



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0101499
(43) 공개일자 2023년07월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 1/26 (2006.01) H02K 1/24 (2006.01)
H02K 3/14 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02K 1/265 (2013.01)
H02K 1/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0191639
(22) 출원일자 2021년12월29일
심사청구일자 2021년12월29일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
최길수
인천광역시 미추홀구 용정공원로83번길 43, 103동 802호(용현동, e편한세상 시티 인하대역)
최민규
인천광역시 미추홀구 인하로148번길 15, 201호 (용현동)
(74) 대리인
양성보

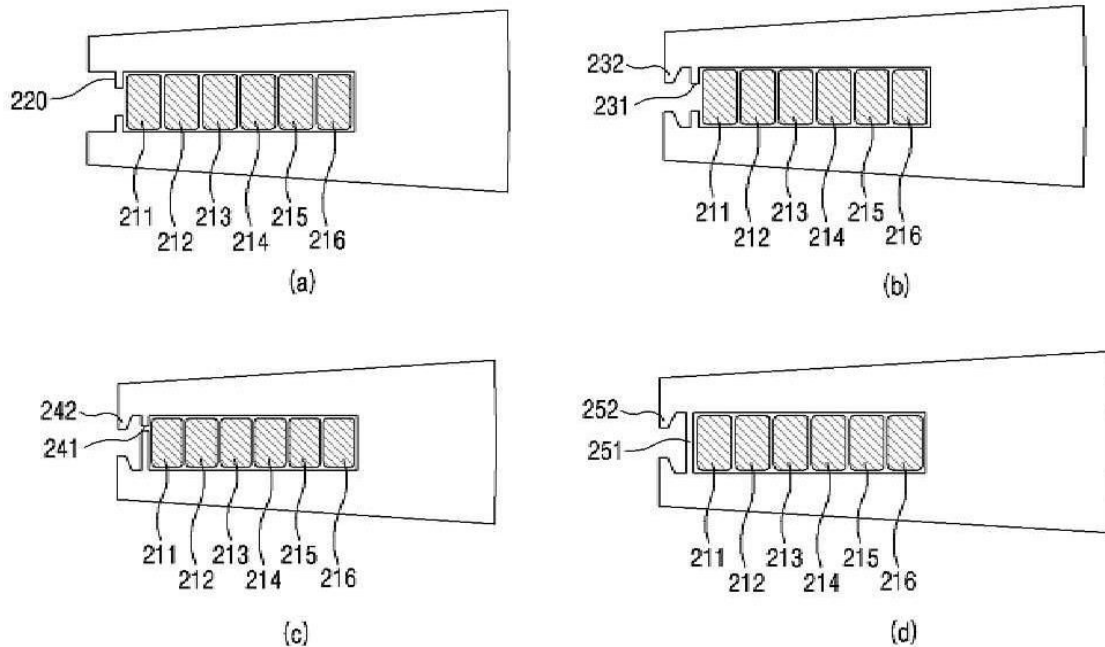
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조

(57) 요약

에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조는 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 (뒷면에 계속)

대표도



것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 개방형 고정자 치 끝단 구조를 갖는다. 상기 개방형 고정자 치 끝단 구조는 고정자 치 끝단이 모두 개방된 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조, 고정자 치 끝단이 일부 개방된 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조 및 고정자 치 끝단의 일부가 비대칭적으로 개방된 비대칭형 고정자 치 끝단 구조를 포함한다. 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조는 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 갖는다.

(52) CPC특허분류

H02K 3/14 (2013.01)

H02K 2201/03 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137291
과제번호	2021R1F1A1048754
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구
연구과제명	[Ezbaro] 모델 기반의 e-모빌리티용 통합 전동기 설계 프로세스 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조에 있어서,

복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고,

상기 고정자 치 끝단 구조는,

도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 개방형 고정자 치 끝단 구조를 갖는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 개방형 고정자 치 끝단 구조는,

고정자 치 끝단이 모두 개방된 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조, 고정자 치 끝단이 일부 개방된 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조 및 고정자 치 끝단의 일부가 비대칭적으로 개방된 비대칭형 고정자 치 끝단 구조를 포함하는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 개방형 고정자 치 끝단 구조는,

고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 개방된 형상을 이용하는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 4

제3항에 있어서,

도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 개방형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시키는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 5

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조에 있어서,

복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고,

상기 고정자 치 끝단 구조는,

도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 갖는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는,

고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 폐쇄된 형상을 이용하는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는,

도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 개방형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시키는

헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 전기 자동차를 위한 건인용 전동기에서 헤어핀 권선이 많이 적용되는 추세이다. 그러나 헤어핀 권선을 적용할 경우, 도체의 넓은 단면적으로 인하여 표피 효과와 근접 효과가 상대적으로 크게 발생하게 된다. 표피 효과와 근접 효과(이하, "AC 효과"라고 한다)는 도체에 교류 전류가 인가될 경우 발생하는 현상이며, 이러한 현상들은 도체의 유효 단면적을 감소시키는 원인이 된다. 따라서, 헤어핀 권선에 교류 전류 인가 시 AC 효과로 인해 도체의 저항이 증가하고, 추가적인 동손이 발생하게 된다. AC 효과로 인한 동손은 일반적으로 동작 주파수에 지수적으로 비례하여 증가한다.

[0003] 교류 전동기란 전기 에너지를 회전운동 에너지로 변환하는 장치를 의미한다. 즉, 교류 전동기 고정자 권선의 도체에 교류 전류(다시 말해, 전기 에너지)를 인가하면, 인가한 전류에 의해 회전 자기장이 발생하여 전동기가 회전을 하며 회전운동 에너지로 변환하게 된다. 이때, 도체에 있는 저항 성분에 의해서 동손이 발생하게 되며, 동손 크기는 전류 크기의 제곱에 저항을 곱한 것과 같다. 여기서 동손은 열 에너지로 변환되어 전동기 발열의 원인이 되며, 발열이 심할 경우 전동기의 수명 단축 및 파손의 위험으로 이어질 수 있다.

[0004] 그런데 도체에 교류 전류를 인가할 경우, AC 효과에 의해 도체의 유효 단면적이 감소하고 저항과 동손이 증가하는 현상이 발생한다. 이러한 현상들은 여자 전류의 주파수가 높을수록 두드러지게 발생한다. 또한, 누설 자속의 영향으로 공극에 가까이 위치한 도체에서 동손이 더 크게 발생하는 특징이 있다. 따라서, 전기 에너지를 회전운동 에너지로 변환하는 과정에서 AC 효과 및 누설 자속의 영향에 의해 추가 손실과 발열이 발생하며, 이는 전동기의 성능 저하, 효율 및 수명 감소로 이어질 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제10-2020-0092929호(2020.08.04)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 공극과 도체의 위치가 가까울수록 동손이 크게 발생하는 점을 착안하여, 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하는 구조를 구성하여 도체의 동손 및 발열 절감을 도모하기 위한 고정자 치 끝단 구조를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조는 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 개방형 고정자 치 끝단 구조를 갖는다.

[0008] 상기 개방형 고정자 치 끝단 구조는 고정자 치 끝단이 모두 개방된 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조, 고정자 치 끝단이 일부 개방된 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조 및 고정자 치 끝단의 일부가 비대칭적으로 개방된 비대칭형 고정자 치 끝단 구조를 포함한다. 이러한 개방형 고정자 치 끝단 구조는 고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 개방된 형상을 이용한다. 도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 개방형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시킬 수 있다.

[0009] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조는 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 갖는다.

[0010] 이러한 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는 고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 개방된 형상을 이용한다. 도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 폐쇄형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시킬 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명의 실시예들에 따른 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하는 고정자 치 끝단 구조를 통해 고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성할 수 있다. 제안하는 고정자 치 끝단 형상의 슬롯을 전동기에 적용할 경우, 고속 영역뿐만 아니라 저속 영역에서도 동손의 감소와 함께 전동기의 효율 향상 및 동작 온도 저감을 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 종래기술에 따른 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조를 나타내는 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조를 나타내는 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 매입형 영구자석 동기전동기의 형상을 나타내는 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 고정자의 동손 밀도 분포 등고선 그래프이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 전동기의 회전 속도에 따른 고정자 동손 감소 그래프이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐쇄형과 반 폐쇄형 고정자 치 끝단을 적용한 전동기의 토크 리플 감소 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0015] 도 1은 종래기술에 따른 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조를 나타내는 도면이다.
- [0016] 도 1은 헤어핀 권선을 적용한 일반적인 슬롯의 형상이다. 슬롯은 도체(111, 112, 113, 114, 115, 116)와 코어(120), 치 끝단(130)으로 이루어져 있다. 도 1에서 공극(140)과 가장 가까운 도체는 도체(111)이며, 가장 멀리 있는 도체는 도체(116)이다. 도체에 교류 전류가 흐를 경우 저항에 의해서 동손이 발생하게 된다. 이때, 누설 자속의 영향으로 인해 도체의 위치가 공극과 가까울수록 높은 동손이 발생하는 특징이 있다. 따라서 도체(111)에서 가장 높은 동손과 열이 발생하며, 도체(116)에서는 상대적으로 낮은 동손이 발생하게 된다.
- [0018] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조를 나타내는 도면이다.
- [0019] 본 발명에서는 공극과 도체의 위치가 가까울수록 동손이 크게 발생하는 점을 착안하여, 이를 해결하기 위한 고정자 치 끝단 형상을 제안한다. 제안하는 고정자 치 끝단 구조를 이용하여 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하는 구조를 구성하여 도체의 동손 및 발열 절감을 도모한다.
- [0020] 제안하는 에너지 효율 향상을 위한 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조는 개방형 고정자 치 끝단 구조 및 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 포함한다. 상기 개방형 고정자 치 끝단 구조는 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조, 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조 및 비대칭형 고정자 치 끝단 구조를 포함한다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조에 있어서, 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 개방형 고정자 치 끝단 구조를 가질 수 있다.
- [0022] 이러한 개방형 고정자 치 끝단 구조는 고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 개방된 형상을 이용한다. 도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 개방형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시킬 수 있다.
- [0023] 도 2(a)는 본 발명의 실시예에 따른 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조를 나타낸다.
- [0024] 도 2(a)에 도시된 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조(220)는 고정자 치 끝단이 모두 개방된 형상을 갖는다. 완전 개방형 고정자 치 끝단 구조(220)에 의해 도체(211, 212, 213, 214, 215, 216) 중 공극과 가장 가까운 도체(211)에서 발생하는 고정자의 동손 및 발열을 감소시키고, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 공극과 가장 가까운 도체(211)뿐만 아니라 도체(212, 213, 214, 215, 216)에서도 고정자의 동손 및 발열 감소의 효과를 얻을 수 있다.
- [0025] 도 2(b)는 본 발명의 실시예에 따른 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 나타낸다.
- [0026] 도 2(b)에 도시된 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는 고정자 치 끝단에서 공극 부분의 일부(232)가 폐쇄되고, 도체 부분의 일부(231)가 폐쇄된 형상을 갖는다. 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조(231, 232)에 의해 도체(211, 212, 213, 214, 215, 216) 중 공극과 가장 가까운 도체(211)에서 발생하는 고정자의 동손 및 발열을 감소시키고, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 공극과 가장 가까운 도체(211)뿐만 아니라 도체(212, 213, 214, 215, 216)에서도 고정자의 동손 및 발열 감소의 효과를 얻을 수 있다.
- [0027] 도 2(c)는 본 발명의 실시예에 따른 비대칭형 고정자 치 끝단 구조를 나타낸다.
- [0028] 도 2(c)에 도시된 비대칭형 고정자 치 끝단 구조는 고정자 치 끝단에서 공극 부분의 일부(242)가 폐쇄되고, 도체 부분의 일부(241)가 비대칭적으로 개방된 형상을 갖는다. 비대칭형 고정자 치 끝단 구조(241, 242)에 의해 도체(211, 212, 213, 214, 215, 216) 중 공극과 가장 가까운 도체(211)에서 발생하는 고정자의 동손 및 발열을 감소시키고, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 공극과 가장 가까운 도체(211)뿐만 아니라 도체(212, 213, 214, 215, 216)에서도 고정자의 동손 및 발열 감소의 효과를 얻을 수 있다.
- [0029] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 헤어핀 권선 전동기의 슬롯 구조에 있어서, 복수의 도체, 코어 및 고정자 치 끝단을 포함하고, 상기 고정자 치 끝단 구조는 도체에 교류 전류가 흐를 경우 복수의 도체 중 공극과 가까운 도

체일수록 더 높은 동손이 발생하는 것을 개선하기 위해 도체와 공극 사이 거리를 물리적으로 증가시키고 권선을 지지하도록 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 가질 수 있다.

[0030] 이러한 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는 고정자의 동손 및 발열 감소, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성하기 위해 고정자 치 끝단이 개방된 형상을 이용한다. 도체의 크기와 절연체의 두께에 따라 도체가 안정적으로 고정되도록 상기 폐쇄형 고정자 치 끝단의 형상을 설계함으로써, 기계적 견고함을 향상시키고 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시킬 수 있다.

[0031] 도 2(d)는 본 발명의 실시예에 따른 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 나타낸다.

[0032] 도 2(d)에 도시된 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조는 고정자 치 끝단에서 공극 부분의 일부(252)가 폐쇄되고, 도체 부분(251)은 완전 폐쇄된 형상을 갖는다. 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조(251, 252)에 의해 도체(211, 212, 213, 214, 215, 216) 중 공극과 가장 가까운 도체(211)에서 발생하는 고정자의 동손 및 발열을 감소시키고, 전동기의 기계적 안정성 유지를 동시에 달성할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면, 공극과 가장 가까운 도체(211)뿐만 아니라 도체(212, 213, 214, 215, 216)에서도 고정자의 동손 및 발열 감소의 효과를 얻을 수 있다.

[0033] 본 발명의 실시예에 따른 고정자 치 끝단 슬롯의 형상으로 고정자의 금형을 제작할 수 있다. 이때, 새롭게 제안하는 고정자 치 끝단의 구체적인 형상은 도체의 크기와 절연체의 두께를 고려하여 도체가 안정적으로 고정될 수 있도록 설계한다. 고정자에 새롭게 추가된 고정자 치 끝단을 포함하여 제작함으로써, 기계적인 견고함을 향상시켜 안정성을 유지하며, 공극과 도체의 이격 거리를 증가시킬 수 있다. 이로부터 구조적 안정성 유지 및 도체에서 발생하는 동손 절감을 동시에 달성할 수 있다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 매입형 영구자석 동기전동기의 형상을 나타내는 도면이다.

[0036] 도 3은 헤어핀 권선을 적용한 48슬롯 8극 매입형 영구자석 동기전동기의 형상을 나타낸다.

[0037] 도 3(a)는 본 발명의 실시예에 따른 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 이용한 전동기의 형상이고, 도 3(b)는 본 발명의 실시예에 따른 폐쇄형 고정자 치 끝단 구조를 이용한 전동기의 형상이다.

[0038] 제안하는 고정자 치 끝단 구조를 적용함으로써, 공극과 도체 사이의 거리가 물리적으로 증가된 것을 확인할 수 있다. 또한 고정자 치 끝단 구조는 슬롯 내부의 도체가 안정적으로 위치할 수 있는 역할도 수행한다. 두 전동기의 회전자는 모두 전기자 견인용 모터에 널리 사용되는 매입형 이중 V 형태로 영구 자석이 배열되어 있다.

[0040] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 고정자의 동손 밀도 분포 등고선 그래프이다.

[0041] 슬롯의 고정자 치 끝단 형상을 제외한 다른 조건(예를 들어, 회전자의 형상, 여자 전류의 크기 및 위상, 적층 길이, 슬롯의 두께 등)들을 모두 동일하게 구성할 경우, 제안하는 고정자 치 끝단 형상의 영향으로 전동기 동손이 감소하는 것을 수치해석 계산 결과로 확인할 수 있다.

[0042] 도 4는 유한요소해석 프로그램을 이용하여 동손 밀도 분포를 계산한 결과를 등고선 그래프로 나타낸 도면이다.

[0043] 도 4(a)는 종래기술에 따른 고정자 형상에서의 동손 밀도 분포 등고선 그래프이며, 도 4(b)는 본 발명의 실시예에 따른 폐쇄형 고정자 치 끝단을 적용한 고정자에서 발생하는 동손 밀도 분포를 나타낸 등고선 그래프이다. 고정자 슬롯의 형상을 제외한 다른 조건들을 모두 동일하게 구성하여 계산한 그래프이며, 붉은 색과 노란색을 뺀 수록 전류 손실이 큰 것을 의미한다. 도 4를 통해 공극과 가까운 도체에서 동손 밀도가 높게 나타나는 것을 확인할 수 있고, 폐쇄형 고정자 치 끝단을 적용할 경우 동손 밀도가 월등히 낮은 수준으로 발생하는 결과를 보인다.

[0045] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고정자 치 끝단을 적용한 전동기의 회전 속도에 따른 고정자 동손 감소 그래프이다.

[0046] 도 5는 유한요소해석 프로그램을 이용하여 종래기술에 따른 고정자 형상의 전동기와 제안하는 고정자 치 끝단 형상의 전동기의 회전 속도에 따른 고정자 동손을 계산하여, 제안하는 방법 적용 시 상대적인 동손 감소량(%)을

비교한 그래프이다.

[0047] 도 5(a)는 제안하는 고정자 치 끝단 형상 적용 시 공극과 가장 가까운 도체에서 발생하는 동손의 감소량(%)을 나타내는 그래프이고, 도 5(b)는 고정자 전체의 동손 감소량(%)을 나타내는 그래프이다.

[0048] 제안하는 고정자 치 끝단 형상을 적용할 경우, 공극과 가장 가까이에 위치한 도체의 동손이 일반적인 고정자 형태에 비해 최대 45% 이상 감소했으며, 고정자 권선 전체의 동손 역시 20% 이상 감소하는 효과를 얻었다. 특히, 이러한 효과는 고속 영역뿐만 아니라 저속 영역에서도 발생한다. 따라서 제안하는 고정자 치 끝단 형상의 슬롯을 전동기에 적용할 경우, 모든 속도 영역에서 동손의 감소와 함께 전동기의 효율 향상 및 동작 온도 저감을 기대할 수 있다.

[0050] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 폐쇄형과 반 폐쇄형 고정자 치 끝단을 적용한 전동기의 토크 리플 감소 그래프이다.

[0051] 제안하는 고정자 치 끝단의 형상 중 폐쇄형과 반 폐쇄형 고정자 치 끝단일 경우, 토크 리플 절감 효과도 얻을 수 있다. 도 6은 유한요소해석 프로그램을 이용하여 폐쇄형과 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 형상의 토크 리플을 계산하여 종래기술에 따른 고정자 형상의 전동기와 비교한 감소량(%)을 나타내는 그래프이다. 일반적으로 슬롯의 입구가 폐쇄형에 가까울수록 토크 리플이 감소하는 경향이 있으므로, 본 발명에서 제안하는 폐쇄형과 반 폐쇄형 고정자 치 끝단 형상에서도 이와 같은 효과를 얻을 수 있다.

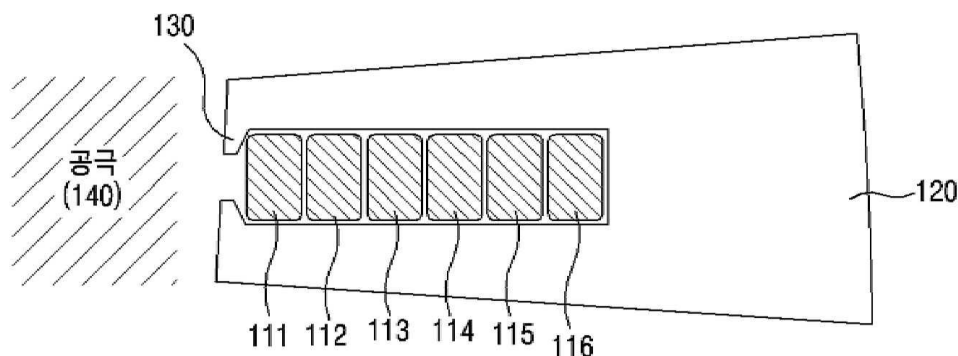
[0052] 본 발명에서 제안하는 고정자 치 끝단 형상은 헤어핀 권선뿐만 아니라 다른 권선에도 동일하게 적용할 수 있다. 나아가 매입형 영구자석 동기 전동기뿐만 아니라 회전자 구조에 상관없이 표면부착형 영구자석 동기, 유도 전동기, 권선계자형 동기, 동기식 릴럭턴스형(synchronous reluctance) 전동기, 인휠 모터, 브러시리스 직류 전동기 등 다른 종류의 기기에도 적용이 가능하여 다양한 시스템 응용 분야에도 기술 전개가 가능할 것으로 기대할 수 있다.

[0054] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

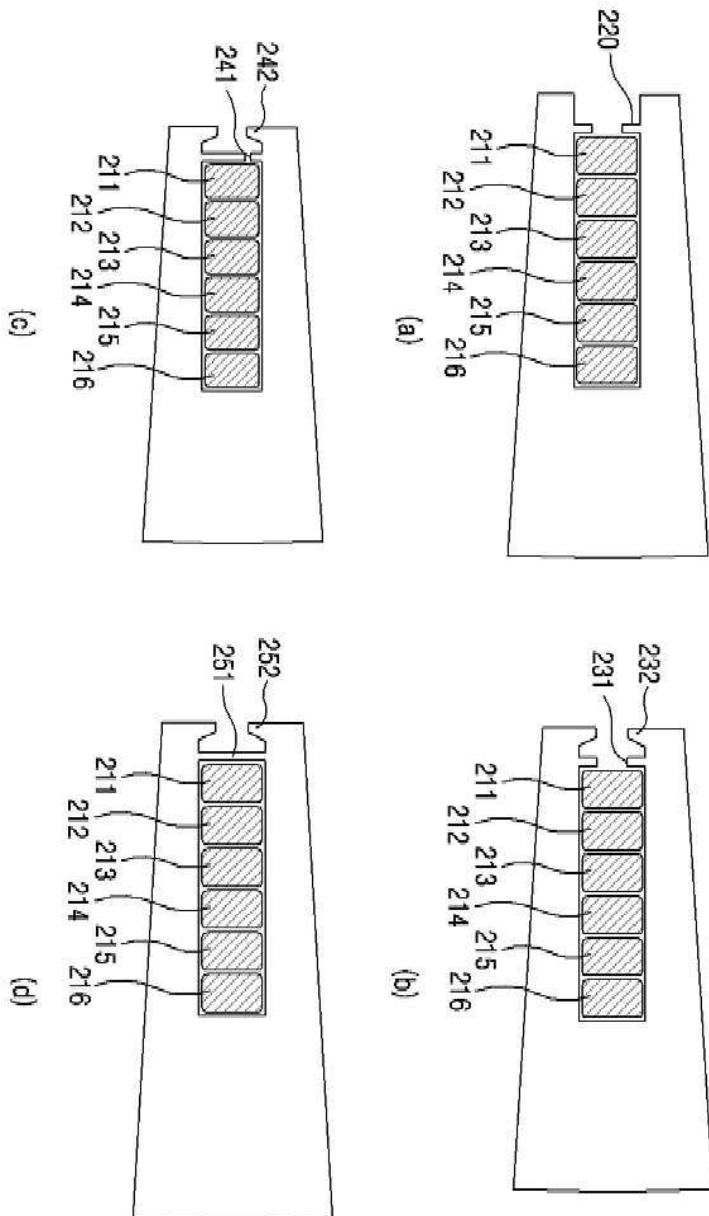
[0055] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

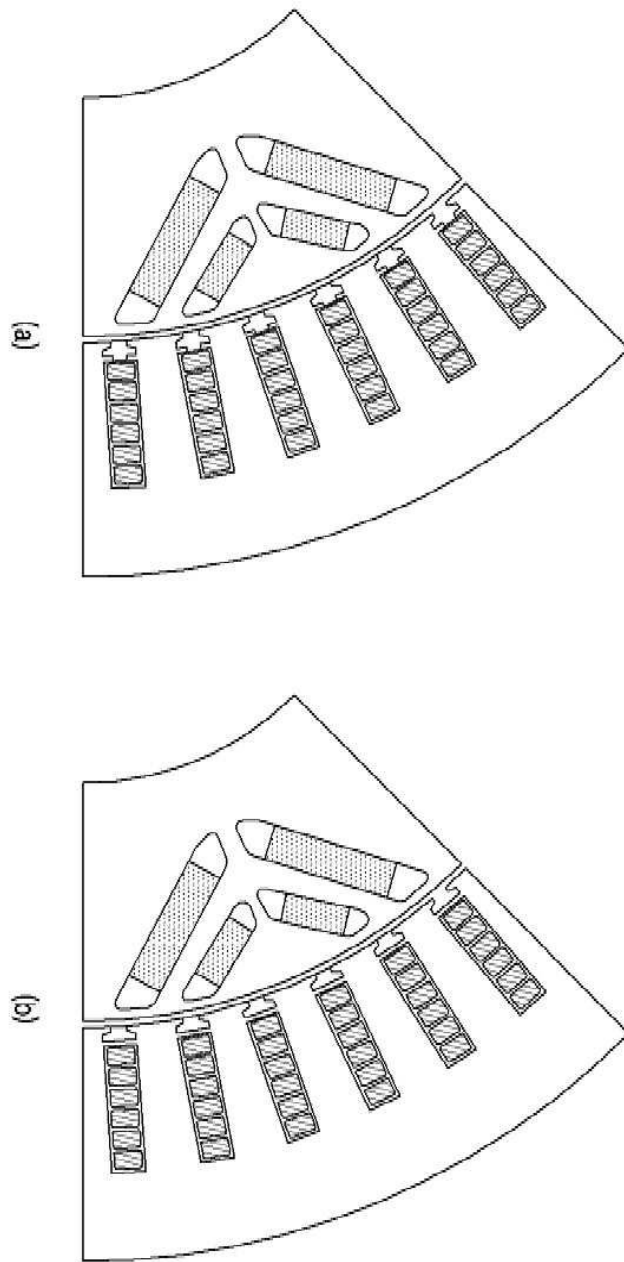
도면1



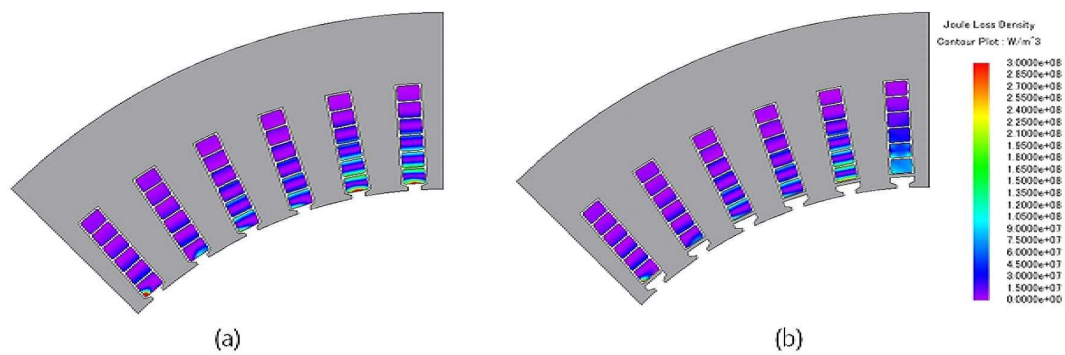
도면2



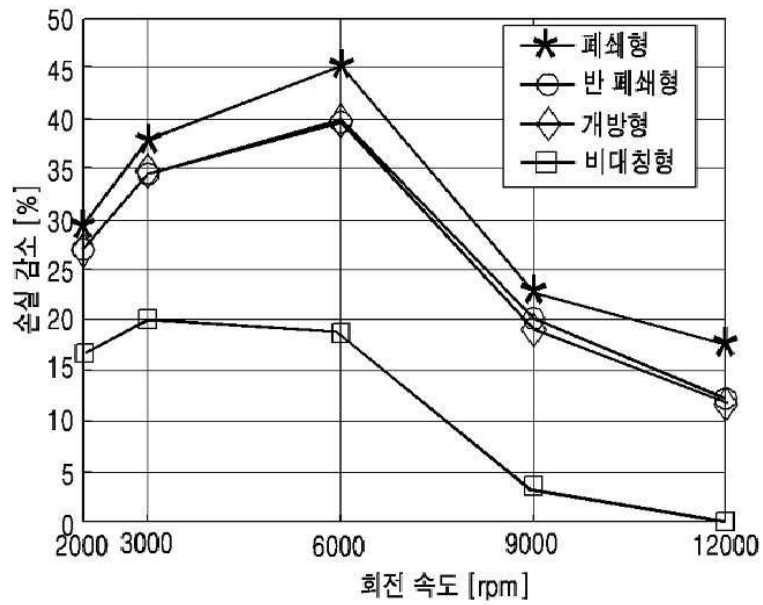
도면3



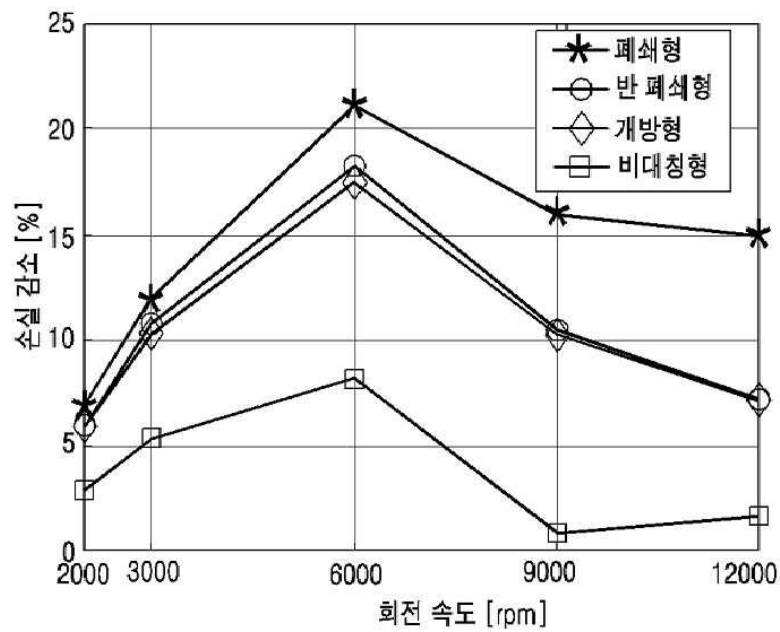
도면4



도면5a



도면5b



도면6

