(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0030645
(43) 공개일자 2020년03월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02K 49/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02K 49/102 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0108095
(22) 출원일자 2018년09월11일
심사청구일자 2018년09월11일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
김용재
광주광역시 북구 천변우로79번길 25, 202동 901호 (임동, 한국아델리움 2차)
김찬승
전라남도 나주시 남주원길 302동 807
박의종
광주광역시 남구 용대로 171번길 7-1 7동 108
(74) 대리인
특허법인아이엠

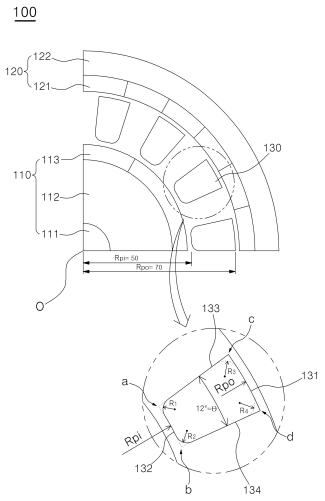
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 **토크리플 저감형 마그네틱 기어**

(57) 요 약

본 발명은 마그네틱 기어에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 내측 로터의 토크 리플을 저감하여 동작중 소음 및 진동을 줄일 수 있고 출력효율을 향상시킬 수 있는 토크리플 저감형 마그네틱 기어에 관한 것이다.

대 표 도 - 도4



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345283057
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 지역대학우수과학자지원사업(1년~5년)
연구과제명 자기적 기어링 효과를 이용한 고속 구동용 플럭스 변조 시스템 개발
기 여 율 1/1
주관기관 조선대학교
연구기간 2018.06.01 ~ 2019.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

내측 로터(Inner rotor), 상기 내측 로터와 이격되어 구비되는 외측 로터(outer roter) 및 상기 내측 로터와 상기 외측 로터 사이에 위치하고 상기 내측 로터에서 상기 외측 로터로 또는 상기 외측 로터에서 상기 내측 로터로 자속을 전달하는 서로 이격된 복수 개의 폴 피스(pole piece)가 구비되는 마그네틱 기어로서,

상기 각 폴 피스의 단면은,

제1 호(arc), 상기 제1 호와 중심의 위치 및 중심각은 동일하고 반경은 상기 제1 호의 반경보다 작은 제2 호, 상기 제1 호와 상기 제2 호의 일단을 연결하는 제1 선분 및 상기 제1 호와 상기 제2 호의 타단을 연결하는 제2 선분으로 둘러싸인 도형의 형상을 갖고,

상기 각 폴 피스의 단면의 네 꼭지점 중, 적어도 어느 하나의 꼭지점는 라운드 처리되어 특정 반경(Fillet Radius)을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 각 폴피스의 단면의 네 꼭지점 중, 상기 제2 호와 상기 제1 선분이 만나는 꼭지점과 상기 제2 호와 상기 제2 선분이 만나는 꼭지점은 각각 라운드 처리되어 특정 반경을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 특정 반경은 아래의 수학식 1에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어.

[수학식 1]

$$R = R_{pi} \times \left(\frac{\sin(\frac{\theta}{2})}{1-\sin(\frac{\theta}{2})} \right)$$

여기서, R은 상기 특정 반경, R_{pi}는 상기 제2 호의 반경, Θ는 상기 제2 호의 중심각이다.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 마그네틱 기어에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 내측 로터의 토크 리플을 저감하여 동작중 소음 및 진동을 줄일 수 있고 출력효율을 향상시킬 수 있는 토크리플 저감형 마그네틱 기어에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 마그네틱 기어는 자기력을 이용하여 비접촉식으로 동력을 전달하는 비접촉식 기어 장치로써 물리적인 접촉에 의해 동력을 전달하는 기어에 비해 노이즈 및 진동이 적고, 윤활유 주입이나 보수 점검이 불필요하며, 기계적인 마찰이 없어 안정성과 내구성이 높아 최근 연구가 활발하다.

[0004] 또한, 마그네틱 기어는 에너지 손실을 경감할 수 있으므로 고효율 구동이 가능하고 신뢰도 및 정확한 피크 토크의 전달이 가능하다.

[0005] 또한, 최근에는 풍력 터빈, 전기 자동차, 트랜스 미션 등 다양한 산업 전반에 걸쳐 마그네틱 기어의 적용을 확대하고자 하는 노력이 있다.

[0006] 도 1은 종래의 마그네틱 기어의 수직 단면을 보여주는 것이다.

[0007] 도 1을 참조하면, 종래의 마그네틱 기어(10)는 크게 내측 로터(11), 외측 로터(12), 내측 로터(11)와 외측 로터(12) 사이에 로터들(11,12)과 이격되어 위치하는 폴 피스(13)를 포함하여 구성된다.

[0008] 또한, 상기 내측 로터(11)와 상기 외측 로터(12)에는 서로 반대 방향(회전축을 향한 방향과 회전축의 반대방향을 향한 방향)으로 자력을 갖는 자석들이 서로 교대로 위치하며, 서로 반대방향의 자력을 갖는 두 개의 자석은 쌍극을 이룬다.

[0009] 한편, 도 2는 종래의 마그네틱 기어의 내측 로터와 외측 로터의 토크그래프이고, 도 3은 종래의 마그네틱 기어의 토크리플과 출력을 보여주는 도면이다.

[0010] 도 2 및 도 3을 참조하면, 종래의 마그네틱 기어는 외측 로터(12,outer rotor)의 경우 토크 리플이 거의 발생하지 않았으나 내측 로터(11,inner rotor)는 토크 리플이 7.21% 발생하여 소음 및 진동, 출력 저감의 원인이 되는 것을 알 수 있다.

[0011] [선행기술문헌]

[0012] [특허문헌]

[0013] 1.한국공개특허 제10-2013-0042564호, 자기 기어 장치 및 유지 부재

[0014] 2.한국공개특허 제10-2014-0013087호, 자기 기어 장치

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로 본 발명의 목적은 내측 로터의 토크 리플을 저감하여 소음 및 진동을 줄이고 출력 효율을 향상시킬 수 있는 마그네틱 기어를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 내측 로터(Inner rotor), 상기 내측 로터와 이격되어 구비되는 외측 로터(outer roter) 및 상기 내측 로터와 상기 외측 로터 사이에 위치하고 상기 내측 로터에서 상기 외측 로터로 또는 상기 외측 로터에서 상기 내측 로터로 자속을 전달하는 서로 이격된 복수 개의 폴 피스(pole piece)가 구비되는 마그네틱 기어로서, 상기 각 폴 피스의 단면은, 제1 호(arc), 상기 제1 호와 중심의 위치 및 중심각은 동일하고 반경은 상기 제1 호의 반경보다 작은 제2 호, 상기 제1 호와 상기 제2 호의 일단을 연결하는 제1 선분 및 상기 제1 호와 상기 제2 호의 타단을 연결하는 제2 선분으로 둘러싸인 도형의 형상을 갖고, 상기 각 폴 피스의 단면의 네 꼭지점 중, 적어도 어느 하나의 꼭지점은 라운드 처리되어 특정 반경(Fillet Radius)을 갖는 것을 특징으로 하는 마그네틱 기어를 제공한다.

[0019] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 각 폴피스의 단면의 네 꼭지점 중, 상기 제2 호와 상기 제1 선분이 만나는 꼭지점과 상기 제2 호와 상기 제2 선분이 만나는 꼭지점은 각각 라운드 처리되어 특정 반경을 갖는다.

[0020] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 특정 반경은 아래의 수학식 1에 의해 계산된다.

[0021] [수학식 1]

$$R = R_{pi} \times \left(\frac{\sin(\frac{\theta}{2})}{1-\sin(\frac{\theta}{2})} \right)$$

[0022]

[0023] 여기서, R은 상기 특정 반경, R_{pi}는 상기 제2 호의 반경, Θ는 상기 제2 호의 중심각이다.

발명의 효과

[0025] 본 발명은 다음과 같은 우수한 효과를 가진다.

[0026] 본 발명의 마그네틱 기어에 의하면, 폴 피스의 형상 변경을 통해 내측 로터의 토크 리플을 저감함으로써 소음 및 진동을 줄이고 출력 효율을 향상시킬 수 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 종래의 마그네틱 기어의 수직 단면을 보여주는 도면,

도 2는 종래의 마그네틱 기어의 내측 로터와 외측 로터의 토크그래프,

도 3은 종래의 마그네틱 기어의 토크리플과 출력을 보여주는 도면

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 수직 단면을 보여주는 도면,

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 성능 검증을 위한 검증 모델을 보여주는 도면,

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 성능 검증을 위한 폴 피스의 각 모서리 반경을 설명하기 위한 도면,

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 폴 피스 모서리들 중, 모서리a, b에 라운드 처리시 내측 로터의 토크 리플 저감율을 보여주는 그래프,

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 폴 피스 모서리들 중, 모서리a, b에 라운드 처리시 외측 로터의 토크 리플 저감율을 보여주는 그래프,

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 폴 피스 모서리들 중, 모서리c, d에 라운드 처리시 내측 로터의 토크 리플 저감율을 보여주는 그래프,

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어의 폴 피스 모서리들 중, 모서리c, d에 라운드 처리시 외측 로터의 토크 리플 저감율을 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명의 상세한 설명 부분에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.

[0030] 이하, 첨부한 도면에 도시된 바람직한 실시예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.

[0031] 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0033] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)는 내측 로터(110), 외측 로터(120) 및 폴 피스(130)를 포함하여 이루어진다.

[0034] 상기 내측 로터(110)는 회전축인 샤프트(111), 상기 샤프트(111) 외측을 감싸는 내측 요크(112) 및 상기 내측 요크에 설치되는 내측 마그넷(113)을 포함하여 이루어지고, 상기 외측 로터(120)는 상기 내측 로터(110)와 이격되어 상기 내측 로터(110)를 감싸며 위치하는 외측 요크(122) 및 상기 외측 요크(122)의 내측에 설치되는 외측 마그넷(121)을 포함하여 이루어진다.

[0035] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 기어(100)의 내측 로터(110)와 외측 로터(120)는 종래의 마그네틱 기어의 내측 로터 및 외측 로터와 실질적으로 동일하다.

[0036] 다만, 상기 폴 피스(130)의 형상에 차이가 있다.

[0037] 상기 폴 피스(130)는 상기 내측 로터(110)와 상기 외측 로터(120) 사이에서 회전축을 중심으로 방사상에 서로 이격되어 복수 개로 구비하고, 상기 내측 로터(110) 및 상기 외측 로터(120)와는 각각 이격되어 위치한다.

[0038] 또한, 상기 폴 피스(130)는 바 형상으로 그 단면은 제1 호(131,arc), 상기 제1 호(131)와 중심(o)의 위치 및 중심각(Θ)은 동일하고 반경(Rpi)은 상기 제1 호의 반경(Rpo)보다 작은 제2 호(132), 상기 제1 호(131)와 상기 제2 호(132)의 각 일단을 연결하는 제1 선분(133) 및 상기 제1 호(131)와 상기 제2 호(132)의 각 타단을 연결하는 제2 선분(134)으로 둘러싸인 도형의 형상을 갖는다.

[0039] 또한, 상기 폴 피스(130)의 단면은 네 개의 꼭지점이 존재하는데, 상기 제2 호(132)와 상기 제1 선분(133)이 만나는 지점을 꼭지점a, 상기 제2 호(132)와 상기 제2 선분(134)이 만나는 지점을 꼭지점b, 상기 제1 호(131)와 상기 제1 선분(133)이 만나는 지점을 꼭지점c, 상기 제1 호(131)와 상기 제2 선분(134)이 만나는 지점을 꼭지점d로 정의하기로 한다.

[0040] 또한, 상기 폴 피스(130)의 단면 네 꼭지점들 중, 적어도 어느 하나의 꼭지점는 라운드 처리(모깎이)된다.

[0041] 즉, 상기 폴 피스(130)의 네 모서리들 중 적어도 어느 하나의 모서리는 라운드 처리된다.

[0042] 본 발명의 실 시예에서는 상기 꼭지점a와 상기 꼭지점b에 라운드 처리를 하여 특정 반경을 갖게 함으로써 상기 내측 로터(110)의 토크 리플을 매우 저감시켰다.

[0043] 또한, 상기 특정 반경은 아래의 수학식 1에 의해 계산된다.

[0044] [수학식 1]

[0045] $$R = R_{pi} \times \left(\frac{\sin(\frac{\theta}{2})}{1-\sin(\frac{\theta}{2})} \right)$$

[0046] 여기서, R은 상기 특정 반경, R_{pi}는 상기 제2 호의 반경, Θ는 상기 제2 호의 중심각이다.

[0047] 즉, 상기 꼭지점a의 반경(R_1)과 상기 꼭지점b의 반경(R_2)은 각각 상기 특정 반경(R)을 갖도록 라운드 처리된다.

[0048] 도 5는 상기 마그네틱 기어(100)의 성능 검증을 위한 검증 모델을 보여주는 도면으로 외측 마그넷(121)의 개수를 변경하며 총 7개의 모델을 상정하였으며, 도 5에서 표기한 4 vs 1의 경우 상기 외측 마그넷(121)과 상기 내측 마그넷(113)의 개수 비를 의미한다.

[0049] 또한, 도 6은 상기 마그네틱 기어(100)의 성능 검증을 위한 폴 피스의 각 모서리 반경을 설명하기 위한 도면으로 상기 제1 호(131)와 상기 제2 호(132)를 직선으로 펼친 등가 모델이며, 상기 제1 호(131)의 길이는 2α이고, 상기 제2 호(132)의 길이는 2β이다.

[0050] 또한, 상기 꼭지점c의 반경은 R_3, 상기 꼭지점d의 반경은 R_4이다.

[0051] 도 7은 상기 모서리a와 상기 모서리b에 라운드 처리를 수행한 후 상기 내측 로터(110)의 토크 리플 저감율을 측정한 그래프이며, 가로축은 상기 제1 호(131)의 절반 길이인 α대비 반경 R_1과 반경R_2의 비율을 의미하며, 세로축은 상기 내측 로터(110)의 토크 리플 저감율이다.

[0052] 도 7에서도 알 수 있듯이 상기 모서리a와 상기 모서리b에 곡률을 줄 경우 토크 리플 저감율이 매우 증가하여 토크 리플이 감소한다.

[0053] 도 8은 상기 모서리a와 상기 모서리b에 라운드 처리를 수행한 후 상기 외측 로터(120)의 토크 리플 저감율을 측정한 그래프이다.

[0054] 도 8에서도 알 수 있듯이 몇몇 모델은 토크 리플 저감율이 감소하였고, 몇몇 모델은 토크 리플 저감율이 증가하였으나 그 증가폭이 작았으며, 실제 라운드 처리가 없는 경우에도 상기 외측 로터(120)의 토크 리플은 도 2 및 도 3과 같이 거의 존재하지 않으므로 토크 리플의 저감 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

[0055] 도 9는 상기 모서리c와 상기 모서리d에 라운드 처리를 수행한 후 상기 내측 로터(110)의 토크 리플 저감율을 측정한 그래프이다.

[0056] 도 9에서도 알 수 있듯이 상기 모서리c와 상기 모서리d에 곡률을 줄 경우 토크 리플 저감율이 매우 감소하여 리플이 증가하므로 상기 모서리c와 상기 모서리d에는 라운드 처리를 수행하지 않는 것이 바람직하다.

[0057] 도 10은 상기 모서리c와 상기 모서리d에 라운드 처리를 수행한 후 상기 외측 로터(120)의 토크 리플 저감율을 측정한 그래프이다.

[0058] 도 10에서도 상기 모서리c와 상기 모서리d에 라운드 처리를 수행할 경우, 상기 외측 로터(120)의 토크 리플 저감율은 증가하나 라운드 처리가 없는 경우에도 상기 외측 로터(120)의 토크 리플은 도 2 및 도 3과 같이 거의 존재하지 않으므로 실제 토크 리플의 저감 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

[0060] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

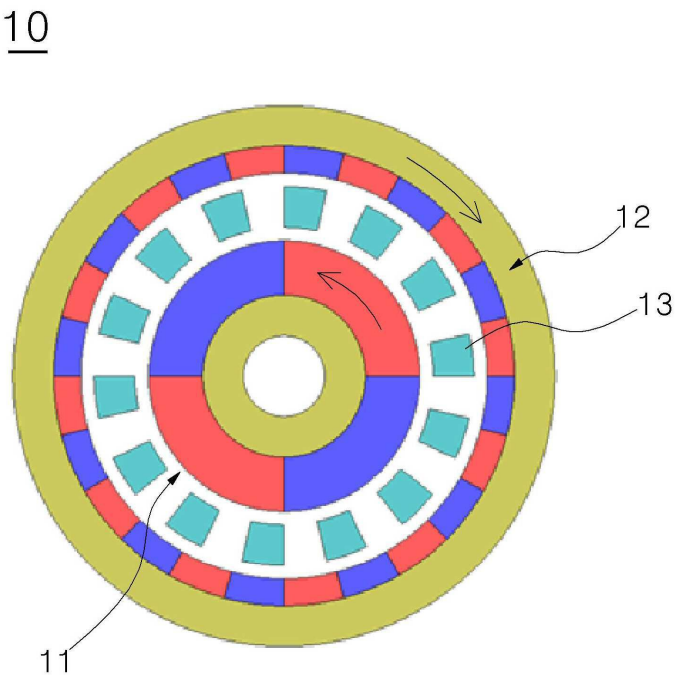
부호의 설명

[0062] 100:마그네틱 기어 110:내측 로터

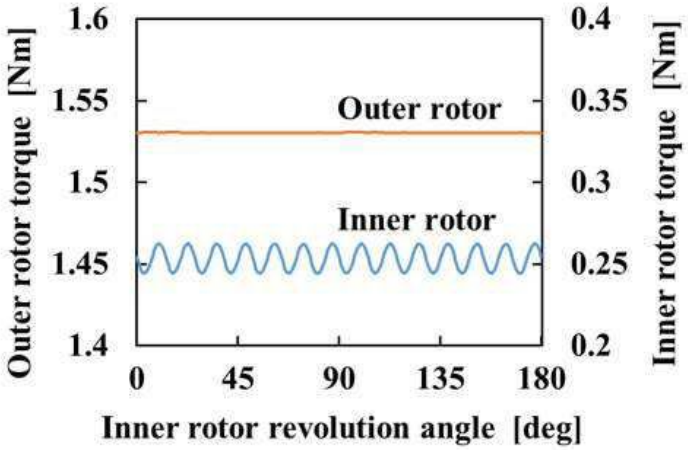
120:외측 로터 130:폴 피스

도면

도면1


10
12
13
11

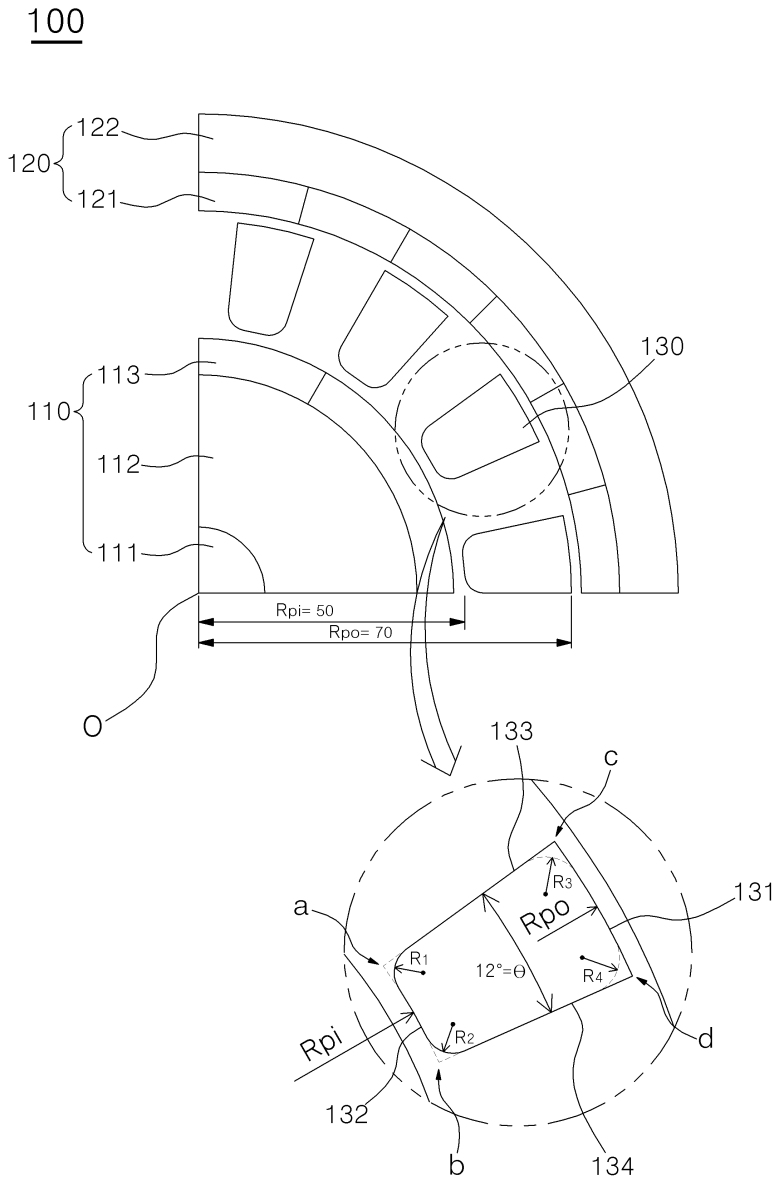
도면2


1.6
1.55
1.5
1.45
1.4
Outer rotor torque [Nm]
0.4
0.35
0.3
0.25
0.2
Inner rotor torque [Nm]
Outer rotor
Inner rotor
0
45
90
135
180
Inner rotor revolution angle [deg]

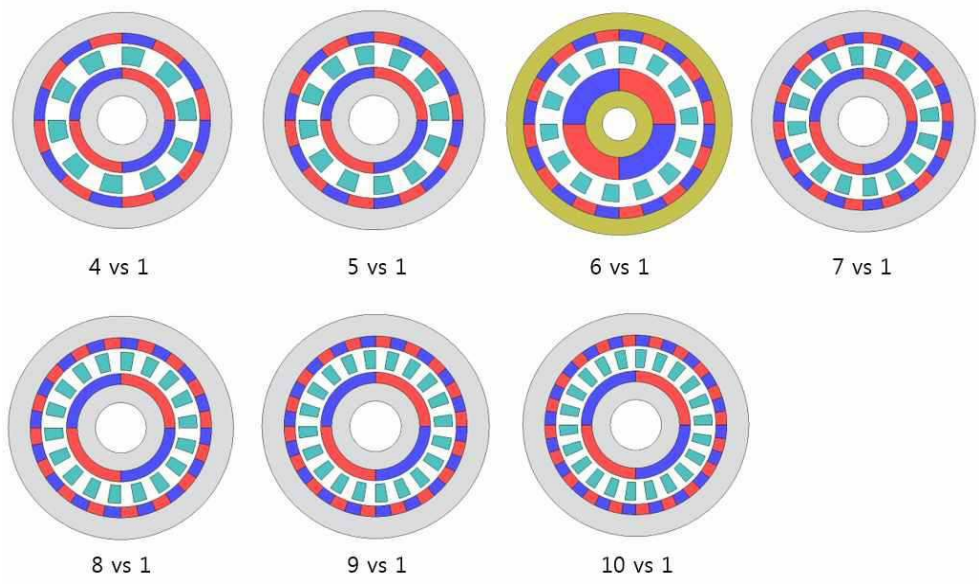
도면3

	내측 로터	외측 로터
토크	0.25Nm	1.53Nm
토크리플	7.21%	0.04%
출력	15.91W	16.02W

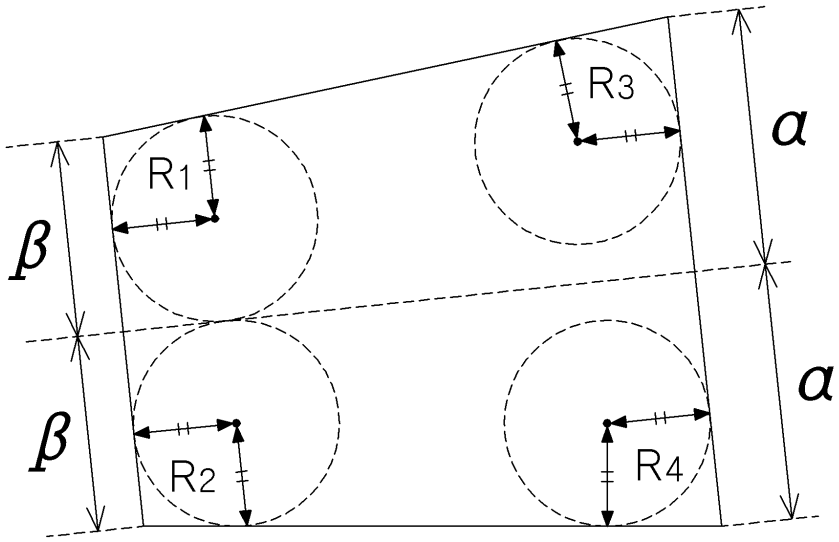
도면4


100
122
120
121
130
113
110
112
111
Rpi= 50
Rpo= 70
O
133
c
131
a
R3
Rpo
R1
12°=θ
R4
Rpi
R2
d
132
b
134

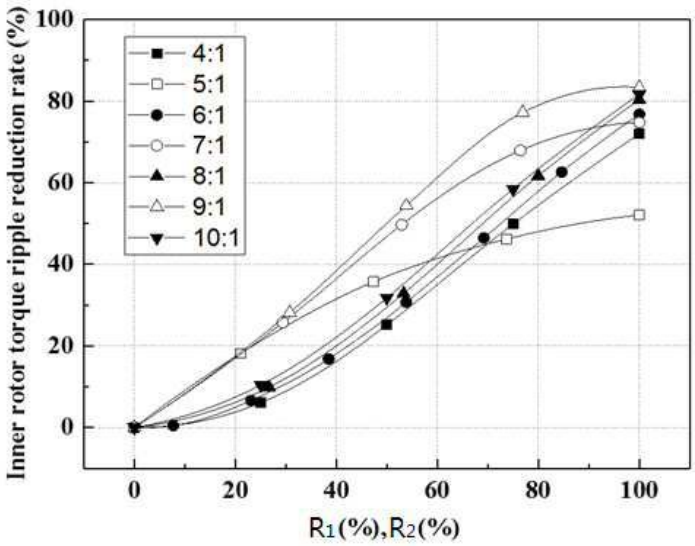
도면5



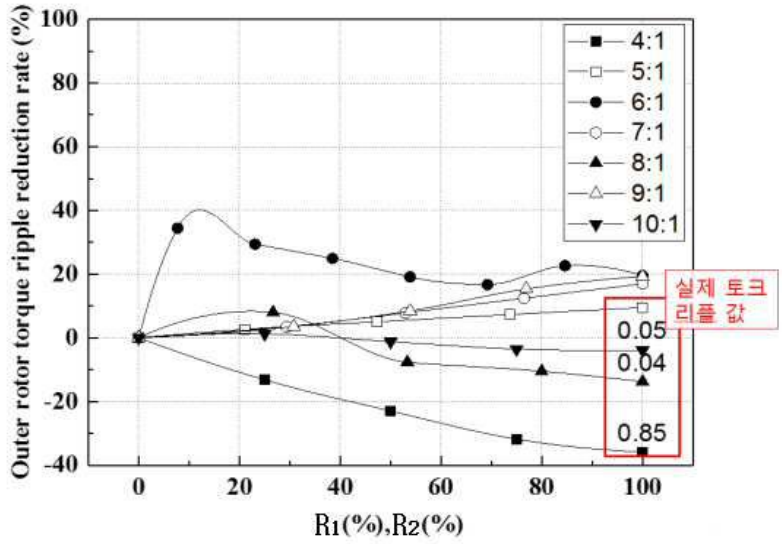
도면6



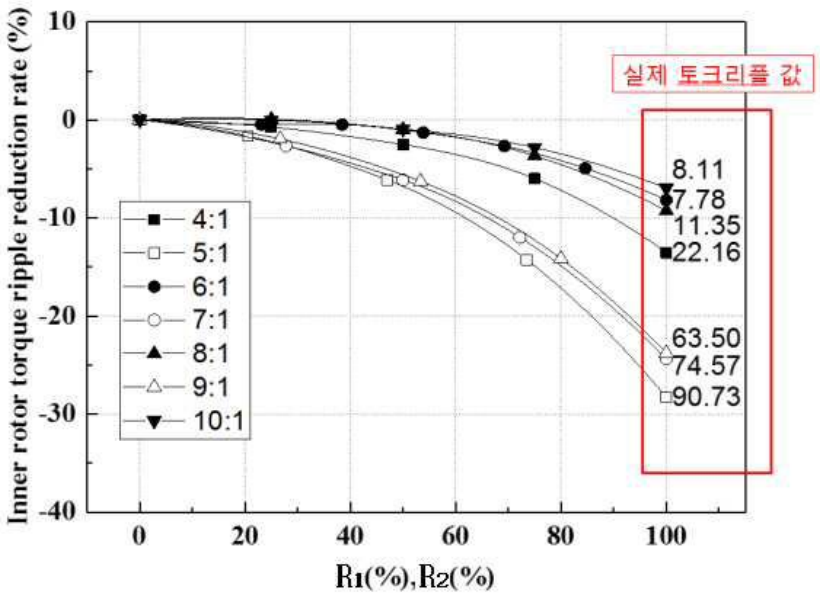
도면7


Inner rotor torque ripple reduction rate (%)
100
80
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100
R1(%),R2(%)
4:1
5:1
6:1
7:1
8:1
9:1
10:1

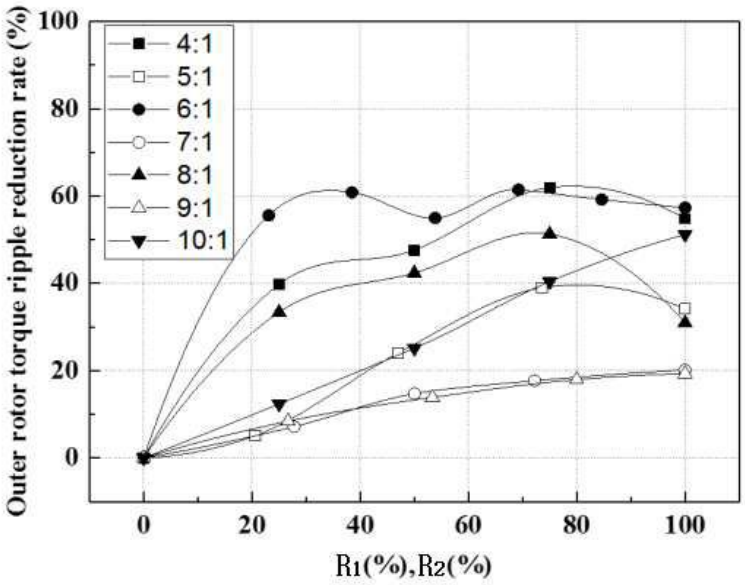
도면8


Outer rotor torque ripple reduction rate (%)
100
80
60
40
20
0
-20
-40
0
20
40
60
80
100
R1(%),R2(%)
4:1
5:1
6:1
7:1
8:1
9:1
10:1
실제 토크 리플 값
0.05
0.04
0.85

도면9


실제 토크리플 값
8.11
7.78
11.35
22.16
63.50
74.57
90.73
4:1
5:1
6:1
7:1
8:1
9:1
10:1
Inner rotor torque ripple reduction rate (%)
R1(%),R2(%)

도면10


4:1
5:1
6:1
7:1
8:1
9:1
10:1
Outer rotor torque ripple reduction rate (%)
R1(%),R2(%)