



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0056486
(43) 공개일자 2017년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 24/00 (2006.01) G01B 7/30 (2006.01)
G01D 5/20 (2006.01) G01D 5/245 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02K 24/00 (2013.01)
G01B 7/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0056393(분할)
(22) 출원일자 2017년05월02일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2015-0159831
원출원일자 2015년11월13일
심사청구일자 2015년11월16일

(71) 출원인
엘에스오토모티브 주식회사
경기도 안산시 단원구 산단로 31 (원시동)
(72) 발명자
이원용
서울특별시 노원구 월계로45길 21, 108동 604호
(월계동, 롯데캐슬루나아파트)
나병철
경기도 군포시 고산로517번길 20, 915동 803호 (산본동, 주공9단지금강아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인필엔은지

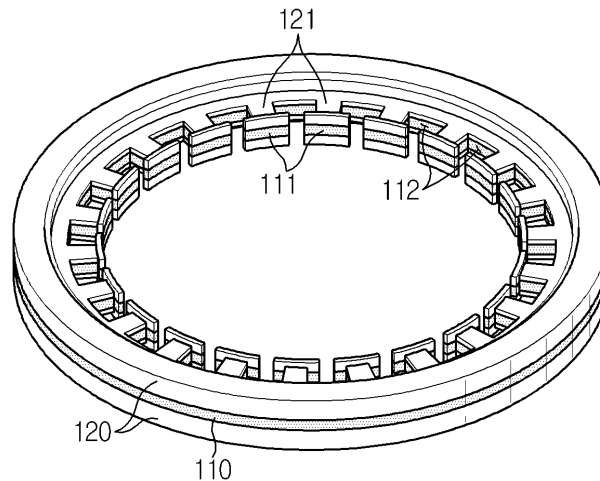
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 레졸버

(57) 요약

외부 노이즈에 강건하고 회전 각도 검출의 오차를 줄인 레졸버가 개시된다. 본 발명의 일 측면에 따른 레졸버는, 내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자; 내측으로 상기 티스에 대응하는 티스 절연부가 형성되고, 상기 고정자의 상하 양면에서 상기 고정자에 장착되는 절연 커버; 및 상기 티스 절연부를 매개로 상기 티스에 권취되는 코일;을 포함하고, 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.69 이상이고 1 이하이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G01D 5/2046 (2013.01)

G01D 5/245 (2013.01)

(72) 발명자

심다희

경기도 군포시 쟁골1길 8-10, 203호 (금정동)

이성욱

경기도 군포시 군포로741번길 12, 502호 (산본동,
에코하우스)

최연목

경기도 화성시 병점서로 8, 112동 304호 (병점동,
남수원두산아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자;

내측으로 상기 티스에 대응하는 티스 절연부가 형성되고, 상기 고정자의 상하 양면에서 상기 고정자에 장착되는 절연 커버; 및

상기 티스 절연부를 매개로 상기 티스에 권취되는 코일;을 포함하고,

상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.69 이상이고 1 이하인 것을 특징으로 하는 레졸버.

청구항 2

내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자;

내측으로 상기 티스에 대응하는 티스 절연부가 형성되고, 상기 고정자의 상하 양면에서 상기 고정자에 장착되는 절연 커버; 및

상기 티스 절연부를 매개로 상기 티스에 권취되는 코일;을 포함하고,

상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 0.83 이상이고 1 이하이며,

상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 짧은 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 1 이상이고 1.16 이하인 것을 특징으로 하는 레졸버.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.69 이상이고 1 이하인 것을 특징으로 하는 레졸버.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 회전하는 장치의 회전 각도를 검출하는 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로 레졸버에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 회전하는 장치, 예를 들어 전동기를 제어할 때 회전 정보는 정밀하고 빠르게 검출되어야 한다. 회전하는 장치의 제어에 있어서 회전하는 축에 설치한 회전 각도 검출 장치에 의하여 회전체의 움직임 또는 회전 위치를 정확하게 측정하여야 한다. 이러한 방법으로 채택되고 사용되어 온 검출기로 레졸버(resolver)와 인코더(encoder)가 있으며 이 검출 장치들은 서로 장점과 단점을 갖고 있다. 이 중 레졸버는 회전자의 절대 위치를 직접적으로 검지하여 회전자의 위치 변화에 의하여 회전 방향과 회전 속도를 계산하게 된다.

[0003] 차량에는 배터리에 의해 모터를 회전자킴으로써 핸들 조작을 보조하는 전동식 파워 스티어링(EPS : Electric Power Steering)이 채용되고 있다. 전동식 파워 스티어링은 엔진의 회전에 의해 유압을 발생시킨 경우에 비해 엔진의 파워 로스가 적은 효율적인 시스템으로서 주목받고 있다. EPS에서는 정밀한 제어를 실현하기 때문에, 모터의 회전 각도를 정밀하게 검출하는 회전 각도 검출 장치가 필요하고, 회전 각도 검출 장치는 높은 신뢰성이 요구된다. 이러한 차량용의 회전 각도 검출 장치로, 인코더에 비해 높은 내환경성을 갖는 레졸버가 이용되고 있다.

[0004] 레졸버는 모터의 회전 속도 및 회전 각도를 정밀하게 측정하기 위한 센서의 일종이다. 일반적으로 레졸버는 여자 코일과 출력 코일이 모두 고정자에 위치하고 타원 또는 다극의 형상을 지닌 회전자(10)가 상기 고정자의 내측에 위치하는 비교적 단순한 구조를 갖는다. 이러한 구조의 레졸버에 관하여는 일본 공개특허공보 제1996-178610호 등에 개시된 바 있다.

[0005] 도 1은 상기 일본 공개특허의 공보에 첨부된 도면으로서, 레졸버는 회전축이 관통하는 회전자(10)와 그 회전자(10)에 대해 갭을 두고 마주하는 환형의 고정자(11)를 포함한다. 회전자(10)는 외주를 따라 다수의 돌극부(10a)가 형성되고, 환형의 고정자(11)는 내주를 따라 다수의 티스(11b)와 슬롯(11a)이 교대로 형성된다. 그리고 고정자(11)의 티스(11b)에는 여자 코일과 출력 코일이 권취되어 슬롯(11a)에 여자 코일과 출력 코일이 수납되는데, 출력 코일은 제 1 출력 코일과 제 2 출력 코일로 구성된다. 여자 코일에 여자 전압을 인가하고 회전축을 회전시키면, 제 1 출력 코일과 제 2 출력 코일에서 사인 신호 및 코사인 신호가 출력되고, 이 신호들을 분석하여 레졸버의 회전 각도를 알 수 있다.

[0006] 이와 같이 레졸버에 있어서 고정자(11)의 티스(11b)에 권취되는 코일은 신호를 입력 및 출력하는 중요한 요소이므로, 따라서 레졸버와 같은 회전 각도 검출 장치에서 코일 권취시 정밀한 설계가 요구된다. 예를 들어 코일 권취시 불균일하게 코일이 권취될 경우 출력 파형에 고조파 출력이 발생하거나 이웃하는 두 티스(11b)에 권취된 코일 간에 전기적 간섭을 일으켜 회전 각도 검출에 오차를 발생시킨다. 또한, 티스(11b)에 코일이 많이 감기는 경우 티스(11b) 사이의 슬롯(11a)에서 코일이 차지하는 면적이 많아져 이웃하는 두 티스(11b)에 권취된 코일 간에 전기적 간섭을 일으켜 오차를 유발하고, 반대로 티스(11b)에 코일이 적게 감기는 경우 출력 코일의 유도 전압의 변압비가 떨어져 외부 노이즈에 취약해지는 단점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) JP 1996-178610 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 이러한 기술적 요청에 따라 제안된 것으로, 외부 노이즈에 강건하고 회전 각도 검출의 오차를 줄인 레졸버를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 레졸버는, 내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자; 내측으로 상기 티스에 대응하는 티스 절연부가 형성되고, 상기 고정자의 상하 양면에서 상기 고정자에 장착되는 절연 커버; 및 상기 티스 절연부를 매개로 상기 티스에 권취되는 코일;을 포함하고, 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.69 이상이고 1 이하이다.

[0010] 상기 권취되는 코일 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.8 이상이고 1 이하일 수 있다.

[0011] 상기 절연 커버가 고정된 상태의 슬롯에서 상기 코일이 차지하는 면적비인 하기 수학적식으로 정의되는 슬롯당 코일의 점적율이, 35% 이하일 수 있다.

[0012] (수학적식)

[0013] 슬롯당 코일의 점적율=(하나의 슬롯에서 코일들이 차지하는 면적)/(하나의 슬롯의 면적)

[0014] 상기 슬롯당 코일의 점적율은, 3% 이상일 수 있다.

[0015] 상기 절연 커버가 고정된 상태의 슬롯에서, 인접한 두 티스에 권취된 코일 간 최단 이격 거리는 4mm 이상일 수 있다.

[0016] 상기 레졸버는, 회전축을 중심으로 회전하면서 상기 고정자와 협동하여 갭 퍼미언스(gap permeance)를 변화시키

는 자성체 재질의 회전자를 더 포함할 수 있다.

- [0017] 상기 회전자는, 상기 고정자의 내측 중심에 배치되는 inner 타입의 회전자일 수 있다.
- [0018] 상기 회전자와 상기 고정자는, 소정 두께의 자성체 강판이 복수 개 적층되어 이루어지는 적층 강판일 수 있다.
- [0019] 상기 고정자는, 상기 자성체 강판을 내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되도록 환형 가공하여 적층한 것일 수 있다.
- [0020] 상기 회전자는, 중심부에 회전축이 삽입되는 관통홀을 갖고, 외주에는 상기 갭 퍼미언스를 변화시키기 위한 다수의 돌극을 갖는 환형일 수 있다.
- [0021] 상기 돌극은, 적어도 상기 회전자의 직경보다 작은 직경을 갖는 원호 형상일 수 있다.
- [0022] 상기 원호의 중심은 상기 회전자의 중심으로부터 소정 거리 이격되어 배치되고, 상기 다수의 돌극을 구성하는 원호의 직경이 서로 동일할 수 있다.
- [0023] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 측면에 따른 레졸버는, 내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자; 내측으로 상기 티스에 대응하는 티스 절연부가 형성되고, 상기 고정자의 상하 양면에서 상기 고정자에 장착되는 절연 커버; 및 상기 티스 절연부를 매개로 상기 티스에 권취되는 코일;을 포함하고, 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 0.83 이상이고 1 이하이며, 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 짧은 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 1 이상이고 1.16 이하이다.
- [0024] 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.69 이상이고 1 이하일 수 있다.
- [0025] 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 0.89 이상이고 1 이하이며, 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 짧은 권취 폭에 대한, 상기 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 평균의 비율은, 1 이상이고 1.1 이하일 수 있다.
- [0026] 상기 권취되는 코일 중 최외주에 위치하는 코일들의 권취 폭 중 가장 긴 권취 폭에 대한 가장 짧은 권취 폭의 비율은, 0.8 이상이고 1 이하일 수 있다.
- [0027] 상기 절연 커버가 고정된 상태의 슬롯에서 상기 코일이 차지하는 면적비인 하기 수학적식으로 정의되는 슬롯당 코일의 점적율이, 35% 이하일 수 있다.
- [0028] (수학적)
- [0029] 슬롯당 코일의 점적율=(하나의 슬롯에서 코일들이 차지하는 면적)/(하나의 슬롯의 면적)
- [0030] 상기 슬롯당 코일의 점적율은, 3% 이상일 수 있다.
- [0031] 상기 절연 커버가 고정된 상태의 슬롯에서, 인접한 두 티스에 권취된 코일 간 최단 이격 거리는 4mm 이상일 수 있다.
- [0032] 상기 레졸버는, 회전축을 중심으로 회전하면서 상기 고정자와 협동하여 갭 퍼미언스(gap permeance)를 변화시키는 자성체 재질의 회전자를 더 포함할 수 있다.
- [0033] 상기 회전자는, 상기 고정자의 내측 중심에 배치되는 inner 타입의 회전자일 수 있다.
- [0034] 상기 회전자와 상기 고정자는, 소정 두께의 자성체 강판이 복수 개 적층되어 이루어지는 적층 강판일 수 있다.
- [0035] 상기 고정자는, 상기 자성체 강판을 내측으로 다수의 티스와 슬롯이 교대로 형성되도록 환형 가공하여 적층한 것일 수 있다.
- [0036] 상기 회전자는, 중심부에 회전축이 삽입되는 관통홀을 갖고, 외주에는 상기 갭 퍼미언스를 변화시키기 위한 다수의 돌극을 갖는 환형일 수 있다.
- [0037] 상기 돌극은, 적어도 상기 회전자의 직경보다 작은 직경을 갖는 원호 형상일 수 있다.
- [0038] 상기 원호의 중심은 상기 회전자의 중심으로부터 소정 거리 이격되어 배치되고, 상기 다수의 돌극을 구성하는

원호의 직경이 서로 동일한 것일 수 있다.

발명의 효과

[0039] 본 발명의 레졸버는, 외부 노이즈에 강건하고 출력 파형의 정확도를 높여 모터와 같은 회전하는 장치의 회전 각도를 정밀하게 측정할 수 있다.

[0040] 본 발명의 레졸버는, 인접한 티스에서 발생하는 자속 간 간섭을 줄여 제품 성능을 개선한다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 종래 기술에 따른 레졸버를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 사시도이다.

도 3은 도 2의 레졸버의 부분 평면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 회전자를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일 권치 형상을 나타낸 레졸버의 부분 수평 단면도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 권취 폭을 설명하기 위한 레졸버의 부분 수평 단면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 테스트 환경을 나타낸 도면이다.

도 8은 각 샘플 레졸버의 I_{min}/I_{max} 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이다.

도 9는 각 샘플 레졸버의 I_{mean}/I_{max} 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이다.

도 10은 각 샘플 레졸버의 I_{mean}/I_{min} 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이다.

도 11은 도 3의 A 부분을 확대한 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일 간 최단 이격 거리를 나타낸 도면이다.

도 13 내지 도 21은 샘플 제작한 각 레졸버의 오차율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0043] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 사시도이고, 도 3은 도 2의 레졸버의 부분 평면도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 회전자를 나타낸 도면이다.

[0044] 도 2 내지 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 레졸버는, 회전자(300), 내주를 따라 다수의 티스(111)와 슬롯(112)이 교대로 형성되는 자성체 재질의 고정자(110)와, 상기 고정자(110)의 상하 양면에 장착되는 환형의 절연 커버(120), 그 절연 커버(120)를 매개로 각 티스(111)에 권취되는 코일(140)을 포함한다.

[0045] 회전자(300)는 중심부에 회전축이 삽입되어 관통하는 관통홀(301)이 형성되어 있는 환형의 강자성체이다. 회전자(300)는 소정의 두께의 자성체 강판을 적층하여 형성될 수 있다. 회전자(300)는 고정자(110)의 내측 중심에 배치되는 이너(inner) 타입의 강자성체로서 회전축을 중심으로 회전하면서 상기 고정자(110)와 협동하여 갭 퍼미언스(gap permeance)를 변환시키기 위해 외주를 따라 다수의 돌극이 형성되어 있다. 이때 회전자(300)의 돌극은 회전자(300)의 직경(R1)보다 작은 직경(R2)을 갖는 원호 형상이다. 돌극의 원호의 중심(C2)은 회전자(300)의 중심(C1)으로부터 소정 거리 이격되어 배치되고 각 돌극의 원호의 직경(R2)은 서로 동일할 수 있다.

[0046] 고정자(110)는 그 회전자(300)에 대해 겹을 두고 마주하고 내주를 따라 다수의 티스(111)가 서로 소정 간격을 두고 형성되고, 인접한 티스(111) 사이에는 슬롯(112)이 형성되는 환형의 강자성체이다. 고정자(110)는, 자성체 강판을 내측으로 다수의 티스(111)와 슬롯(112)이 교대로 형성되도록 환형 가공하여 적층함으로써 제작될 수 있다.

- [0047] 절연 커버(120)는, 고정자(110)의 상하 양면에 장착되므로 상부 절연 커버와 하부 절연 커버로 구성된다. 절연 커버(120)는 내주를 따라 일정한 간격을 두고 고정자(110)의 티스(111)를 덮는 다수의 티스 절연부(121)가 형성된다. 절연 커버(120)가 고정자(110)의 상하 양면에 장착되므로 티스(111)의 상하 양면에 티스 절연부(121)가 덮힌다.
- [0048] 절연 커버(120)가 고정자(110)의 상하 양면에 장착 고정된 상태에서, 티스 절연부(121)에 코일(140)이 권취된다. 즉, 코일(140)은 티스(111)에 직접적으로 닿지 않으면서 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 감긴다. 이와 같이 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 코일(140)이 권취되므로 따라서 슬롯(112)에 코일(140)이 수납된다. 코일은 1상의 여자 코일과 2상의 출력 코일로 구성될 수 있다. 2상의 출력 코일 중 하나의 출력 코일은 SIN 신호를 출력하고, 나머지 출력 코일은 COS 신호를 출력한다. 여자 코일에 여자 전압을 인가하고 회전축을 회전시키면, 제 1 출력 코일과 제 2 출력 코일에서 사인 신호 및 코사인 신호가 출력되고, 이 신호들을 분석하여 레졸버의 회전 각도를 알 수 있다.
- [0049] 레졸버에 있어서 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 코일을 권취할 때 다양한 형상으로 권취할 수 있다. 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일 권치 형상을 나타낸 레졸버의 부분 수평 단면도로, 도 5의 (a)는 슬롯(112)에 수납되는 코일들이 슬롯(112)에서 사다리꼴 형상을 나타내고, 도 5의 (b)는 슬롯(112)에 수납되는 코일들이 슬롯(112)에서 직사각형 형상을 나타낸다. 이 외에도 다양한 형상으로 코일들은 티스(111)에 권취될 수 있다.
- [0050] 이러한 레졸버에 있어서 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 코일이 권취될 때 균일하게 권취되어야 한다. 코일 권취시 불균일하게 코일이 권취될 경우 출력 파형에 고조파 출력이 발생하거나 이웃하는 두 티스(111)에 권취된 코일 간에 전기적 간섭을 일으켜 회전 각도 검출에 오차를 발생시킨다. 코일 권취의 균일도를 평가하기 위한 파라미터를 다음과 같이 정의할 수 있다.
- [0051] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 권취 폭을 설명하기 위한 레졸버의 부분 수평 단면도로, 도 6에서는 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 권취된 코일 중 최외주측의 코일을 나타낸다. 도 6의 (a)는 직사각형 형상으로 코일을 권취했을 때이고, 도 6의 (b)는 사다리꼴 형상으로 코일을 권취했을 때, 도 6의 (c)는 중간 부분이 볼록한 형상이 되도록 코일을 권취했을 때이다.
- [0052] 도 6을 참조하면, 티스(111)에 권취된 최외주측의 코일들은 내측 반지름 방향으로 권취 폭(winding width)이 각각 $l_1, l_2, \dots, l_n$ 이다. 이때 권취 폭은 평면상에서 코일이 슬롯(112)에서 수직으로 나와 티스 절연부(121)를 가로질러 이웃 슬롯(112)에서 수직으로 들어갈 때까지의 길이를 의미한다. 코일의 단면을 기준으로 코일의 중심을 시작과 끝의 기준으로 할 수 있고, 또는 코일의 외주를 기준으로 할 수도 있다. 본 실시예에서는 코일의 중심을 기준으로 설명한다. 이러한 코일들의 권취 폭으로부터 3개의 파라미터를 정의한다. 즉 (1) $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율, (2) $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율, (3) $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율을 정의한다. l_{mean} 은 코일들의 권취 폭($l_1, l_2, \dots, l_n$)의 평균이고, l_{max} 는 코일들의 권취 폭($l_1, l_2, \dots, l_n$) 중 가장 긴 권취 폭이며, l_{min} 은 코일들의 권취 폭($l_1, l_2, \dots, l_n$) 중 가장 짧은 권취 폭이다.
- [0053] $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율은 가장 짧은 권취 폭과 가장 긴 권취 폭의 비율로서, 1이면 모든 권취 폭이 동일함을 의미하여 균일하게 코일이 권취되었음을 나타내고, 1보다 작을수록 균일하지 않게 코일이 권취되었음을 나타낼 수 있다. $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율은 권취 폭의 평균과 가장 긴 권취 폭의 비율이고, $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율은 권취 폭의 평균과 가장 짧은 권취 폭의 비율로서, $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율 및 $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율이 모두 1이면 모든 권취 폭이 동일함을 의미하여 균일하게 코일이 권취되었음을 나타내고, 1보다 작을수록 균일하지 않게 코일이 권취되었음을 나타낼 수 있다. 따라서, $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율을 이용하거나, 또는 $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율 및 $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율을 이용하여, 레졸버의 코일 권취의 균일도를 평가할 수 있다.
- [0054] 일반적으로 레졸버는 오차율이 0.5 이하일 것을 요구한다. 먼저, $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율을 기준으로, $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율이 0.69 이상이면 1 이하인 경우 오차율이 0.5 이하가 된다. 다음으로, $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율 및 $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율을 기준으로 $l_{\text{mean}}/l_{\text{max}}$ 비율은 0.83 이상이면 1 이하이고 $l_{\text{mean}}/l_{\text{min}}$ 비율이 1 이상이면 1.16 이하인 경우 오차율이 0.5 이하가 된다. 바람직하게, $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율을 기준으로, $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율이 0.8 이상이면 1 이하인 것이 바람직하다. $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율이 0.8 미만일 경우 $l_{\text{min}}/l_{\text{max}}$ 비율이 0.8 이상일 때보다 오차율 증가폭이 급격히 증가하기 때문이다.

따라서 레졸버를 안정적으로 운영하기 위해 $I_{\min}/I_{\max}$ 비율이 0.8 이상이면서 1 이하인 것이 가장 바람직하다. $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율 및 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율을 기준으로 할 경우 $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율은 0.89 이상이면서 1 이하이고 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율이 1 이상이면서 1.1 이하인 것이 가장 바람직하다.

[0055] 이하에서 아래 표1을 참조하여 이상에서 설명한 코일 권취의 균일도에 따른 레졸버의 성능 실험 결과를 설명한다.

[0056] 샘플 제작

[0057] 슬롯(112)의 수가 24개인 고정자(110), 절연 커버(120), 돌극이 8개인 회전자(300) 그리고 코일(140)을 준비한다. 이때 고정자(110)와 회전자(300)는 투자율이 높은 강자성체이며 철손을 줄이기 위해 0.5mm 두께의 전기 강판을 적층하여 제조한다. 고정자(110)와 절연 커버(120)를 조립한 후 각 슬롯(112)에 원형 권선기를 사용하여 여자 코일과 출력 코일을 권취하여 레졸버를 제작한다. 코일 직경은 0.15mm이고 권취 피치는 0.1555mm로 지정하고 코일의 권취 형상을 변경하여 총 14개의 레졸버를 제작한다. 코일의 권취 형상을 사다리꼴 형상으로 하는 경우, 첫 번째 코일 권취시 권취 시작점과 끝점을 슬롯(112)의 시작점과 끝점으로 맞추고, 두 번째부터는 권취 끝점은 동일하게 하고 권취 시작점을 변경한다. 권취 형상을 블록한 형상으로 하는 경우, 첫 번째 코일 권취시 권취 시작점과 끝점을 슬롯(112)의 시작점과 끝점으로 맞추고, 두 번째부터는 권취 시작점과 끝점을 변경한다.

[0058] 오차율 측정

[0059] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 레졸버의 테스트 환경을 나타낸 도면이다. 위 샘플 제작에서 설명한 바와 같이 각 레졸버를 제작한 후, 각 레졸버(630)를 모터(610)의 회전축의 일단에 체결하고, 그 회전축의 타단에 인코더(620)를 체결한다. 그리고 연산기(calculator)(640)는 레졸버(630) 및 인코더(620)의 출력 파형을 분석한다. 구체적으로, 모터(610)의 회전축을 구동한 후, 연산기(calculator)(640)는 레졸버(630)의 출력 파형을 분석하여 회전 각도 프로파일을 연산하고, 인코더(620)의 회전 각도 프로파일과 비교하여 오차율을 산출한다. 각 레졸버(630)마다 10번의 테스트를 진행하고 이 중 가장 큰 오차율을 최대 오차율로 정의한다. 코일의 권취 폭은 x-ray 촬영으로 확인한다.

표 1

[0060]

	$I_{\text{mean}}/I_{\max}$	$I_{\text{mean}}/I_{\min}$	$I_{\min}/I_{\max}$	최대 오차율
실시예1	0.993	1.005	0.982	0.258
실시예2	0.975	1.023	0.954	0.263
실시예3	0.952	1.049	0.916	0.265
실시예4	0.937	1.061	0.886	0.272
실시예5	0.929	1.07	0.851	0.275
실시예6	0.91	1.089	0.825	0.288
실시예7	0.892	1.099	0.803	0.298
실시예8	0.875	1.109	0.759	0.352
실시예9	0.858	1.149	0.72	0.412
실시예10	0.841	1.152	0.698	0.475
비교예1	0.824	1.178	0.649	0.525
비교예2	0.802	1.195	0.612	0.567
비교예3	0.795	1.207	0.588	0.602
비교예4	0.773	1.229	0.543	0.627

[0061] 도 8은 각 샘플 레졸버의 $I_{\min}/I_{\max}$ 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이고, 도 9는 각 샘플 레졸버의 $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이며, 도 10은 각 샘플 레졸버의 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율에 따른 최대 오차율을 나타낸 그래프이다. 즉 도 8 내지 도 10은 표1을 그래프로 표현한 것이다.

[0062] 표1의 실시예 1 내지 실시예 10과, 도 8을 참조하면, $I_{\min}/I_{\max}$ 비율을 기준으로, $I_{\min}/I_{\max}$ 비율이 0.69 이상이면서 1 이하인 경우 최대 오차율이 0.5 이하가 된다. 다음으로, 표1, 도 9 및 도 10을 참조하면, $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율 및 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율을 기준으로 $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율은 0.83 이상이면서 1 이하이고 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율이 1 이상이면서 1.16 이하인 경우 최대 오차율이 0.5 이하가 된다. 반면, 비교예 1 내지 비교예 4를 보면, 위 비율 조건을 만족하지 않

는 경우 최대 오차율이 0.5보다 크다.

[0063] 한편, 실시예 1 내지 실시예 7은, 오차율 증가폭의 평균이 0.0057인 반면, 실시예 8 내지 실시예 10은, 오차율 증가폭의 평균이 0.03075이다. 즉 $I_{\min}/I_{\max}$ 비율이 0.8 미만일 경우 $I_{\min}/I_{\max}$ 비율이 0.8 이상일 때보다 오차율 증가폭이 급격히 증가하기 때문이다. 따라서 레졸버를 안정적으로 운영하기 위해 $I_{\min}/I_{\max}$ 비율이 0.8 이상이면서 1 이하인 것이 가장 바람직하다. 그리고 $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율 및 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율을 기준으로, $I_{\text{mean}}/I_{\max}$ 비율은 0.89 이상 이면서 1 이하이고 $I_{\text{mean}}/I_{\min}$ 비율이 1 이상이면서 1.1 이하인 것이 가장 바람직하다.

[0064] 한편, 이러한 레졸버에 있어서 절연 커버(120)가 고정된 상태에서 티스 절연부(121)를 매개로 티스(111)에 코일이 권취되어 슬롯(112)에 수납될 때, 하나의 슬롯(112)의 면적에서 코일들의 면적이 차지하는 면적비인 슬롯당 코일의 점적율이 레졸버의 성능에 큰 영향을 미친다. 슬롯당 코일의 점적율은 다음 수학적식 1과 같이 표현할 수 있다.

[0065] (수학적식 1)

[0066] 슬롯당 코일의 점적율 = (하나의 슬롯에서 코일들이 차지하는 면적)/(하나의 슬롯의 면적)

[0067] 보다 구체적으로, 점적율에 대해 설명하면 다음과 같다. 도 11은 도 3의 A 부분을 확대한 도면이다.

[0068] 앞서 설명한 바와 같이, 고정자(110)의 내주를 따라 다수의 티스(111)와 슬롯(112)이 교대로 형성된다. 그리고 고정자(110)의 상하 양면에는 절연 커버(120)가 장착되어 고정된다. 절연 커버(120)의 내주에는 상기 고정자(110)의 티스(111)에 대응하는 티스 절연부(121)가 형성되어 고정자(110)의 각 티스(111)를 상하 양면에서 덮는다. 이때 평면상에서 보았을 때, 티스(111)를 덮는 티스 절연부(121)는 티스(111)보다 약간 더 크다.

[0069] 즉, 도 11에 도시된 바와 같이, 티스 절연부(121)의 폭은 티스(111)의 폭보다 좀 더 크도록 폭 마진(α)을 가질 수 있다. 따라서, 본 실시예 및 이하의 청구범위에 있어서 슬롯(112)의 면적은 이러한 마진의 면적을 제외한 부분의 면적으로 이해할 수 있다. 이를 달리 표현하면, 본 실시예에 있어서 하나의 슬롯(112)의 면적은, 인접한 두 티스(111) 사이의 면적이 아닌, 인접한 두 티스 절연부(121) 사이의 면적이다. 그리고 하나의 슬롯(111)의 면적은 도 11에 도시된 인접한 두 티스 절연부(121)의 네 지점(a, b, c, d)을 꼭지점으로 하는 도형의 면적이다.

[0070] 이러한 슬롯(112)의 면적에서 코일(140)들이 차지하는 면적은, 코일(140)의 턴 수 및 각 코일(140)의 직경으로 구할 수 있다. 예를 들어, 인접한 두 티스 절연부(121) 각각에서 여자 코일이 n 회 권취되고 출력 코일(제 1 출력 코일과 제 2 출력 코일의 반지름은 동일한 것으로 가정)이 m 회 권취된다면, 그 두 티스 절연부(121) 사이의 슬롯(112)에 수납되는 코일(140)의 면적은, 다음 수학적식 2와 같다.

[0071] (수학적식 2)

[0072] 코일의 면적 = $2n\pi r_1^2 + 4m\pi r_2^2$. 여기서 r_1 은 여자 코일의 반지름, r_2 는 출력 코일의 반지름이다.

[0073] 일반적으로 티스 절연부(121)에 여자 코일이 권취될 때 최소로 필요로 하는 출력 코일의 최소 턴 수는, 다음 수학적식 3과 같다. 수학적식 3에서, a 는 여자 코일의 턴 수, b 는 변압비, c 는 고정자와 회전자 간의 최소 에어갭, d 는 코일당 단면적, e 는 입력 전압을 의미한다.

[0074] (수학적식 3)

$$\text{출력 코일의 최소 턴 수} = \frac{a}{1-b} \times c \times b \times e \times \frac{1}{d \times 100}$$

[0075]

[0076] 일반적으로 여자 코일에 입력되는 입력 전압은 최소 4Vrms이고 주파수는 10kHz이다. 이때 강자성체인 고정자 및 회전자의 자속 밀도는 포화되지 않아야 하며, 따라서 여자 코일에 입력되는 입력 전류의 최대 크기는 0.5A이다. 이러한 조건을 만족하도록 여자 코일의 최소 턴 수를 결정하면 상기 수학적식 3에 따라 출력 코일의 최소 턴 수가 결정된다. 이와 같이 결정된 여자 코일 및 출력 코일의 턴 수와, 여자 코일 및 출력 코일의 반지름, 그리고 티스 절연부(121) 사이의 슬롯(112)의 면적을 이용하여 점적율을 계산하면 최소 점적율이 되고, 이 최소 점적율은 3%이다. 즉 슬롯(112)에서의 코일의 점적율이 3% 미만이면, 여자 코일에 입력되는 입력 전류가 증가하여 입력 전압을 인가하는 회로에 손상을 주고, 또한 자속 밀도가 증가하여 출력 측 유도 전압의 파형이 일그러진다.

또한, 출력 코일에 발생하는 유도 전압의 변압비가 떨어져 외부 노이즈에 취약해진다. 그러므로, 슬롯당 코일의 점적율은 최소 3% 이상이 되어야 한다.

[0077] 여자 코일에 입력된 입력 전류에 의해 발생하는 자속은 출력 코일을 채교(interlinkage)하여 유도 전압을 발생시킨다. 입력 전류에 의해 발생한 정상적인 자속은 회전자에 링크(link)된다. 이때 입력 전류에 의해 발생한 자속은 회전자에 링크되면서 맴돌이 전류(eddy current)를 발생시키고 이 맴돌이 전류는 정상적인 입력 자속의 반대 방향으로 발생한다. 그리고 제 1 출력 코일과 제 2 출력 코일에 발생하는 유도 전압에 의해 발생하는 자속 성분은 서로 충돌하여 서로 영향을 미친다. 이와 같이 맴돌이 전류와, 출력 코일의 유도 전압에 의해 발생하는 자속 성분은, 출력 측 유도 전압을 왜곡함으로써 레졸버의 성능을 악화시킨다. 이와 같은 출력 측 유도 전압의 왜곡을 최소화하기 위해서는 슬롯당 코일의 점적율은 35% 이하가 되어야 한다.

[0078] 이상을 종합하면, 레졸버에 있어서 슬롯당 코일의 점적율은, 3% 내지 35%의 범위 내에 존재해야 성능 왜곡을 줄일 수 있다.

[0079] 한편, 인접한 두 티스(111)에서 제 1 티스에 권취된 코일과 제 2 티스에 권취된 코일 사이에는 일정한 이격 거리가 유지되어야 자속 흐름이 원활하게 된다. 인접한 두 티스(111)에서 제 1 티스에 권취된 코일과 제 2 티스에 권취된 코일 간의 거리가 가까울 경우, 각 티스(111)에서 발생하는 자속은 서로 간섭을 일으킬 수 있고 이는 출력 파형의 왜곡을 야기하여 회전 각도 검출에 오차를 발생시킨다. 이러한 오차 발생을 줄이기 위해, 슬롯(112)에서, 인접한 두 티스(111)에 권취된 코일 간에는 일정한 이격 거리를 확보해야 하고, 코일 간 최단 이격 거리는 4mm 이상이어야 한다. 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 코일 간 최단 이격 거리(l_{min})를 나타낸 도면이다.

[0080] 이하에서 아래 표2를 참조하여 이상에서 설명한 슬롯당 코일의 점적율과, 코일 간 최단 이격 거리에 따른 레졸버의 성능 실험 결과를 설명한다.

[0081] 샘플 제작

[0082] 슬롯(112)의 수가 24개인 고정자(110), 절연 커버(120), 돌극이 8개인 회전자(300) 그리고 코일(140)을 준비한다. 이때 고정자(110)와 회전자(300)는 투자율이 높은 강자성체이며 철손을 줄이기 위해 0.5mm 두께의 전기 강판을 적층하여 제조한다. 고정자(110)와 절연 커버(120)를 조립한 후 각 슬롯(112)에 원형 권선기를 사용하여 여자 코일과 출력 코일을 권취하여 레졸버를 제작한다. 레졸버는 총 9개를 제작하고, 각 레졸버는 아래 표2에 나타낸 바와 같은 점적율 및 코일 간 최단 이격 거리를 갖도록 제작한다.

[0083] 오차율 측정

[0084] 테스트 환경을 앞서 설명한 도 7과 같다. 위 샘플 제작에서 설명한 바와 같이 각 레졸버를 제작한 후, 각 레졸버(630)를 모터(610)의 회전축의 일단에 체결하고, 그 회전축의 타단에 인코더(620)를 체결한다. 그리고 연산기(calculator)(640)는 레졸버(630) 및 인코더(620)의 출력 파형을 분석한다. 구체적으로, 모터(610)의 회전축을 구동한 후, 연산기(calculator)(640)는 레졸버(630)의 출력 파형을 분석하여 회전 각도 프로파일을 연산하고, 인코더(620)의 회전 각도 프로파일과 비교하여 오차율을 산출한다. 각 레졸버(630)마다 10번의 테스트를 진행하고 이 중 가장 큰 오차율을 최대 오차율로 정의한다. 일반적으로 레졸버는 최대 오차율이 0.5 이하를 만족할 것을 요구한다. 코일의 점적율은 x-ray 촬영으로 확인한다.

[0085] 도 13 내지 도 21은 샘플 제작한 각 레졸버의 오차율을 나타낸 그래프로, 각 레졸버(630)마다 10번의 테스트를 하였을 때 그 중 최대 오차율이 나타난 테스트에서의 시간에 따른 오차율 그래프이다. 도 13 내지 도 17 각각은 표2의 실시예 11 내지 실시예 15 각각의 오차율 그래프이고, 도 18 내지 도 21 각각은 표2의 비교예 5 내지 비교예 8 각각의 오차율 그래프이다.

[0086] 도 13을 참조하면, 실시예 11의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.3이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.36이다. 따라서 최대 오차율은 마이너스 오차율의 절대값인 0.36이다. 도 14를 참조하면, 실시예 12의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.32이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.33이다. 따라서 최대 오차율은 마이너스 오차율의 절대값인 0.33이다. 도 15를 참조하면, 실시예 13의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.29이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.29이다. 따라서 최대 오차율은 0.29이다. 도 16을 참조하면, 실시예 14의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.39이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.42이다. 따라서 최대 오차율은 마이너스 오차율의 절대값인 0.42이다. 도 17을 참조하면, 실시예 15의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.48이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.44이다. 따라서 최대 오차율은 0.48이다.

[0087] 도 18을 참조하면, 비교예 5의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.61이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.12이다. 따라서 최대 오차율은 0.61이다. 도 19를 참조하면, 비교예 6의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.24이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.52이다. 따라서 최대 오차율은 마이너스 오차율의 절대값인 0.52이다. 도 20을 참조하면, 비교예 7의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.64이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.21이다. 따라서 최대 오차율은 0.64이다. 도 21을 참조하면, 비교예 8의 레졸버는, 플러스 오차율의 최대값은 0.61이고 마이너스 오차율의 최대값은 -0.23이다. 따라서 최대 오차율은 0.61이다.

[0088] 이를 정리하면 다음 표2와 같다.

표 2

구분	점적율	최단 이격 거리	최대 오차율
실시예11	32	2.2	0.36
실시예12	32	3.7	0.33
실시예13	32	4.5	0.29
실시예14	37	4.5	0.42
실시예15	42	4.5	0.48
비교예5	37	2.2	0.61
비교예6	37	3.7	0.52
비교예7	42	2.2	0.64
비교예8	42	3.7	0.61

[0090] 표2에서, 실시예 11 및 실시예 12를 보면, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 미만이라도, 코일의 점적율이 35% 이하인 경우, 최대 오차율은 0.5 이하로서 제품 요구 사항을 만족하는 것을 확인할 수 있다. 반면, 비교예 5 내지 비교예 8을 보면, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 미만이면서 코일의 점적율이 35%를 초과하는 경우, 최대 오차율은 0.5보다 커져 제품 요구 사항을 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 특히, 실시예 11, 12와 실시예 13을 비교하면, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 이상이면서 코일의 점적율이 35% 이하인 경우의 최대 오차율은, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 미만이면서 점적율이 35% 이하인 경우의 최대 오차율보다 더 낮다. 즉, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 이상인 조건과 점적율이 35% 이하인 조건을 모두 만족하는 경우 성능이 가장 좋은 것을 알 수 있다.

[0092] 실시예 15를 보면, 슬롯(112)에서 코일의 점적율이 35%를 초과하는 경우라도, 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 이상이 되면, 최대 오차율은 0.5 이하인 0.48이므로, 제품 요구 사항을 만족하는 것을 확인할 수 있다. 반면, 비교예 5 내지 비교예 8을 보면, 슬롯(112)에서 코일의 점적율이 35%를 초과하고 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 미만이면, 최대 오차율은 0.5보다 커져 제품 요구 사항을 만족하지 못하는 것을 확인할 수 있다.

[0093] 정리하면, 슬롯(112)에서 코일 간 최단 이격 거리가 4mm 이상이 되는 조건과 코일의 점적율이 35% 이하인 조건 중 어느 하나의 조건을 만족하는 경우, 레졸버의 최대 오차율은 0.5 이하를 나타내어 제품 요구 사항을 만족한다. 아울러, 그 두 조건을 모두 만족할 때의 최대 오차율은 그 두 조건 중 하나만을 만족할 때보다 더 낮아져 성능은 더 좋아진다. 반면, 그 두 조건을 모두 만족하지 않을 경우 최대 오차율은 0.5보다 커져 제품 요구 사항을 만족하지 못한다.

[0094] 본 명세서는 많은 특징을 포함하는 반면, 그러한 특징은 본 발명의 범위 또는 특허청구범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 개별적인 실시예에서 설명된 특징들은 단일 실시예에서 결합되어 구현될 수 있다. 반대로, 본 명세서에서 단일 실시예에서 설명된 다양한 특징들은 개별적으로 다양한 실시예에서 구현되거나, 적절히 결합되어 구현될 수 있다.

[0095] 이상에서 설명한 본 발명은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하므로 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다.

부호의 설명

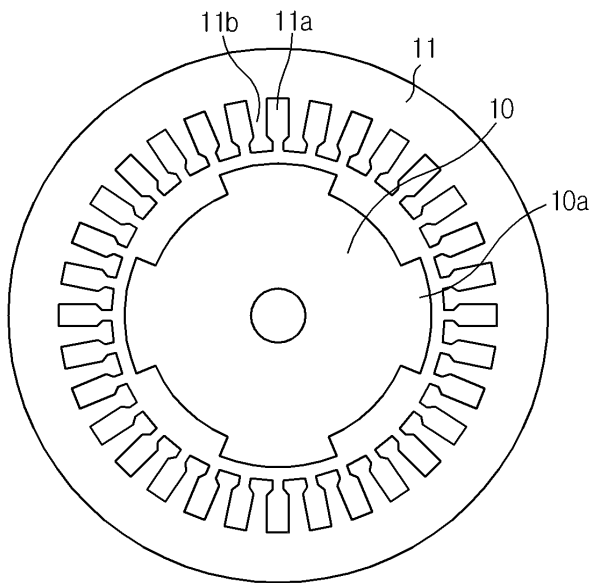
[0096] 110 : 고정자

120 : 절연 커버

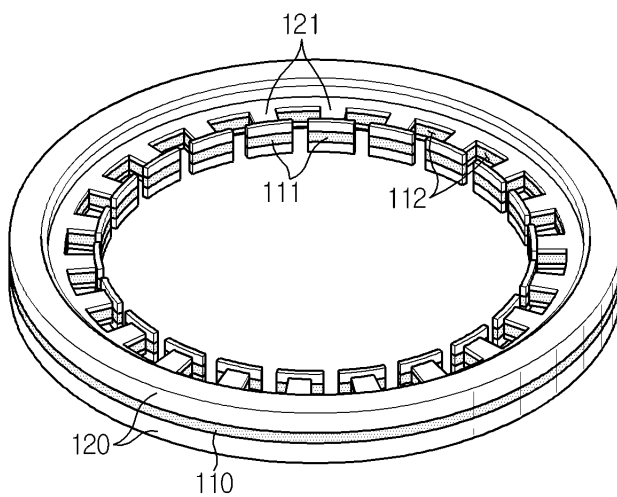
- 111 : 티스
- 112 : 슬롯
- 121 : 티스 절연부
- 140 : 코일
- 300 : 회전자

도면

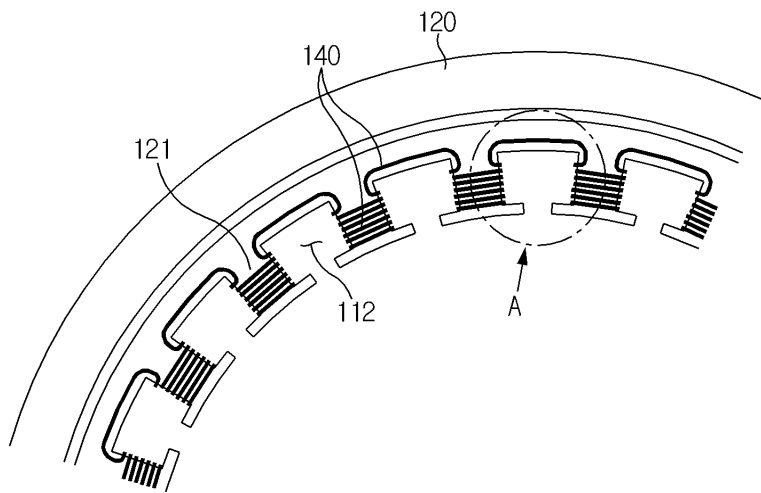
도면1



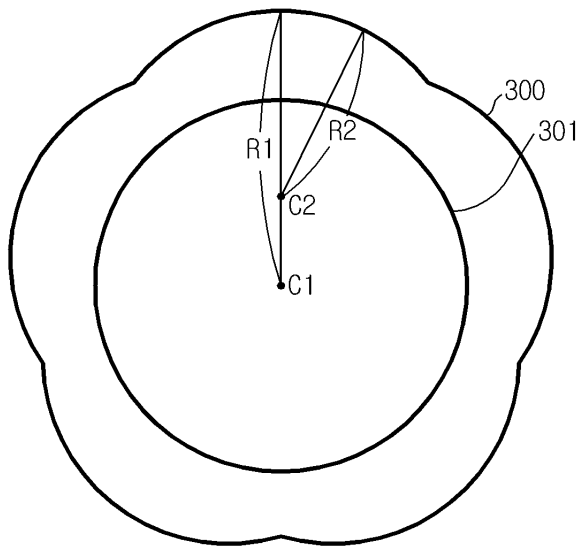
도면2



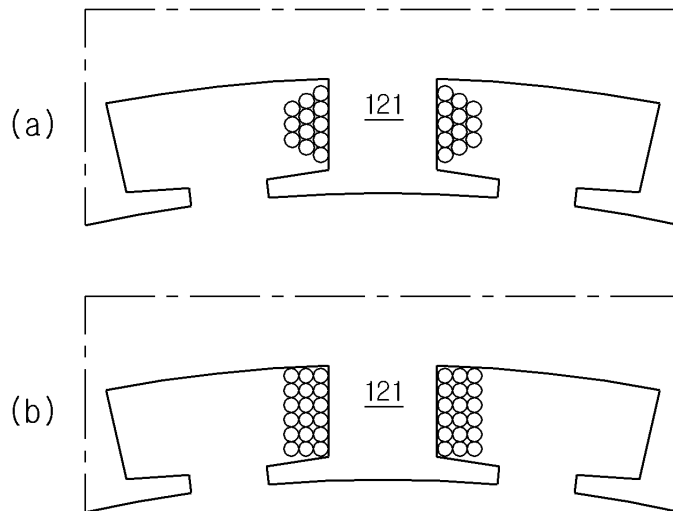
도면3



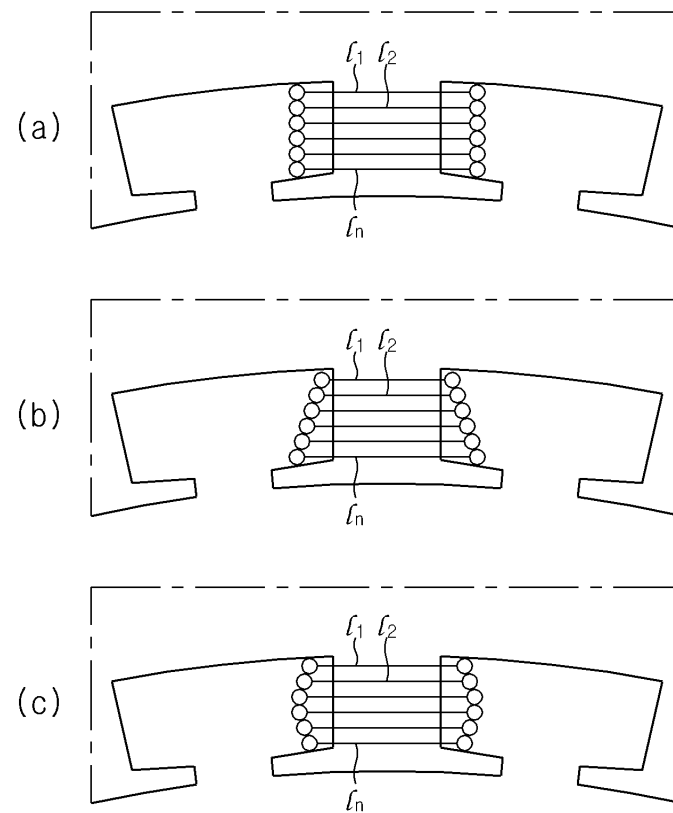
도면4



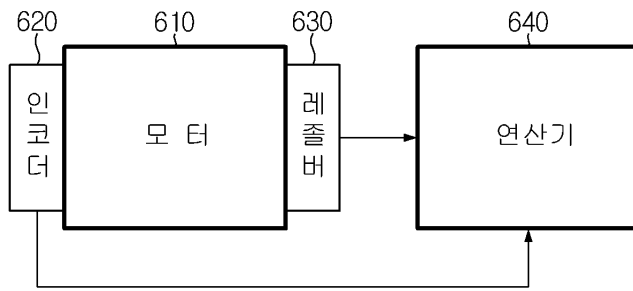
도면5



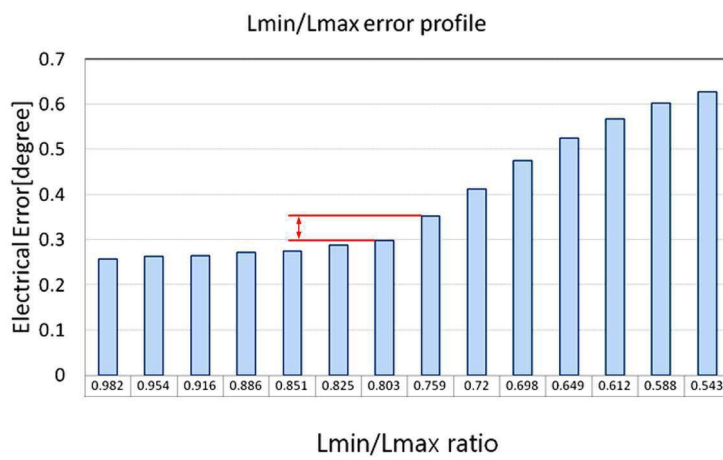
도면6



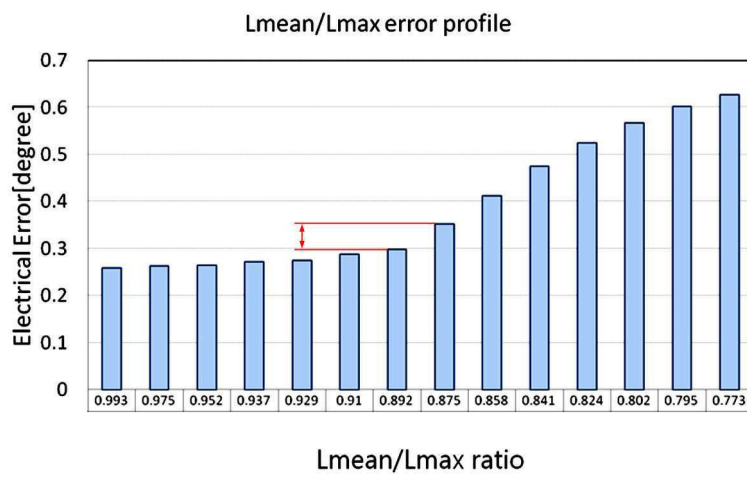
도면7



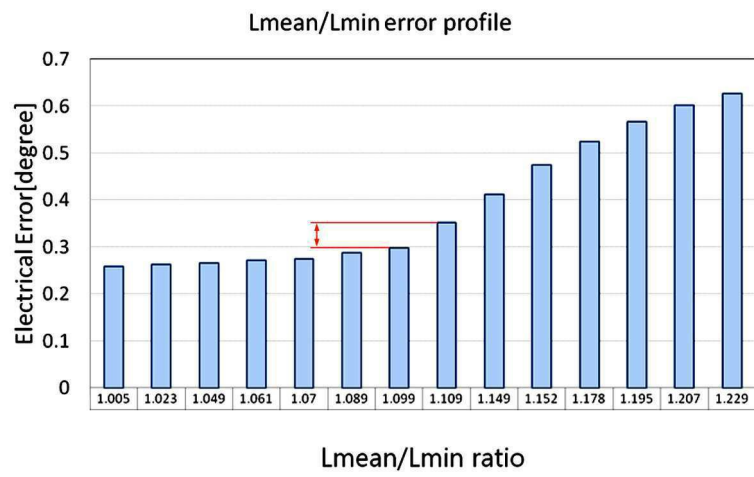
도면8



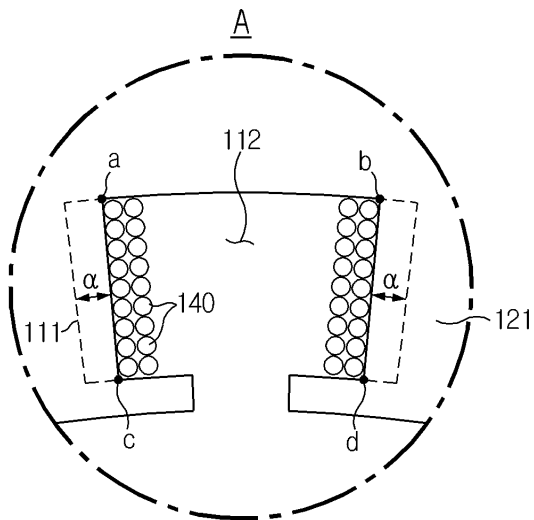
도면9



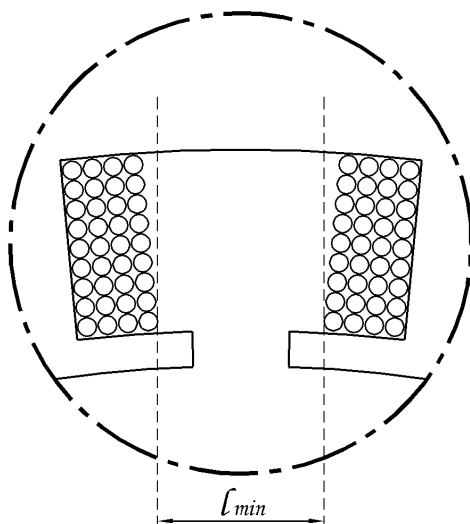
도면10



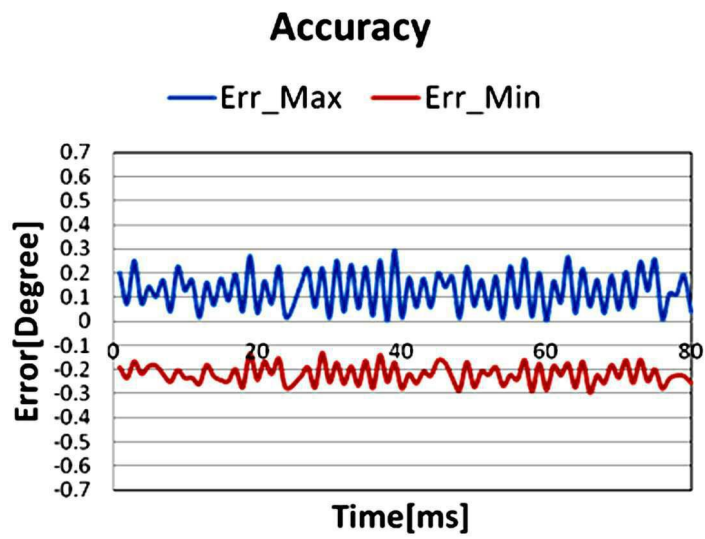
도면11



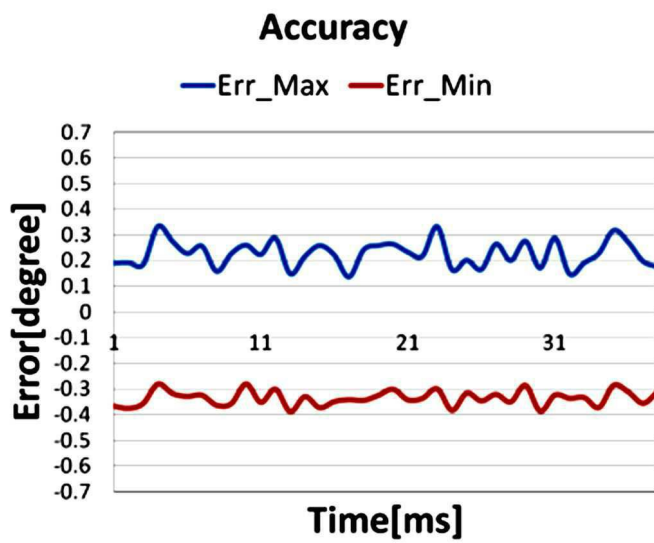
도면12



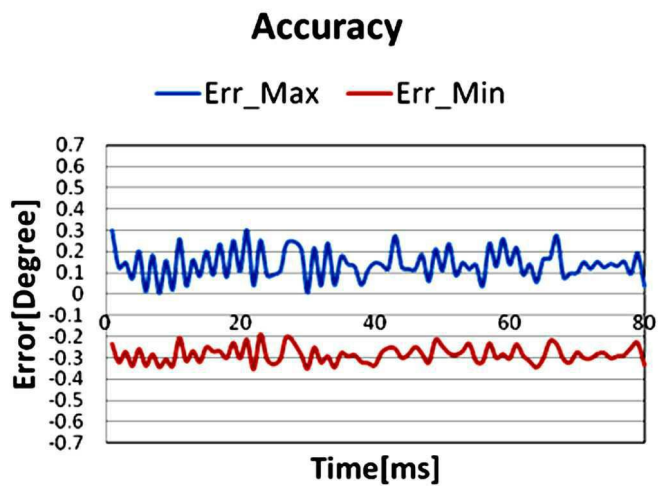
도면13



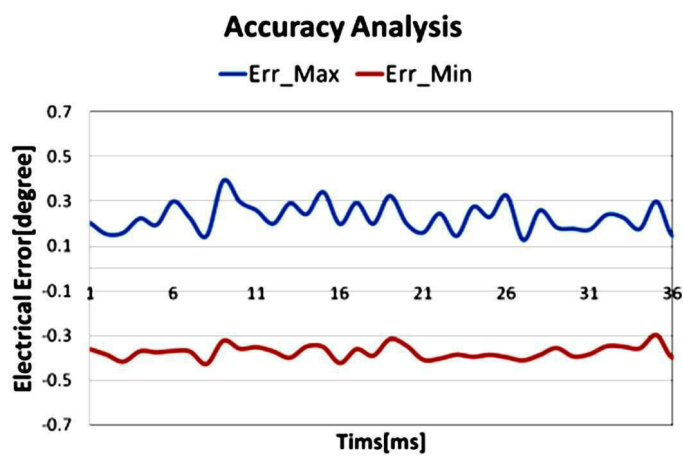
도면14



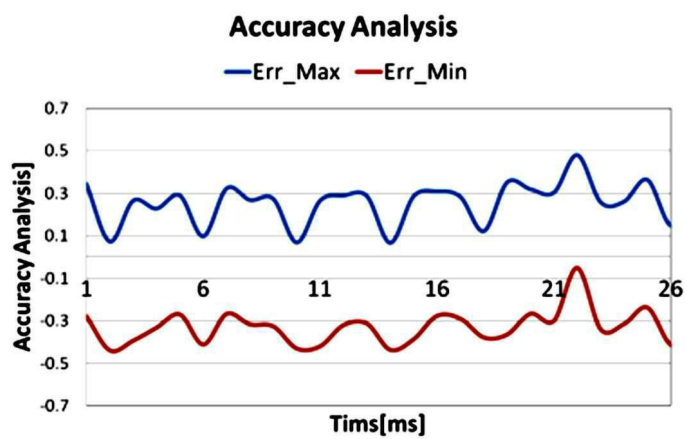
도면15



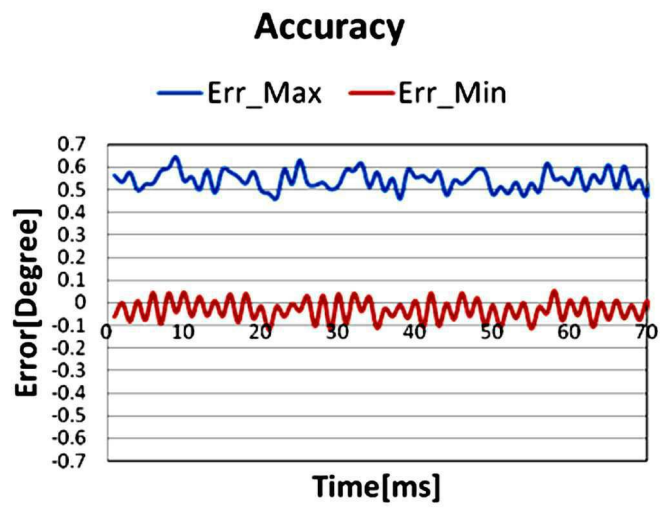
도면16



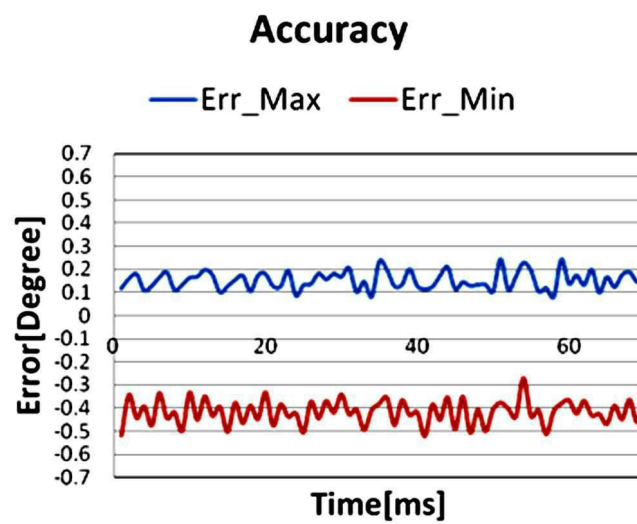
도면17



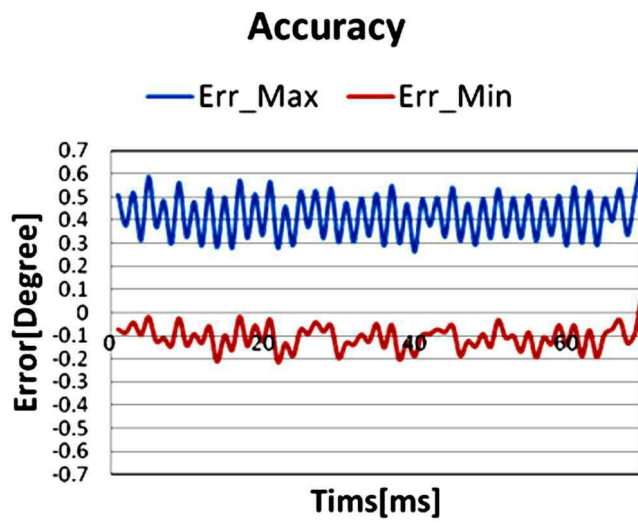
도면18



도면19



도면20



도면21

