

**(19) 대한민국특허청(KR)**
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0172674

(43) 공개일자 2024년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02K 11/01 (2016.01) H02K 1/04 (2006.01)

H02K 3/42 (2006.01) H02K 3/487 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02K 11/014 (2020.08)

H02K 1/04 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2024-0028105

(22) 출원일자 2024년02월27일

심사청구일자 2024년02월27일

(30) 우선권주장

1020230070945 2023년06월01일 대한민국(KR)

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

허진

경기도 성남시 분당구 정자일로 248, 608동 1102호 (정자동, 파크뷰)

강준규

인천광역시 서구 건지로 402, 108동 1201호 (가좌동, 가좌한신휴플러스)

허준혁

인천광역시 연수구 아카데미로 119 인천대학교, 1기숙사 A동 1307호 (송도동)

(74) 대리인

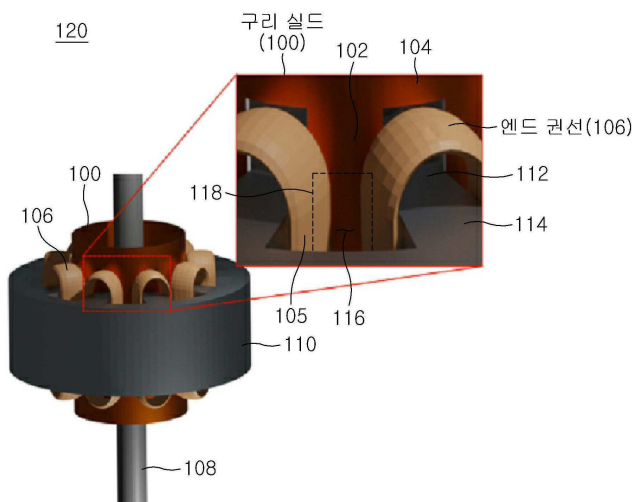
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드는, 전동기의 고정자와 회전자 사이에 삽입되는 도전성 재료의 차폐 실드(shield)로서, 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 제1 실드부; 및 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 제2 실드부를 포함한다.

대표도 - 도1

(52) CPC특허분류

H02K 3/42 (2013.01)

H02K 3/487 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415185011
과제번호	20010132
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	자동차산업기술개발
연구과제명	xEV 부품산업 저변 확대를 위한 e파워트레인 핵심부품 개발플랫폼 체계화 기술 개발
과제수행기관명	한국자동차연구원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415184939
과제번호	20018442
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	자동차산업기술개발
연구과제명	xEV용 전기구동장치 회전계 고장 방지를 위한 ESD 저감 기술 개발
과제수행기관명	(주)서진캠
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

전동기의 고정자와 회전자 사이에 삽입되는 도전성 재질의 차폐 실드(shield)로서,
상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 제1 실드부; 및
상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 제2 실드부를 포함하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 제1 실드부는, 상기 고정자의 티스(teeth)를 마주보는 부분이 뚫려 있는 구조로 형성되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 3

청구항 1에 있어서,
상기 제2 실드부는 접지되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 4

청구항 1에 있어서,
상기 제1 실드부와 상기 제2 실드부는 일체로 형성되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 차폐 실드는,
적어도 하나의 도전성 재질층; 및
상기 적어도 하나의 도전성 재질층의 양면에 형성되는 절연층을 포함하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 6

청구항 5에 있어서,
상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯의 개구부를 차단하기 위한 복수의 실드 바를 포함하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 7

청구항 6에 있어서,
상기 복수의 실드 바를 통과하면서 발생하는 와전류 손실을 저감하기 위하여, 상기 복수의 실드 바 각각은 하나 이상의 소정의 위치에서 절단되고,
절단되어 분리된 실드 바 부분들 간에 소정의 간격이 존재하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 차폐 실드가 2개 이상의 도전성 재질층을 포함하는 경우, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 각각의 도전성 재질층의 제1 실드부의 실드 바의 절단 위치를 층별로 서로 다르게 하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

상기 차폐 실드는, 휘어질 수 있는 판 형태로 형성되어, 상기 고정자와 상기 회전자 사이에 휘어져 설치되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 차폐 실드는 가로 방향, 세로 방향, 그리고 가로 방향 및 세로 방향 중 적어도 하나의 방향으로 절단되어 형성된 복수의 분할 실드를 포함하는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 복수의 도전성 재질의 실드 바로 형성되고,

상기 제2 실드부는 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 개별적인 제1 및 제2 실드 링을 포함하며,

상기 복수의 실드 바의 양단은 상기 제1 및 제2 실드 링에 형성된 대응하는 홈들에 삽입되어, 상기 제1 및 제2 실드 링에 체결되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 실드 바 및 제1 및 제2 실드 링의 전체 표면에는 절연층이 형성되는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드.

청구항 13

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 고정자와 상기 회전자 사이에 삽입된 도전성 재질의 차폐 실드(shield)를 포함하고,

상기 차폐 실드는,

상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 제1 실드부; 및

상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 제2 실드부를 포함하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 제1 실드부는, 상기 고정자의 티스(teeth)를 마주보는 부분이 뚫려 있는 구조로 형성되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 제2 실드부는 접지되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 제1 실드부와 상기 제2 실드부는 일체로 형성되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 17

청구항 13에 있어서,

상기 차폐 실드는,

적어도 하나의 도전성 재질층; 및

상기 적어도 하나의 도전성 재질층의 양면에 형성되는 절연층을 포함하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 18

청구항 17에 있어서,

상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯의 개구부를 차단하기 위한 복수의 실드 바를 포함하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 19

청구항 18에 있어서,

상기 복수의 실드 바를 통과하면서 발생하는 와전류 손실을 저감하기 위하여, 상기 복수의 실드 바 각각은 하나 이상의 소정의 위치에서 절단되고,

절단되어 분리된 실드 바 부분들 간에 소정의 간격이 존재하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 20

청구항 19에 있어서,

상기 차폐 실드가 2개 이상의 도전성 재질층을 포함하는 경우, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 각각의 도전성 재질층의 제1 실드부의 실드 바의 절단 위치를 층별로 서로 다르게 하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 21

청구항 17에 있어서,

상기 차폐 실드는, 휘어질 수 있는 판 형태로 형성되어, 상기 고정자와 상기 회전자 사이에 휘어져 설치되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 22

청구항 21에 있어서,

상기 차폐 실드는 가로 방향, 세로 방향, 그리고 가로 방향 및 세로 방향 중 적어도 하나의 방향으로 절단되어 형성된 복수의 분할 실드를 포함하는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 23

청구항 13에 있어서,

상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 복수의 도전성 재질의 실드 바로 형성

되고,

상기 제2 실드부는 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 개별적인 제1 및 제2 실드 링을 포함하며,

상기 복수의 실드 바의 양단은 상기 제1 및 제2 실드 링에 형성된 대응하는 홈들에 삽입되어, 상기 제1 및 제2 실드 링에 체결되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 실드 바 및 제1 및 제2 실드 링의 전체 표면에는 절연층이 형성되는, 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 영구 자석 동기 전동기는 공간 벡터 펄스 폭 변조(SVPWM: Space vector pulse width modulation) 인버터로 구동되며, 톨릭턴스 토크와 마그네틱 토크를 사용하기 때문에 고효율, 고토크, 높은 전력 밀도로 인해 자동차 분야 등 많은 산업 분야에서 사용된다. 일반적으로 전동기 고장에 있어서는 베어링 관련 고장이 40%이상을 차지한다.

[0003] SVPWM 인버터에 의한 공통 모드 전압(CMV: common-mode voltage)이 전동기에 흐르게 되는데 이는 전동기 내부에 존재하는 기생 커패시턴스를 들뜨게 하여 축전압(shaft voltage) 및 전류를 발생시킨다. 이는 베어링에 전압이 유도되면서 베어링 내부의 윤활유의 절연 파괴로 인하여 EDM(Electric Discharching)이 발생한다. EDM 효과에 의해서 베어링 내부에 부분적으로 높은 열이 발생하여 접지면에 작은 구멍 또는 패임이 발생하는 핏팅(Pitting) 현상이 발생하고, 이러한 핏팅 현상으로 인해 베어링의 표면에 갈라진 모양이 발생하는 플루팅(Fluting) 현상까지 초래하는 위험이 있다. 이러한 플루팅 현상으로 인해 베어링이 파손되고 전동기의 고장까지 초래할 수 있다. 본 명세서에서 전동기와 모터라는 용어는 동일한 의미로 사용될 수 있다.

[0004] 축전압에 의한 전기적인 스트레스는 베어링 고장을 유발하고 이러한 베어링 고장은 전동기의 소음과 진동을 발생시켜 다른 기계적, 전기적 고장으로 파급된다. 따라서, 베어링의 고장은 축전압에 의해 발생하기 때문에 축전압 저감에 많은 연구들이 이루어지고 있다.

[0005] 현재 전동기에서의 축전압 저감을 위해 다양한 형태의 실드를 적용시키거나 브러시를 축에 장착하여 축전압을 저감시키고 있지만, 이는 유지 보수가 많이 필요하고 축전압 저감을 위해 들어가는 비용 문제가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) KR 10-2021-0155508 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전동기의 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cwr)와 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cewr)가 축전압을 유발하여 베어링 고장을 발생시키고 이는 전동기의 고장을 초래하기 때문에 축전압 저감을 위한 새로운 구조의 도전성 차폐 실드를 전동기에 적용하여 베어링 고장을 줄이는 방안을 제시하는

것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전동기의 신뢰성 및 축전압 모두를 고려한 구조의 전도성 재질의 차폐 실드를 전동기 내부에 삽입함으로써 베어링 고장에 영향을 주는 축전압을 저감할 수 있는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기를 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 실드 구조가 간단하고, 단가가 저렴하며, 실드에 제어가 별도로 들어가지 않고, 초기에 전동기를 제작할 때 제안된 구조의 도전성 실드만 전동기 내부에 삽입하면 추후에 실드 교체나 유지 보수가 필요없이 전동기의 축전압을 저감할 수 있는, 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드는,

[0011] 전동기의 고정자와 회전자 사이에 삽입되는 도전성 재질의 차폐 실드(shield)로서,

[0012] 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 제1 실드부; 및

[0013] 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 제2 실드부를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 제1 실드부는, 상기 고정자의 티스(teeth)를 마주보는 부분이 뚫려 있는 구조로 형성될 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 제2 실드부는 접지될 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 제1 실드부와 상기 제2 실드부는 일체로 형성될 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 차폐 실드는,

[0018] 적어도 하나의 도전성 재질층; 및

[0019] 상기 적어도 하나의 도전성 재질층의 양면에 형성되는 절연층을 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯의 개구부를 차단하기 위한 복수의 실드 바를 포함할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 복수의 실드 바를 통과하면서 발생하는 와전류 손실을 저감하기 위하여, 상기 복수의 실드 바 각각은 하나 이상의 소정의 위치에서 절단되고,

[0022] 절단되어 분리된 실드 바 부분들 간에 소정의 간격이 존재할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 차폐 실드가 2개 이상의 도전성 재질층을 포함하는 경우, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 각각의 도전성 재질층의 제1 실드부의 실드 바의 절단 위치를 층별로 서로 다르게 할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 차폐 실드는, 휘어질 수 있는 판 형태로 형성되어, 상기 고정자와 상기 회전자 사이에 휘어져 설치될 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 차폐 실드는 가로 방향, 세로 방향, 그리고 가로 방향 및 세로 방향 중 적어도 하나의 방향으로 절단되어 형성된 복수의 분할 실드를 포함할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 복수의 도전성 재질의 실드 바로 형성되고,

[0027] 상기 제2 실드부는 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 개별적인 제1 및 제2 실드 링을 포함하며,

- [0028] 상기 복수의 실드 바의 양단은 상기 제1 및 제2 실드 링에 형성된 대응하는 홈들에 삽입되어, 상기 제1 및 제2 실드 링에 체결될 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 있어서, 상기 실드 바 및 제1 및 제2 실드 링의 전체 표면에는 절연층이 형성될 수 있다.
- [0030] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 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,
- [0031] 상기 고정자와 상기 회전자 사이에 삽입된 도전성 재질의 차폐 실드(shield)를 포함하고,
- [0032] 상기 차폐 실드는,
- [0033] 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 제1 실드부; 및
- [0034] 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 제2 실드부를 포함할 수 있다.
- [0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 제1 실드부는, 상기 고정자의 티스(teeth)를 마주보는 부분이 뚫려 있는 구조로 형성될 수 있다.
- [0036] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 제2 실드부는 접지될 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 제1 실드부와 상기 제2 실드부는 일체로 형성될 수 있다.
- [0038] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 차폐 실드는,
- [0039] 적어도 하나의 도전성 재질층; 및
- [0040] 상기 적어도 하나의 도전성 재질층의 양면에 형성되는 절연층을 포함할 수 있다.
- [0041] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯의 개구부를 차단하기 위한 복수의 실드 바를 포함할 수 있다.
- [0042] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 복수의 실드 바를 통과하면서 발생하는 와전류 손실을 저감하기 위하여, 상기 복수의 실드 바 각각은 하나 이상의 소정의 위치에서 절단되고,
- [0043] 절단되어 분리된 실드 바 부분들 간에 소정의 간격이 존재할 수 있다.
- [0044] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 차폐 실드가 2개 이상의 도전성 재질층을 포함하는 경우, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 각각의 도전성 재질층의 제1 실드부의 실드 바의 절단 위치를 층별로 서로 다르게 할 수 있다.
- [0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 차폐 실드는, 휘어질 수 있는 판 형태로 형성되어, 상기 고정자와 상기 회전자 사이에 휘어져 설치될 수 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 차폐 실드는 가로 방향, 세로 방향, 그리고 가로 방향 및 세로 방향 중 적어도 하나의 방향으로 절단되어 형성된 복수의 분할 실드를 포함할 수 있다.
- [0047] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 제1 실드부는 상기 고정자의 슬롯(slot)의 개구부를 차단하기 위한 복수의 도전성 재질의 실드 바로 형성되고,
- [0048] 상기 제2 실드부는 상기 고정자의 엔드 권선(end winding)을 차단하기 위한 개별적인 제1 및 제2 실드 링을 포함하며,
- [0049] 상기 복수의 실드 바의 양단은 상기 제1 및 제2 실드 링에 형성된 대응하는 홈들에 삽입되어, 상기 제1 및 제2 실드 링에 체결될 수 있다.
- [0050] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 있어서, 상기 실드 바 및 제1 및 제2

실드 링의 전체 표면에는 절연층이 형성될 수 있다.

발명의 효과

- [0051] 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 의하면, 전동기의 신뢰성 및 축전압 모드를 고려한 구조의 전도성 재료의 차폐 실드를 전동기 내부에 삽입함으로써 베어링 고장에 영향을 주는 축전압을 저감할 수 있다.
- [0052] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드 및 삽입형 차폐 실드를 포함하는 전동기에 의하면, 실드 구조가 간단하고, 단가가 저렴하며, 실드에 제어가 별도로 들어가지 않고, 초기에 전동기를 제작할 때 제안된 구조의 도전성 실드만 전동기 내부에 삽입하면 추후에 실드 교체나 유지 보수가 필요없이 전동기의 축전압을 저감할 수 있다.
- [0053] 또한, 제안된 구조의 차폐실드는 약 0.2mm 두께를 가지기 때문에 전동기에 삽입되는데 전혀 문제가 발생하지 않는다. 또한 실드는 구리와 같은 도전성 재료로 형성되기 때문에 비용적인 측면에서도 부담이 되지 않는다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용한 전동기의 형상을 도시한 도면.
- 도 2는 실드를 적용하지 않은 전동기의 기생 커패시턴스를 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용한 전동기의 기생 커패시턴스를 도시한 도면.
- 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 도시한 도면.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용한 전동기의 형상을 도시한 도면.
- 도 6은 시뮬레이션 공통모드전압(CMV) 결과를 도시한 그래프.
- 도 7은 실드를 적용하지 않은 시뮬레이션 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용한 시뮬레이션 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 9는 실드를 적용하지 않은 실험 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용한 실험 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 1 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 의한 2 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면.
- 도 13은 본 발명의 일 실시예에 의한 4 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면.
- 도 14는 실드를 적용하지 않은 실험 축전압 결과를 도시한 그래프
- 도 15는 본 발명의 일 실시예에 의한 1 레이어 실드를 적용한 실험 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 16은 본 발명의 일 실시예에 의한 2 레이어 실드를 적용한 실험 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 17은 본 발명의 일 실시예에 의한 4 레이어 실드를 적용한 실험 축전압 결과를 도시한 그래프.
- 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 도시한 도면.
- 도 19는 도 18에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드의 구리 실드 바를 도시한 도면.
- 도 20은 도 18에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드의 구리 실드 링을 도시한 도면.

도 21은 구리 실드 조립 과정을 도시한 도면.

도 22는 실드 패턴에 따른 자속밀도 분포도를 도시한 것으로, (a)는 개선 설계 전 실드(Type0), (b)는 개선 설계 후 실드(Type1)를 도시한 도면.

도 23은 실드의 패턴에 따른 와류손 발생 현상을 도시한 도면으로, (a)는 개선 설계 전 실드(Type0), (b)는 개선 설계 후 실드(Type1)를 도시한 도면.

도 24는 실드의 패턴 개선 설계를 도시한 도면으로, (a)는 Type0, (b)는 Type1, (c)는 Type5를 도시한 도면.

도 25는 실드의 패턴에 따른 축 전압 시험 결과 파형을 도시한 도면으로, (a)는 Type0, (b)는 Type1, (c)는 Type5를 도시한 도면.

도 26은 실드의 패턴 적용에 따른 개선 설계 구조를 도시한 도면으로, Type5, 2 layer 실드 구조를 도시한 도면.

도 27은 실드의 패턴 적용 및 분리 실드 구조를 도시한 도면으로, Type5, 2 layer 분리 실드를 도시한 도면.

도 28의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려하지 않은 Type0, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 29의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type1, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type1, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 30의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type2, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type2, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 31의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type3, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type3, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 32의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type4, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type4, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 33의 (a)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type5, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표, (b) 및 (c)는 와류손을 고려한 Type5, 2 레이어 실드를 도시한 도면.

도 34의 (a)는 와류손을 고려한 Type6, 2 레이어 실드, (b)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type6, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표를 도시한 도면.

도 35의 (a)는 와류손을 고려한 Type7, 2 레이어 실드, (b)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type7, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표를 도시한 도면.

도 36의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 37의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 38의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 39의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 40의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 41의 (a)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type5, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표, (b) 및 (c)는 와류손을 고려한 Type5, 4 레이어 실드를 도시한 도면.

도 42는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드의 자속 밀도를 도시한 도면.

도 43은 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드의 자속 밀도를 도시한 도면.

도 44는 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드의 자속 밀도를 도시한 도면.

도 45는 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드의 자속 밀도를 도시한 도면.

도 46은 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드의 자속 밀도를 도시한 도면.

도 47의 (a)는 실드 장착 전과 Type0 내지 Type7, 2 레이어 실드 장착 시 권선(Winding)과 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프, (b)는 실드 장착 전과 Type0 내지 Type5, 4 레이어 실드 장착 시 권선(Winding)과 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프, (c)는 Type0 내지 Type7, 2 레이어 및 4 레이어 실드 장착 시 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프.

도 48의 (a)는 Type5, 2 레이어 실드 실물 사진(통 실드)을 도시한 도면, (b)는 1층과 2층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면, (c)는 구조를 도시한 도면.

도 49의 (a)는 Type5, 4 레이어 실드 실물 사진(통 실드)을 도시한 도면, (b)는 1층 내지 4층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면, (c)는 구조를 도시한 도면.

도 50의 (a)는 Type6, 4 레이어 분할 실드 실물 사진을 도시한 도면, (b)는 1층 내지 4층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면.

도 51의 (a)는 Type5, 2 레이어, 분할 실드 실물 사진을 도시한 도면, (b)는 1층 및 2층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면.

도 52의 (a)는 각 레이어에 2개의 절단된 부분을 포함하는, Type5, 2 레이어 실드 구조를 도시한 도면, (b)는 1층 및 2층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면.

도 53은 각 레이어에 2개의 절단된 부분을 포함하는, Type5, 2 레이어 분할 실드 구조를 형성하기 위하여, 1층 및 2층의 절단 방법 및 실드를 수직 방향(V)으로 절단하는 방법을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.
- [0056] 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.
- [0057] 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.
- [0058] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 또한, 본 명세서에 개시된 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0060] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0061] 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드는 영구 자석 동기 전동기의 축전압 저감을 위한 새로운 실드 구조이다. 본 발명은 축전압 저감을 위해 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cwr)와 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cewr)를 모두 줄이는 구조를 적용한 삽입형 도전성 차폐 실드이다. 본 발명에 의한 차폐 실드는 접지랑 연결될 수 있기 때문에 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cwr)와 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cewr)가 상당히 많이 저감되어 축전압을 저감하고 전동기의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드에 의하면 유지 보수 및 비용 측면의 어려움 없이 실드를 제작하고 제안된 방식의 구리 실드 구조를 전동기 내부에 삽입함으로써 전동기 구동에 있어서 영향을 미치지 않는다. 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드의

구조는 구리 실드를 전동기의 티스(Teeth) 윗단에 끼우면서 슬롯 개구부(Slot opening)를 막는 구조로 되어 있다. 따라서 이러한 구조의 구리 실드는 전동기의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방식이다.

- [0063] 기존의 전동기 축전압 저감을 위해서는 대표적으로 브러쉬를 베어링에 장착하여 축전압을 저감하는 방법을 사용하지만, 이는 주기적으로 브러쉬를 교환해 주어야 하며 또한 단가 측면에도 많은 비용이 들어가지만, 본 발명에서는 전동기의 신뢰성 및 축전압 모두를 고려한 구조의 도전성 재질의 차폐 실드를 전동기 내부에 삽입함으로써 베어링 고장에 영향을 주는 축전압을 저감시키고 실드의 단가가 저렴하며, 유지 보수가 필요없다는 장점을 가지고 있다.
- [0064] 공간 벡터 펄스 폭 변조(SVPWM) 인버터에 의해 구동되는 전동기는 자동차 분야 등 많은 산업 분야에서 사용된다. 이러한 전동기의 수요 증가에 따라 안전성에 대한 많은 관심이 증가하였다.
- [0065] 전동기의 대표적인 고장은 베어링 관련 고장 41%, 고정자 관련 고장 36%, 회전자 관련 고장 9%, 기타 고장 14%를 차지한다. 따라서 전동기에서 가장 흔히 발생하는 고장은 베어링 고장이다.
- [0066] SVPWM 인버터에 의한 공통 모드 전압(CMV)이 전동기에 걸리게 되고, 이는 전동기 내부에 존재하는 기생 커패시턴스를 들뜨게 하여 축전압을 발생시킨다. 이러한 축전압은 베어링 고장을 유발시키고 베어링 고장은 전동기의 고장까지 초래할 수 있다.
- [0067] 전동기는 앞으로 DC 링크 전압 증가, 스위칭 주파수 증가, 전동기 용량 증가 등에 따라 축전압이 더 심하게 발생할 것이다. 이러한 베어링 고장을 예방하기 위해 축전압 저감에 많은 연구들이 나왔다. 크게는 축에 붙여서 축에 걸리는 전압을 브러쉬가 접지로 빠져서 축전압을 저감시키는 방법이 있다. 축전압 저감을 위한 또다른 방법에는 전동기에 실드를 넣어서 전동기 내부에 존재하는 기생 커패시턴스를 저감하여 축전압을 줄이는 방법이 있다.
- [0068] 하지만, 브러쉬를 장착하여 축전압 저감을 하는 방법은 많은 유지 보수 비용과 신뢰성이 떨어지는 단점을 가지고 있다. 또한, 현재 실드를 장착하여 기생 커패시턴스를 줄여 축전압을 저감하는 방법 자체는 효과적이지만 실드 구조가 전동기를 구동하는데 많은 단점으로 영향을 미친다. 따라서 본 발명은 전동기에 적합한 구리 실드 구조를 설계하여 전동기 내부에 삽입함으로써, 기생 커패시턴스를 줄여 축전압을 저감시킬 수 있다.
- [0069] 전동기 내부에서의 기생 커패시턴스는 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr}), 권선-고정자 기생 커패시턴스(C_{ws}), 고정자-회전자 기생 커패시턴스(C_{sr}), 권선-권선 기생 커패시턴스(C_{ww})가 존재한다. 기생 커패시턴스 공식은 하기와 같다.

수학식 1

$$C_{wr} = \frac{\frac{S}{3} \epsilon_0 W_d L_{stk}}{R_w - R_r} + \frac{4\pi\epsilon_0 L_e}{3 \ln \frac{R_s}{R_r}}$$

$$C_{ws} = \frac{\frac{S}{3} \epsilon_0 \epsilon_{\equiv} (2(W_h + W_l) L_{stk} + 2(W_h \times W_t))}{W_{\equiv}}$$

$$C_{sr} = \frac{2\pi\epsilon_0 L_{stk}}{\ln \frac{R_s}{R_r}}$$

$$C_{ww} = \frac{\frac{S}{3} \epsilon_0 h L_{stk}}{W_g}$$

- [0070]
- [0071] 베어링 전압비(BVR)는 입력 전압(v_{in})과 베어링 전압(v_b) 사이의 전압 비율로 정의되며 전동기의 기생 커패시턴스는 하기와 같이 베어링 전압비(BVR)에 의해 축전압 크기에 영향을 미칠 수 있다.

수학식 2

$$BVR = \frac{v_b}{v_{in}} = \frac{v_b}{v_{com}} \cong \frac{C_{wr}}{C_{wr} + C_{sr} + C_b}$$

[0072]

[0073]

V_{com} 은 공통모드전압을 나타내고, C_b 는 축과 베어링 사이의 기생 커패시턴스를 나타낸다.

[0074]

상기의 베어링 전압비(BVR)를 보면, 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr})가 축전압에 많은 영향을 미치며, 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr})에는 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{ewr})도 함께 포함되어 있다.

[0075]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)를 삽입한 전동기(120)의 형상을 나타낸다. 상기 차폐 실드(100)는 도전성 재질인 구리로 형성될 수 있다.

[0076]

상기 차폐 실드(100)는 전동기(120)의 고정자(110)와 회전자(112) 사이에 소정 거리 이격되어 삽입되는 도전성 재질의 구리 실드(shield)이다. 본 발명에서 차폐 실드 또는 구리 실드는 동일한 의미로 사용될 수 있다.

[0077]

구리 실드(100)는, 고정자(110)의 슬롯(slot)(116)의 개구부(118)를 차단하기 위한 제1 실드부(102) 및 상기 고정자(110)의 엔드 권선(end winding)(106)을 차단하기 위한 제2 실드부(104)를 포함할 수 있다.

[0078]

한편, 전동기(120)의 구동에 영향을 주지 않기 위하여, 상기 제1 실드부(102) 및 상기 제2 실드부(104)의 표면에는 절연층이 형성될 수 있다.

[0079]

도 1에 도시된 바와 같이, 엔드 권선(106)은 고정자 권선(105)이 고정자(110)의 적층 밖으로 나온 부분을 나타낼 수 있다.

[0080]

본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드의 구조는 구리 실드(100)를 전동기(120)의 티스(Tooth)(114) 윗단에 끼우면서 슬롯(116)의 개구부(Slot opening)(118)를 막는 구조로 되어 있을 수 있다. 따라서 이러한 구조의 구리 실드(100)는 전동기의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 방식이다.

[0081]

도 1을 참조하면, 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr}) 저감을 위해 고정자(110)의 슬롯(116)의 개구부(slot opening)(118) 부분을 제1 실드부(102)로 차단하였고, 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{ewr}) 저감을 위해 전동기(120)의 티스(114)의 위와 아래에 있는 엔드 권선(106) 부분을 제2 실드부(104)로 차단하였다.

[0082]

고정자(110)의 슬롯(116)은 티스(114)들 간에 축(108) 방향으로 길게 형성되어 있는 빈 공간을 나타내고, 슬롯(116)의 개구부(118)는 슬롯(116)에서 개방되어 있는 부분을 나타낼 수 있다.

[0083]

도 2는 실드를 적용하지 않은 전동기의 기생 커패시턴스를 나타낸 것이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드를 적용하였을 때 전동기의 기생 커패시턴스를 나타낸 것이다.

[0084]

도 2 및 도 3에서, 참조번호 202는 전동기 프레임, 참조번호 204는 고정자, 참조번호 206은 회전자, 참조번호 208은 축, 참조번호 210은 베어링, 참조번호 212는 고정자 권선, 그리고 참조번호 214는 엔드 권선을 나타낸다. 도 3에서 참조번호 100은 본 발명의 일 실시예에 의한 구리 실드(100)를 나타낸다.

[0085]

도 3에 도시된 바와 같이, 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr})와 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{ewr}) 저감을 위해 전동기의 티스(teeth) 부분에 원통형으로 구리 실드(100)를 삽입하여 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{wr})와 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(C_{ewr})는 접지로 대부분 빠져나가 축전압이 저감될 수 있다.

[0086]

도 3을 참조하면, 구리 실드(100)로 인해 권선-실드 기생 커패시턴스(C_{wh})와 회전자-실드 기생 커패시턴스(C_{rh})가 발생하지만, 구리 실드(100)가 접지와 연결되어 있기 때문에, 구리 실드(100)로 인해 발생하는 기생 커패시턴스의 값은 상당히 낮아서 축전압에 거의 영향을 주지 않는다. 또한, 고정자(204)와 구리 실드(100)는 서로 전기적으로 단락시키기 때문에 고정자-실드 기생 커패시턴스(C_{sh})는 무시할 수 있다.

[0087]

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)를 도시한 도면으로서, Type0 실드로 지칭하기로 한다.

[0088]

도 4a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)는 판 형태로 형성될 수 있다.

- [0089] 도 4a에서 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)는, 고정자(도 1의 110)의 슬롯(slot)(도 1의 116)의 개구부(도 1의 118)를 차단하기 위한 제1 실드부(302) 및 상기 고정자(도 1의 110)의 엔드 권선(end winding)(도 1의 106)을 차단하기 위한 제2 실드부(304, 306)를 포함할 수 있다.
- [0090] 도 4a에 도시된 바와 같이 상기 제1 실드부(302)와 상기 제2 실드부(304, 306)는 일체로 형성될 수 있다.
- [0091] 도 4a에 도시된 바와 같이, 상기 제1 실드부(302)는, 고정자(도 1의 110)의 티스(teeth)(114)를 마주보는 부분이 뚫려 있는 구조(303)로 형성되고, 상기 제2 실드부(304, 306)는 상기 고정자(도 1의 110)의 엔드 권선(end winding)(도 1의 106)을 차단하기 위하여 막힌 구조로 형성될 수 있다.
- [0092] 도 4a에서 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)는, 도 4b와 같이 원통형으로 휘어질 수 있다. 삽입형 차폐 실드(100)는 도 4b와 같이 원통형으로 휘어져, 고정자(도 1의 110)와 회전자(도 1의 112) 사이에 설치될 수 있다.
- [0093] 도 4a 및 도 4b에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(100)의 구조는, 전동기 구동에 있어서 영향을 미치지 않고, 유지 보수가 필요없으며, 전동기의 신뢰성을 향상시키는 장점을 가지고 있다.
- [0094] 또한, 차폐 실드(100)는 구리와 같은 도전성 재질로 형성될 수 있기 때문에, 가격 측면에서 상당히 저렴하다. 예시적으로 차폐 실드(100)의 두께는 전동기 내부 사이즈를 고려하여 약 0.2mm로 제작될 수 있으나, 이에 한정되지는 않고, 전동기의 크기 및 유형에 따라 다른 두께로 제작될 수 있다.
- [0095] 도 4a에서 차폐 실드(100)의 세로 길이는 전동기(120)의 엔드 권선(도 1의 106)을 차단해야 하므로 전동기(120)의 엔드 권선(도 1의 106)의 높이를 고려하였고, 차폐 실드(100)의 가로 길이는 전동기(120)의 내부에 차폐 실드(100)가 휘어져 삽입되어야 하므로 전동기(120)의 내부 둘레를 고려하여 제작될 수 있다.
- [0096] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 의한 삽입형 차폐 실드를 적용한 전동기의 형상을 도시한 도면이다.
- [0097] 도 4a에 도시된 차폐 실드(100)를 말아서 끝단에는 납땜을 하여 이어주었다. 또한, 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cwr)과 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cewr)를 접지로 보내기 위하여, 실드(100)에 접지선을 한 개 납땜하여 부착하였다.
- [0098] 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cwr)과 엔드 권선-회전자 기생 커패시턴스(Cewr)를 저감하기 위하여, 구리 실드(100)에 접지선을 빼지 않아도 어느 정도의 축전압 저감 효과가 나타나는 것을 확인할 수 있었다.
- [0099] 시험을 진행할 모터를 Ansys Maxwell Program을 사용하여 3D 모델을 제작하였고 3D 모델에서 각각의 기생 커패시턴스 값을 도출하였다. 도출한 기생 커패시턴스 값은 Matlab Simulink를 사용하여 설계한 등가회로에 적용하여 차폐 실드(100)를 전동기에 적용하지 않았을 때와 차폐 실드(100)를 전동기에 적용했을 때의 축전압을 도출하였다.
- [0100] 시뮬레이션에서 전동기의 조건은 전압 60V, 스위칭 주파수 10kHz, 속도는 3500rpm 기준으로 진행하였다. 도 6과 같이, 공통 모드 전압(CMV)을 도출하였고 도 7은 실드를 적용하지 않았을 때의 축전압 결과이며 최대(Maximum) 기준으로 축전압은 10V가 발생하였다.
- [0101] 도 8은 실드를 적용하였을때의 축전압 결과이며 최대(Maximum) 기준으로 축전압은 0.74V가 발생하였다. 따라서, 시뮬레이션 상에서 구리 실드(100)를 전동기에 적용하였을 때 축전압이 상당히 저감되었다는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션 상에서의 축전압 저감은 92.6% 감소한 것을 볼 수 있다.
- [0102] 실제 실드(100)를 적용하여 제작한 전동기의 축전압 실험 역시 시뮬레이션과 동일한 사양 조건으로 진행하였다. 도 9는 구리 실드(100)를 적용하지 않았을 때 실험을 진행하였으며 이때의 축전압은 최대 10.6V의 결과가 나타난다. 도 10은 구리 실드(100)를 적용하였을 때 실험을 진행하였으며 이때의 축전압은 최대 0.65V의 결과를 나타내었다. 실험 결과, 실드(100)를 적용하였을 때의 전동기의 축전압은 93.8% 저감되었으며 상당한 효과를 나타낸다.
- [0103] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 1 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면이고, 도 12는 본 발명의 일 실시예에 의한 2 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면이며, 도 13은 본 발명의 일 실시예에 의한 4 레이어 구리 실드 구조를 도시한 도면이다.
- [0104] 도 11에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 1 레이어 구리 실드(1100)는, 도전성 재질층인 구리층(1102) 및 상

기 구리층(1102)의 양면에 형성되는 제1 및 제2 절연층(1104_1, 1104_2)을 포함할 수 있다.

- [0105] 도 12에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 2 레이어 구리 실드(1200)는, 도전성 재질층인 제1 및 제2 구리층(1202_1, 1202_2) 및 상기 제1 및 제2 구리층(1202_1, 1202_2)의 양면에 형성되는 제1 내지 제3 절연층(1204_1, 1204_2, 1204_3)을 포함할 수 있다.
- [0106] 도 13에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 4 레이어 구리 실드(1300)는, 도전성 재질층인 제1 내지 제4 구리층(1302_1, 1302_2, 1302_3, 1302_4) 및 상기 제1 내지 제4 구리층(1302_1, 1302_2, 1302_3, 1302_4)의 양면에 형성되는 제1 내지 제5 절연층(1204_1, 1204_2, 1204_3, 1204_4, 1204_5)을 포함할 수 있다.
- [0107] 도 11 내지 도 13의 실드 구조에서 FPCB 실드의 각 구리층의 두께는 동일하게 형성하였다.
- [0108] 도 11 내지 도 13에 도시된 실드 구조를 기반으로 FPCB의 레이어(layer)의 개수에 따른 축전압 실험을 진행하였다. 이번 실험에서 전동기의 전압은 48V, 스위칭 주파수는 10kHz, 속도는 1000rpm으로 구성하여 진행하였다. 전동기의 속도는 축전압에 영향을 미치지 않기 때문에 사용자가 원하는 속도로 변경할 수 있다.
- [0109] 도 14와 같이, 실드를 적용하지 않았을 때의 축전압은 최대 2.39V가 발생하였다. 도 15 내지 도 17을 참조하면, 1 레이어의 실드를 적용하였을 때는 최대 0.55V의 축전압, 2 레이어의 실드를 적용하였을 때는 최대 0.35V의 축전압, 4 레이어의 실드를 적용하였을 때는 최대 0.17V의 축전압이 나타났다. 따라서, 1 레이어는 76.9%, 2 레이어는 85.3%, 4 레이어는 92.8%의 축전압 저감율을 나타내었다.
- [0110] FPCB 레이어의 수가 증가할수록 축전압 저감율이 높아지는 이유는 레이어 증가에 따라 절연층으로 인하여 실드의 총 커패시턴스 값이 증가하면서 임피던스가 감소하고 그에 따라 실드를 통해 더 많은 전압이 감소될 수 있다. 따라서, 실드에 걸리는 전압 및 전류는 접지로 빠짐에 따라 레이어의 수가 증가할수록 상당한 축전압 저감 효과를 볼 수 있다. FPCB 내부에 존재하는 구리층 간의 커패시턴스는 병렬이다.
- [0111] 도 18은 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(1800)를 도시한 도면이다.
- [0112] 도 18에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(1800)는, 고정자(도 1의 110)의 슬롯(slot)(도 1의 116)의 개구부(도 1의 118)를 차단하기 위한 복수의 도전성 재질인 구리 실드 바(1802) 및 고정자(도 1의 110)의 엔드 권선(end winding)(도 1의 106)을 차단하기 위한 개별적인 제1 및 제2 실드 링(1808, 1810)을 포함할 수 있다.
- [0113] 전동기의 구동에 영향을 주지 않기 위하여, 상기 구리 실드 바(1802) 및 상기 제1 및 제2 실드 링(1808, 1810)의 전체 표면에는 절연층이 형성될 수 있다.
- [0114] 상기 복수의 구리 실드 바(1802)의 양단은 상기 제1 및 제2 실드 링(1808, 1810)에 형성된 대응하는 홈들(도 20의 1805)에 삽입되어, 상기 제1 및 제2 실드 링(1808, 1810)에 체결될 수 있다.
- [0115] 상기 복수의 구리 실드 바(1802)는 고정자(도 1의 110)의 슬롯(slot)(도 1의 116)의 개구부(도 1의 118)를 차단하기 위한 제1 실드부일 수 있다.
- [0116] 상기 제1 실드 링(1808) 및 상기 제2 실드 링(1810)은 고정자(도 1의 110)의 엔드 권선(end winding)(도 1의 106)을 차단하기 위한 제2 실드부(1804, 1806)를 포함할 수 있다.
- [0117] 도 19는 도 18에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(1800)의 구리 실드 바(1802)를 도시한 도면이다.
- [0118] 도 19에 도시된 삽입형 차폐 실드의 구리 실드 바(1802)는 FPCB와 같은 원리이지만, 차량에 장착할 수 있게 상용성을 고려한 강건 설계를 진행하여 제작한 구리 실드 바이다.
- [0119] 도 20은 도 18에 도시된 본 발명의 다른 실시예에 의한 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드(1800)의 구리 실드 링(1808, 1810)을 도시한 도면이고, 도 21은 도 18에 도시된 차폐 실드(1800)의 조립 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0120] 도 19에 도시된 구리 실드 바(1802)의 양단을, 도 21에 도시된 바와 같이, 도 20에 도시된 구리 실드 링(1808, 1810)에 형성되어 있는 홈들(1805)에 체결하면, 구리 실드 바(1802)를 구리 실드 링(1808, 1810) 사이에 장착할 수 있다.
- [0121] 도 19에서 참조번호 1804와 1806은 고정자(도 1의 110)의 엔드 권선(end winding)(도 1의 106)을 차단하기 위

한 제2 실드부(1804, 1806)일 수 있다.

- [0122] 도 19에 도시된 구리 실드 바(1802)의 양단을 도 20에 도시된 구리 실드 링(1808, 1810)에 형성되어 있는 홈들(1805)에 체결하여 구리 실드 바(1802)를 구리 실드 링(1808, 1810) 사이에 장착하는 경우, 도 18에 도시된 바와 같은 구리 실드(1800)를 형성할 수 있다.
- [0123] 한편, 도체에 자속이 관통하면 그 주위에 오른나사 법칙에 의해서 전류가 흐르게 되는데 이를 와전류라고 칭하며, 이러한 와전류에 의해 발생하는 손실을 와전류 손실(Eddy current loss)이라고 한다. 와전류가 발생하면 손실이 발생하고 이는 도체에 열을 발생시킬 수 있다.
- [0124] 도 22는 실드 패턴에 따른 자속밀도 분포도를 도시한 것으로, (a)는 개선 설계 전 실드(Type0), (b)는 개선 설계 후 실드(Type1)를 도시한 도면이다. 도 22의 (a)와 같이 도 4a에 제안된 구조(Type0)의 실드를 모터에 장착하였을 때 모터의 자석에서 발생하는 자속이 실드의 바(2200) 부분을 통과하면서 지나가기 때문에 실드의 바(2200) 부분에 자속이 많이 걸리는 것을 알 수 있다. 이는 와전류 손실을 발생시킬 수 있다.
- [0125] 따라서, 시뮬레이션을 통해 도 22의 (b)와 같이, 실드의 바(2202) 부분을 일직선으로 절단함으로써 실드의 바(2202) 부분에 걸리는 자속이 감소한 것을 알 수 있다.
- [0126] 도 23은 실드의 패턴에 따른 와류손 발생 현상을 도시한 도면으로, (a)는 개선 설계 전 실드(Type0, 2 레이어), (b)는 개선 설계 후 실드(Type1, 2 레이어)를 도시한 도면이다. 본 명세서에서 와전류 손실과 와류손은 동일한 의미로 사용될 수 있다.
- [0127] 도 23의 (a)는 실드의 바 부분을 자르기 전의 와류손 형태(2300, 2302)를 나타내고, (b)는 실드의 바 부분을 자른 후의 와류손 형태(2302)를 나타낸다. 도 23의 (b)와 같이, 절연까지는 절단되지 않고 내부 구리만 절단되는 구조이다.
- [0128] 와전류 손실은 수학적 식 3과 같이 나타나며 여기서, P_e 는 와전류 손실의 크기, k 는 도전율, t 는 도체(구리)의 두께, f 는 주파수, B_m 은 최대자속밀도를 나타낸다.

수학적 식 3

$$P_e = k(tfB_m)^2$$

- [0129]
- [0130] 따라서, 도 23의 (b)에 도시된 Type1의 개선 설계 구조와 같이 실드의 바 부분을 절단함으로써 실드에 걸리는 자속이 감소하고 와전류가 흐르는 도체의 면적이 감소하여 와전류 손실을 저감할 수 있다.
- [0131] 하기에 와전류 손실을 고려하기 위하여, 실드의 패턴 적용에 따른 개선 설계에 대해 설명하기로 한다.
- [0132] 도 24는 실드의 패턴 개선 설계를 도시한 도면으로, (a)는 Type0, (b)는 Type1, (c)는 Type5에 대한 실드 및 온도 표를 도시한 도면이고, 도 25는 실드의 패턴에 따른 축 전압 시험 결과 파형을 도시한 도면으로, (a)는 Type0, (b)는 Type1, (c)는 Type5와 관련된 파형을 도시한 도면이다.
- [0133] 축 전압 저감율까지 고려하기 위해 상술한 바와 같이 도 24의 (b)처럼 패턴 설계를 진행하였다. 여기서 온도 측면에서는 개선되었으나 기존 축 전압 저감을 대비해서 도 25의 (b)와 같이, 축 전압 저감 성능이 조금 감소하였다.
- [0134] 이러한 이유는 도 24의 (b)에 도시된 제안했던 Type1 실드 구조는 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스(C_{wr})를 저감함으로써 축 전압을 저감한다. 기생 커패시턴스를 줄이기 위해서는 권선과 회전자 사이의 투영되는 면적을 줄여야 한다.
- [0135] 하지만, 도 24의 (b)의 실드 형상(Type1)과 같이, 실드 바 부분의 1층, 2층 구리를 같은 위치에서 절단하게 되면 절단된 부분을 통해 권선과 회전자 사이의 투영되는 면적이 발생함으로써 권선과 회전자 사이의 기생 커패시턴스(C_{wr}) 성분의 저감이 떨어지고, 이는 축 전압 저감 성능 역시 기존 대비 감소할 수 있다.
- [0136] 따라서, 최적의 온도 및 축 전압 저감율을 가져가기 위해서 도 24의 (c)의 실드 형상(Type5)과 같이, 1층과 2층 구리의 절단 위치를 다르게 한다. 각 층의 구리 절단 위치를 다르게 하여 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없게 유지되면서 와전류 손실 또한 저감할 수 있다.

- [0137] 따라서, 최적의 와전류 손실과 축 전압을 고려한 구조는 도 26과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 2 레이어만 나타나지만 2 레이어보다 많은 다층 구리 레이어 역시 적용 가능하다. 도 26은 실드의 패턴 적용에 따른 개선 설계 구조를 도시한 도면으로, Type5, 2 레이어를 도시한 도면이다.
- [0138] 또한, 실드의 바 부분의 구리 절단은 단순 절단이 아니라 절단된 구리 간에 간격이 존재하며 이는 다양한 간격에 따라 설계 가능하다. 예를 들어, 절단된 구리 간의 간격은 0.1mm 이상일 수 있다.
- [0139] 또한, 도 27과 같이, 다 슬롯 모터의 경우 실드 장착의 어려움이 있을 수 있으므로, 실드를 세로로 절단하여 분리 실드(분할 실드)를 장착하면 보다 쉽게 제안된 구조의 실드를 장착할 수도 있다. 본 발명에서 분리 실드와 분할 실드는 동일한 의미로 사용될 수 있다. 도 27은 실드의 패턴 적용 및 분리 실드 구조를 도시한 도면으로, Type5, 2 레이어, 분리 실드를 도시한 도면이다.
- [0140] 도 27과 같이, 세로로 분리시키는 개수는 모터의 슬롯을 고려하여 다양하게 적용 가능하다. 세로로 분리시키는 경우에는 분할된 실드 간에 간격을 두는 것이 아니라 단순히 실드를 세로로 절단하는 것을 의미한다.
- [0141] 도 28의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려하지 않은 Type0, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0142] 도 29의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type1, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type1, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0143] 도 28 및 도 29를 참조하면, 와류손을 고려하지 않은 Type0, 2 레이어 실드를 장착할 때보다, 와류손을 고려한 Type1, 2 레이어 실드 장착 시 온도가 더 낮은 것을 확인할 수 있다.
- [0144] 도 28 및 도 29에서, edc1, edc2는 와류손을 나타내고, INT는 절단된 부분의 간격을 나타내며, FS는 제1 실드부, SS_1과 SS_2는 제2 실드부를 나타낼 수 있다.
- [0145] 도 30의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type2, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type2, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0146] 도 30에 도시된 Type2, 2 레이어 실드의 제1 실드부(FS)와 제2 실드부(SS_1, SS_2) 간에는 2개의 간격(INT1, INT2)이 존재할 수 있다. 제1 실드부(FS)는 실드 바로 지칭될 수 있다.
- [0147] 도 31의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type3, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type3, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0148] 도 31에 도시된 Type3, 2 레이어 실드의 제1 실드부(FS)에는 3개의 간격(INT1, INT2, INT3)이 존재할 수 있다. 제1 실드부(FS)는 실드 바로 지칭될 수 있다.
- [0149] 도 32의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type4, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type4, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0150] 도 32에 도시된 Type4, 2 레이어 실드의 제1 실드부(FS)에는 5개의 간격(INT1 내지 INT5)이 존재할 수 있다.
- [0151] 도 33의 (a)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type5, 2 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표, (b) 및 (c)는 와류손을 고려한 Type5, 2 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0152] 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 2개의 도전성 재질층들 각각의 제1 실드부, 즉 실드 바의 절단 위치를 서로 다르게 할 수 있다. 즉, 층별로 실드 바의 절단 위치를 서로 다르게 할 수 있다.
- [0153] 예를 들어, 도 33에 도시된 Type5, 2 레이어 실드의 제1 실드부(FS)의 각각의 레이어에는 1개의 절단된 부분, 즉 1개의 간격이 존재할 수 있다. 제1 레이어에는 제1 위치에 간격(FINT)이 존재하고, 제2 레이어에는 제2 위치에 간격(SINT)이 존재할 수 있다. 도 33에 도시된 바와 같이, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 2개의 도전성 재질층들 각각의 제1 실드부의 실드 바의 절단 위치, 즉 제1 위치와 제2 위치는 서로 다를 수 있다.
- [0154] 도 34의 (a)는 와류손을 고려한 Type6, 2 레이어 분리 실드, (b)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type6, 2 레이어 분리 실드 장착 시 측정된 온도 표를 도시한 도면이다. 도 34의 실드는 수직 방향(V)으로 실드가 2개로 분리된 분리 실드를 나타낼 수 있다.
- [0155] 도 35의 (a)는 와류손을 고려한 Type7, 2 레이어 실드, (b)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type7, 2 레이어

분리 실드 장착 시 측정된 온도 표를 도시한 도면이다. 도 35의 실드는, 수직 방향(V)과 수평 방향(H)으로 실드가 4개로 분리된 분리 실드를 나타낼 수 있다.

- [0156] 도 36의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0157] 도 37의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c) 및 (d)는 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0158] 도 38의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0159] 도 39의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0160] 도 40의 (a) 및 (b)는 각각 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 그래프 및 표, (c)는 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다.
- [0161] 도 41의 (a)는 실드 장착 전과 와류손을 고려한 Type5, 4 레이어 실드 장착 시 측정된 온도 표, (b) 및 (c)는 와류손을 고려한 Type5, 4 레이어 실드를 도시한 도면이다. FINT는 제1 레이어의 제1 위치에 형성된 간격을 나타내고, SINT는 제2 레이어의 제2 위치에 형성된 간격을 나타내며, TINT는 제3 레이어의 제3 위치에 형성된 간격을 나타내고, FLINT는 제4 레이어의 제4 위치에 형성된 간격을 나타낸다.
- [0162] 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, FINT, SINT, TINT 및 FLINT는 서로 상이한 위치에 존재할 수 있다. 즉, 제1 위치, 제2 위치, 제3 위치 및 제4 위치는 서로 상이한 위치일 수 있다.
- [0163] 도 42는 와류손을 고려하지 않은 Type0, 4 레이어 실드 장착시의 실드의 자속 밀도를 도시한 도면이고, 도 43은 와류손을 고려한 Type1, 4 레이어 실드 장착시의 실드의 자속 밀도를 도시한 도면이다.
- [0164] 도 43에 도시된 바와 같이, 실드의 바(4300) 부분을 일직선으로 절단함으로써 실드의 바(4300) 부분에 걸리는 자속이 감소한 것을 확인할 수 있다.
- [0165] 도 44는 와류손을 고려한 Type2, 4 레이어 실드 장착시의 실드의 자속 밀도를 도시한 도면이고, 도 45는 와류손을 고려한 Type3, 4 레이어 실드 장착시의 실드의 자속 밀도를 도시한 도면이며, 도 46은 와류손을 고려한 Type4, 4 레이어 실드 장착시의 실드의 자속 밀도를 도시한 도면이다.
- [0166] 도 47의 (a)는 실드 장착 전과 Type0 내지 Type7, 2 레이어 실드 장착 시 권선(Winding)과 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프, (b)는 실드 장착 전과 Type0 내지 Type5, 4 레이어 실드 장착 시 권선(Winding)과 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프, (c)는 Type0 내지 Type7, 2 레이어 및 4 레이어 실드 장착 시 실드(Shield)의 온도를 도시한 그래프이다.
- [0167] 도 48의 (a)는 Type5, 2 레이어 실드 실물 사진(통 실드)을 도시한 도면, (b)는 1층과 2층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면, (c)는 실드의 구조를 도시한 도면이다.
- [0168] 도 48의 (b)에 도시된 바와 같이, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 제1 레이어에 형성된 간격(FINT)과 제2 레이어에 형성된 간격(SINT)이 서로 상이한 위치에 존재하도록, 제1 레이어의 실드 바는 제1 위치의 수평 방향(H1)으로 절단되고, 제2 레이어의 실드 바는 제2 위치의 수평 방향(H2)으로 절단될 수 있다.
- [0169] 도 49의 (a)는 Type5, 4 레이어 실드 실물 사진(통 실드)을 도시한 도면, (b)는 1층 내지 4층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면이고, (c)는 실드의 구조를 도시한 도면이다.
- [0170] 도 49의 (b)에 도시된 바와 같이, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 제1 레이어에 형성된 간격(FINT), 제2 레이어에 형성된 간격(SINT), 제3 레이어에 형성된 간격(TINT) 및 제4 레이어에 형성된 간격(FLINT)이 서로 상이한 위치에 존재하도록, 제1 레이어의 실드 바는 제1 위치의 수평 방향(H1)으로 절단되고, 제2 레이어의 실드 바는 제2 위치의 수평 방향(H2)으로 절단되며, 제3 레이어의 실드 바는 제3 위치의 수평 방향(H3)으로 절단되고, 제4 레이어의 실드 바는 제4 위치의 수평 방향(H4)으로 절단될 수 있다.
- [0171] 도 50의 (a)는 Type5, 2 레이어, 분할 실드 실물 사진을 도시한 도면, (b)는 1층 내지 4층의 절단 방법 그리고 실드를 수직 방향(V)으로 절단하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

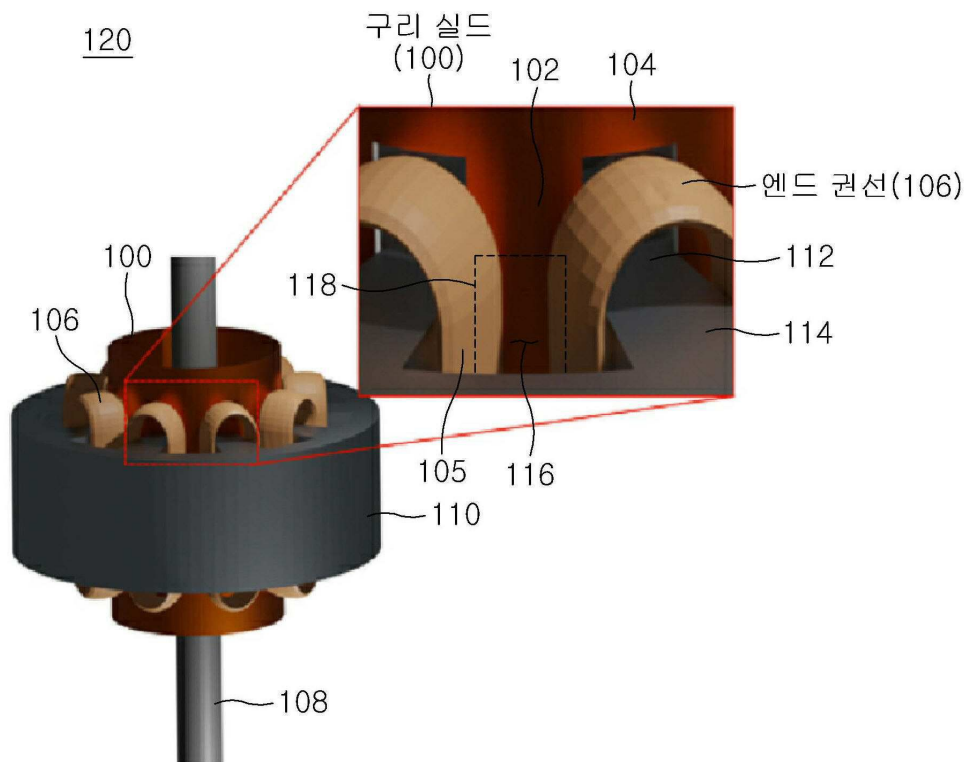
- [0172] 도 50의 Type5, 2 레이어, 분할 실드는, 도 49의 실드를 수직 방향(V)으로 절단한 것이다.
- [0173] 도 51의 (a)는 Type5, 2 레이어, 분할 실드 실물 사진을 도시한 도면, (b)는 1층 및 2층의 절단 방법 그리고 실드를 수직 방향(V)으로 절단하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0174] 도 52의 (a)는 각 레이어에 2개의 절단 부분을 포함하는, Type5, 2 레이어 실드 구조를 도시한 도면, (b)는 1층 및 2층의 절단 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0175] 도 52의 (b)에 도시된 바와 같이, 권선과 회전자 사이에 투영되는 면적이 없도록, 제1 레이어에 형성된 간격들(FINT1, FINT2)과 제2 레이어에 형성된 간격들(SINT1, SINT2)이 서로 상이한 위치에 존재하도록, 제1 레이어의 실드 바는 제1 및 제2 위치의 수평 방향(H1_1, H1_2)으로 절단되고, 제2 레이어의 실드 바는 제3 위치 및 제4 위치의 수평 방향(H2_1, H2_2)으로 절단될 수 있다.
- [0176] 도 53은 각 레이어에 2개의 절단 부분을 포함하는, Type5, 2 레이어 분할 실드 구조를 형성하기 위하여, 1층 및 2층의 절단 방법 및 실드를 수직 방향(V)으로 절단하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0177] 도 53의 Type5, 2 레이어, 분할 실드는, 도 52의 실드를 수직 방향(V)으로 절단한 것이다.
- [0178] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

부호의 설명

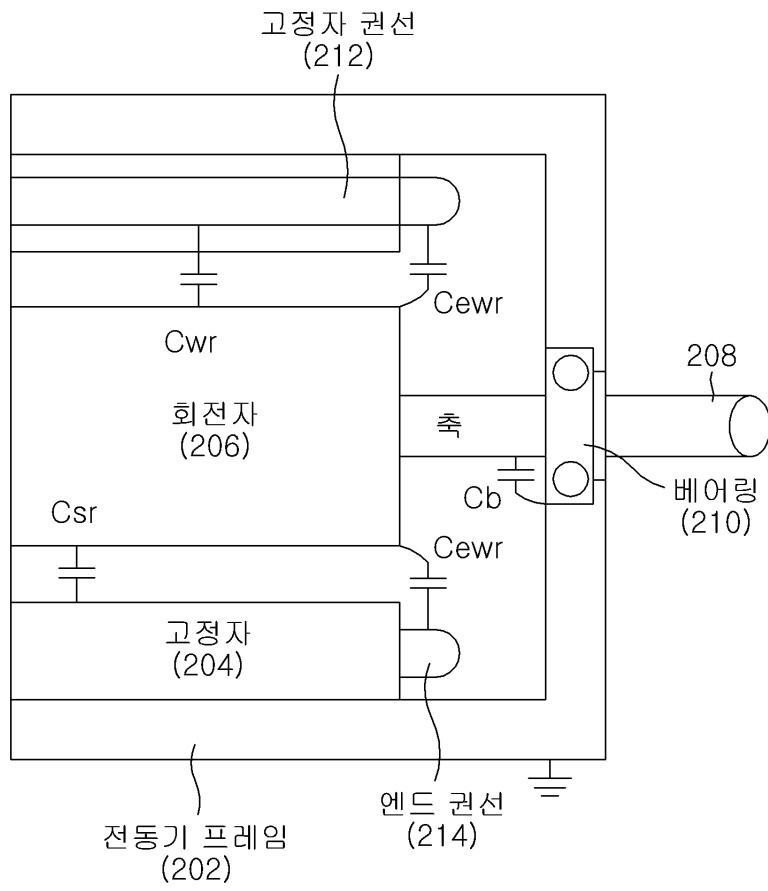
- [0179] 100 : 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드
- 102 : 제1 실드부 104 : 제2 실드부
- 105 : 고정자 권선 106 : 엔드 권선
- 108 : 축 110 : 고정자
- 112 : 회전자 114 : 티스
- 116 : 슬롯 118 : 슬롯의 개구부
- 202 : 전동기 프레임 204 : 고정자
- 206 : 회전자 208 : 축
- 210 : 베어링 212 : 고정자 권선
- 214 : 엔드 권선 302 : 제1 실드부
- 304, 306 : 제2 실드부 1100 : 1 레이어 구리 실드
- 1102, 1202_1, 1202_2, 1302_1 내지 1302_4 : 구리층
- 1104_1, 1104_2, 1204_1, 1204_2, 1304_1 내지 1304_5 : 절연층
- 1200 : 2 레이어 구리 실드 1300 : 4 레이어 구리 실드
- 1800 : 전동기의 축전압 저감을 위한 삽입형 차폐 실드
- 1802 : 제1 실드부 1804, 1806 : 제2 실드부
- 1805 : 홈 1808, 1810 : 구리 실드 링
- 2200, 2202 : 실드의 바 2300, 2302 : 와전류(Eddy current)

도면

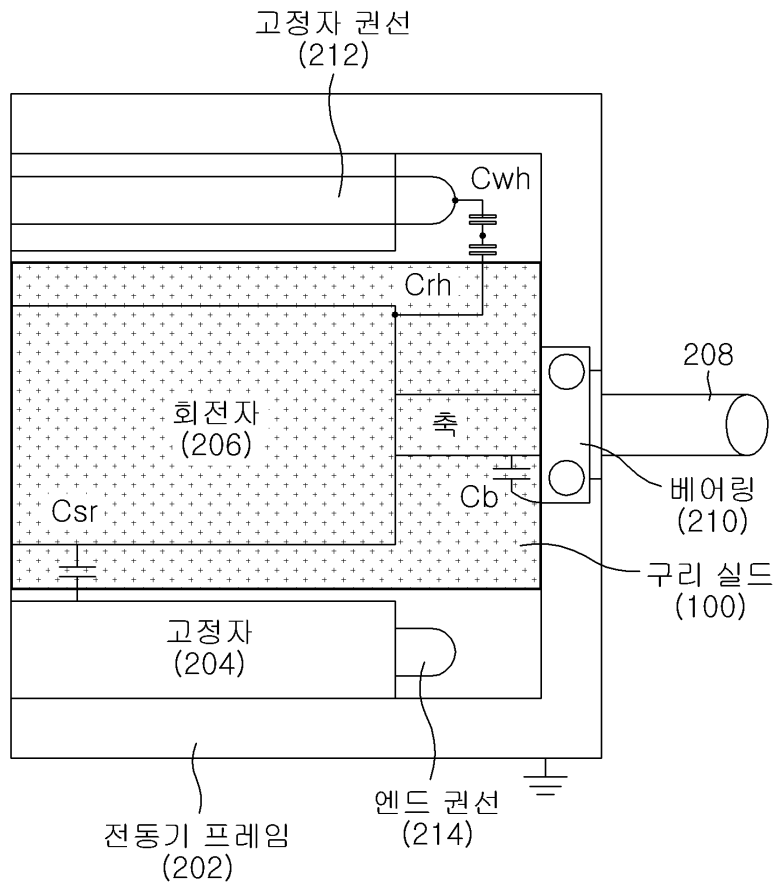
도면1



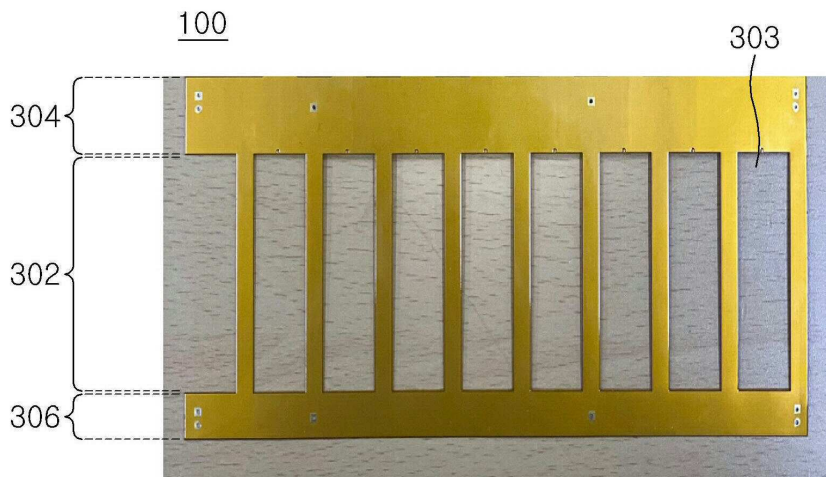
도면2



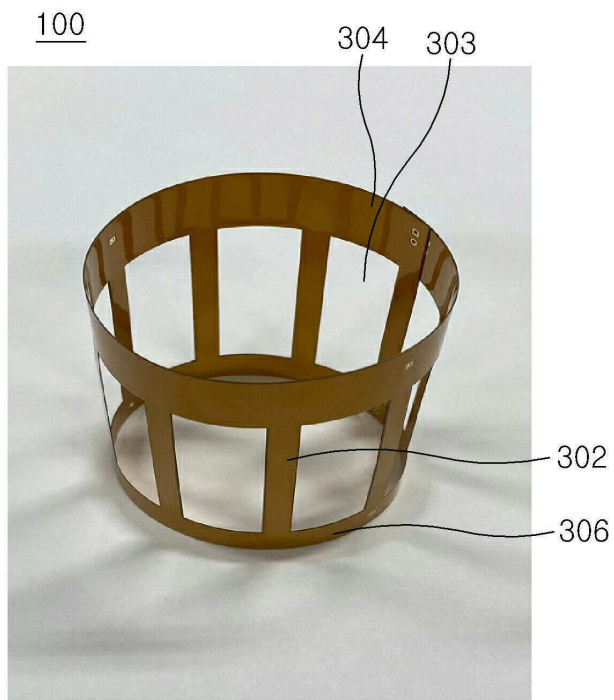
도면3



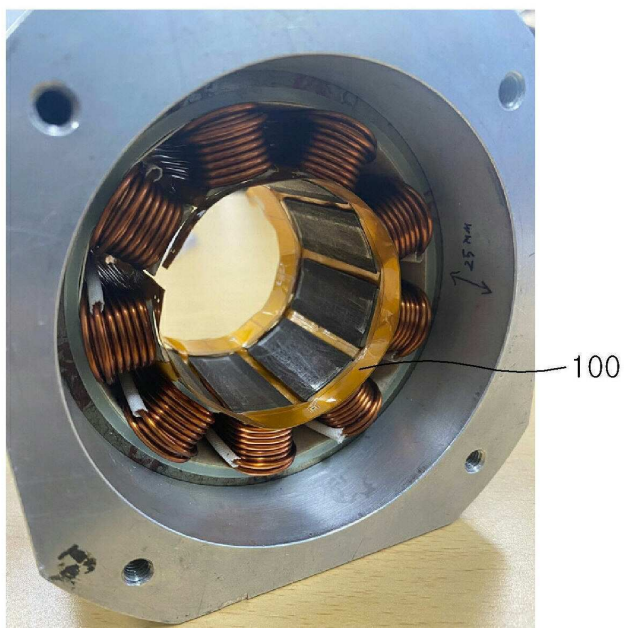
도면4a



도면4b



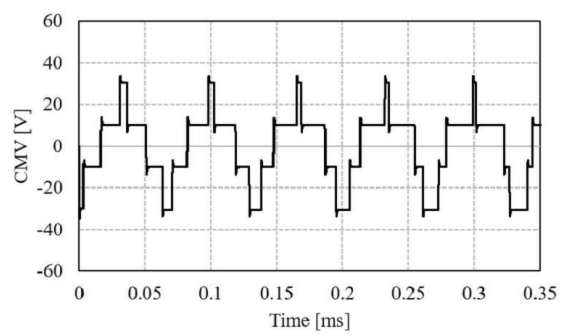
도면5a



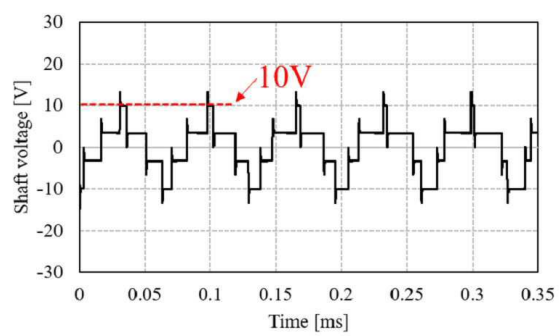
도면5b



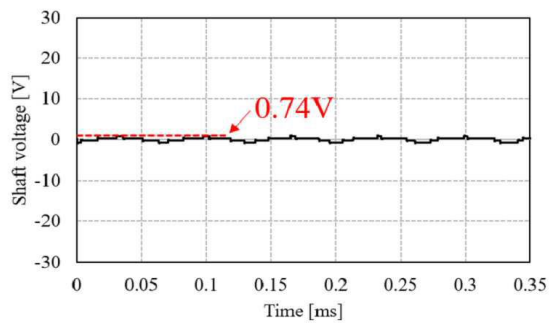
도면6



도면7



도면8



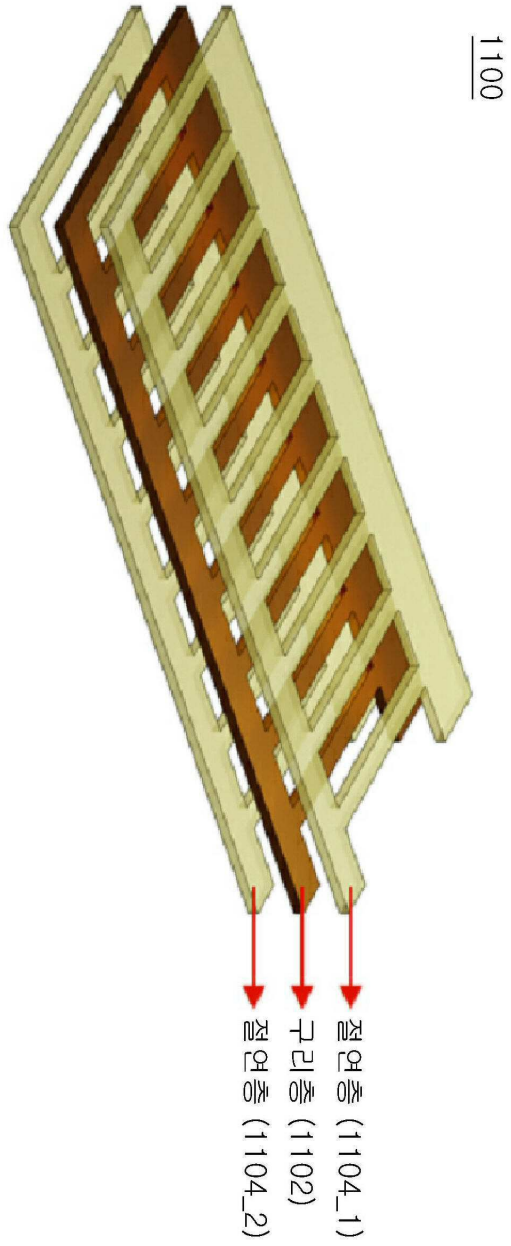
도면9



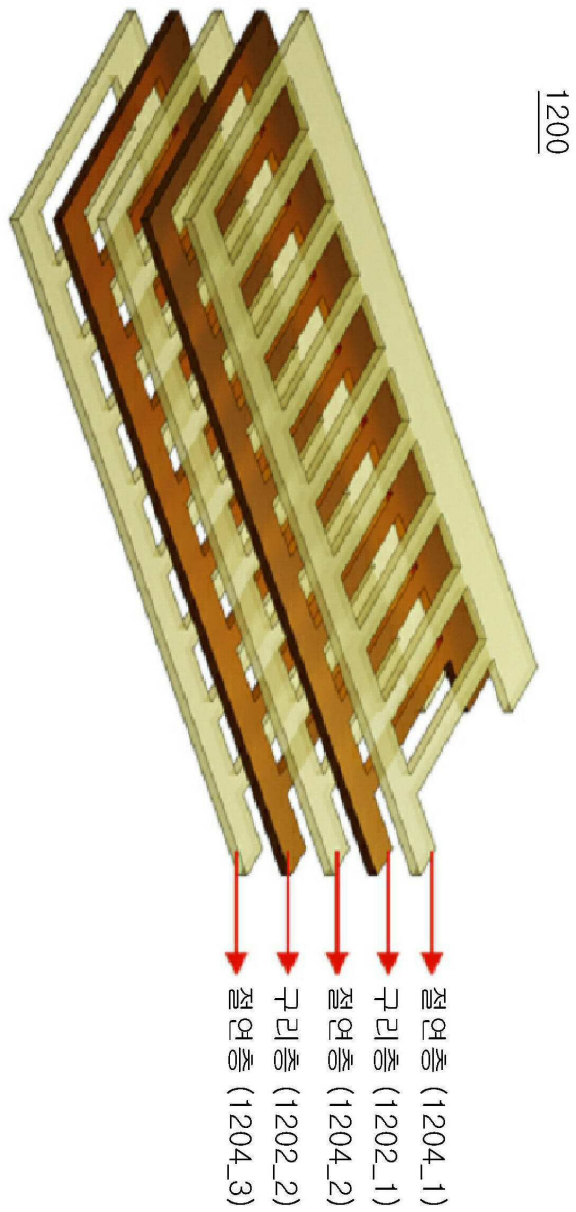
도면10



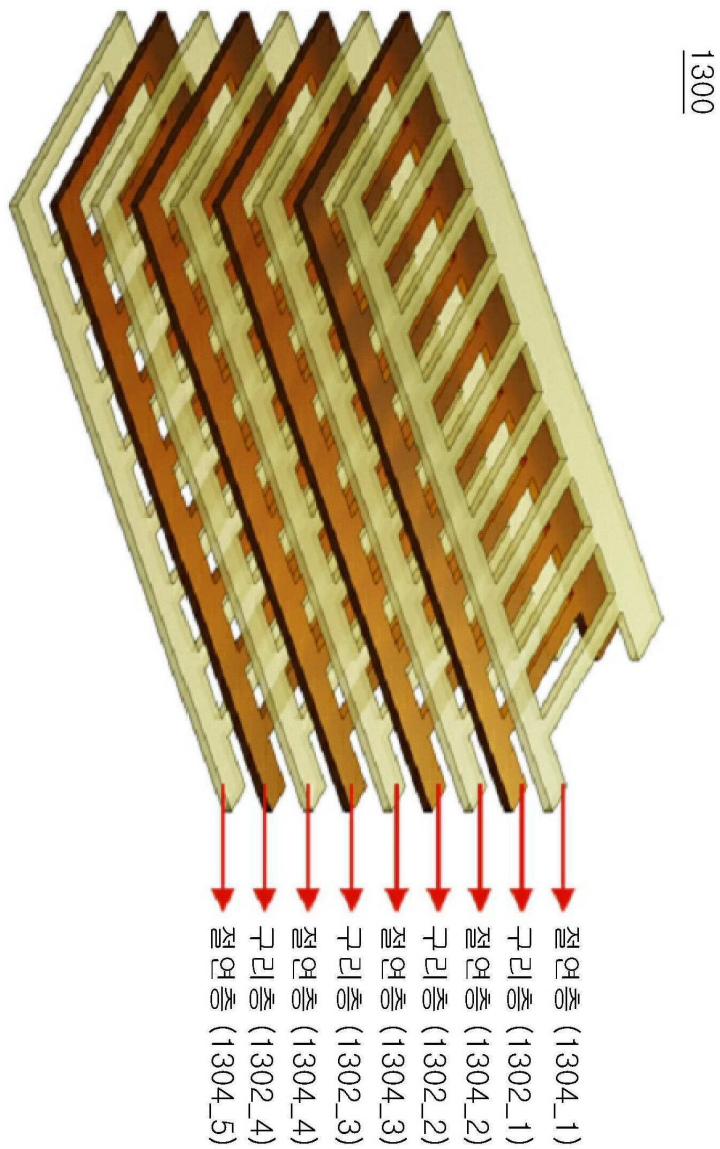
도면11



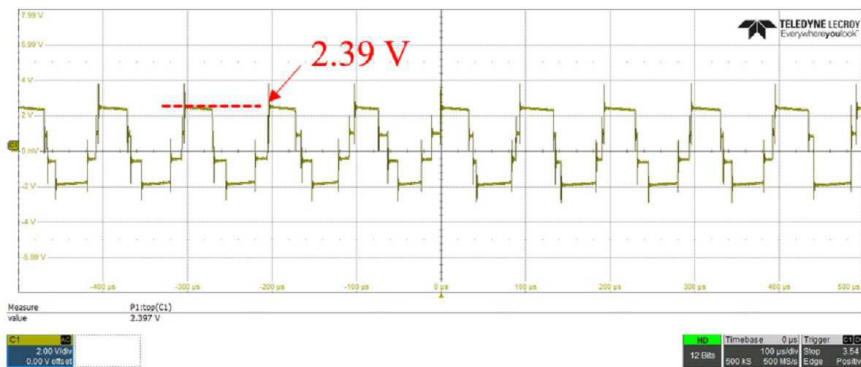
도면12



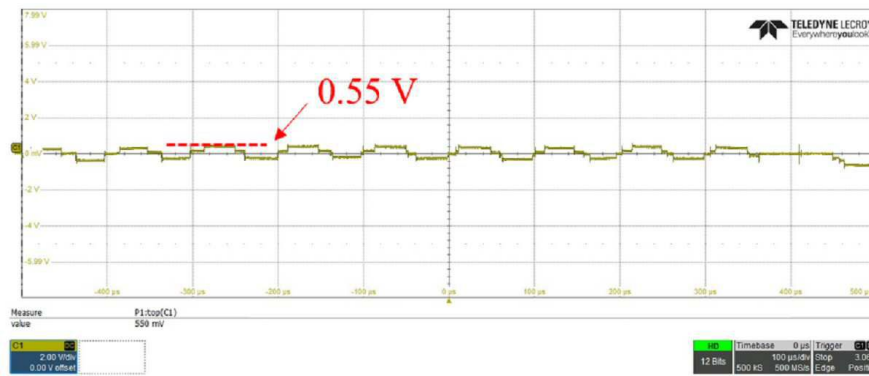
도면13



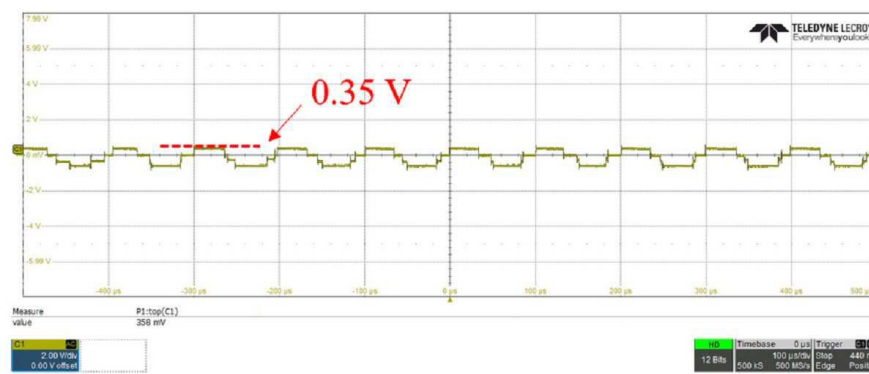
도면14



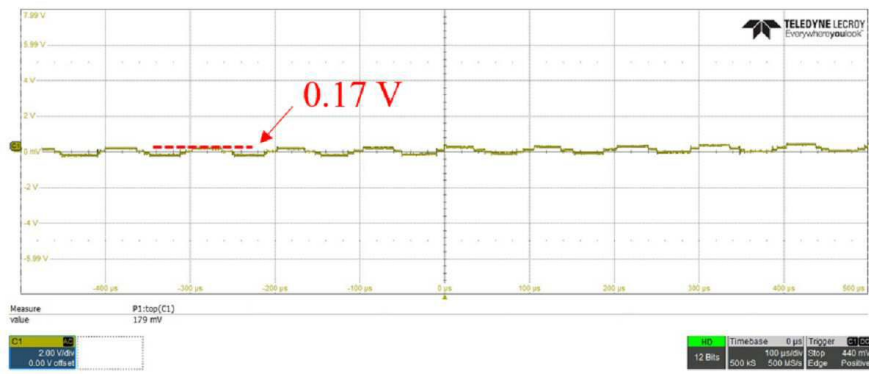
도면15



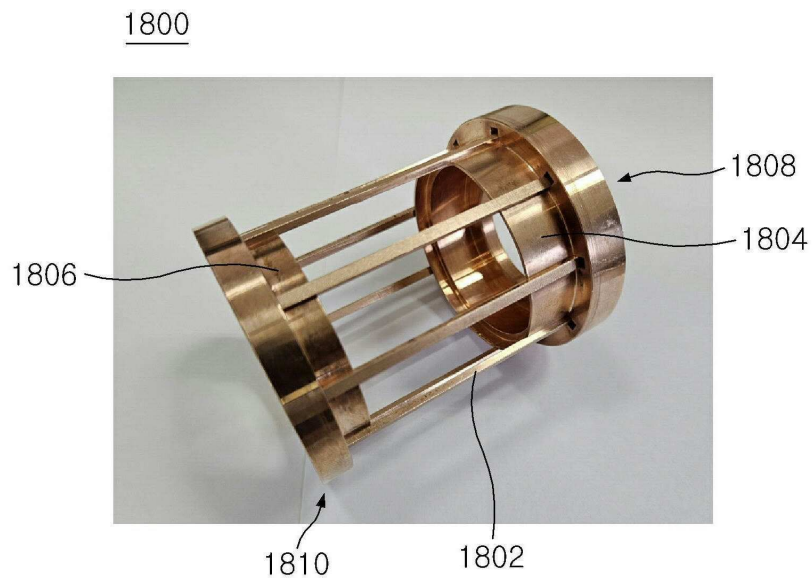
도면16



도면17



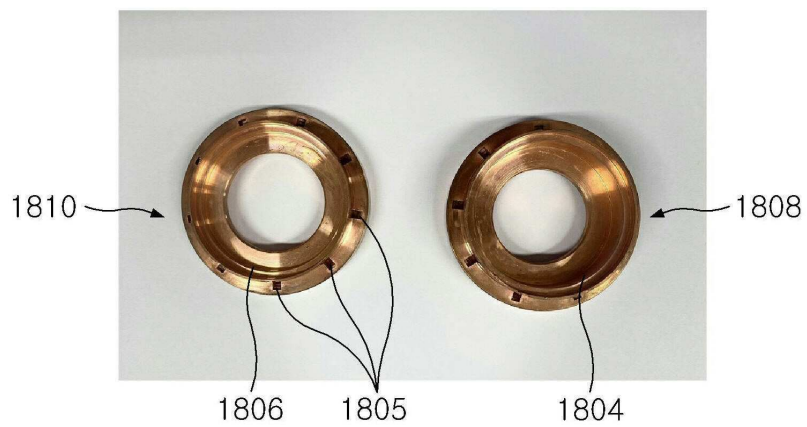
도면18



도면19



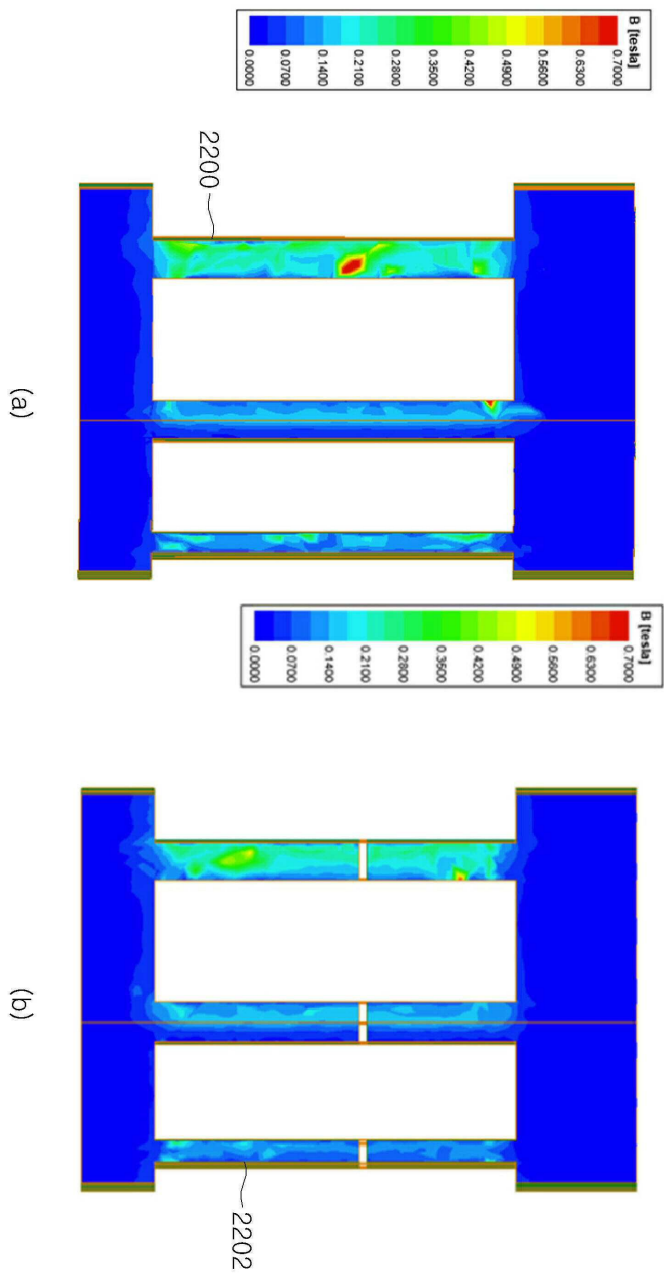
도면20



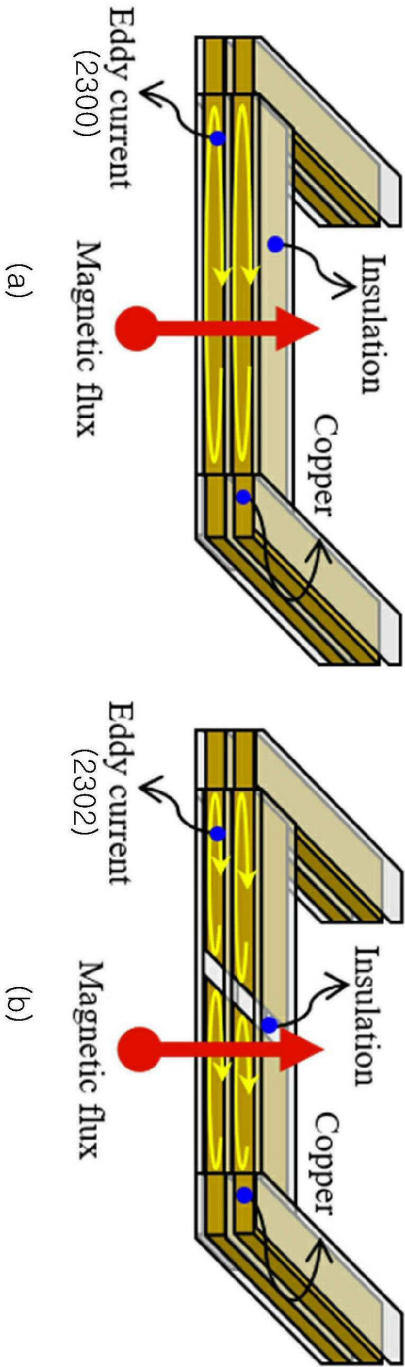
도면21



도면22



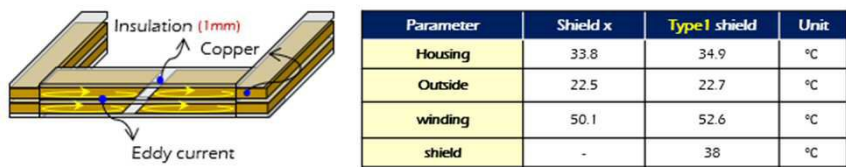
도면23



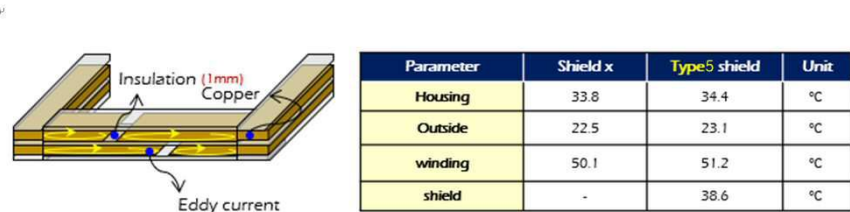
도면24



(a)

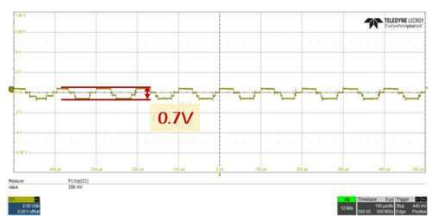


(b)



(c)

도면25



(a)

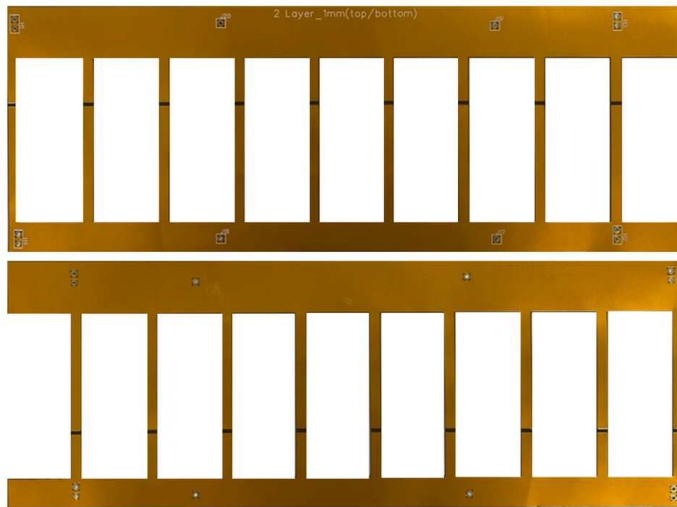


(b)

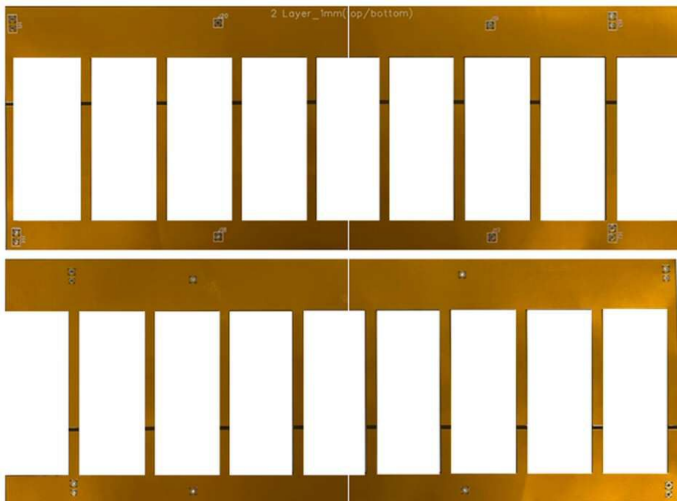


(c)

도면26

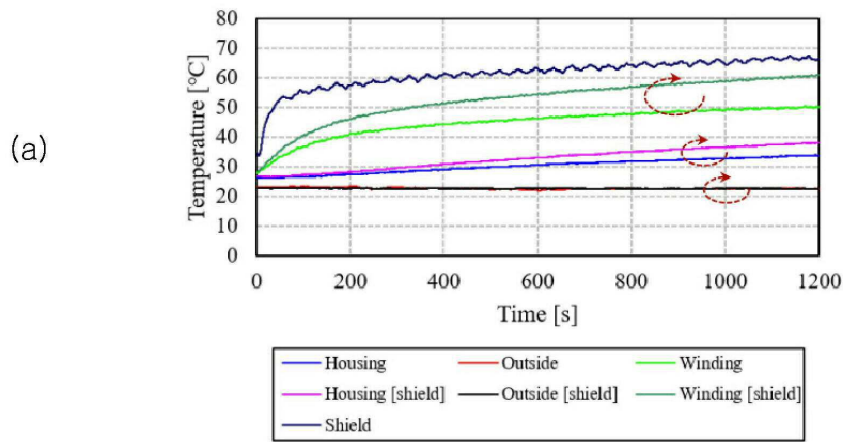


도면27



도면28

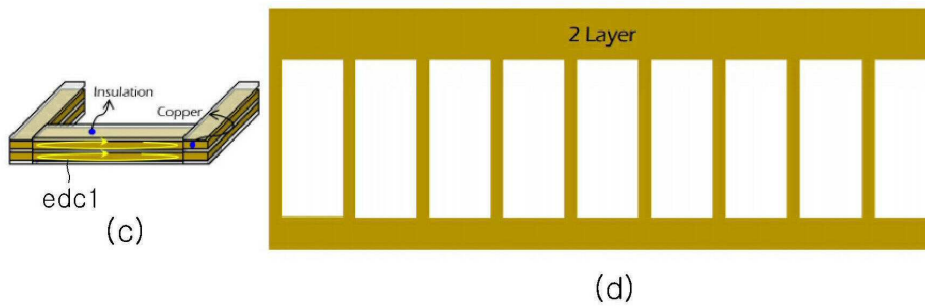
실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [와류손 고려x]- type0



At 1,200 s

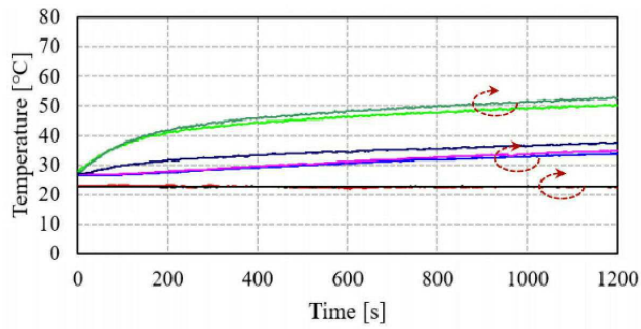
(b)

Parameter	Shield x	Type0 shield	Unit
Housing	33.8	38.1	°C
Outside	22.5	22.7	°C
winding	50.1	60.7	°C
shield	-	66.5	°C



도면 29

실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [와류손 고려 아- type1

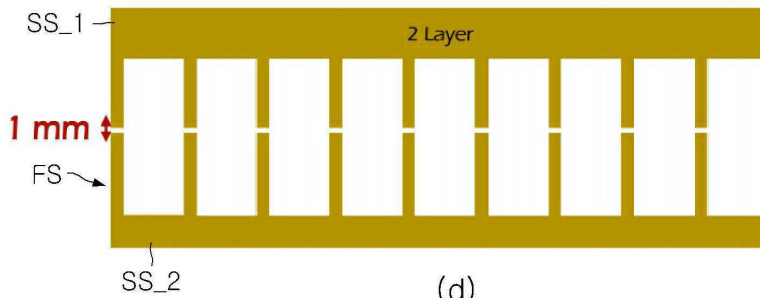


(a)

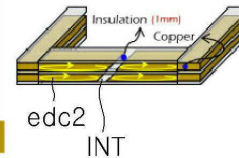
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type1 shield	Unit
Housing	33.8	34.9	°C
Outside	22.5	22.7	°C
winding	50.1	52.6	°C
shield	-	38	°C

(b)



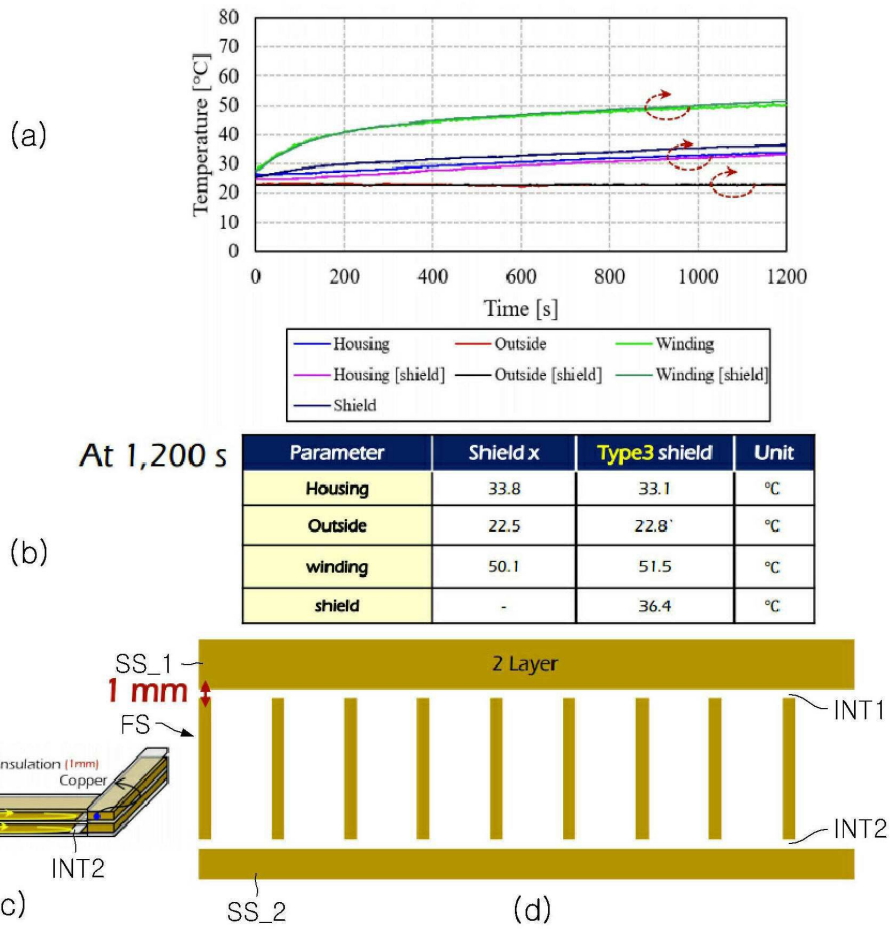
(d)



(c)

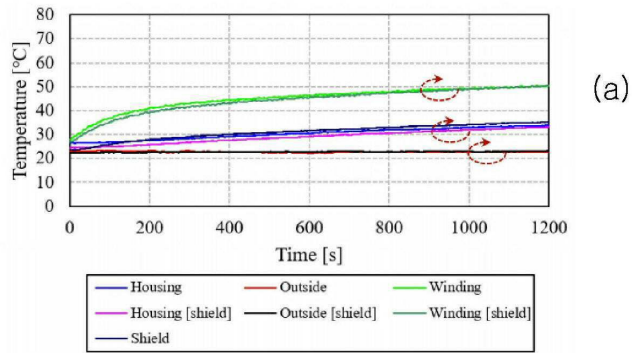
도면30

실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type2



도면31

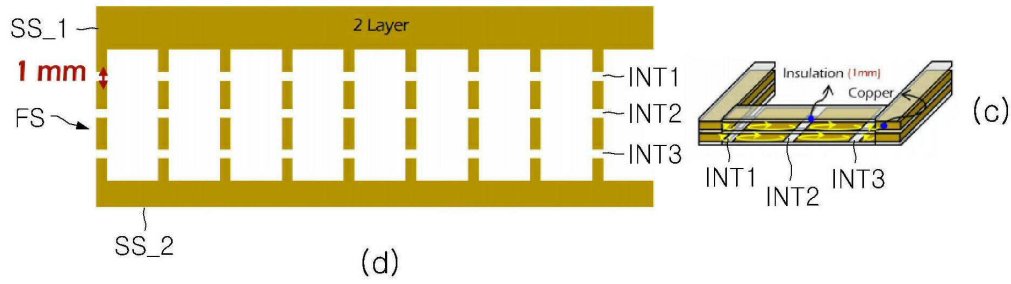
실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type3



At 1,200 s

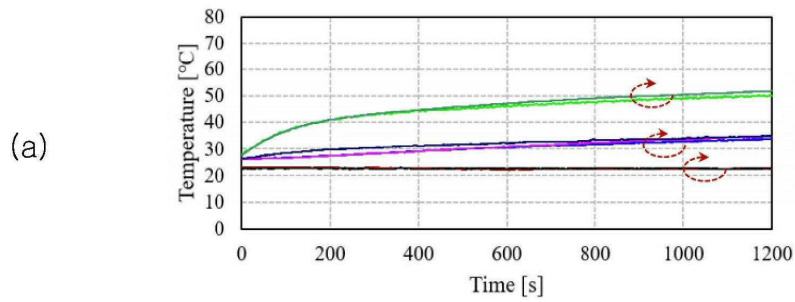
Parameter	Shield x	Type2 shield	Unit
Housing	33.8	33.1	°C
Outside	22.5	22.9	°C
winding	50.1	50.2	°C
shield	-	36.2	°C

(b)



도면32

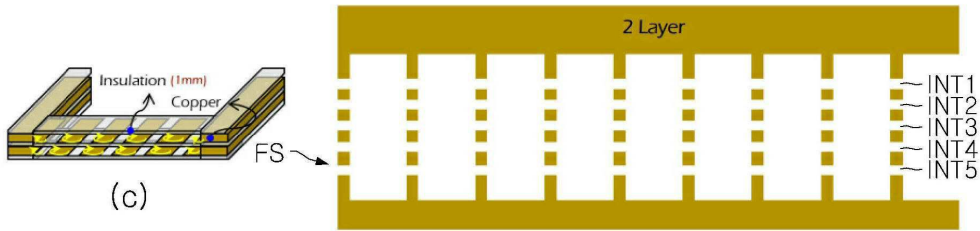
실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type4



At 1,200 s

(b)

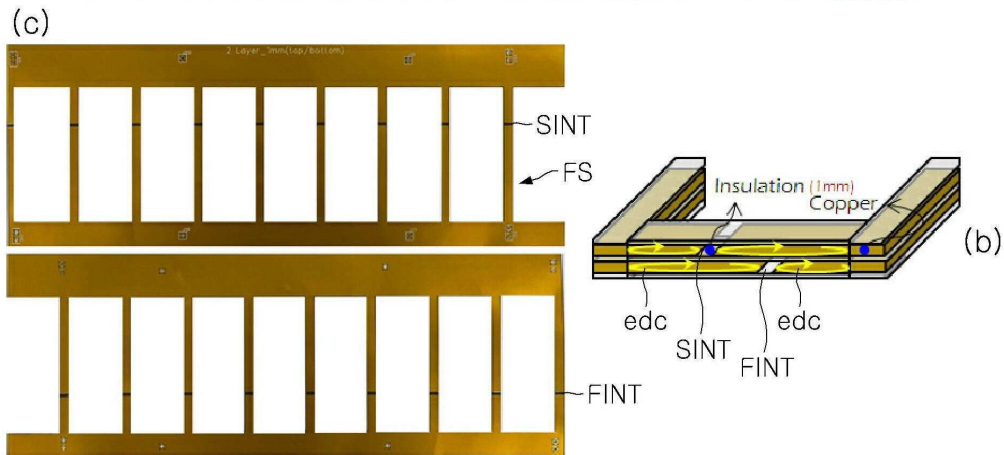
Parameter	Shield x	Type4 shield	Unit
Housing	33.8	34.8	°C
Outside	22.5	22.7	°C
winding	50.1	51.9	°C
shield	-	35.8	°C



(d)

도면33

실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착 [외류손 고려 o]- type5



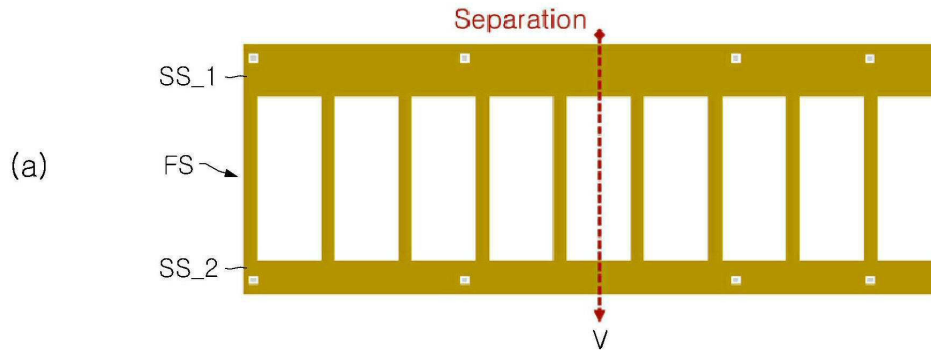
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type5 shield	Unit
Housing	33.8	34.4	°C
Outside	22.5	23.1	°C
winding	50.1	51.2	°C
shield	-	38.6	°C

(a)

도면34

실드 장착 전 vs 2레이어 실드 장착[와류손 고려 o]- type6

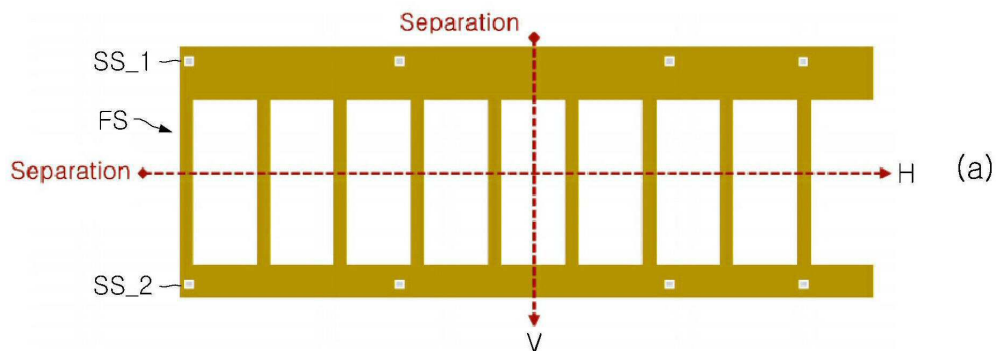


(b)

At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type6 shield	Unit
Housing	33.8	35.8	°C
Outside	22.5	22.6	°C
winding	50.1	56.4	°C
shield	-	56.3	°C

도면35



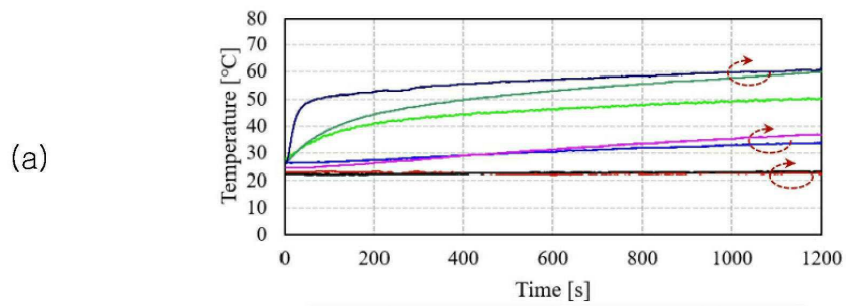
(b)

At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type7 shield	Unit
Housing	33.8	32.1	°C
Outside	22.5	22.4	°C
winding	50.1	48.8	°C
shield	-	36.8	°C

도면36

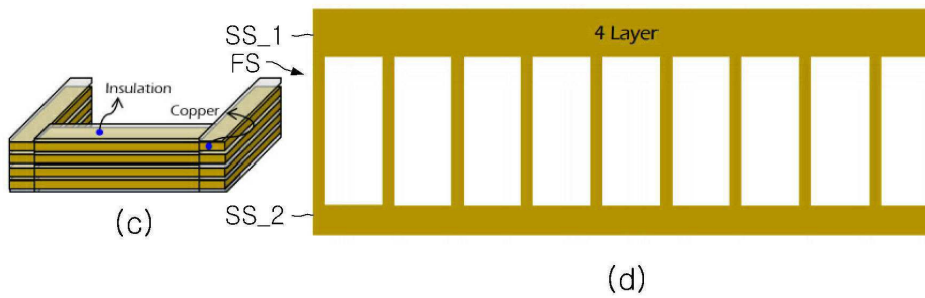
실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려x]- type0



(b)

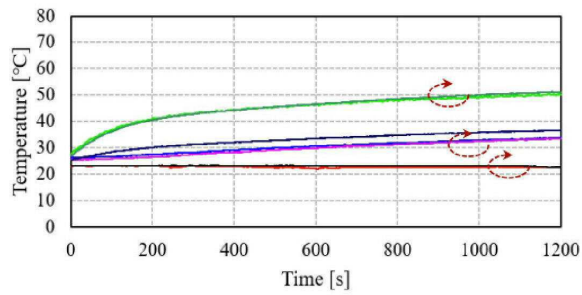
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type0 shield	Unit
Housing	33.8	36.8	°C
Outside	22.5	23.2	°C
winding	50.1	59.9	°C
shield	-	61.3	°C



도면37

실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려 a]- type1

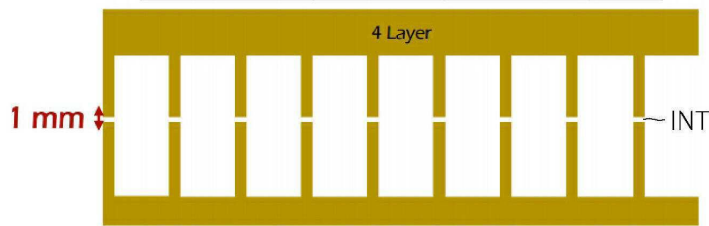


(a)

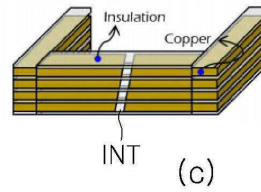
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type1 shield	Unit
Housing	33.8	33.5	°C
Outside	22.5	22.6	°C
winding	50.1	51	°C
shield	-	36.6	°C

(b)



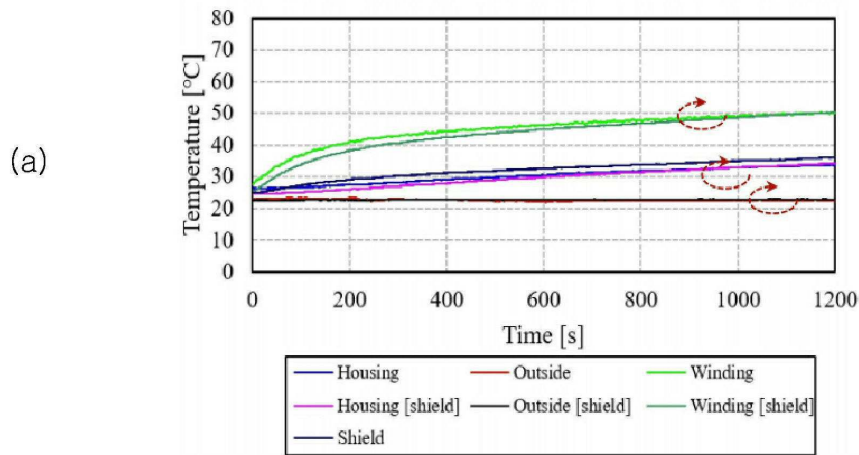
(d)



(c)

도면38

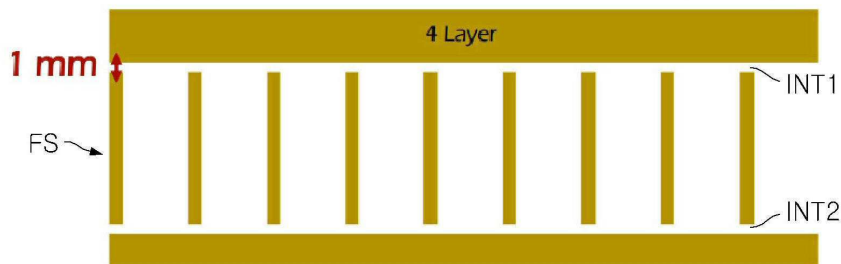
실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려 a]- type2



At 1,200 s

(b)

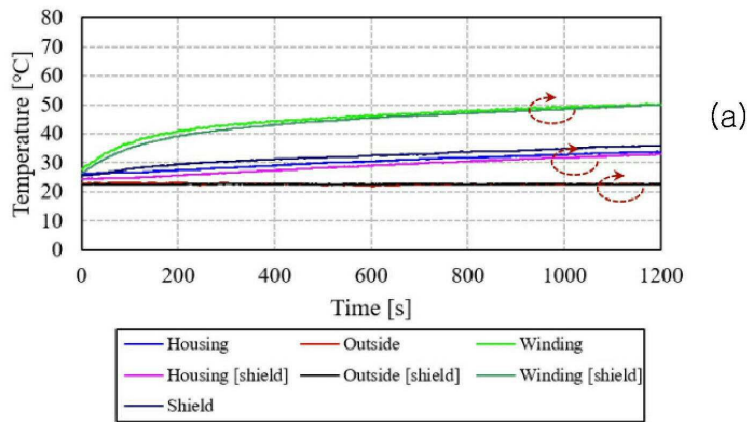
Parameter	Shield x	Type3 shield	Unit
Housing	33.8	34.2	°C
Outside	22.5	22.9	°C
winding	50.1	50.5	°C
shield	-	36.1	°C



(c)

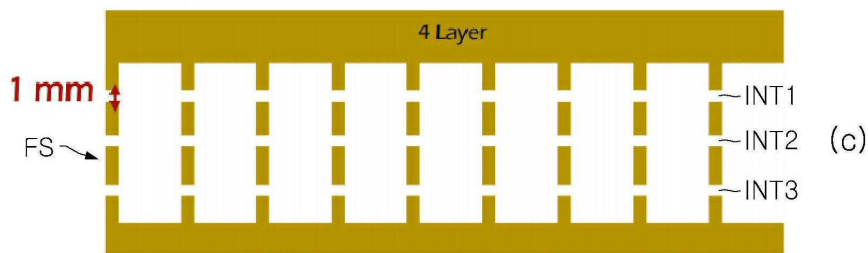
도면39

실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려 a- type3]



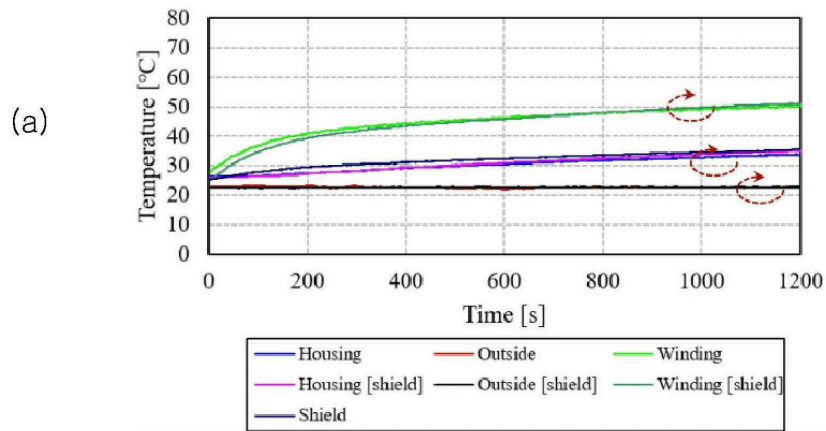
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type2 shield	Unit
Housing	33.8	33	°C
Outside	22.5	22.6	°C
winding	50.1	50	°C
shield	-	36	°C



도면40

실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type4

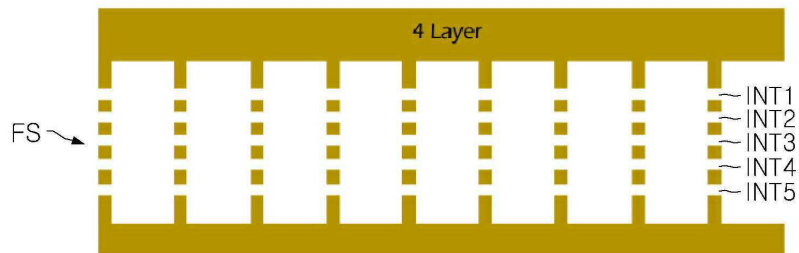


At 1,200 s

(b)

Parameter	Shield x	Type4 shield	Unit
Housing	33.8	35	°C
Outside	22.5	22.8	°C
winding	50.1	51	°C
shield	-	35.6	°C

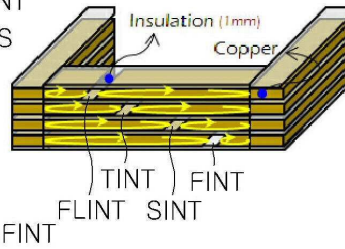
(c)



도면41

실드 장착 전 vs 4레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type5

(b)



(c)

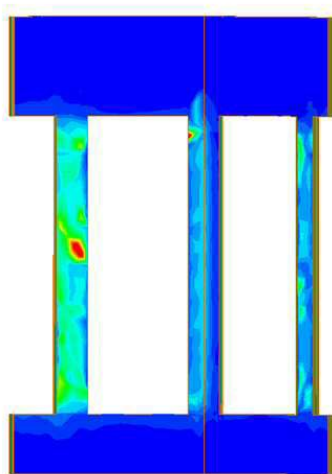
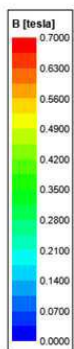
At 1,200 s

Parameter	Shield x	Type5 shield	Unit
Housing	33.8	33.7	°C
Outside	22.5	22.6	°C
winding	50.1	50.3	°C
shield	-	37.1	°C

(a)

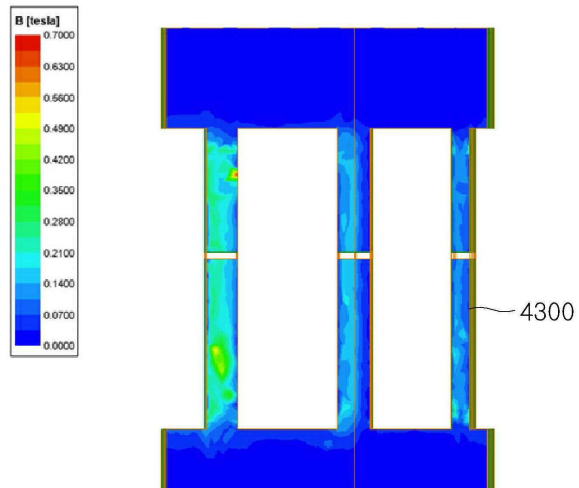
도면42

4레이어 실드 장착 [와류손 고려x]- type0



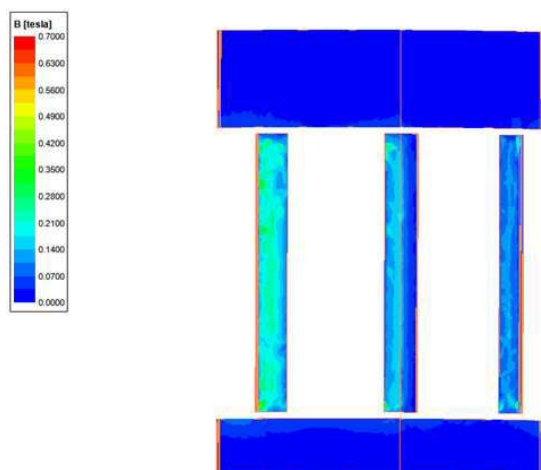
도면43

4레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type1



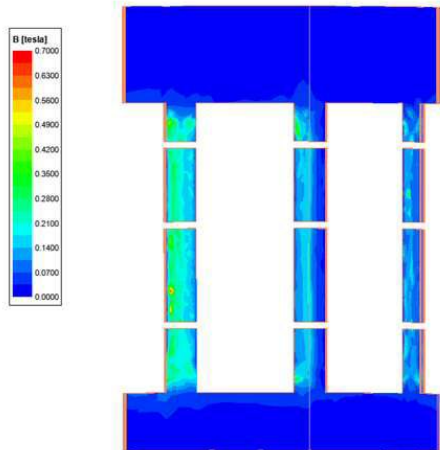
도면44

4레이어 실드 장착 [와류손 고려 o]- type2



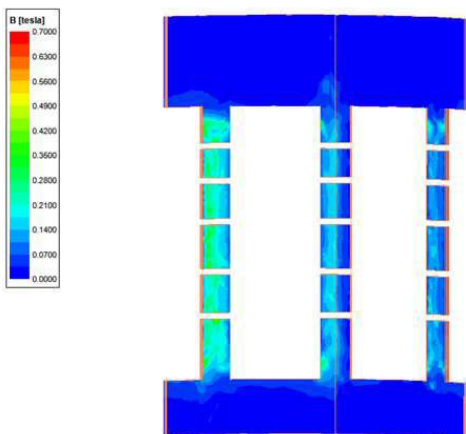
도면45

4레이어 실드 장착 [와류손 고려 a]- type3

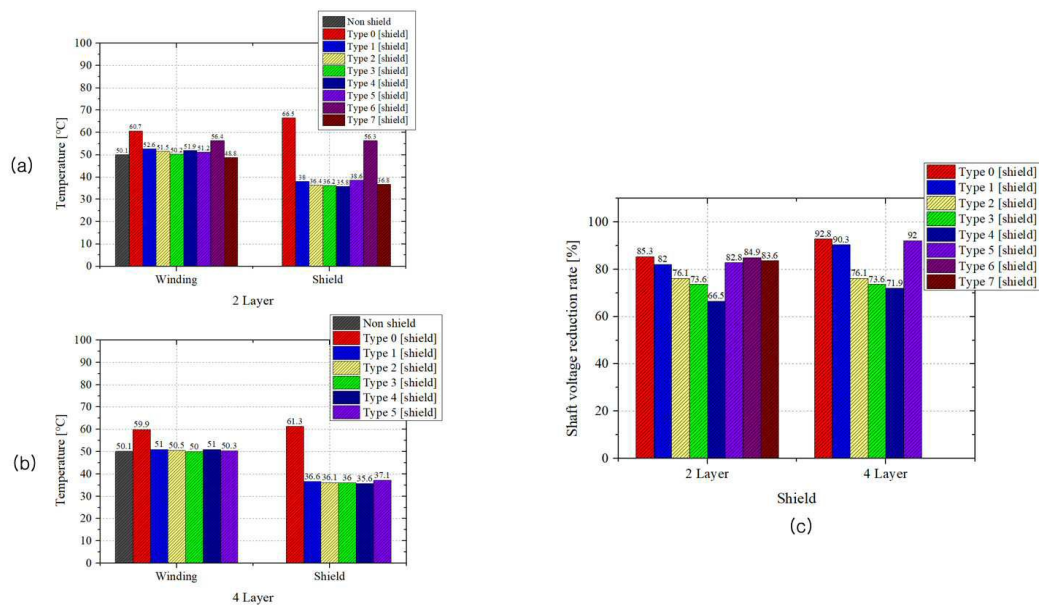


도면46

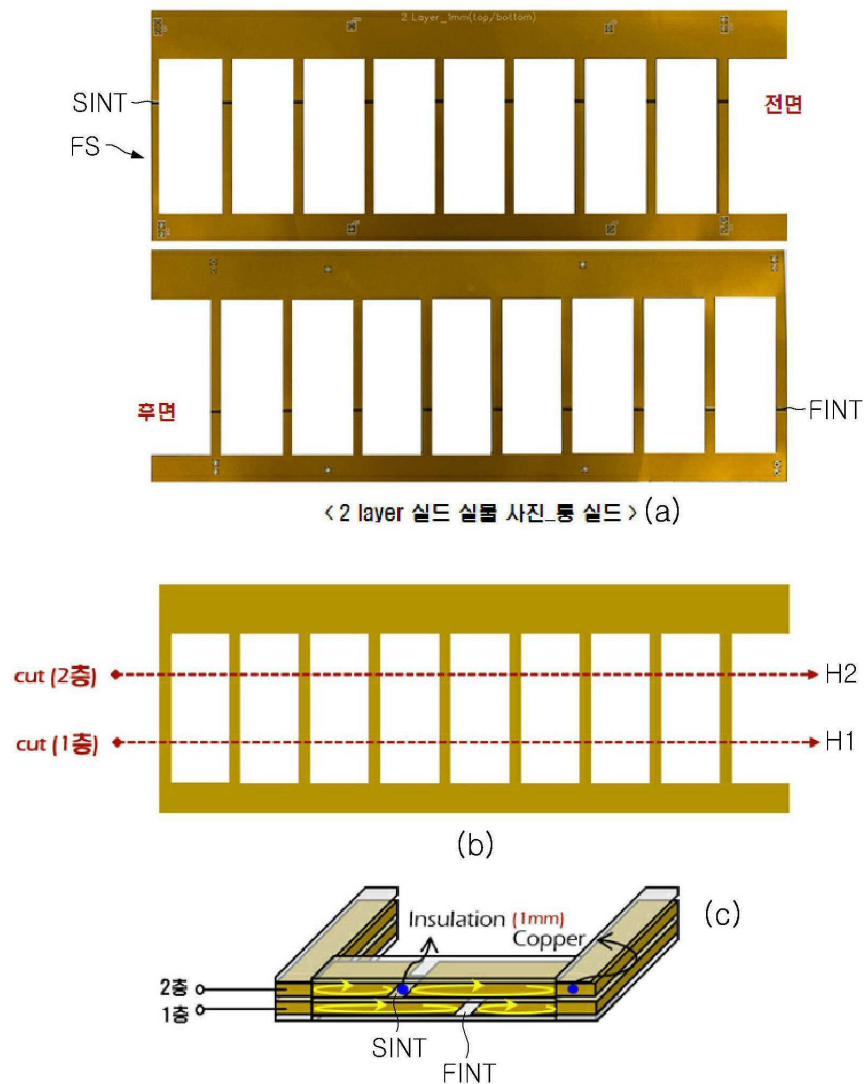
4레이어 실드 장착 [와류손 고려 a]- type4



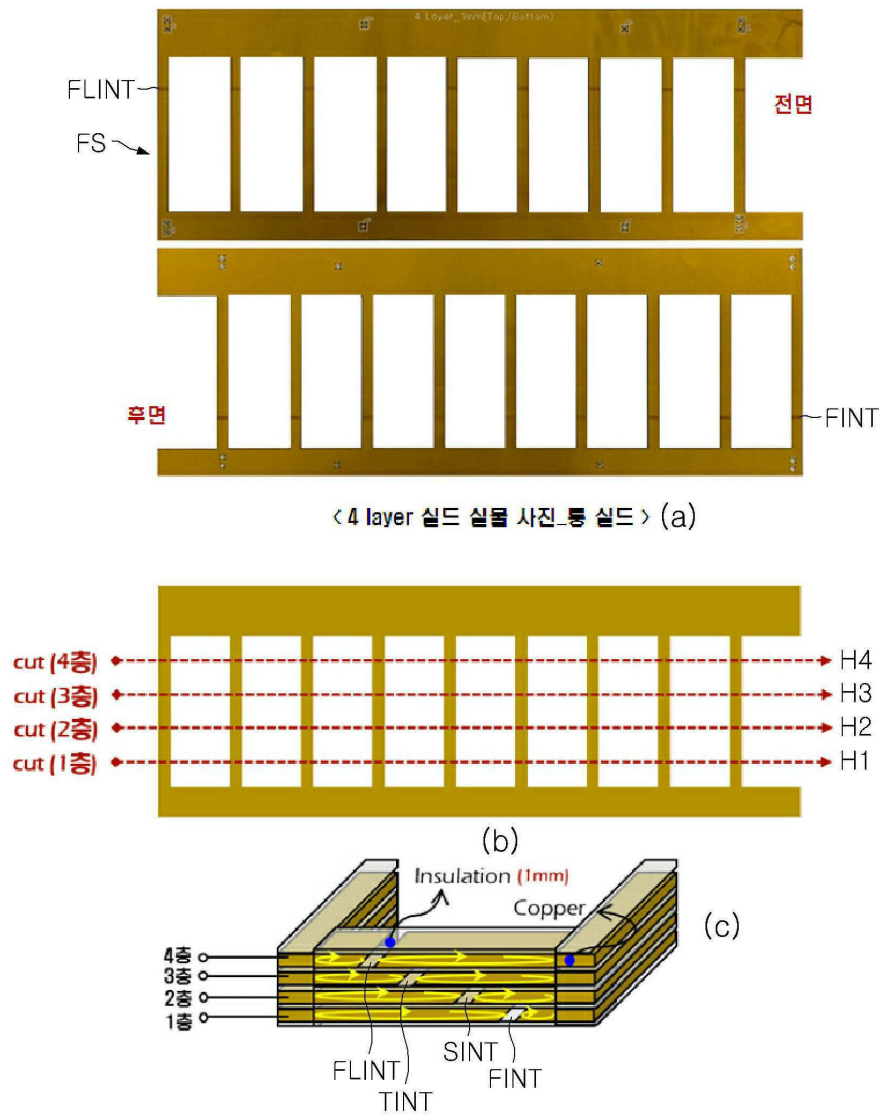
도면47



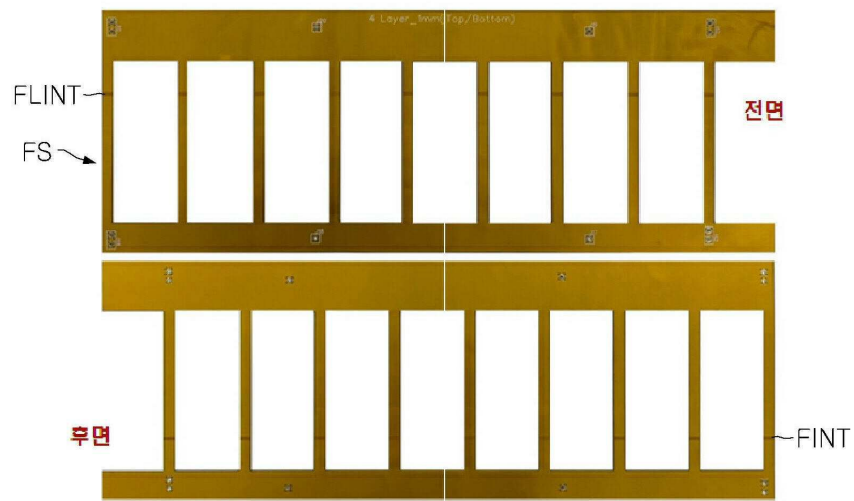
도면48



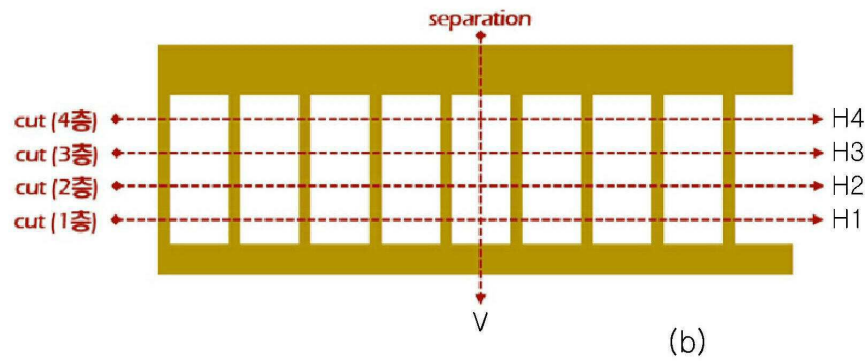
도면49



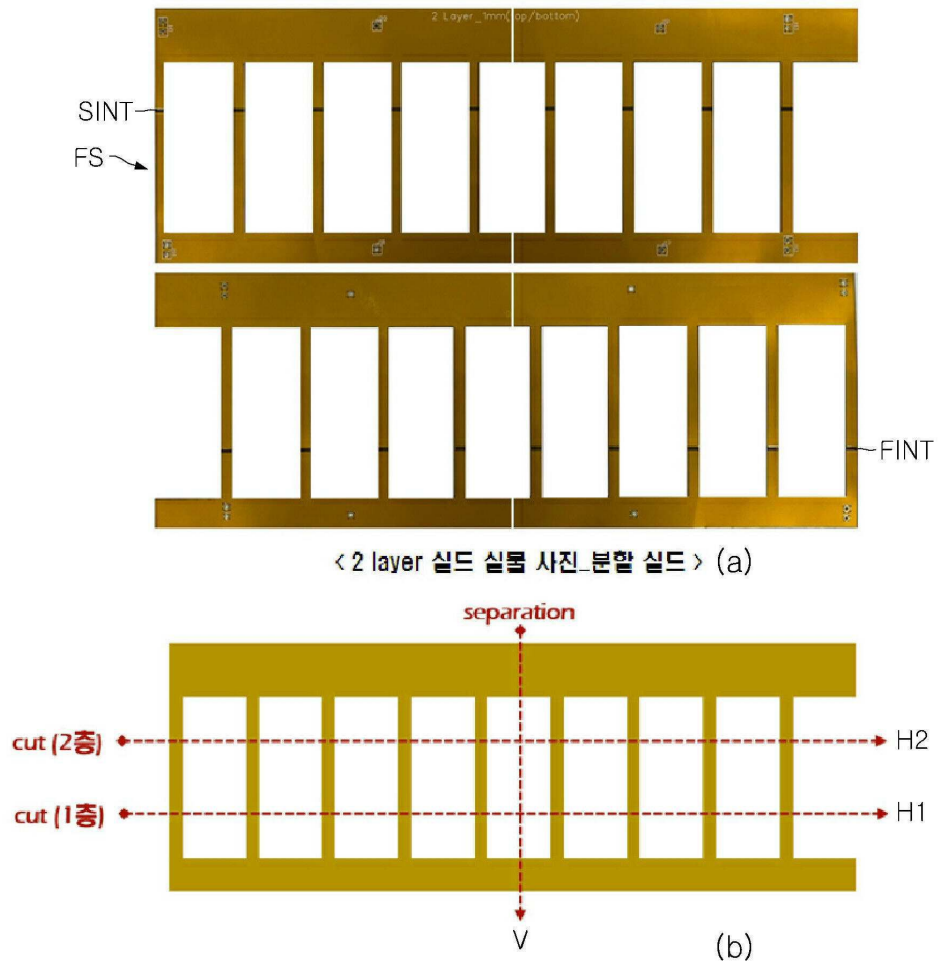
도면50



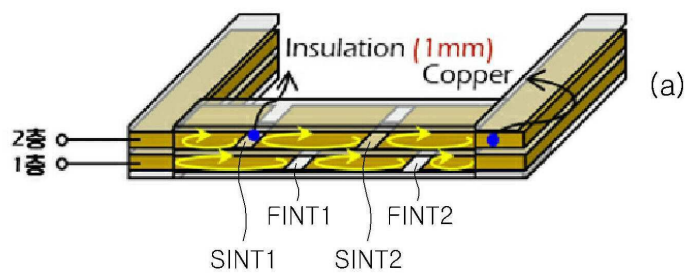
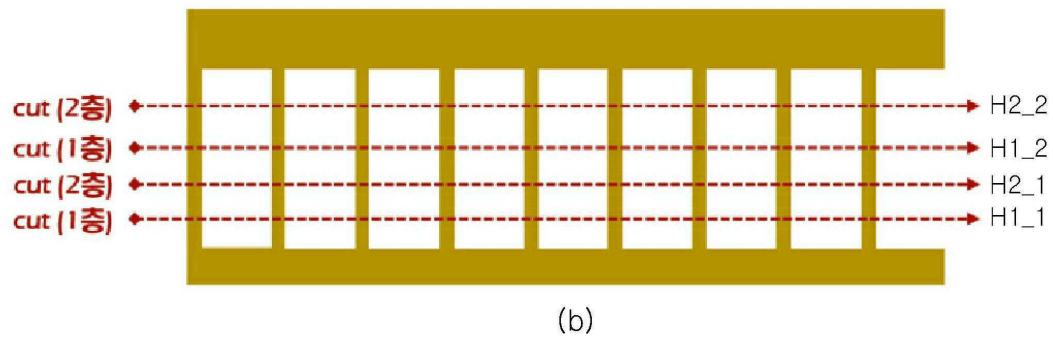
< 4 layer 실드 실물 사진_분할 실드 > (a)



도면51



도면52



도면53

