(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0094440
(43) 공개일자 2014년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H02K 1/24* (2006.01) *H02K 19/10* (2006.01)
*H02K 1/22* (2014.01) *H02K 1/27* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-7002885
(22) 출원일자(국제) 2011년07월07일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2013년02월04일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2011/053024
(87) 국제공개번호 WO 2012/004761
국제공개일자 2012년01월12일
(30) 우선권주장
10169115.2 2010년07월09일
유럽특허청(EPO)(EP)
61/363,199 2010년07월09일 미국(US)

(71) 출원인
**브루사 일렉트로닉 아게**
스위스 시에이치-9466 센발드 노이도르프 14
(72) 발명자
**매소이, 아르노**
스위스 시에이치-9472 그랩스 스테인버그베그 16
**홀츠너 안드레아스**
독일 83334 인첼 슐츠바체르 스트라세 67
(74) 대리인
**최광호**

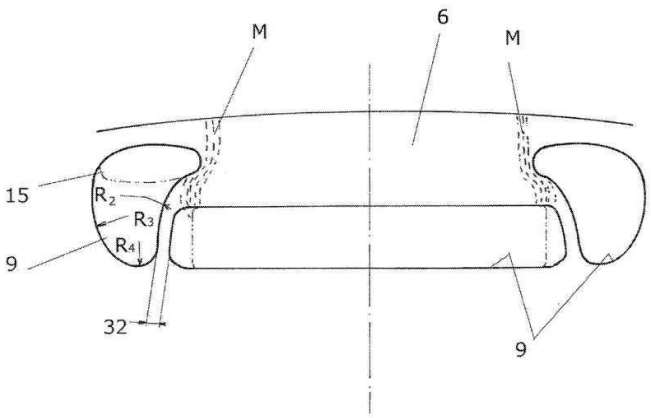
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 발명의 명칭 **전기기계를 회전시키는 적층 로터**

## (57) 요 약

본 발명은 전기자동차를 구동하기 위한 전기모터의 로터판의 형상에 관한 것이다. 본 발명은 높은 원심력으로 인해 로터에 생기는 노치응력을 상당히 줄일 수 있다. 한편, 본 발명에 의하면 전기모터나 로터의 수명과 토크를 증가시키고, 리프팅 효과도 줄일 수 있다. 이런 효과를 내기위해, 본 발명은 자동차의 하이브리드 동기모터에서 전기장치를 회전시키는데 사용되고, 자속장벽이나 자석포켓으로 쓰이는 하나나 다수의 슬릿(9)이 로터판(6)에 형성되어 있으며, 슬릿의 반경방향의 안쪽과 바깥쪽 가장자리 구간에서 측면까지 둥그스름한 천이구역(13)이 있고, 이런 천이구역들 중의 적어도 하나는 원형이나 타원형 형태를 갖는 적층 로터에 있어서: 각각의 천이구역(13)이 2차 곡선(15)의 일부분을 이루고, 인접 슬릿(9) 사이에 비스듬한 크로스피스(32)가 배치되며, 크로스피스의 중심선이 자극 축선과 이루는 각도(33)가 10도 내지 50도, 바람직하게는 30도인 로터를 제공한다.

## 대 표 도



## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

자동차의 하이브리드 동기모터에서 전기장치를 회전시키는데 사용되고, 자속장벽이나 자석포켓으로 쓰이는 하나나 다수의 슬릿(9)이 로터판(6)에 형성되어 있으며, 슬릿의 반경방향의 안쪽과 바깥쪽 가장자리 구간에서 측면까지 둥그스름한 천이구역(13)이 있고, 이런 천이구역들 중의 적어도 하나는 원형이나 타원형 형태를 갖는 적층 로터에 있어서:

각각의 천이구역(13)이 2차 곡선(15)의 일부분을 이루고, 인접 슬릿(9) 사이에 비스듬한 크로스피스(32)가 배치되며, 크로스피스의 중심선이 자극 축선과 이루는 각도(33)가 10도 내지 50도, 바람직하게는 30도인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 로터(1) 특히 하이브리드 동기모터의 토크를 증가시키는데 사용되고, 로터판(6)이 코발트와 철이 각각 50%인 철-코발트 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 천이구역(13)의 곡선(15)이 타원(15)인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 4**

제1항 내지 제3항 중의 어느 하나에 있어서, 자극(2)내 슬릿(8)이 반경방향 슬릿이고, 2차 곡선(15)이 반경방향 슬릿(9)내의 접선방향으로 대칭 배칠된 타원인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧은 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 6**

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 슬릿(9)이 브리지(19)에 의해 2개의 슬릿부분(9A~B)으로 나누어지고, 안쪽의 첫번째 슬릿부분(9A)은 영구자석(30)을 끼워 제1 자속장벽을 형성하며, 바깥쪽 두번째 슬릿부분(9B)이 제2 자속장벽 역할을 하는 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 7**

제9항에 있어서, 상기 슬릿부분(9B)에 영구자석을 끼우는 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 8**

제6항 또는 제7항에 있어서, 2개의 슬릿부분(9A~B)의 안쪽 단부(12,20)가 2차 곡선(15)에 맞는 타원이나 포물선 형태인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 9**

제6항 내지 제8항 중의 어느 하나에 있어서, 슬릿부분(9A)의 바깥쪽 단부(21)가 2차 곡선(15)에 맞는 타원이나 포물선 형태인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 10**

제4항 내지 제9항 중의 어느 하나에 있어서, 상기 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 11**

제1항 내지 제10항 중의 어느 하나에 있어서, 상기 천이구역(13)이 2차 곡선의 타원으로 이루어진 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 곡선(15)이 천이구역(13)의 포물선 형태인 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 13**

제1항에 있어서, 상기 곡선이 노치응력을 받는 천이구역(13)의 고차 다항식에 따라 구성된 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 14**

제1항 내지 제3항 중의 어느 하나에 있어서, 제1 그룹의 슬릿(9)의 바깥쪽 가장자리는 반경방향으로 자속선(M)을 집중하거나 편향하기 위해 신장 모양의 윤곽을 갖는 것을 특징으로 하는 로터.

**청구항 15**

앞에서 설명하고 도면에서 예시한 것과 같은 로터.

**청구항 16**

방사상 축선을 갖는 축과 자극편을 갖는 자극을 하나 이상 갖는 로터편;

상기 자극에서 방사상으로 뻗는 기다란 슬롯으로서, 상기 자극축선과 일치하는 중심 축선을 갖고, 제1 측면과 제2 측면을 갖는 슬롯;

상기 슬롯에서 반경방향으로 바깥쪽에 위치하는 단부 구간;

상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 2차 곡선 형태를 갖는 곡선형 천이구역;

상기 슬롯에서 반경방향으로 안쪽에 위치하는 단부 구간;

상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 타원의 원주 형상을 가지며, 이 타원의 장축은 슬롯의 폭보다 40~60% 더 길고 단축은 슬롯의 폭보다 70~80% 짧은 곡선형 천이구역;

상기 슬롯의 폭 방향으로 배치되고, 제1 및 제2 슬롯부분들을 분리하는 브리지; 및

상기 제1 슬롯부분에 있는 영구자석;을 포함하는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 제2 슬롯부준이 속이 빈 자속격벽이고; 상기 영구자석이 브리지를 포화시키는 자속을 일으켜 브리지의 자속에 대한 높은 저항을 일으키고 브리지의 자기도전율을 낮춰, 자속장벽의 효과를 자극의 종축선의 길이 전체까지 확장하는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 18**

제16항에 있어서, 상기 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워지는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 19**

제16항에 있어서, 2차 곡선 형태의 상기 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필 중에서 선택된 프로필을 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 20**

제16항에 있어서, 상기 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧은 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 21**

제20항에 있어서, 상기 바깥쪽 천이구역의 타원의 단축이 안쪽 천이구역의 타원의 단축보다 작은 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 22**

제20항에 있어서, 상기 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧은 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 23**

제22항에 있어서, 상기 바깥쪽 천이구역의 타원의 단축이 안쪽 천이구역의 타원의 단축보다 작은 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 24**

제16항에 있어서, 상기 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜인 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 25**

제16항에 있어서, 상기 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 26**

방사상 축선을 갖는 축과 자극편을 갖는 자극을 하나 이상 갖는 로터편;

상기 자극에서 방사상으로 뻗는 기다란 슬롯으로서, 상기 자극축선과 일치하는 중심 축선을 갖고, 제1 측면과 제2 측면을 갖는 슬롯;

상기 슬롯에서 반경방향으로 바깥쪽에 위치하는 단부 구간;

상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 2차 곡선 형태를 갖는 곡선형 천이구역;

상기 슬롯에서 반경방향으로 안쪽에 위치하는 단부 구간;

상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 타원의 원주 형상을 가지며, 이 타원의 장축은 슬롯의 폭보다 40~60% 더 길고 단축은 슬롯의 폭보다 70~80% 짧은 곡선형 천이구역;

상기 슬롯의 폭 방향으로 배치되고, 제1 및 제2 슬롯부분들을 분리하는 브리지;

반경방향 안쪽의 제1 슬롯부분과 바깥쪽의 제2 슬롯부분; 및

상기 제1 슬롯부분에 있는 영구자석;을 포함하고,

상기 제1 슬롯부분은 곡선형 바깥쪽 천이구역을 가지며, 이 천이구역은 2차 곡선 형태를 갖고;

상기 제2 슬롯부분은 곡선형 안쪽 천이구역을 가지며, 이 천이구역도 2차 곡선 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 27**

제26항에 있어서, 상기 제2 슬롯부준이 속이 빈 자속격벽이고; 상기 영구자석이 브리지를 포화시키는 자속을 일으켜 브리지의 자속에 대한 높은 저항을 일으키고 브리지의 자기도전율을 낮춰, 자속장벽의 효과를 자극의 종축선의 길이 전체까지 확장하는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 28**

제26항에 있어서, 상기 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워지는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 29**

제26항에 있어서, 상기 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜인 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 30**

제26항에 있어서, 상기 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 31**

제26항에 있어서, 상기 바깥쪽 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워지는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 32**

중심축선에서 반경방향으로 연장하는 로터판;

상기 로터판에 형성되고, 원호와 일치하는 주축을 갖는 제1 자석포켓 요홈부;

상기 자석포켓 요홈부는 반경방향 바깥쪽의 윗벽과, 안쪽의 바닥벽과, 윗벽과 바닥벽 사이의 제1 단부 및 제2 단부를 갖고;

상기 제1 단부 가까이 위치하는 제1 자속격벽 요홈부로서, 로터판의 반경에 대해 10도 내지 50도 범위의 각도로 비스듬하게 놓이는 제1 경사 크로스피스에 의해 상기 제1 단부에서 분리되고, 윗벽과 아랫벽을 갖는 제1 자속격벽 요홈부;

상기 제2 단부 가까이 위치하는 제2 자속격벽 요홈부로서, 로터판의 반경에 대해 10도 내지 50도 범위의 각도로 비스듬하게 놓이는 제2 경사 크로스피스에 의해 상기 제2 단부에서 분리되고, 윗벽과 아랫벽을 갖는 제2 자속격벽 요홈부;

상기 포켓 요홈부에서, 상기 윗벽과 제1 단부 사이의 제1 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제1 단부 사이에 위치하는 제1 안쪽 천이구역, 방사상 바깥쪽 윗벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 안쪽 천이구역, 제1 자속격벽이 윗벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제1 자속격벽 아랫벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 아랫쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 윗벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 아랫벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 아랫쪽 천이구역;을 포함하고,

상기 각각의 천이구역이 2차 곡선 형태를 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 33**

제32항에 있어서, 상기 각각의 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필로 이루어진 군에서 선택되는 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 34**

제32항에 있어서, 상기 각각의 천이구역이 타원형인 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 35**

제32항에 있어서, 상기 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 36**

제32항에 있어서,

상기 로터판의 반경에 횡방향으로 배치되고, 원호에 일치하는 제1 자속포켓 요홈부의 장축에 평행한 장축을 갖는 바깥쪽 자석포켓 요홈부를 더 포함하고;

상기 바깥쪽 자석포켓 요홈부가 반경방향 바깥쪽의 윗벽과 안쪽의 바닥벽과, 윗벽과 바닥벽 사이의 제1 단부 및 제2 단부를 가지며;

상기 바깥쪽 자석포켓의 제1 단부 가까이에 바깥쪽으로 배치되고 신장 모양의 윤곽을 갖는 제1 요홈부; 및

상기 바깥쪽 자석포켓의 제2 단부 가까이에 바깥쪽으로 배치되고 신장 모양의 윤곽을 갖는 제2 요홈부;를 더 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 37**

제36항에 있어서, 상기 포켓 요홈부에서, 상기 윗벽과 제1 단부 사이의 제1 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제1 단부 사이에 위치하는 제1 안쪽 천이구역, 방사상 바깥쪽 윗벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 안쪽 천이구역, 제1 자속격벽이 윗벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제1 자속격벽 아랫벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 아랫쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 윗벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 아랫벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 아랫쪽 천이구역을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 38**

제37항에 있어서, 상기 각각의 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필로 이루어진 군에서 선택되는 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

**청구항 39**

제37항에 있어서, 상기 각각의 천이구역이 타원형인 것을 특징으로 하는 전기장치 로터 어셈블리.

# *명 세 서*

## *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 자동차의 HSM(하이브리드 동기모터; hybrid synchronous motor)와 같은 높은 응력을 받는 전기장치를 회전시키는 적층 로터에 관한 것으로, 구체적으로는 전기자동차를 구동하기 위한 전기모터의 로터판의 형상에 관한 것이다.

## *배 경 기 술*

[0002] WO0148890A1에 알려진 전기장치에서는 고정자나 로터가 방사상 톱니모듈/자극을 구비하고, 이들은 서로 분리되어 있다. 리럭턴스를 높이기 위해, 각각의 톱니 모듈/자극에 리럭턴스 장벽을 설치하는데, 이런 장벽은 자극편에서 반경방향이나 축방향으로 뻗는 갭으로 이루어진다.

[0003] 공지된대로, 전기차나 하이브리드 자동차의 주축의 전기모터는 최대 12000rpm으로 회전한다. 이런 높은 회전속도는 대단히 큰 원심력을 일으킨다. 기본적으로 전류여자 동기모터나 발전기는 대형 모터나 발전소에 사용되고, 그 회전속도는 전술한 회전속도보다 아주 작다. 이런 전류여자 동기모터는 전기차에 사용되는 다른 종류의 모터(예; 비동기 및 영구자석 동기모터)와는 권선수와 여자전류 회전자에 있어서 크게 다르다.

[0004] 자극 캡에 작용하고 구리권선의 중량에 의해서만 생기지 않는 아주 큰 원심력 때문에, 전기차 분야에서는 CSM의 로터의 자극편이나 자극편 스택에 특히 높은 응력이 가해진다. 권선과 자극캡에 대한 지렛대힘으로 생기는 높은 원심력 때문에, 자속장벽으로 작용하는 슬롯의 일부분, 즉 기하학적으로 수평에서 수평으로 변하는 천이구역에 높은 노치응력이 생긴다. 기존의 원형 형태의 라운딩 부분의 형상에서는, 원형 라운딩 부분에서 직선으로 변하는 천이부분에 아주 높은 응력 피크가 생긴다. 오늘날 이런 응력피크들은 CSM의 로터 형상의 개발 가능성을 제한하고 높은 회전속도를 방해한다. 케블라 케이지, 용접, 나사결합과 같은 기존의 방법은 로터의 안정성은 높이지만 성능의 저하를 가져온다.

[0005] 자동차 분야의 주축에 사용되는 HSM(hybrid synchronous motor)에도 비슷한 효과가 일어나는데, 이 경우 자석이나 자속장벽을 홈에 끼운다.

[0006] 기존의 전류여자 동기머신의 로터 형상에서의 다른 문제는, 폐쇄된 로터판 적층 구조의 전기모터와 비교해 회전속도로 인한 원심력이 로터의 적층판에 작용하여 적층판을 축에서부터 리프팅시키는 것이다. 이런 축에서의 리프팅 효과는 회전속도를 제한한다. 이런 리프팅효과는 HSM과 같은 폐쇄형 자극구조에서는 덜하지만, 그래도 상당하다.

[0007] 따라서, 리프팅 거동의 개선, 즉 적층판이 축에서 덜 쉽게 풀리는 것이 바람직하다. 로터판의 리프팅 거동은 이론적으로는 축과 로터판 사이의 큰 억지끼워맞춤의 영향을 받는다. 그러나, 로터판의 반사상 슬릿 부분에서 응

력이 커지고, 이는 전술한 이유로 바람직하지 못하다. 따라서, 리프팅 효과와 노치응력이나, 로터판 적층체와 축 사이의 큰 접촉압력과, 큰 노치응력이 서로서로 악영향을 미친다.

[0008] US2007096578A1에 소개된 로터는 로터의 원주변 바로 옆에 홈을 형성하고, 홈의 단부를 타원형이나 원형과 같은 곡선형으로 했다.

[0009] US2010045121A1에서는 자기회로로 코발트 합금을 사용해 전기모터 구조의 자기포화를 증가시켰다.

[0010] 그러나, 이런 기술 어떤 것도 전술한 문제를 해결하지는 못한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 주목적은 12000rpm 정도의 높은 회전속도에서도 원심력으로 인한 문제가 전혀 없는 로터 구조를 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 로터의 형상을 개선하여, 기존의 전술한 문제점들을 줄이거나 제거하는 한편, 높은 원심력으로 인해 로터에 생기는 노치응력을 상당히 줄일 수 있다. 한편, 본 발명에 의하면 전기모터나 로터의 수명과 토크를 증가시키고, 리프팅 효과도 줄일 수 있다.

[0013] 이런 효과를 내기위해, 본 발명은 자동차의 하이브리드 동기모터에서 전기장치를 회전시키는데 사용되고, 자속장벽이나 자석포켓으로 쓰이는 하나나 다수의 슬릿(9)이 로터판(6)에 형성되어 있으며, 슬릿의 반경방향의 안쪽과 바깥쪽 가장자리 구간에서 측면까지 둥그스름한 천이구역(13)이 있고, 이런 천이구역들 중의 적어도 하나는 원형이나 타원형 형태를 갖는 적층 로터에 있어서: 각각의 천이구역(13)이 2차 곡선(15)의 일부분을 이루고, 인접 슬릿(9) 사이에 비스듬한 크로스피스(32)가 배치되며, 크로스피스의 중심선이 자극 축선과 이루는 각도(33)가 10도 내지 50도, 바람직하게는 30도인 로터를 제공한다.

[0014] 본 발명에서, 로터(1) 특히 하이브리드 동기모터의 토크를 증가시키는데 사용되고, 로터판(6)이 코발트와 철이 각각 50%인 철-코발트 합금으로 이루어질 수 있다. 또, 천이구역의 곡선이 타원일 수 있다. 또, 자극내 슬릿이 반경방향 슬릿이고, 2차 곡선(15)이 반경방향 슬릿(9)내의 접선방향으로 대칭 배칠된 타원일 수 있다. 또, 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧을 수 있다. 또, 슬릿(9)이 브리지(19)에 의해 2개의 슬릿부분(9A~B)으로 나누어지고, 안쪽의 첫번째 슬릿부분(9A)은 영구자석(30)을 끼워 제1 자속장벽을 형성하며, 바깥쪽 두번째 슬릿부분(9B)이 제2 자속장벽 역할을 할 수 있다. 또, 슬릿부분(9B)에 영구자석을 끼우기도 한다. 또, 2개의 슬릿부분(9A~B)의 안쪽 단부(12,20)가 2차 곡선(15)에 맞는 타원이나 포물선 형태일 수 있다. 또, 슬릿부분(9A)의 바깥쪽 단부(21)가 2차 곡선(15)에 맞는 타원이나 포물선 형태일 수 있다. 또, 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜일 수 있다. 또, 천이구역(13)이 2차 곡선의 타원으로 이루어지거나, 포물선 형태일 수 있다. 또, 곡선이 노치응력을 받는 천이구역(13)의 고차 다항식에 따라 구성될 수 있다. 또, 제1 그룹의 슬릿(9)의 바깥쪽 가장자리는 반경방향으로 자속선(M)을 집중하거나 편향하기 위해 신장 모양의 윤곽을 가질 수 있다.

[0015] 본 발명은 또한, 방사상 축선을 갖는 축과 자극편을 갖는 자극을 하나 이상 갖는 로터편; 상기 자극에서 방사상으로 뻗는 기다란 슬롯으로서, 상기 자극축선과 일치하는 중심 축선을 갖고, 제1 측면과 제2 측면을 갖는 슬롯; 상기 슬롯에서 반경방향으로 바깥쪽에 위치하는 단부 구간; 상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 2차 곡선 형태를 갖는 곡선형 천이구역; 상기 슬롯에서 반경방향으로 안쪽에 위치하는 단부 구간; 상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 타원의 원주 형상을 가지며, 이 타원의 장축은 슬롯의 폭보다 40~60% 더 길고 단축은 슬롯의 폭보다 70~80% 짧은 곡선형 천이구역; 상기 슬롯의 폭 방향으로 배치되고, 제1 및 제2 슬롯부분들을 분리하는 브리지; 및 상기 제1 슬롯부분에 있는 영구자석;을 포함하는 전기장치 로터 어셈블리도 제공한다.

[0016] 이때, 제2 슬롯부준이 속이 빈 자속격벽이고; 상기 영구자석이 브리지를 포화시키는 자속을 일으켜 브리지의 자속에 대한 높은 저항을 일으키고 브리지의 자기도전율을 낮춰, 자속장벽의 효과를 자극의 종축선의 길이 전체까지 확장할 수 있다. 또, 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워질 수 있다. 또, 2차 곡선 형태의 상기 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필 중에서 선택된 프로필을 가질 수 있다. 또, 상기 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧을 수

있다. 또, 바깥쪽 천이구역의 타원의 단축이 안쪽 천이구역의 타원의 단축보다 작을 수 있다. 또, 타원(15)의 장축이 반경방향 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 더 길고, 상기 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 짧을 수 있다. 또, 바깥쪽 천이구역의 타원의 단축이 안쪽 천이구역의 타원의 단축보다 작을 수 있다. 또, 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜일 수 있다. 또, 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어질 수 있다.

[0017] 본 발명은 또한, 방사상 축선을 갖는 축과 자극편을 갖는 자극을 하나 이상 갖는 로터편; 상기 자극에서 방사상으로 뻗는 기다란 슬롯으로서, 상기 자극축선과 일치하는 중심 축선을 갖고, 제1 측면과 제2 측면을 갖는 슬롯; 상기 슬롯에서 반경방향으로 바깥쪽에 위치하는 단부 구간; 상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 2차 곡선 형태를 갖는 곡선형 천이구역; 상기 슬롯에서 반경방향으로 안쪽에 위치하는 단부 구간; 상기 바깥쪽 단부 구간에 형성되고, 타원의 원주 형상을 가지며, 이 타원의 장축은 슬롯의 폭보다 40~60% 더 길고 단축은 슬롯의 폭보다 70~80% 짧은 곡선형 천이구역; 상기 슬롯의 폭 방향으로 배치되고, 제1 및 제2 슬롯부분들을 분리하는 브리지; 반경방향 안쪽의 제1 슬롯부분과 바깥쪽의 제2 슬롯부분; 및 상기 제1 슬롯부분에 있는 영구자석;을 포함하고, 상기 제1 슬롯부분은 곡선형 바깥쪽 천이구역을 가지며, 이 천이구역은 2차 곡선 형태를 갖고; 상기 제2 슬롯부분은 곡선형 안쪽 천이구역을 가지며, 이 천이구역도 2차 곡선 형태를 갖는 전기장치 로터 어셈블리도 제공한다.

[0018] 이때, 제2 슬롯부준이 속이 빈 자속격벽이고; 상기 영구자석이 브리지를 포화시키는 자속을 일으켜 브리지의 자속에 대한 높은 저항을 일으키고 브리지의 자기도전율을 낮춰, 자속장벽의 효과를 자극의 종축선의 길이 전체까지 확장할 수 있다. 또, 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워질 수 있다. 또, 슬릿(9)의 최외점(26)이 로터 자극(4)의 외틀(27)로부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 배치되고, 이 간격이 0.6~0.7 ㎜일 수 있다. 또, 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어질 수 있다. 또, 바깥쪽 제2 슬롯부분에 제2 영구자석이 끼워질 수도 있다.

[0019] 본 발명은 또한, 중심축선에서 반경방향으로 연장하는 로터판; 상기 로터판에 형성되고, 원호와 일치하는 주축을 갖는 제1 자석포켓 요홈부; 상기 자석포켓 요홈부는 반경방향 바깥쪽의 윗벽과, 안쪽의 바닥벽과, 윗벽과 바닥벽 사이의 제1 단부 및 제2 단부를 갖고; 상기 제1 단부 가까이 위치하는 제1 자속격벽 요홈부로서, 로터판의 반경에 대해 10도 내지 50도 범위의 각도로 비스듬하게 놓이는 제1 경사 크로스피스에 의해 상기 제1 단부에서 분리되고, 윗벽과 아랫벽을 갖는 제1 자속격벽 요홈부; 상기 제2 단부 가까이 위치하는 제2 자속격벽 요홈부로서, 로터판의 반경에 대해 10도 내지 50도 범위의 각도로 비스듬하게 놓이는 제2 경사 크로스피스에 의해 상기 제2 단부에서 분리되고, 윗벽과 아랫벽을 갖는 제2 자속격벽 요홈부; 상기 포켓 요홈부에서, 상기 윗벽과 제1 단부 사이의 제1 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제1 단부 사이에 위치하는 제1 안쪽 천이구역, 방사상 바깥쪽 윗벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 안쪽 천이구역, 제1 자속격벽이 윗벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제1 자속격벽 아랫벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 아랫쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 윗벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 아랫벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 아랫쪽 천이구역;을 포함하고, 상기 각각의 천이구역이 2차 곡선 형태를 갖는 전기장치 로터 어셈블리도 제공한다.

[0020] 여기서, 각각의 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필로 이루어진 군에서 선택되는 형상을 갖거나, 각각의 천이구역일 수 있다. 또, 로터판이 철-코발트 합금으로 이루어질 수 있다. 또, 본 발명에 따른 어셈블리는 상기 로터판의 반경에 횡방향으로 배치되고, 원호에 일치하는 제1 자속포켓 요홈부의 장축에 평행한 장축을 갖는 바깥쪽 자석포켓 요홈부를 더 포함하고; 상기 바깥쪽 자석포켓 요홈부가 반경방향 바깥쪽의 윗벽과 안쪽의 바닥벽과, 윗벽과 바닥벽 사이의 제1 단부 및 제2 단부를 가지며; 상기 바깥쪽 자석포켓의 제1 단부 가까이에 바깥쪽으로 배치되고 신장 모양의 윤곽을 갖는 제1 요홈부; 및 상기 바깥쪽 자석포켓의 제2 단부 가까이에 바깥쪽으로 배치되고 신장 모양의 윤곽을 갖는 제2 요홈부;를 더 가질 수 있다. 또, 상기 포켓 요홈부에서, 상기 윗벽과 제1 단부 사이의 제1 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제1 단부 사이에 위치하는 제1 안쪽 천이구역, 방사상 바깥쪽 윗벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 바깥쪽 천이구역, 방사상 안쪽 바닥벽과 제2 단부 사이에 위치하는 제2 안쪽 천이구역, 제1 자속격벽이 윗벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제1 자속격벽 아랫벽과 제1 경사진 크로스피스 사이의 제1 자속격벽 아랫쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 윗벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 윗쪽 천이구역, 상기 제2 자속격벽 아랫벽과 제2 경사진 크로스피스 사이의 제2 자속격벽 아랫쪽 천이구역을 더 포함할 수도 있다. 또, 상기 각각의 천이구역이 타원, 포물선, 고차 다항식 프로필로 이루어진 군에서 선택되는 형상을 갖거나, 각각의 천이구역이 타원형일 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명에 다른 (회전축이 없는) 로터(1)의 일례의 측면도로서, 자동차 구동장치에 맞는 CSM(current-excited synchronous motor)에 사용된다.

도 2는 도 1의 II 부분의 확대도이다.

도 3은 도 2의 III 부분의 확대도이다.

도 4는 HSM용의 로터(1)의 로터판(6)의 다른 예의 부분 도면이다.

도 5~8은 HSM 용의 로터(1)의 로터판(6)에 대한 본 발명의 3번째 실시예를 보여주는데, 도 5는 로터판(6)의 정면도, 도 6은 도 5의 VI 구간의 확대도, 도 7~8은 각각 도 6의 부분 확대도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 도 1은 본 발명에 다른 (회전축이 없는) 로터(1)의 일례의 측면도로서, 자동차 구동장치에 맞는 CSM(current-excited synchronous motor)에 사용된다. 본 실시예에서 로터(1)는 6-극형이지만, 경우에 따라서는 2-극, 4-극, 8-극 로터 형상도 본 발명의 범위에 속한다. 로터의 자극은 도 1에 2로 표시되었다.

[0023] 로터(1)는 도 1에 돌극형 로터로 도시되었는데, 로터 자극(2)은 각각 자극축(3)과 자극편(4)을 갖는다. 로터자극(2)의 자극축(3)에 기존의 방식대로 여자권선(5)이 감긴다. 도 1에는 여자권선(5)의 단면이 해칭선으로 표시되었다.

[0024] 로터(1)는 균일한 로터판(6) 여러개가 적층된 것으로, 접착이나 용접이나 압착연결로 결합된다.

[0025] 도 1에서, 링 형태의 허브(7)의 원주변에 6개의 로터자극(2)이 달려있고, 각각의로터자극에 여자권선(5)의 와이어(예; 구리선)이 감겨있음을 알 수 있다. 로터(1)의 중심 개구부(8)에 로터축(도시 안됨)이 끼워진다.

[0026] 각각의 로터자극(2) 내부의 축선(10)을 따라 자속장벽 역할을 하는 반경방향의 홈인 슬릿(9)이 형성된다. 이 슬릿(9)은 로터자극(2)의 양 측면(11)과 거의 평행하게 중심부에 길이방향으로 형성된 구멍(개구부)이다(도 1~2 참조).

[0027] 이런 로터자극(2)에서의 슬릿(9)의 크기와 상대적 배치가 도 1~2에 도시되었다. 본 발명을 통해 새로운 로터 형상이 지적된다. (CSM에서의 자속장벽의 자기 구조인) DE10 2007 040750A1에 Arno Mathoy에 의해 소개되고 US20100308686A1에 공개된 구조를 본 발명에서 참고하였다.

[0028] 로터판(6)의 슬릿(9)의 방사상 안쪽 단부(12)의 천이구역(13)은 타원형상을 갖도록 하는데, 구체적으로는 타원(15)의 장축(16)과 단축(17)의 교점인 원점(O)에서부터의 길이(14a...14g)가 연속적으로 길어지도록 하여, 가능한한 노치 응력을 최대로 줄이도록 하는 것이 좋다(도 3 참조). 이 타원(15)의 장축(16)은 높은 회전속도에서의 토크 전달에 필요한 높은 압력과 높은 원심력에서 생기는 높은 방사상 응력에 접하도록 배치되는 것이 이상적인데, 이는 압력과 원심력 둘다 로터를 바깥쪽으로 밀어내려하기 때문이다. 타원(15)는 이때문에 자극편의 축선(10)에 대해 가로로 위치한다. 도 3에서, 슬릿의 일부분(9A)은 2곳의 천이구역(13)을 갖는데, 구체적으로는 좌측면(11)에서부터 시작해 반경방향으로 가장 깊은 지점(P)까지 갔다가 다시 우측면(11)으로 상승해 이어지는 부분이다.

[0029] 본 실시예에서, 원점에서부터의 길이(14a~14g)가 연속으로 증가하는 부분이 타원(15)의 일부분을 이룬다(도 3 참조). 도 3에서 완전한 타원(15) 형상은 2점쇄선으로 표현되었다. 슬릿(9)의 안쪽 단부(12)에서의 타원(15)은 접선 방향으로 배치되어, 타원의 장축(16)이 자극편의 축선(10)에 직각을 이룬다(도 2 참조).

[0030] 타원(15)의 장축(16)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 40~60% 정도 긴 것이 좋다. 타원(15)의 단축(17)은 슬릿(9)의 폭(18)보다 70~80% 정도 짧은 것이 바람직하다. 도 8의 실시예에서는 슬릿(9)의 폭(18)을 2.5㎜, 장축(16)의 길이를 3.6㎜, 단축(17)의 길이를 1.4㎜ 정도로 한다.

[0031] 본 발명자들의 계산에 의하면, 이런 구성을 취하면, 천이 구역(13)에서 효과적이고 조화로운 응력 변형이 일어난다. 그러나, 이런 구성을 전술한 타원(15)이 아닌 2차 이상의 다항식에서의 포물선이나 쌍곡선은 물론, (타원과 비슷하게) 직경이 다른 여러 원의 집합 형태로 취할 수도 있다.

[0032] 이렇게 타원과 비슷한 형상을 도 6에서 볼 수 있는데, 도 6에 의하면 자속격벽의 방사상 외측 라운딩 부분들이 각각 반경이 다른 3개의 3개의 원으로 이루어지는 반면, 도 4의 라운딩 부분들은 하나의 원이나 타원으로 이루

어진다. 원이란 원점(O)에서부터의 길이(14a..14g)가 연속적으로 증가하는 것이 아니라 일정한 것을 말한다.

[0033] 도 1~3에 도시된 바와 같이, 자극편의 축선(10)에 일치하는 종축선 방향에서 본 슬릿(9)은 브리지(19)에 의해 2부분으로 분리되고, 안쪽의 첫번째 슬릿 부분(9A)에 추가 자속 격벽 역할을 하는 영구자석(30)을 끼워넣고(도 1 참조), 바깥쪽 두번째 슬릿 부분(9B)은 보강용 에어갭 자속격벽 역할을 한다.

[0034] 본 발명의 기술을 적용하여 아래 부분들은 타원형이나 포물선 형태로 구성할 수 있다:

[0035] - 슬릿(9)이나 첫번째 슬릿 부분(9A)의 안쪽 단부(12);

[0036] - 양쪽 슬릿 부분(9A~B)의 안쪽 단부(12,20);

[0037] - 첫번째 슬릿부분(9A) 및/또는 두번째 슬릿부분(9B)의 바깥쪽 단부(21);

[0038] - 이런 타원형이나 포물선형을 두번째 슬릿부분(9B)의 최외점(26)에도 적용할 수 있다.

[0039] 로터 자극(2)의 슬릿부분(9A~B)의 이런 단부들(12,20,21) 뿐만 아니라, 로터 전체의 구멍이나 홈의 모든 천이부에 어느정도의 구배를 두어 타원형으로 형성하면, 원심력으로 인해 로터판에 생기는 응력을 더 줄일 수 있다.

[0040] 도 2의 실시예에서, 브리지(19)의 폭(22)은 1.2㎜이고, 안쪽의 첫번째 슬릿부분(9A)의 길이(23)는 15.5㎜이며, 바깥쪽 두번째 슬릿부분(9B)의 길이(24)는 12.5㎜이다.

[0041] 두번째 슬릿부분(9B)의 바깥쪽 단부(25) 부분은 반경이 R1으로 원형으로 폭이 넓어지고(도 2 참조), 반경의 값은 2.6㎜ 정도이다. 이 슬릿부분(9B)의 최외점(26)은 자극편(4)의 외틀(27)에서부터 반경방향으로 간격(28)을 두고 안쪽에 위치하는데, 이 간격은 0.7㎜ 정도이다. 본 실시예에서, 최대 로터 반경 R은 82㎜이고(도 1 참조), 로터(1)의 개구부(8)의 직경은 85㎜이다.

[0042] 도 2에서, 천이구역(13)의 라운딩이나 곡률처럼, 첫번째 슬릿부분(9A)의 바깥쪽 단부(21)와 두번째 슬릿부분(9B)의 안쪽 단부(20)에도 동일한 타원(15')을 적용하되, 이 타원의 단축(17')은 첫번째 슬릿부분(9A)의 안쪽 단부(12)의 타원(15)의 단축(17)보다 1.0㎜ 정도 짧게 한다. 이 타원(15')의 장축(16)의 길이는 타원(15)과 같다.

[0043] 도 2~3에서, 타원(15)이나 타원(15')은 슬릿(9)의 측면(11)과 곡률(29)로 연결되고, 이 곡률의 길이는 5.0㎜ 정도이다. 도 1에서, 슬릿(9)의 최내점(P)과 개구부(8) 사이의 반경방향 길이(31)는 10.0㎜ 정도이다(도 3 참조).

[0044] 본 발명에 따른 로터의 형상은 아래를 기초로 하여 모터 디자이너들에게 새로운 가능성을 열어두고 있다:

[0045] 종래에는 이런 구조의 전류여자 동기모터의 모터 종류에 대한 기본 원칙이 전혀 엇었기 때문에, 이런 개념을 실현하기 위해 고가의 실험과 계산과 모델링이 실시되었다. 첫번째 단계로, 로터의 축과 적층판 사이에 실린더를 압입하여 테스트했다. 특히, 8000~12000 rpm 정도의 회전속도 범위에서, 적층판들과 비교해 작동 거동에 있어서 큰 차이가 생겼는데, 이는 하이브리드 동기모터나 IPM(motor excited b interior permamnt magnets)에서와 마찬가지이다.

[0046] 이런 2개의 적층체들을 비교했더니, 최대 회전속도에서 70% 정도의 감소를 이룰 수 있었다. 중간 직경이 커지고 관련 원심력이 커져 축에 대해 허브(7)의 폭이 커지면서 더 급속하게 회전속도도 증가하고, 이때문에 억지끼워맞춤이 증가하여, 결합압력은 감소된다. 따라서, 본 발명에 의하면 전류여자 동기모터의 형상과 관련해, 억지끼워맞춤이 증가하여, 높은 회전속도에서도 로터 허브의 리프팅이 방지된다. 어떤 동작 상황에서도 로터축과 적층판 사이에 토크전달이 확실하려면 이런 리프팅이 방지되야 한다. 이런 이유로, 본 발명에 의하면, 로터축과 허브 사이의 이상적인 결합압력은 종래의 기술에 의한 폐쇄 적층체에 작용되어야 한다(도 4 참조).

[0047] 본 발명의 이런 발견을 근거로, 로터판(6)의 형상은 안정성에 좀더 중점을 두고 크기를 결정할 수 있다. 작동중에 최종 로터 적층체의 고장을 방지하기 위해, 필요한 요소에 대한 응력 테스트를 하여 형상을 정했다.

[0048] 제시된 로터판(6)의 형상은 축에 대한 로터(1)의 리프팅에 아주 긍정적인 영향을 미친다. 12000rpm의 최대 회전속도에서, 본 발명에 따른 로터 형상에 대해 로터축에서의 허브의 리프팅에 대해 본 발명의 프로토타입에서 최소 결합압력 6122MPa와 최대 결합압력 14862MPa를 측정했다. 이런 리프팅을 위한 회전속도 하한값을 크게 높이면 기술적으로 아주 큰 장점을 얻게되는데, 이런 이유로 본 발명이 획기적이라 할 수 있다.

[0049] (유한요소법에 의한) 박판의 치수결정이 60도 구간의 모델에 대한 분석을 통해 일어났는데, 이런 분석은 실린더 압입의 계산에 이미 이용되었다. 슬릿(9)과 같은 홈이 자극의 축선에 배치되면, 전류를 여기시키지 않고 토크의 모멘트가 높아진다.이런 특징은 고장이 났을 경우의 (자동차에서의) 긴급 작동성을 확보하기 위해 CSM에 아주

중요하다.

[0050] 물리적으로, 이런 자속장벽은 정 반대로 향하는 2개의 자속선들을 서로 분리하고, 전류축과 자장축 사이의 너무 큰 위상변위를 방지한다. 따라서, 생성되는 토크도 로터 권선의 전류공급 없이도 정상 토크로 유지할 수 있어, 긴급동작에 유리하다.

[0051] 이런 이유로, 이런 자속장벽의 치수(크기)가 큰 관심을 끌었다. 자극은 수직축선에서 완전히 분리되는 것이 이상적이지만, 이것은 기계적으로 불가능하므로 자속장벽을 가능한 크게 하고, "자기브리지" 역할을 하는 나머지 기계적 연결부들은 영구자석이나 자속으로 자기포화되는 것이 바람직하다. 이런 자기브리지들은 포화되자마자 자속장벽 역할을 한다. 이런 방식으로, 자속에 관해 2개의 구역들 사이의 완벽한 분리가 이루어진다.

[0052] 본 발명자의 테스트에 의하면, 본 발명이 아닌 표준 치수에서, 870 MPa 이상의 MISES에 따른 압축응력시험에서 12000rpm일 때 로터판 응력이 피크값에 도달함이 밝혀졌다.

[0053] 서로 영향을 미치는 여러 변수들이 악순환을 일으켰지만, 이런 악순환은 본 발명에 의해서만 차단된다. 본 발명에 의하면, 적어도 동일한 성능과 이상적인 회전속도 범위에서 처음으로 IPM과 완전히 같은 사이즈의 CSM을 제공할 수 있다.

[0054] 슬릿(9)과 같은 자속장벽 부분에서 생기는 큰 노치응력이 수평에서 수평으로 바뀐다. 종래의 라운딩에서는, 접선 천이 부분에서 다른 응력피크가 생긴다. 본 발명에 의하면, 그리고 다양한 계산에서 실제 확인된 바와 같이, 이런 응력들이 형상 변경으로 최소로 감소될 수 있는데, 구체적으로는 타원형 형상이 응력이 최소인 천이구역을 만든다. 즉, 노치를 향해 길이가 연속적으로 증가하게 된다.

[0055] 따라서, 도 1~3이 타원(15)은 "누워있는" 자세를 취해야 하여, 장축(16)이 슬릿(9)에 수직이거나 슬릿의 단부에 접하는 방향이다. 노치와 돌출부에서의 힘의 변형으로 노치응력은 응력의 집중을 일으킨다. 본 발명에 의하면, 힘의 변형이 좀더 "조화롭게" 형성될 수 있는데, 이는 본 발명의 중요한 장점이다. 적층부에서의 응력은 수직방향으로는 방사상 응력에 의해 지배되고, 이때문에 슬릿(9)과 같은 홈에서 힘변형을 겪는다. 연속적으로 길이가 증가하는 타원(15)에서는, 이런 힘변형이 특히 조화롭게 일어난다.

[0056] 도 4는 HSM용의 로터(1)의 로터판(6)의 다른 예의 부분 도면이다. 로터판(6)에 자속장벽으로 슬릿(9)을 형성하는데, 제1 그룹의 슬릿(9)은 반경 방향으로 형성되고, 다른 그룹의 슬릿(9)은 접선 방향으로 형성되며, 이곳에 영구자석(30)이 끼워진다. 이 실시예에서는, 기계적으로 높은 응력이 생기는 모든 슬릿(9)의 천이구역(13)이 타원형 형태이다.

[0057] 슬릿(9) 사이에는 크로스피스(32)가 배치되는데, 그 폭은 자기포화를 위해 가능한 좁게 하되 기계적으로 원심력은 견딜 정도로 한다. 도 4의 실시예의 크로스피스(32)는 자극 축선(10)에 평행하다. 크로스피스(32)의 중심선은 34로 표시된다.

[0058] 도 5~8은 HSM 용의 로터(1)의 로터판(6)에 대한 본 발명의 3번째 실시예를 보여주는데, 도 5는 로터판(6)의 정면도, 도 6은 도 5의 VI 구간의 확대도, 도 7~8은 각각 도 6의 부분 확대도이다.

[0059] 이 실시예에서는, 크로스피스의 중심선(34)이 자극 축선(10)과 10도 내지 50도, 바람직하게는 30도의 각도(33)를 이루는 점에서 앞의 실시예와 다르다.

[0060] 크로스피스를 이렇게 기울어지게 한 이유는 아래와 같다:

[0061] - 높은 회전속도에서는, 영구자석과 영구자석들 사이의 다른 자철에 의한 질량으로 인한 강력한 원심력이 크로스피스(32)를 자극 축선(10)인 반경 방향으로 당기므로, 본 발명과 같은 구조로 하면, 최대 응력에 대해 크로스피스(32)가 길이 방향으로 응력의 대부분을 받고 굽힘응력은 최소화되므로, 크로스피스(32)에서 재료의 피로를 방지하여 균열의 위험을 줄인다;

[0062] - 힘변형 부분에서의 국부적인 노치 효과가 타원(15)에 의해 감소된다;

[0063] - 크로스피스(32)내의 응력이 기울기의 증가로 계속 감소될 수 있다;

[0064] - 크로스피스(32)의 기울어짐과 천이부의 형상(타원) 때문에, 시너지 효과가 생겨 노치효과가 더 감소된다.

[0065] 따라서, 경사진 크로스헤드(32)와 슬릿(9)의 타원형 때문에, 로터판(6)에서 기계적 응력이 크게 감소된다.

[0066] 이런 응력감소로 인해 아래와 같은 효과가 생긴다:

[0067] - 경사진 크로스헤드(32)의 폭을 좁힐 수 있어, 자석의 재료를 절감할 수 있고 경량화를 도모할 수 있음; 또는

[0068] - 경사진 크로스헤드(32)의 폭을 좁힐 수 있고, 자석질량을 바꾸지 않고 토크와 출력에 관한 기계의 성능을 높일 수 있음; 또는

[0069] - (최대 회전속도에 관련해) 로터(1)나 기계의 안전성을 높일 수 있음.

[0070] 도 8은 로터판(6)의 양쪽에 신장 모양의 2개 슬릿(9)이 배치된 부분의 확대도이다. 양쪽에 놓인 2개 슬릿(9)의 모든 곡선 형태는 타원(15)의 일부분으로 이루어지고, 완전한 타원(15)은 2점쇄선으로 표시되었다.

[0071] 도 8에서, 곡률 R2나 R3는 양쪽에서 타원(15)에 연결되고, 이들 곡률은 더 작은 곡률 R4에 의해 서로 연결된다. 전술한 바와 마찬가지로, 영구자석(30)의 작은 변을 따라 배치되는 크로스피스(32)는 로터판(6)내의 인접 슬릿(9) 사이의 크로스헤드(32)의 중심선(34) 방향으로 기울어지게 배치되어, 자극 축선(10)과 각도(33)를 이루는데, 이 각도는 10도 내지 50도이고, 바람직하게는 15도 내지 30도이다.

[0072] 도 8의 슬릿(9)이 곡선형상을 갖기 때문에, 자속선(M)에 대한 초점렌즈 역할을 하는 "자기렌즈"가 형성되고, 이 때문에 자속선(M)이 묶여서 휘어지고 반경 방향을 향하게 된다(도 8 참조). 한편, 경사진 크로스피스 형상 때문에 힘변형이 줄어들어 노치응력도 줄어든다.

[0073] 그 결과, 자석 질량이 줄어든 HSM이 외곽의 자기렌즈 때문에 더 가벼워지고, 기계적 응력이 안정되며, 토크는 더 커진다. 이런 관점에서 도 4의 구조는 덜 바람직하다 할 수 있다.

[0074] 본 발명의 로터판(6)을 철-코발트 합금으로 구성하면 (가능하면 고정자도) 바람직하다고 할 수 있다. 이 경우, 성능이 개선되고 온도에 강해지며, 전기 모터의 열손실도 최소화할 수 있다. 이런 합금에서, 코발트와 철의 함량은 각각 50%로 할 수 있다.

[0075] 이런 "코발트 판"에서는, 기존의 철판을 갖는 HSM과 비교해 동일한 디자인의 HSM에서 놀랍게도 토크가 40%까지 더 커질 수 있다. 이런 이상적 구조는 특히 고성능 경주용 엔진에 적합하다.

[0076] 이런 철-코발트 판에 영구자석을 적용할 수도 있는데, 이런 구조는 영구자석(HSM)이나 전자석(CSM)에서 생긴 자기장이 로터판(6)의 자화를 유도하는 효과를 낼 수 있다. 이런 구조는 HSM에 필수적인 역할을 하지는 않는다. 한편, CSM의 경우에는 이런 구조라면 여자전류가 끊어진 뒤에도 로터의 자기장이 존재하고, 이때문에 토크 생성에 사용될 수 있다. 한편, 자극이 변하는 고정자에서는 영구자석판을 사용하지 않는 것이 좋다.

[0077] 전술한 바와 같이, 본 발명의 개념을 확장하여, 다른 적층부와 슬릿(9)의 모든 천이구역에 이런 타원이나 다른 곡선을 적용하는 것이 실제로는 극히 중요하다. 본 발명에 의하면 HSM의 로터판(6)의 노치 응력을 25%까지 줄일 수 있었는데, 이는 아주 놀라운 효과이다.

[0078] 전기모터의 적층구조는 아주 다양하다. 원칙적으로 축에 가까이 있는 슬릿(9)의 모든 천이부를 본 발명의 방식대로 구성할 수 있다. 이런 형상은 굽힘응력을 줄이는데에도 이용할 수 있다.

[0079] 외곽지역의 천이구역(13)을 타원형으로 하여 노치응력을 줄이면 기계적으로 유리한 외에 자기적으로도 유리하여 효율이 증가하는데, 이는 외곽지역에서의 자기단락도 크게 줄어들기 때문이다. 로터(1)의 외곽지역에서의 이런 타원(15) 형상으로 인한 자기단락의 감소와, 이로인한 효율의 증가는 모터의 성능개선과 더불어 안정성 개선도 가져온다.

[0080] 본 발명에서, 천이구역(13)을 타원(15) 형태로하고, 크로스피스(32)를 비스듬하게 배치하면 균열의 위험이 있는 부분, 즉 로터판(6)에 대한 크로스피스(32)의 천이구역의 응력을 크게 줄일 수 있다. 테스트에 의하면, 비스듬한 크로스피스(32)에 의해 응력의 원인이 크게 감소되고, 타원(15) 형태를 통해 응력의 영향이 효과적으로 감소되므로, 2가지 조치 모두를 통해 로터의 개선이 더 이루어진다.

[0081] 이런 로터의 형상은 제작비를 약간은 상승시키겠지만, 슬릿의 천이구역(13)을 타원이나 포물선 형태로 하는 것은 안정성이 크게 요구되는 경우에 바람직하다.

[0082] 비스듬한 크로스피스(32)는 길이가 상대적으로 길기 때문에, 자기경로도 길어지고, 이때문에 자속일탈효과도 어느정도 감소된다. 이렇게 비스듬한 크로스피스(32)는 자속에 대한 저항을 높이고, 이런 식으로 포화된 방식으로, 즉 다른 자속에 대해 "비자기적으로" 더 빨리 작용한다.

[0083] 비스듬한 크로스피스(32)의 더 중요한 특징은 기계적 응력을 30%까지 감소시키고, 그 결과:

[0084] - 비스듬한 크로스피스(32)는 폭을 더 좁힐 수 있어, 자기재료의 재료비를 절감하고, 중량도 어느정도 줄일 수 있거나;

[0085] - 크로스피스(32)의 폭을 좁힐 수 있고, 자석 질량은 변동이 없어, 토크와 출력의 관점에서 장치의 성능이 개선되거나;

[0086] - (최대 회전속도와 관련해) 로터나 장치의 안전성이 크게 개선될 수 있다.

[0087] 실린더 압입에 사용할 수도 있는 60도 구간의 모델에 기초한 ANSYS 프로그램에 의한 유한요소법 분석에 의하면, 본 발명의 슬릿은 단점이 없고 기존의 전류가 없을 때에도 토크의 모멘트를 증가시키는데 기여한다.

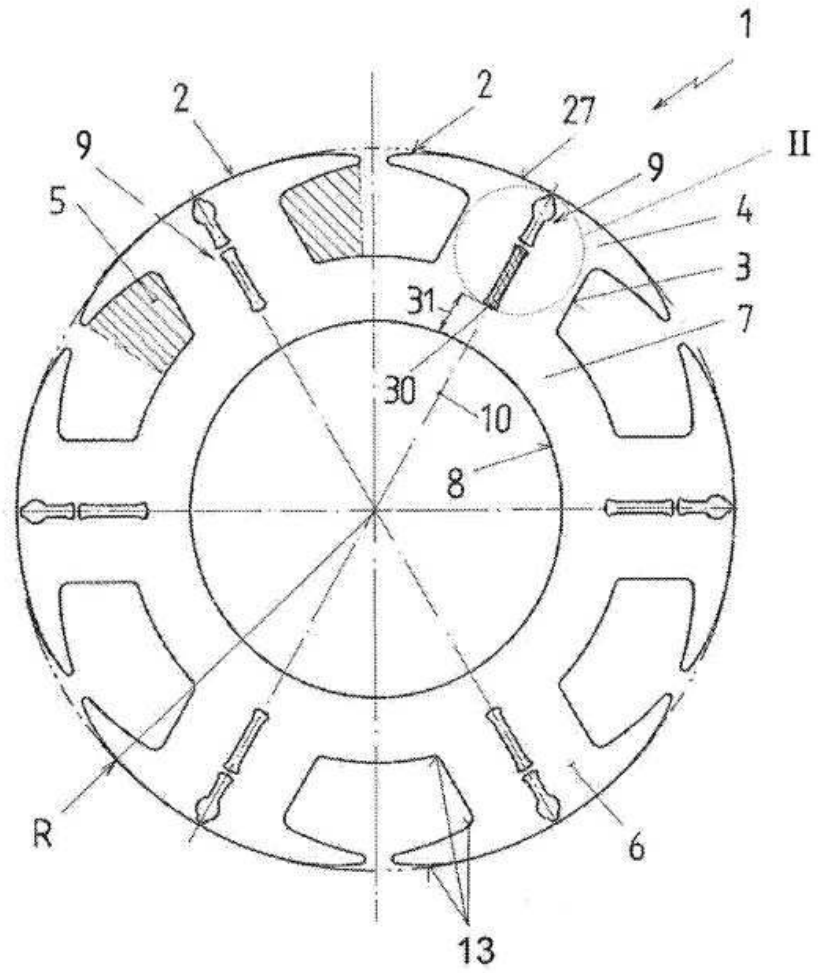
[0088] 이런 특징은 정전시에 긴급동작을 하는데 있어서 CSM에 아주 중요하고, 전기자동차에는 아주 필요하다. 또, 영구자석 로터판이 필요할 경우, 그 영향이 더 중요하다.

[0089] 이런 자속장벽은 정 반대로 향하는 2개의 자속선들을 서로 분리하고, 전류축과 자장축 사이의 너무 큰 위상변위를 방지한다. 따라서, 생성되는 토크도 로터 권선의 전류공급 없이도 정상 토크로 유지할 수 있어, 전기자동차에 아주 중요한 역할을 한다.

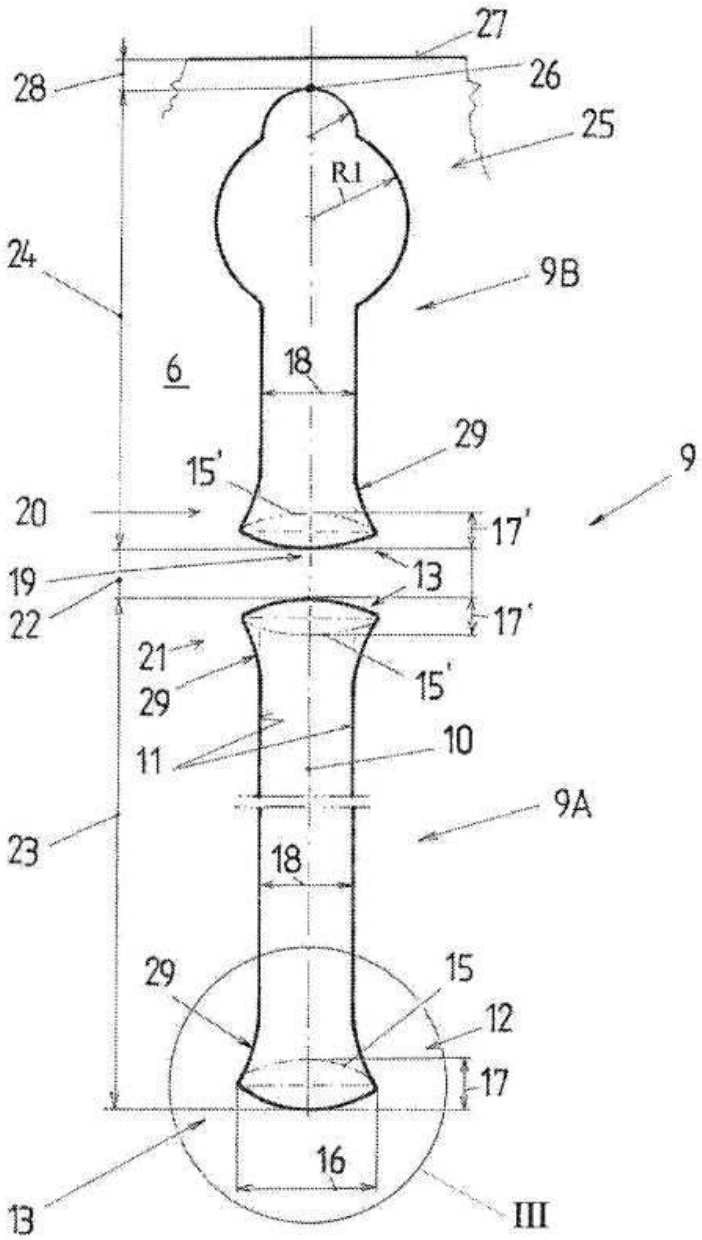
[0090] 본 발명은 HSM(Hybrid Synchronous Motor)과 CSM(current-excited synchronous motor)에 적용할 수 있다 본 발명은 종래의 기술에 비해 로터판에서 큰 힘을 취급하는데 있어 개선된 적층판을 제공하는데, 이는 12000rpm의 회전속도에서 높은 각속도를 갖는 높은 원심력 때문에 작동중에 적층판에 높은 응력이 작용하기 때문이다.

## 도면

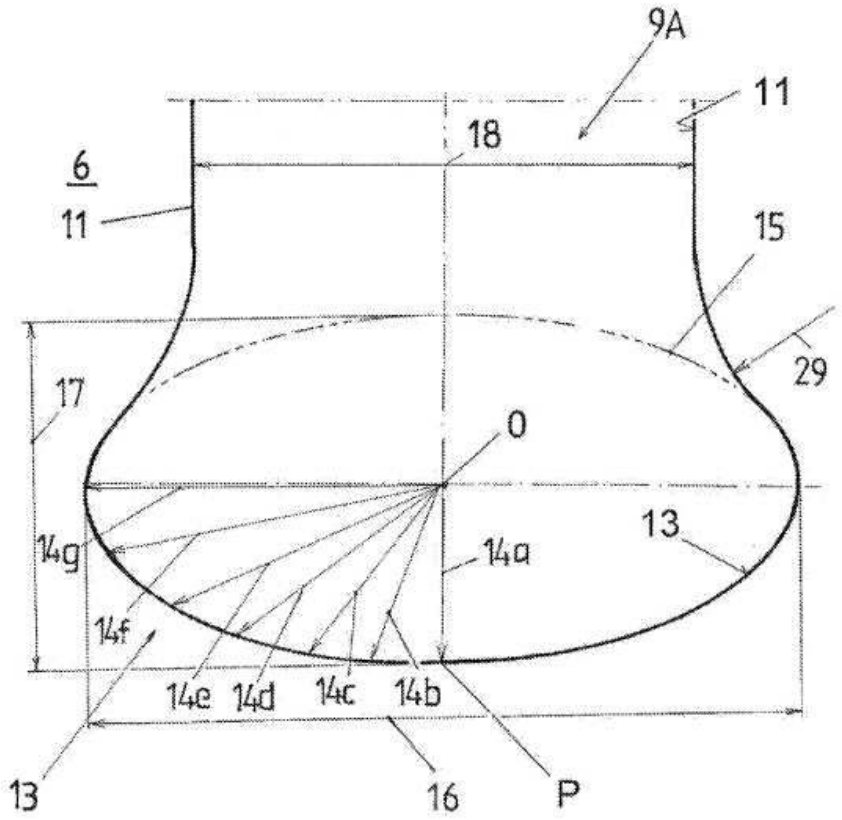
### 도면1



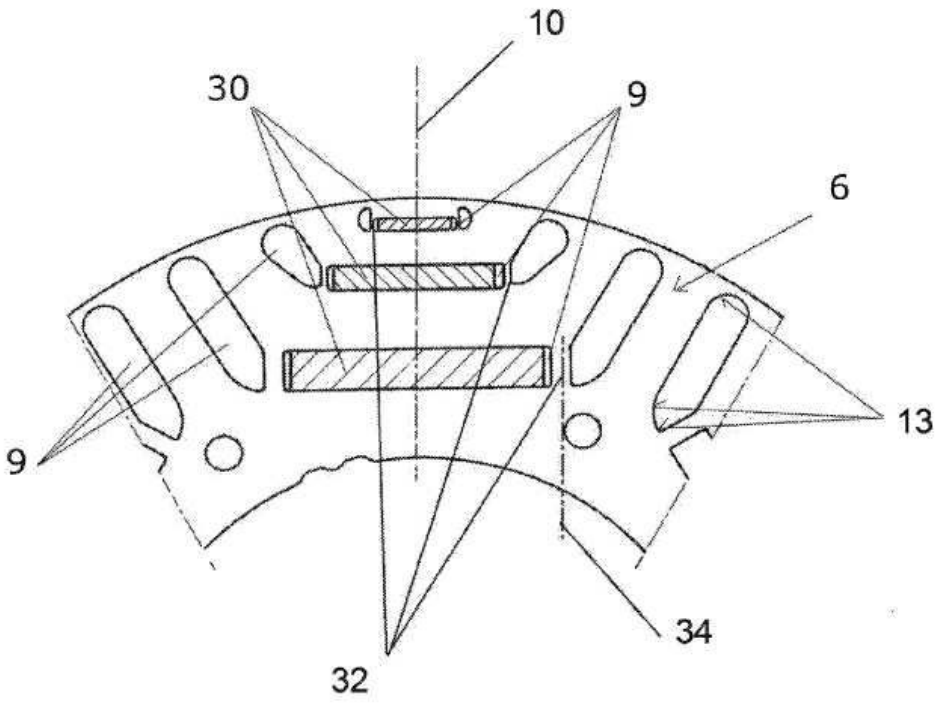
도면2


27
28
26
25
R1
24
9B
6
18
29
15'
9
20
17'
19
13
22
17'
21
29
15'
11
10
9A
23
18
29
15
12
17
16
13
III

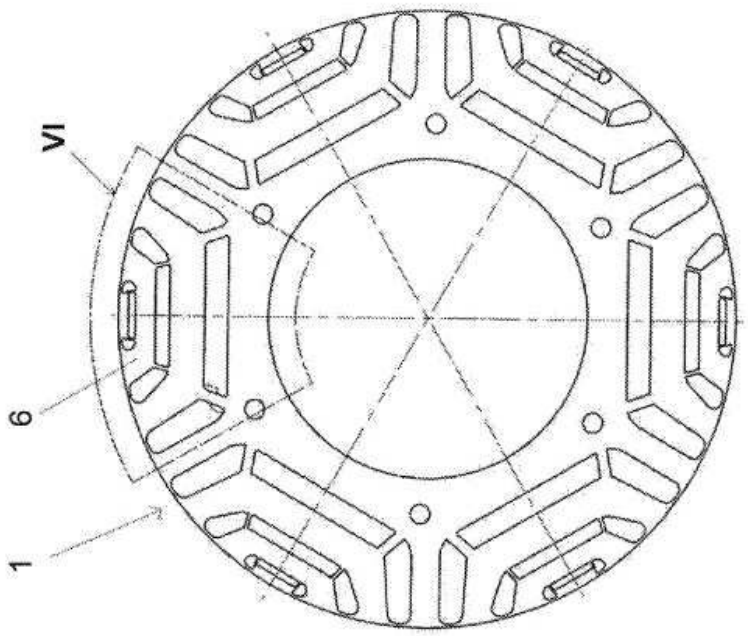
도면3


9A
11
18
6
11
15
29
17
0
13
14g
14a
14f
14e
14d
14c
14b
13
16
P

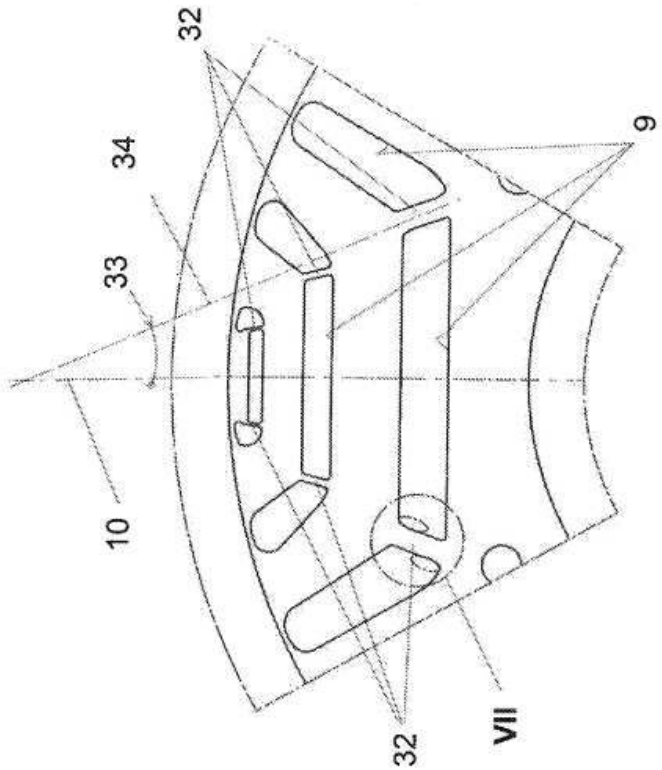
도면4


10
30
9
6
13
9
34
32

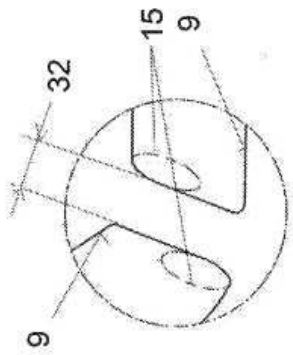
도면5




도면6



도면7




도면8

