(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0092013
(43) 공개일자 2019년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 11/02 (2016.01) *H02K 23/00* (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02K 11/022 (2013.01)
H02K 23/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0011281
(22) 출원일자 2018년01월30일
심사청구일자 2018년01월30일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
허진
경기도 성남시 분당구 정자일로 248, 608동(정자동, 파크뷰)
임준혁
서울특별시 마포구 양화로 45(서교동, 메세나폴리스)
박준규
인천광역시 연수구 송도미래로 30(송도동)
(74) 대리인
특허법인충정

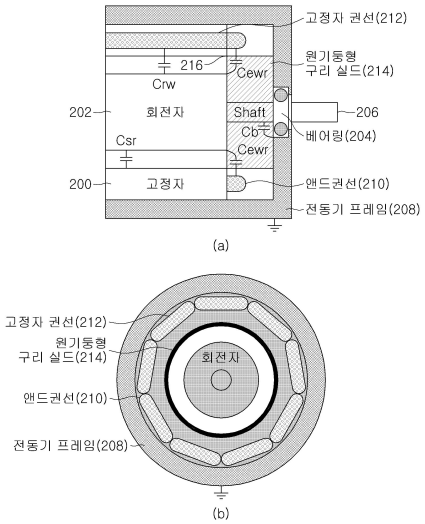
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 발명의 명칭 **권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기는, 전동기 프레임에 고정되어 있고 권선이 감겨져 있는 고정자 및 상기 고정자와 소정 거리 이격되어 상기 프레임에 베어링 및 축을 통해 회전 가능하게 지지된 회전자를 포함하는 전동기로서, 상기 고정자의 앤드 권선과 상기 회전자 사이에 소정 거리 이격되어 삽입된 도전성 재질의 실드를 포함하고, 상기 실드는 상기 고정자의 끝부분과 상기 프레임에 접촉되고, 상기 프레임은 접지되어, 축전압을 현저히 감소시켜 베어링의 전식을 방지하여 베어링을 보호함으로써 전동기의 신뢰성 및 내구도를 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 201601590002
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업핵심기술개발사업
연구과제명 비희토류와 희토류 자석 혼용방식 새로운 구조의 전기자동차용 5kW급 고출력밀도 전동기 원천기술개발
기 여 율 1/1
주관기관 인천대학교산학협력단
연구기간 2016.05.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

전동기 프레임에 고정되어 있고 권선이 감겨져 있는 고정자 및 상기 고정자와 소정 거리 이격되어 상기 프레임에 베어링 및 축을 통해 회전 가능하게 지지된 회전자를 포함하는 전동기로서,

상기 고정자의 앤드 권선과 상기 회전자 사이에 소정 거리 이격되어 삽입된 도전성 재질의 실드를 포함하고,

상기 실드는 상기 고정자의 끝부분과 상기 프레임에 접촉되고, 상기 프레임은 접지되는, 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 실드는 상기 축을 둘러싸는 원기둥 형태의 구리로 형성되는, 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 실드는 상기 회전자의 양측에 각각 배치되는, 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 전동기의 동작 특성에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여, 상기 실드는 상기 고정자와 상기 회전자 사이의 공극에 존재하지 않도록 형성되는, 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전동기의 고장 원인 중 상당 비율을 베어링의 고장이 차지하며 베어링 고장의 원인 중 하나로 베어링의 전식(Electric Erosion)이 지목된다.

[0003] 기존 축전압 저감 방법으로 베어링의 절연을 위해 절연 효과가 높은 세라믹 베어링을 사용하거나 베어링을 절연 물질로 감싸는 방법 및 공통 모드 전압(CMV: common mode voltage)을 저감하여 축전압을 저감하는 방법 등이 있다.

[0004] 그러나 세라믹 베어링은 단가가 높고, 기계적인 내구도가 낮다는 문제점이 있다. 또한, 절연 물질의 설치 및 CMV 저감 방법은 모터 혹은 인버터에 추가적인 필터를 필요로 하기 때문에 리던던시(redundancy) 및 비용 측면에서 불리하다는 단점이 있다.

[0005] 따라서, 단순한 구성으로 전동기의 축전압을 효과적으로 저감할 수 있는 전동기가 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) JP 2014-165935 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 단순한 구성으로 전동기의 축전압을 효과적으로 저감할 수 있는 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기는,

[0009] 전동기 프레임에 고정되어 있고 권선이 감겨져 있는 고정자 및 상기 고정자와 소정 거리 이격되어 상기 프레임에 베어링 및 축을 통해 회전 가능하게 지지된 회전자를 포함하는 전동기로서,

[0010] 상기 고정자의 앤드 권선과 상기 회전자 사이에 소정 거리 이격되어 삽입된 도전성 재질의 실드를 포함하고,

[0011] 상기 실드는 상기 고정자의 끝부분과 상기 프레임에 접촉되고, 상기 프레임은 접지된다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에 있어서, 상기 실드는 상기 축을 둘러싸는 원기둥 형태의 구리로 형성될 수 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에 있어서, 상기 실드는 상기 회전자의 양측에 각각 배치될 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에 있어서, 상기 전동기의 동작 특성에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여, 상기 실드는 상기 고정자와 상기 회전자 사이의 공극에 존재하지 않도록 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에 의하면, 앤드 권선과 회전자 사이에 구리 재질의 실드를 적용하여 전압의 원인이 되는 앤드 권선과 회전자 사이의 커패시턴스를 대폭적으로 저감하거나 제거함으로써 축전압을 현저히 감소시켜 베어링의 전식을 방지하여 베어링을 보호하고 전동기의 신뢰성 및 내구도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 기생 커패시턴스의 종류를 설명하기 위한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기의 구조를 도시한 부분 단면도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기의 전체 구조를 도시한 단면도.

도 4는 시뮬레이션 결과를 도시한 도면으로 (a)는 공통 모드 전압, (b)는 실드 적용 전의 축전압, (c)는 실드 적용 후의 축전압을 도시한 도면.

도 5는 구리 실드의 적용 전 및 적용 후의 축전압 특성을 실험적으로 검증하기 위해 사용된 플라스틱 플레이트, 구리 실드, 접지선 및 브러쉬를 도시한 도면.

도 6은 구리 실드 적용 전 및 적용 후에 대한 실험 결과를 도시한 도면으로, (a)는 구리 실드 적용 전의 CMV 및 축전압, (b)는 구리 실드 적용 후의 CMV 및 축전압을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.

[0018] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0019] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.

[0020] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0021] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.

[0023] 축전압은 자계의 불균형으로 인해 양 축 사이에 발생하는 종단간 축전압(End-to-end shaft voltage)과 공간 벡터 펄스폭 변조(SVPWM: Space vector pulse width modulation)로 인한 공통 모드 전압(CMV: common-mode voltage)이 전동기 내부의 기생 커패시턴스를 통해 축과 프레임(접지) 사이에 발생하는 프레임-축 간 전압(Frame-to-shaft voltage)으로 분류된다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에서는 공통 모드 전압으로 인해 축과 프레임(접지) 사이에 발생하는 프레임-축간 전압(Frame-to-shaft voltage)을 저감하기 위하여 고정자의 앤드 권선과 회전자 사이에 구리 실드를 적용하여 앤드 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스를 제거한다.

[0025] 매입형 영구자석 동기전동기(IPMSM)의 경우 전동기 내부에 존재하는 기생 커패시턴스 성분들을 도 1과 표 1에 나타내었다.

[0026] 도 1에서, 참조번호 100은 고정자, 참조번호 102는 회전자, 참조번호 104는 베어링, 참조번호 106은 축, 참조번호 108은 전동기 프레임을 나타낸다.

표 1

[0027]

구분	내용
Cws	권선과 고정자 사이의 커패시턴스
Csr	고정자와 회전자 사이의 커패시턴스
Cswr	고정자 권선과 회전자 사이의 커패시턴스
Cewr	앤드 권선과 회전자 사이의 커패시턴스
Cb	베어링 내부 커패시턴스

[0028] 프레임-축간 전압(Frame-to-shaft voltage)이란 결국 베어링의 내륜과 외륜 사이에 걸리는 전압으로 베어링 전압이라고도 불리며 축과 프레임(접지) 사이의 전압 측정을 통해 그 크기를 확인할 수 있기 때문에 주로 프레임-축간 전압이라고 정의한다.

[0029] 도 1과 표 1에 나타낸 기생 커패시턴스 중 축전압의 크기에 영향을 많이 미치는 성분은 Csr, Cswr, 그리고 Cewr이다. Csr과 Cswr의 경우는 공극 또는 슬롯 개구부에 실드를 설치해야 하기 때문에 전동기의 동작 특성에 영향을 미칠 수 있다.

[0030] 하지만 앤드 권선과 회전자 사이의 커패시턴스인 Cewr의 경우에는 전동기의 공극과 무관하게 실드를 설치할 수 있기 때문에 전동기의 동작 특성에 영향을 미치지 않고 축전압을 저감시킬 수 있다.

[0031] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기에서는, 고정자의 앤드 권선과 회전자 사이의 커패시턴스를 제거하는 방법을 통해 축전압을 저감한다.

[0032] 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기는, 전동기 프레임(208)에 고정되어 있고 권선(212)이 감겨져 있는 고정자(200) 및 상기 고정자(200)와 소정 거리 이격되어 상기 프레임(208)에 베어링(204) 및 축(206)을 통해 회전 가능하게 지지된 회전자(202)를 포함한다.

[0033] 상기 전동기의 고정자 권선(212)에는 인버터 장치(미도시)에 의해 구동 전력이 제공된다.

[0034] 또한, 도 2에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스 조정을 통한 축전압 저감 설계 기법에 기반한 전동기는, 상기 고정자(200)의 앤드 권선(210)과 상기 회전자(202) 사이에 소정 거리 이격되어 삽입된 구리 실드(214)를 포함한다.

[0035] 상기 구리 실드(214)는 상기 고정자(200)의 끝부분(216)과 상기 프레임(208)에 접촉되고, 상기 프레임(208)은 접지되어 있다. 또한, 상기 구리 실드(214)는 상기 축(206)을 둘러싸는 원기둥 형태로 형성되어 있다.

[0036] 한편, 도 3을 참조하면, 구리 실드(214)는 회전자(202)의 양측에 각각 배치되고, 전동기의 동작 특성에 영향을 미치지 않도록 하기 위하여, 상기 구리 실드(214)는 상기 고정자(200)와 상기 회전자(202) 사이의 공극에 존재하지 않도록 형성되며, 앤드 권선(210)과 회전자(202) 사이의 커패시턴스(Cewr)를 제거하는 방법을 통해 축전압을 저감한다.

[0037] 다시 도 2를 참조하면, 구리 실드(214)는 축(206)을 둘러싼 원기둥의 형태이고, 고정자(200)의 끝부분(216)과 프레임(208)에 접촉된다. 따라서, 앤드 권선(210)과 회전자(202) 사이의 커패시턴스(Cewr) 성분이 제거됨으로써 앤드 권선(210)과 회전자(202) 사이의 커패시턴스(Cewr)를 통해 전달되는 전압이 회전자(202)로 넘어가지 못하고 접지로 바로 흐르게 되어, 축전압이 저감된다.

[0038] 도 4는 구리 실드(214) 적용 전 및 적용 후에 대한 공통 모드 전압(cmv) 및 프레임-축간 전압(frame-to-shaft voltage)의 시뮬레이션 결과를 도시한 것이다. 도 4(b)는 구리 실드 적용 전의 축전압을 도시한 것이고, 도 4(c)는 구리 실드 적용 후의 축전압을 도시한 것이다.

[0039] 도 4(b) 및 도 4(c)를 참조하면, 구리 실드(214)의 적용을 통해 축전압을 5.784V에서 1.824V까지 저감시킬 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0040] 도 5는 구리 실드의 적용 전 및 적용 후의 축전압 특성을 실험적으로 검증하기 위해 사용된 플라스틱 프레이트(506), 구리 실드(502), 접지 선(504) 및 브러쉬(500)를 도시한 것이다.

[0041] 베어링의 특성을 고려하여 베어링의 내륜과 외륜이 항상 전기적으로 개방 상태를 유지하기 위해 알루미늄 대신에 플라스틱 플레이트를 사용하였고, 앤드 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스(Cewr)를 제거하기 위해 구리 실드(502)를 적용하였으며, 구리 실드(502)에 접지선(504)을 연결하여 접지된 프레임과의 연결 유무에 따른 구리 실드의 적용 여부를 간단히 구현하였다.

[0042] 도 6은 구리 실드 적용 전 및 적용 후에 대한 실험 결과이다. 도 6(a)는 구리 실드 적용 전의 공통 모드 전압(CMV) 및 축전압을 도시한 것이고, 도 6(b)는 구리 실드 적용 후의 공통 모드 전압(CMV) 및 축전압을 도시한 것이다.

[0043] 도 6(a) 및 도 6(b)를 참조하면, 구리 실드의 적용을 통해 축전압이 5.897V에서 1.683V까지 저감되는 것을 실험적으로 검증하였다.

[0044] 표 2는 구리 실드를 적용하기 전 및 후에 대한 기생 커패시턴스의 계산값과 측정값을 비교한 것이다. 구리 실드를 적용한 후 권선과 회전자 사이의 커패시턴스(Cwr)가 7.506pF에서 1.695pF까지 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

[0045] 따라서, 도 6의 축전압 실험 결과와 표 2의 기생 커패시턴스 값을 통해 구리 실드를 사용하여 축전압을 효율적으로 저감하여 전동기의 신뢰성을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

표 2

[0046]

Item	Calculated values		Measured values	Error (%)
	Without shield	*With shield*	*With shield*	
Cws	156.449	159.67	170	6.07
Cwr	7.506	1.695	2	15.25
Csr+Csh	88.960	97.107	100	2.89
Cww	139.526	139.526	130.4	6.54
Cbn1	33.111	33.111	35.8	7.51
Cbn2	28.972	28.972	29.9	3.1
Cbn1+Cbn2	62.084	62.084	65.7	5.5

[0047] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세하게 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

[0048] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

[0049] 100, 200 : 고정자 102, 202 : 회전자

104, 204 : 베어링 106, 206 : 축

108, 208 : 전동기 프레임 210 : 앤드 권선

212 : 고정자 권선 214 : 구리 실드

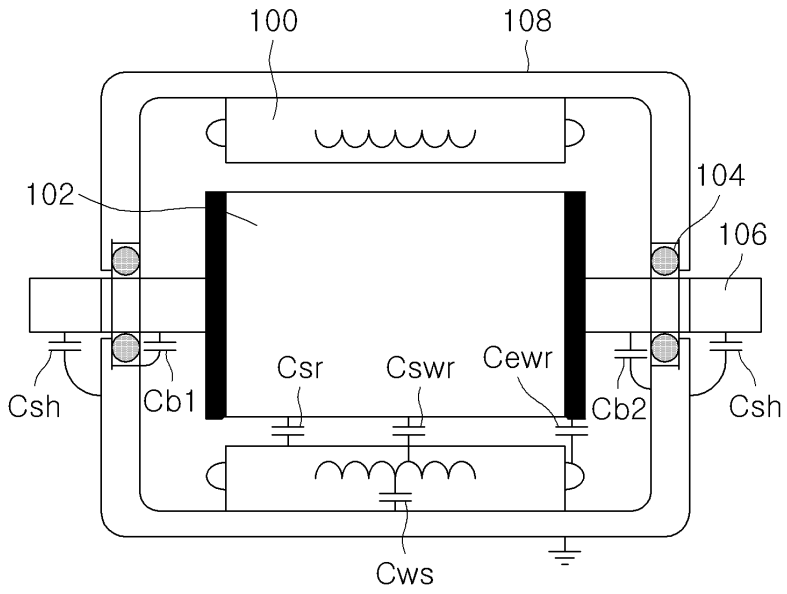
216 : 고정자의 끝부분 500 : 브러시

502 : 구리 실드 504 : 접지선

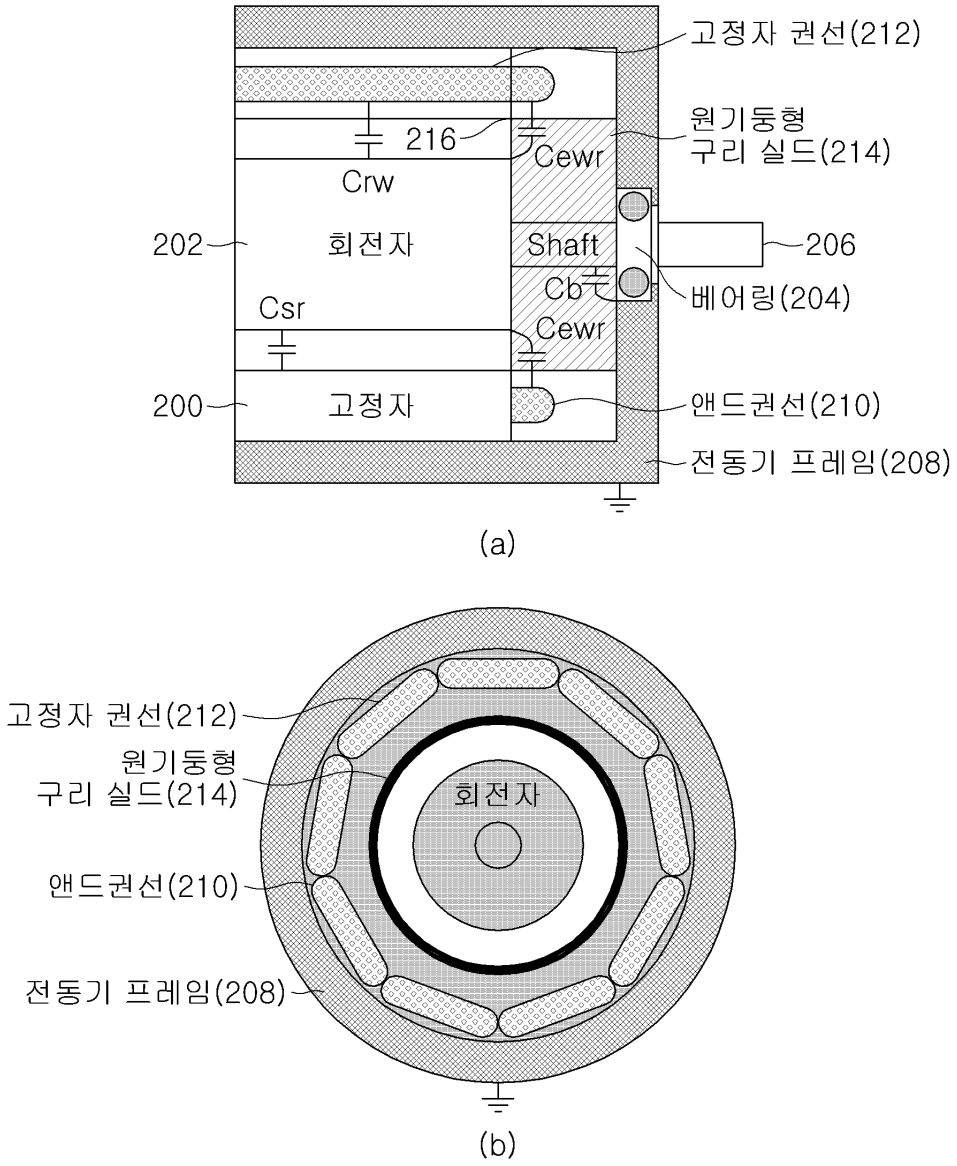
506 : 플라스틱 플레이트

도면

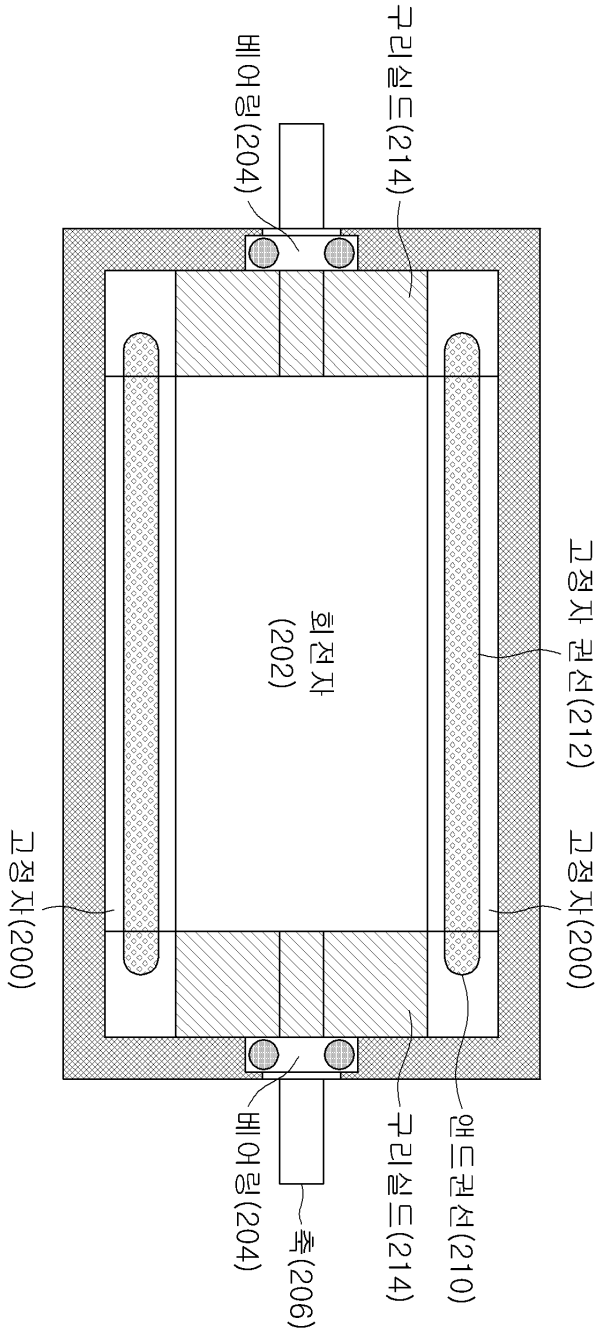
도면1



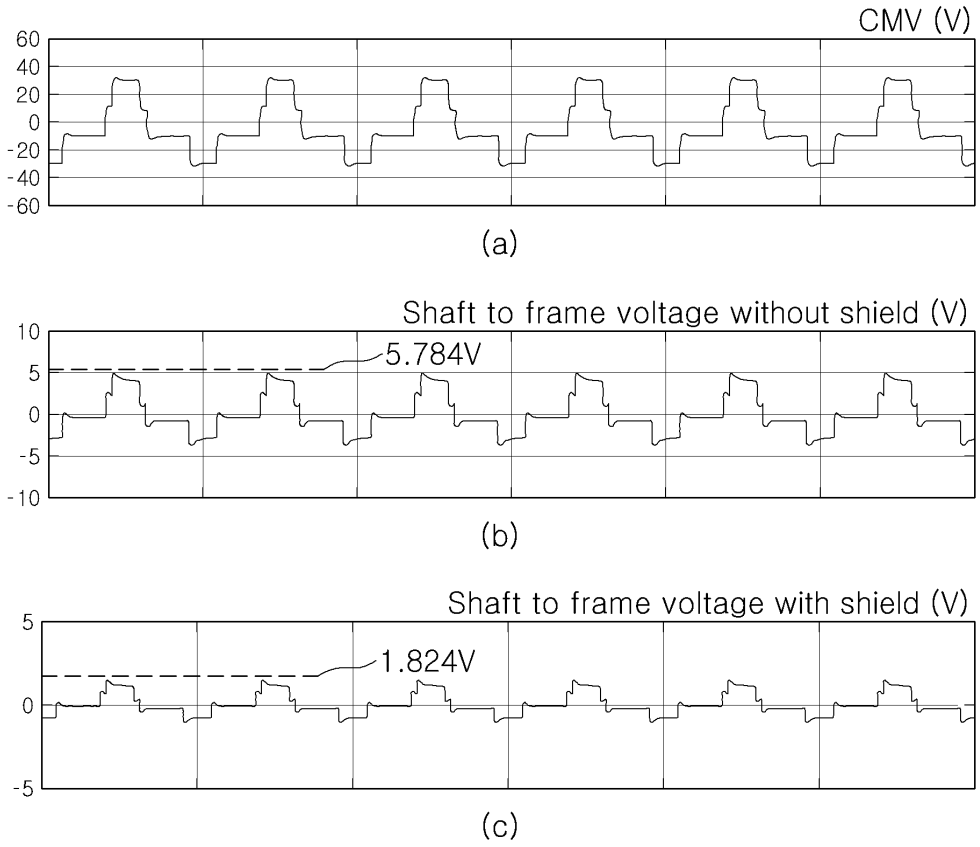
도면2


고정자 권선(212)
원기둥형
구리 실드(214)
216
Cewr
Crw
202
회전자
Shaft
206
Cb
베어링(204)
Csr
Cewr
200
고정자
앤드권선(210)
전동기 프레임(208)
(a)
고정자 권선(212)
원기둥형
구리 실드(214)
회전자
앤드권선(210)
전동기 프레임(208)
(b)

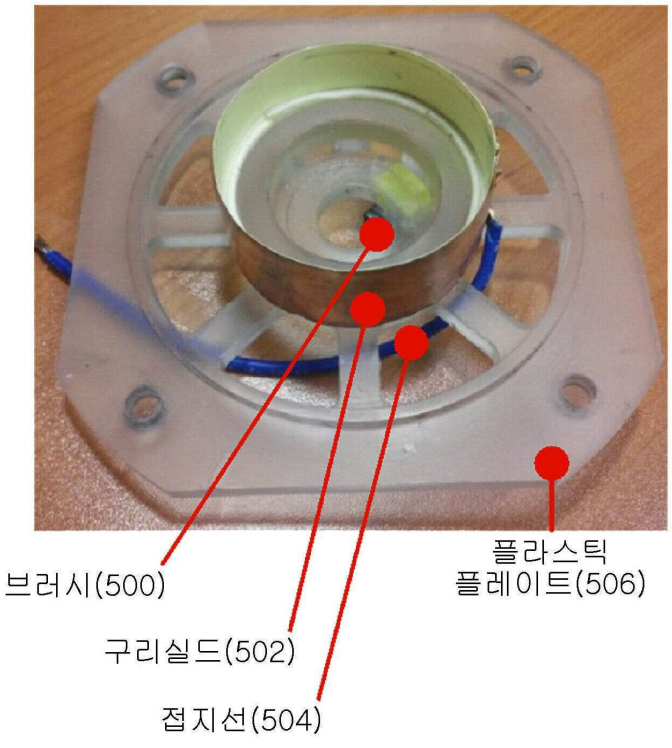
도면3


베어링(204)
구리실드(214)
고정자 권선(212)
고정자(200)
회전자
(202)
고정자(200)
베어링(204)
축(206)
구리실드(214)
앤드권선(210)

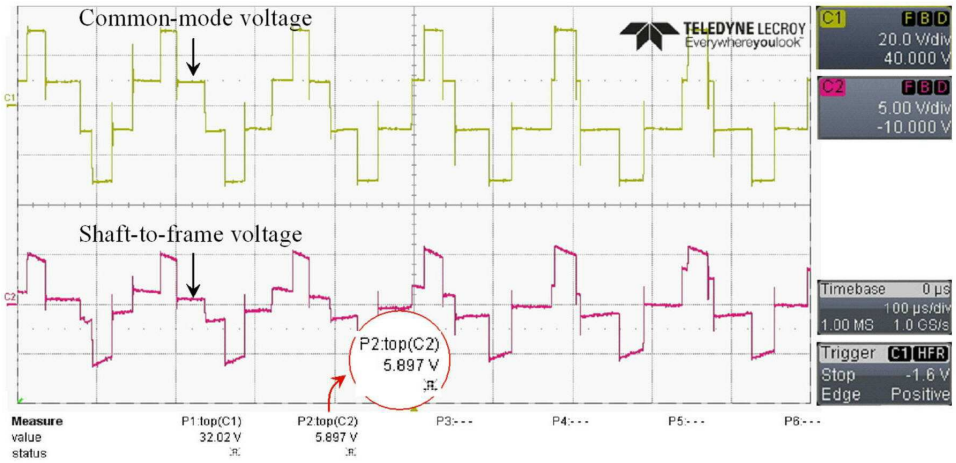
도면4


CMV (V)
60
40
20
0
-20
-40
-60
(a)
Shaft to frame voltage without shield (V)
10
5
0
-5
-10
5.784V
(b)
Shaft to frame voltage with shield (V)
5
0
-5
1.824V
(c)

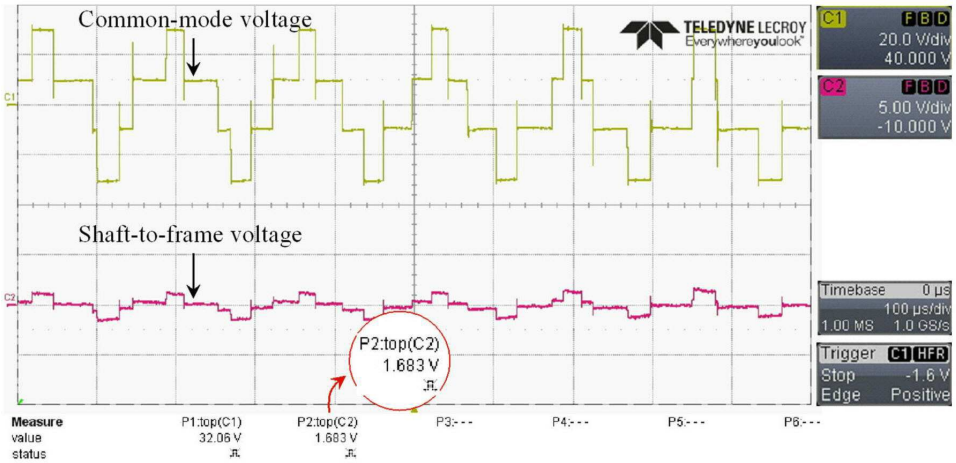
도면5


브러시(500)
구리실드(502)
접지선(504)
플라스틱
플레이트(506)

도면6


Common-mode voltage
Shaft-to-frame voltage
TELEDYNE LECROY
Everywhereyoulook
C1 F B D
20.0 V/div
40.000 V
C2 F B D
5.00 V/div
-10.000 V
Timebase 0 µs
100 µs/div
1.00 MS 1.0 GS/s
Trigger C1 HFR
Stop -1.6 V
Edge Positive
P2:top(C2)
5.897 V
Measure
value
status
P1:top(C1)
32.02 V
P2:top(C2)
5.897 V
P3:---
P4:---
P5:---
P6:---

(a)


Common-mode voltage
Shaft-to-frame voltage
TELEDYNE LECROY
Everywhereyoulook
C1 F B D
20.0 V/div
40.000 V
C2 F B D
5.00 V/div
-10.000 V
Timebase 0 µs
100 µs/div
1.00 MS 1.0 GS/s
Trigger C1 HFR
Stop -1.6 V
Edge Positive
P2:top(C2)
1.683 V
Measure
value
status
P1:top(C1)
32.06 V
P2:top(C2)
1.683 V
P3:---
P4:---
P5:---
P6:---

(b)