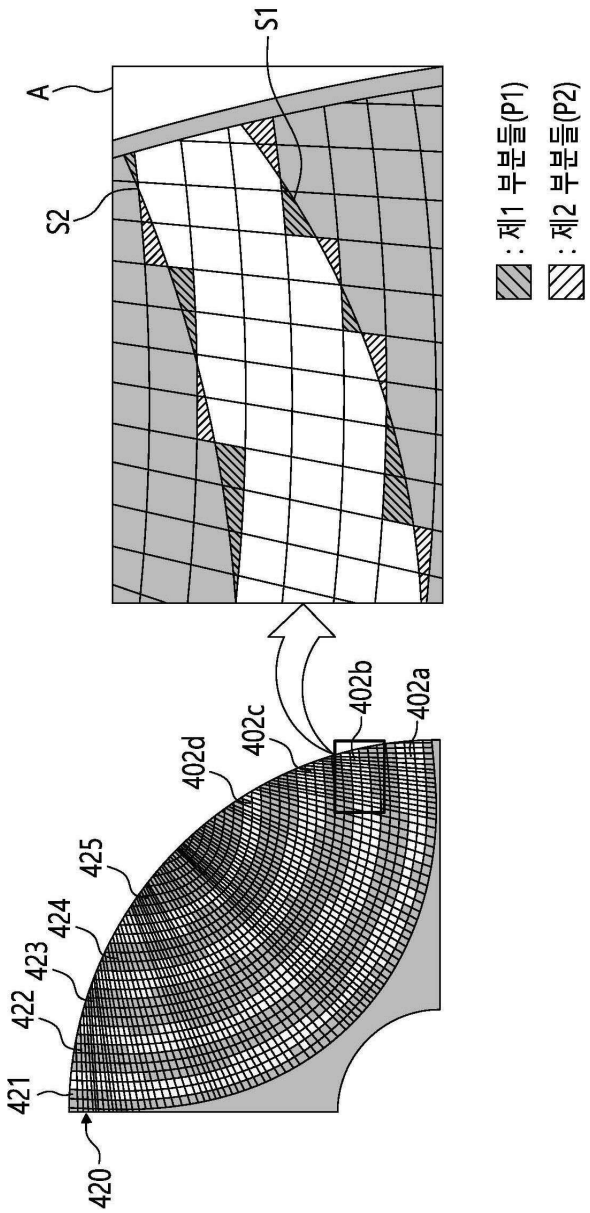


도면4

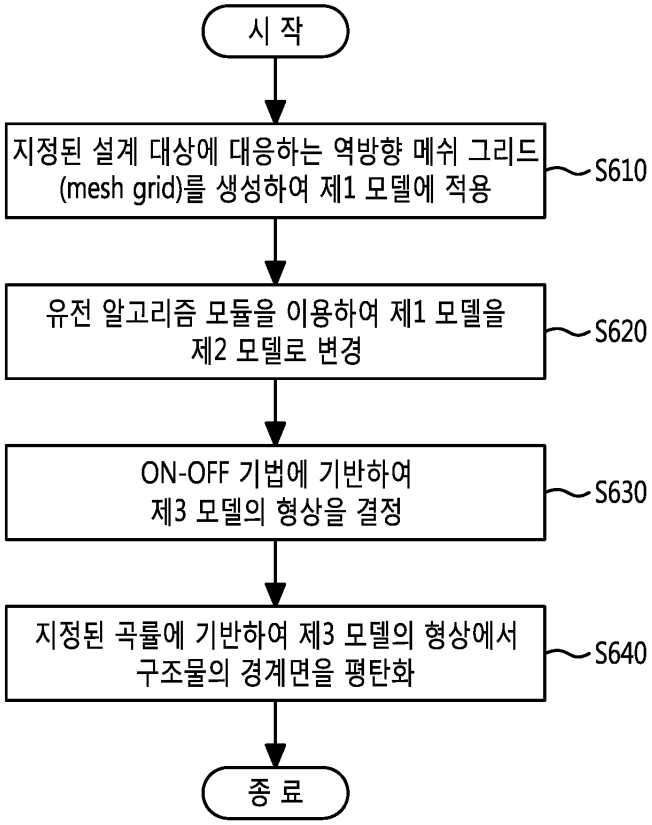


(400a) (400b)

도면5


A
S1
S2
: 제1 부분들(P1)
: 제2 부분들(P2)
402b
402a
402c
402d
425
424
423
422
421
420

도면6


시 작
지정된 설계 대상에 대응하는 역방향 메쉬 그리드 (mesh grid)를 생성하여 제1 모델에 적용
S610
유전 알고리즘 모듈을 이용하여 제1 모델을 제2 모델로 변경
S620
ON-OFF 기법에 기반하여 제3 모델의 형상을 결정
S630
지정된 곡률에 기반하여 제3 모델의 형상에서 구조물의 경계면을 평탄화
S640
종 료