

(52) CPC특허분류

F16H 1/30 (2013.01)

F16H 2001/2881 (2013.01)

F16H 2001/289 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

입력축에 연결된 캐리어;

상기 캐리어로부터 편심된 상태로 상기 캐리어에 회전 가능하게 지지되는 적어도 하나 이상의 유성기어;

상기 캐리어와 동축으로 배치된 상태로 상기 유성기어와 치합되는 고정 내접기어; 및

상기 고정 내접기어와 동축으로 배치된 상태로 상기 유성기어와 치합되고, 잇수가 하기 수학적 식 1에 의해 설정되는 회전 내접기어;를 포함하며,

상기 회전 내접기어의 모듈 및 압력각은 상기 고정 내접기어의 법선 피치 길이가 상기 회전 내접기어의 법선 피치 길이와 동일한 조건에서 하기 수학적 식 2 및 3에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

[수학적 식 1]

$$Z_o = Z_f \pm N_p$$

여기서, Z_o 는 회전 내접기어의 잇수이고, Z_f 는 고정 내접기어의 잇수이며, N_p 는 유성기어의 개수이다.

[수학적 식 2]

$$m_o = m_s \left(\frac{Z_f - Z_p}{Z_o - Z_p} \right)$$

여기서, m_o 는 회전 내접기어의 모듈이고, m_s 는 고정 내접기어의 모듈이며, Z_p 는 유성기어의 잇수이다.

[수학적 식 3]

$$\alpha_o = a \cos \left(\frac{Z_o - Z_p}{Z_f - Z_p} \cos \alpha_s \right)$$

여기서, α_o 는 회전 내접기어의 압력각이고, α_s 는 고정 내접기어의 압력각이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 유성기어의 모듈과 압력각 및 전위계수가 각각 m_o 와 α_o 및 x_p 인 조건에서, 상기 유성기어의 전위계수는 하기 수학적 식 4에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

[수학적 식 4]

$$x_p = \frac{Z_p}{2 \tan(\alpha_o)} (inv \alpha_s - inv \alpha_o)$$

여기서, $inv\alpha_s = \tan\alpha_s - \alpha_s$ 이고, $inv\alpha_o = \tan\alpha_o - \alpha_o$ 이다.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 회전 내접기어의 전위계수는,

상기 회전 내접기어와 유성기어의 물림 압력각이 상기 회전 내접기어의 압력각과 동일한 조건에서, 상기 회전 내접기어의 모듈 및 압력각과, 상기 유성기어의 전위계수와, 미리 설정된 법선방향 백래시(normal direction backlash)가 하기 수학식 5에 대입되어 구해지는 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

[수학식 5]

$$x_o = -\frac{f_n}{2m_o \sin\alpha_o} - x_p$$

여기서, x_o 는 회전 내접기어의 전위계수이고, f_n 은 법선방향 백래시이다.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유성기어와 고정 내접기어 및 회전 내접기어는 각각 평기어로 이루어진 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유성기어와 고정 내접기어 및 회전 내접기어는 각각 헬리컬 기어로 이루어진 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 유성기어와 고정 내접기어 및 회전 내접기어는 각각 베벨기어로 이루어진 것을 특징으로 하는 고비율 차동형 감속기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고비율 차동형 감속기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 모터 등과 같은 입력장치로부터 입력되는 회전 운동을 차동 방식에 의해 고비율로 감속시켜 높은 토크로 출력할 수 있게 하는 감속기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기를 이용하여 동력을 만드는 모터는 에너지 효율이 높은 특성을 가지며, 빠른 속도의 회전 운동을 생성할 수 있다. 또한, 모터는 제어가 간편하고 구성 장비가 비교적 간단하여, 로봇 분야에서 작동기(actuator)로 많이 응용된다. 하지만, 일반적으로 모터는 힘/토크 밀도가 높지 않기 때문에, 큰 토크를 필요로 하는 많은 산업용 로봇들에 적용되기 위해서는 출력 토크를 높이기 위한 별도의 기구를 필요로 한다. 이때, 회전 속도를 희생

(trade)하여 힘/토크 밀도를 증가시키는 기계적 장치인 기어 감속기가 주로 사용된다.

- [0003] 인벌류트 곡선을 기반으로 하는 평기어를 사용한 감속의 경우, 치형 간섭으로 인한 언더컷을 피하기 위해 1단 감속의 비율은 최대 1:10 내외로 한정된다. 따라서, 산업용 로봇 등에서 필요로 하는 1:100 내외의 고비율의 감속을 위해서는 다단 감속이 필요한데, 구조의 복잡성이 증가하고 입력축과 출력축이 어긋나는 등 발생할 수 있는 여러 가지 문제를 고려하여 감속기를 설계해야 한다. 입력축과 출력축을 동일한 선에 위치시키면서 고비율의 감속비를 구현하는 대표적인 감속기로는 유성기어열(planetary gear train)과 하모닉 드라이브(harmonic drive)가 있다.
- [0004] 유성기어열은 모터 축에 연결된 태양 기어(sun gear)와, 태양 기어와 치합되는 복수의 유성기어와, 유성기어들을 지지하며 출력축의 역할을 하는 캐리어, 및 유성기어들과 치합되는 내접기어(annular gear)로 이루어진다. 유성기어열은 2 자유도 장치로서, 일반적으로 감속에 쓰이는 경우 내접 기어가 고정된 채 태양 기어에 회전 운동이 가해지면 느린 속도로 회전하는 캐리어에서 증폭된 토크가 출력된다.
- [0005] 유성기어열은 치형의 모듈이 커서 큰 토크를 전달할 수 있으며, 구조가 비교적 단순하여 제작비가 싸고 내구성과 신뢰성이 크다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 유성기어열은 감속비가 태양 기어와 내접기어의 피치원(pitch circle) 지름에 의해서 결정되기 때문에 감속비가 대략 10:1 이내로 제한되며, 더 높은 감속비를 위해서는 무게와 부피의 증가를 감수하고 다단으로 사용되어야 한다.
- [0006] 하모닉 드라이브는 웨이브 제너레이터(wave generator)라고 부르는 타원형 베어링과, 플렉스 스플라인(flex spline)이라고 부르는 탄성킵, 및 원형 스플라인(circular spline)이라고 불리는 내접기어로 구성되어 있다. 웨이브 제너레이터에 의해 플렉스 스플라인이 타원형으로 변형되면, 플렉스 스플라인의 바깥면에 성형되어있는 기어의 이빨이 원형 스플라인의 2개의 이빨과 맞물리게 된다. 플렉스 스플라인의 기어 잇수와 원형 스플라인의 기어 잇수는 $2n$ (n : 양의 정수)개만큼 차이가 있기 때문에 웨이브 제너레이터가 1회전할 때마다 플렉스 스플라인은 $2n$ 피치씩 이동한다. 이때, 플렉스 스플라인의 기어 잇수가 Z 라면, 감속비는 $Z:2n$ 이 되며 수십~수백:1의 고비율 감속이 구현된다.
- [0007] 하모닉 드라이브는 구성 부품의 수가 작고 고비율 감속이 가능하다는 큰 장점 때문에, 로봇과 같이 소형 경량의 고회력 구동기구가 필요한 산업기계시장에서 널리 사용되고 있다. 하지만, 하모닉 드라이브는 플렉스 스플라인의 탄성 변형에 의한 피로 파괴 문제와, 고가의 웨이브 제너레이터로 인한 가격 문제 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 과제는 비교적 높은 감속비를 구현하면서도 구조적으로 단순화될 수 있고, 내구성 향상 및 제조비용 절감을 이룰 수 있는 고비율 차동형 감속기를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 고비율 차동형 감속기는 캐리어와, 적어도 하나 이상의 유성기어와, 고정 내접기어, 및 회전 내접기어를 포함한다. 캐리어는 입력축에 연결된다. 적어도 하나 이상의 유성기어는 캐리어로부터 편심된 상태로 캐리어에 회전 가능하게 지지된다. 고정 내접기어는 캐리어와 동축으로 배치된 상태로 유성기어와 치합된다. 회전 내접기어는 고정 내접기어와 동축으로 배치된 상태로 상기 유성기어와 치합되고, 잇수가 하기 수학적 식 1에 의해 설정된다.

- [0010] [수학적 식 1]

[0011]
$$Z_o = Z_f \pm N_p$$

- [0012] 여기서, Z_o 는 회전 내접기어의 잇수이고, Z_f 는 고정 내접기어의 잇수이며, N_p 는 유성기어의 개수이다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명에 따르면, 종래의 유성기어열에 구비된 태양기어 없이 1단 구성만으로 수십:1 내지 수백:1 범위의 높은 감속비를 구현할 수 있으므로, 종래의 유성기어열보다 구조적으로 단순화할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명에 따르면, 종래의 하모닉 드라이브에서 발생하는 플렉스 스플라인의 탄성 변형에 의한 피로 파괴 문제와 함께, 고가의 웨이브 제너레이터로 인한 가격 문제를 해소할 수 있으므로, 내구성 향상 및 제조비용 절감을 이룰 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다.
- 도 2는 도 1에 고비율 차동형 감속기의 일부에 대한 사시도이다.
- 도 3은 도 2에 대한 분해 사시도이다.
- 도 4는 회전 내접기어의 모듈과 압력각을 구하기 위한 수학적식을 유도하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 유성기어의 해석 근거를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6 및 도 7은 회전 내접기어의 전위계수를 구하기 위한 수학적식을 유도하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다.
- 도 9는 도 8에 대한 사시도이다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다.
- 도 11은 도 10에 대한 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명에 대해 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 본 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다. 도 2는 도 1에 고비율 차동형 감속기의 일부에 대한 사시도이다. 도 3은 도 2에 대한 분해 사시도이다.
- [0018] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기(100)는 캐리어(110)와, 적어도 하나 이상의 유성기어(120)와, 고정 내접기어(130), 및 회전 내접기어(140)를 포함한다.
- [0019] 캐리어(110)는 입력축(10)에 연결된다. 캐리어(110)는 입력축(10)으로부터 입력되는 회전 운동에 의해 회전할 수 있다. 입력축(10)은 회전 모터(11)의 구동축에 해당할 수 있다. 캐리어(110)는 회전 중심에 회전 모터의 구동축이 연결될 수 있다. 캐리어(110)는 편심 부위에 유성기어(120)를 회전 가능하게 지지하며, 회전함에 따라 유성기어(120)를 공전 운동시킨다.
- [0020] 유성기어(120)는 캐리어(110)로부터 편심된 상태로 베어링(121)에 의해 캐리어(110)에 회전 가능하게 지지된다. 유성기어(120)는 캐리어(110)의 회전시 공전 운동하면서 캐리어(110)에 대해 자전 운동할 수 있다. 유성기어(120)는 고정 내접기어(130)와 회전 내접기어(140)에 공통되게 치합된다. 유성기어(120)는 평기어로 이루어질 수 있다.
- [0021] 유성기어(120)는 2개로 쌍을 이루게 구비될 수 있다. 유성기어(120)들은 캐리어(110)의 회전 중심으로부터 동일 간격으로 배열된다. 유성기어(120)들의 각 회전 중심은 캐리어(110)의 회전 반경으로 대칭되는 지점에 위치할 수 있다. 유성기어(120)의 잇수는 고정 내접기어(130)와 회전 내접기어(140)의 각 잇수보다 작게 설정된다. 유성기어(120)는 2개로 구비된 것으로 예시되어 있으나, 1개 또는 3개 이상으로 구비될 수도 있다.
- [0022] 고정 내접기어(130)는 캐리어(110)와 동축으로 배치된 상태로 유성기어(120)와 치합된다. 고정 내접기어(130)는 캐리어(110)의 회전시 공전 운동하는 유성기어(120)를 자전 운동시킬 수 있게 한다. 유성기어(120)가 평기어로 이루어진 경우, 고정 내접기어(130)는 평기어로 이루어져 유성기어(120)와 치합될 수 있다. 고정 내접기어(130)는 고정 프레임(20)에 고정되어 위치를 유지할 수 있다.
- [0023] 회전 내접기어(140)는 고정 내접기어(130)와 동축으로 배치된 상태로 유성기어(120)와 치합된다. 회전 내접기어

(140)는 출력축의 역할을 한다. 회전 내접기어(140)는 캐리어(110)의 회전시 유성기어(120)가 공전 운동과 더불어 자전 운동함에 따라 회전함으로써, 캐리어(110)로 입력되는 회전 운동을 감속시켜 출력할 수 있게 한다. 회전 내접기어(140)는 베어링(141)에 의해 회전 지지될 수 있다. 유성기어(120)가 평기어로 이루어진 경우, 회전 내접기어(140)는 평기어로 이루어져 유성기어(120)와 치합될 수 있다. 한편, 다른 예로, 유성기어(120)와, 고정 내접기어(130), 및 회전 내접기어(140)은 각각 헬리컬 기어로 이루어질 수도 있다.

[0024] 회전 내접기어(140)는 잇수가 하기 수학적 식 1에 의해 설정된다.

수학적 식 1

$$Z_o = Z_f \pm N_p$$

[0025]

여기서, Z_o 는 회전 내접기어의 잇수이고, Z_f 는 고정 내접기어의 잇수이며, N_p 는 유성기어의 개수이다.

[0026]

상기 수학적 식 1에 의하면, 유성기어(120)가 1개인 경우, 회전 내접기어(140)의 잇수가 고정 내접기어(130)의 잇수보다 1개 많거나 적게 설정된다. 회전 내접기어(140)의 잇수가 고정 내접기어(130)의 잇수보다 1개 많으면, 유성기어(120)가 한 바퀴 회전할 때 회전 내접기어(140)가 고정 내접기어(130)보다 1피치만큼 유성기어(120)의 공전 방향과 동일 방향으로 전진한다. 회전 내접기어(140)의 잇수가 고정 내접기어(130)의 잇수보다 1개 적으면, 유성기어(120)가 한 바퀴 회전할 때 회전 내접기어(140)가 고정 내접기어(130)보다 1피치만큼 유성기어(120)의 공전 방향과 반대 방향으로 전진한다.

[0027]

따라서, 고정 내접기어(130)의 잇수가 Z_f 개인 경우, 유성기어(120)가 고정 내접기어(130)의 잇수만큼 공전하면, 회전 내접기어(140)는 1회전을 하므로, 감속비는 $Z_f:1$ 이 된다. 유성기어(120)가 2개인 경우, 회전 내접기어(140)의 잇수가 고정 내접기어(130)의 잇수보다 2개 많거나 적게 설정된다. 그러면, 전술한 원리에 의해, 감속비는 $Z_f/2:1$ 이 된다. 마찬가지로, 설명의 유성기어(120)가 N_p 개인 경우, 감속비는 $Z_f/N_p:1$ 이 된다.

[0028]

전술한 고비율 차동형 감속기(100)에 의하면, 고정 내접기어(130)와 회전 내접기어(140)가 유성기어(120)의 개수만큼 잇수 차이를 갖는 형태로 동축으로 배치되고, 단일 형상의 유성기어(120)가 고정 내접기어(130)와 회전 내접기어(140)를 동시에 치합해서 회전하는 형태로 구성되어, 수십:1 내지 수백:1 범위의 높은 감속비를 구현할 수 있다.

[0029]

이와 같이, 본 실시예의 고비율 차동형 감속기(100)는 종래의 유성기어열에 구비된 태양기어 없이 1단 구성만으로 수십:1 내지 수백:1 범위의 높은 감속비를 구현할 수 있으므로, 종래의 유성기어열보다 구조적으로 단순화할 수 있다.

[0030]

또한, 본 실시예의 고비율 차동형 감속기(100)는 종래의 하모닉 드라이브에서 발생하는 플렉스 스플라인의 탄성 변형에 의한 피로 파괴 문제와 함께, 고가의 웨이브 제너레이터로 인한 가격 문제를 해소할 수 있으므로, 내구성 향상 및 제조비용 절감을 이룰 수 있다.

[0031]

한편, 회전 내접기어(140)는 서로 다른 잇수를 갖는 고정 내접기어(130)와 동시에 유성기어(120)에 치합되기 위한 치형으로 교정될 수 있다. 회전 내접기어(140)의 치형 교정은 모듈과 압력각 및 전위계수의 설정에 의해 이루어질 수 있다. 이 경우, 고정 내접기어(130)의 모듈 및 압력각은 유성기어(120)의 모듈 및 압력각과 동일하게 설정될 수 있다.

[0032]

회전 내접기어(140)의 모듈 및 압력각은 하기 수학적 식 2 및 3에 의해 구해질 수 있다. 하기 수학적 식 2 및 3의 유도 과정에 대해서는 후술하기로 한다.

[0033]

수학식 2

$$m_o = m_s \left(\frac{Z_f - Z_p}{Z_o - Z_p} \right)$$

[0034]

여기서, m_o 는 회전 내접기어의 모듈이고, m_s 는 고정 내접기어의 모듈이며, Z_p 는 유성기어의 잇수이다.

[0035]

수학식 3

$$\alpha_o = \arccos \left(\frac{Z_o - Z_p}{Z_f - Z_p} \cos \alpha_s \right)$$

[0036]

여기서, α_o 는 회전 내접기어의 압력각이고, α_s 는 고정 내접기어의 압력각이다.

[0037]

한편, 유성기어(120)는 고정 내접기어(130)의 모듈 m_s 및 압력각 α_s 과 동일한 모듈 m_s 및 압력각 α_s 을 갖는다. 그런데, 유성기어(120)는 회전 내접기어(140)와 관계에서 모듈이 m_o 이고, 압력각이 α_o 이며, 전위계수가 x_p 인 것으로 해석될 수 있다. 이에 대해서는 하기 수학식 4의 유도 과정과 함께 후술하기로 한다.

[0038]

이와 같이, 유성기어(120)의 모듈과 압력각 및 전위계수가 각각 m_o 와 α_o 및 x_p 인 조건에서, 유성기어(120)의 전위계수 x_p 는 하기 수학식 4에 의해 구해질 수 있다.

[0039]

수학식 4

$$x_p = \frac{Z_p}{2 \tan(\alpha_o)} (inv \alpha_s - inv \alpha_o)$$

[0040]

여기서, $inv \alpha_s = \tan \alpha_s - \alpha_s$ 이고, $inv \alpha_o = \tan \alpha_o - \alpha_o$ 이다.

[0041]

그리고, 회전 내접기어(140)의 전위계수는 회전 내접기어와 유성기어의 물림 압력각이 회전 내접기어의 압력각과 동일한 조건에서, 회전 내접기어의 모듈 및 압력각과, 유성기어의 전위계수와, 미리 설정된 법선방향 백래시(normal direction backlash)가 하기 수학식 5에 대입되어 구해질 수 있다. 하기 수학식 5의 유도 과정에 대해서는 후술하기로 한다.

[0042]

수학식 5

$$x_o = - \frac{f_n}{2 m_o \sin \alpha_o} - x_p$$

[0043]

여기서, x_o 는 회전 내접기어의 전위계수이고, f_n 은 법선방향 백래시이다.

[0044]

예컨대, 법선방향 백래시가 없게 설정된다면, 상기 수학식 5에 의해 회전 내접기어(140)의 전위계수 x_o 는 유성

[0045]

기어(120)의 전위계수 x_p 와 부호가 다른 절대값이 동일하게 설정될 수 있다. 일반적으로, 법선방향 백래시가 너무 작으면 기어 제작 치수 오차, 기어 축 중심 거리의 변동, 열팽창, 윤활유의 유막 두께 변화, 기어 이빨 변형 등의 요인들에 민감해지며, 너무 크면 소음과 진동이 발생한다. 따라서, 회전 내접기어(140)의 전위계수 x_o 는 적정 수준의 법선방향 백래시가 반영되도록 설정될 수 있다.

[0046] 이하에서는, 상기 수학식 2 내지 5의 각 유도 과정과, 유성기어의 해석 근거에 대해 설명하기로 한다.

[0047] 상기 수학식 2 및 3의 유도 과정은 다음과 같다.

[0048] 회전 내접기어(140)의 모듈 m_o 과 압력각 α_o 을 정하기 위해서는 유성기어(120)의 중심축 위치에 대해 고려해 봐야 한다. 고정 내접기어(130)와 유성기어(120)의 피치원은 각각 점 O 와 점 C 를 중심축으로 하고, 반지름이 각각 R_f , $R_{p,s}$ 이며, 도 4에 도시된 바와 같이, 피치점 P 에서 서로 접한다. 따라서, 피치원들 간의 관계를 이용하여 고정 내접기어(130)의 중심축 O 와 유성기어(120)의 중심축 C 사이의 거리 \overline{OC} 를 구하면 하기 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$\overline{OC} = \overline{OP} - \overline{CP} = R_f - R_{p,s} = \frac{m_s(Z_f - Z_p)}{2}$$

[0049]

[0050] 회전 내접기어(140)와 유성기어(120)의 중심축 거리 관계를 이용하기 위해,

[0051] 유성기어(120)는 모듈이 m_o 이고, 압력각이 α_o 이며, 전위계수가 x_p 인 것으로 가정한다. 마찬가지로, 회전 내접기어(140)와 유성기어(120)의 피치원은 각각 점 O 와 점 C 를 중심축으로 하고, 반지름이 각각 R_o , $R_{p,o}$ 이며, 피치점 P' 에서 접한다. 이 관계를 통해 \overline{OC} 를 구하면 하기 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$\overline{OC} = \overline{OP'} - \overline{CP'} = R_o - R_{p,o} = \frac{m_o(Z_o - Z_p)}{2}$$

[0052]

[0053] 회전 내접기어(140)와 고정 내접기어(130)의 중심축은 동일 축상에 있으며, 단일 형상의 유성기어(120)가 회전 내접기어(140)와 고정 내접기어(130)에 동시에 치합되기 때문에 \overline{OC} 는 동일하다. 따라서, 하기 수학식 8이 유도된다.

수학식 8

$$\overline{OP} - \overline{CP} = \overline{OP'} - \overline{CP'}$$

[0054]

[0055] 상기 수학식 8의 관계를 이용하면 회전 내접기어(140)의 모듈 m_o 를 구하는 상기 수학식 2가 유도된다.

[0056] 그리고, 고정 내접기어(130)의 법선 피치 길이가 회전 내접기어(140)의 법선 피치 길이와 다르게 되면, 백래시가 증가하고, 동력전송시 충격에 의한 진동이 발생할 우려가 있다. 따라서, 고정 내접기어(130)의 법선 피치 길이는 회전 내접기어(140)의 법선 피치 길이와 동일하게 설정될 수 있다. 이 경우, 고정 내접기어(130)의 모듈

m_s 및 압력각 α_s 은 회전 내접기어(140)의 모듈 m_o 및 압력각 α_o 은 하기 수학식 9와 같은 관계를 갖는다. 상기 수학식 8 및 하기 수학식 9에 의하면, 회전 내접기어(140)의 압력각 α_o 을 구하는 상기 수학식 3이 유도된다.

수학식 9

$$\pi m_s \cos \alpha_s = \pi m_o \cos \alpha_o$$

[0057]

한편, 유성기어(120)는 회전 내접기어(140)와 관계에서 모듈이 m_o 이고, 압력각이 α_o 이며, 전위계수가 x_p 인 것으로 해석할 수 있는 근거를 설명하면 다음과 같다.

[0058]

원점 C 를 회전 중심으로 하고, 기초원(base circle)이 R_b 이며 압력각이 α 인 기어의 인벌류트(involute) 곡선은 도 5의 좌표 평면에 하기 수학식 10과 같이 정의된다.

[0059]

수학식 10

$$x(t) = R_b (\sin t - t \cos t)$$

[0060]

$$y(t) = R_b (\cos t + t \sin t)$$

[0061]

여기서, $t = \tau + \alpha = \tan \alpha$ 이며, $\alpha \geq 0$ 이다.

[0062]

기초원의 반지름이 R_b 인 인벌류트 곡선은 도 5와 같이, (O, R_b) 에서 시작하여 상기 수학식 10에 의한 곡선으로 이루어진다. 잇수가 Z_p 인 2개의 유성기어들(P_s, P_o)이 있다고 가정하면, P_s 와 P_o 의 기초원 반지름은 각각 $m_s Z_p \cos \alpha_s / 2$, $m_o Z_p \cos \alpha_o / 2$ 이다. 따라서, 상기 수학식 9에 의해서 P_s 와 P_o 의 기초원 반지름은 동일하다. 즉, 기초원이 동일한 P_s 와 P_o 는 동일한 인벌류트 곡선에 의해 치형을 형성한다.

[0063]

일반적으로, 기어 치형의 치폭은 기어의 모듈과 전위계수 및 압력각에 의해서 결정된다. 중심으로부터 임의의 R_t 거리의 원주 상에서 P_s 의 치폭은 T_s , P_o 의 치폭은 T_o 라 정의한다. m_s 와 α_s 는 이미 정해져 있으며, m_o 와 α_o 는 상기 수학식 9를 만족하도록 설정된다. 이때, T_s 와 T_o 가 동일하도록 P_o 는 x_p 만큼 전위된다.

[0064]

고정 내접기어와 치합되는 유성기어와 회전 내접기어와 치합되는 유성기어의 치형 곡선이 서로 동일하고 치폭이 동일하므로, 이높이(tooth height)만 조절하여 이끝원(addendum circle)과 이뿌리원(dedendum circle)의 지름을 동일하게 한다면, P_s 와 P_o 는 완전히 서로 동일한 형상의 유성기어가 될 수 있다.

[0065]

이를 통해서, 단일 형상의 유성기어는 이끝원과 이뿌리원의 직경이 서로 동일하지만 잇수가 서로 다른 고정 내접기어와 회전 내접기어를 동시에 치합해서 회전할 수 있다. 즉, 모듈이 m_s , 압력각이 α_s 인 유성기어 P_s 는 모듈이 m_o , 압력각이 α_o , 전위량이 x_p 인 유성기어 P_o 로 해석될 수 있다.

[0066]

한편, 상기 수학식 4의 유도 과정은 다음과 같다.

[0067]

어떤 인벌류트 기어의 피치원 반지름이 R , 피치 원주 상 치폭이 T , 압력각이 α 라 하면, 기어의 중심으로부

[0068]

터 반지름이 R_t 인 원주 상의 치폭 T_t 는 도 6 및 도 7에서 하기 수학식 11과 같이 구해질 수 있다.

수학식 11

$$T_t = 2R_t \left(\frac{T}{2R} + \text{inv} \alpha - \text{inv} \alpha_t \right)$$

이때, 기어의 기초원 반지름을 R_b 라고 하면, α_t 는 하기 수학식 12와 같이 구해진다.

수학식 12

$$\alpha_t = \arccos \left(\frac{R_b}{R_t} \right)$$

기초원의 크기가 R_b 로 동일한 유성기어 P_s 와 P_o 의 중심으로부터 반지름이 임의의 값 R_t 인 원주 상의 치폭을 각각 T_s , T_o 라고 정의한다. 상기 수학식 11의 형태로 T_s 와 T_o 를 표현하면, 하기 수학식 13 및 14와 같다.

수학식 13

$$T_s = 2R_t \left(\frac{T_{s,p}}{2R_{s,p}} + \text{inv} \alpha_s - \text{inv} \alpha_t \right)$$

수학식 14

$$T_o = 2R_t \left(\frac{T_{o,p}}{2R_{o,p}} + \text{inv} \alpha_o - \text{inv} \alpha_t \right)$$

이때, $R_{s,p}$ 는 유성기어 P_s 의 피치원 반지름, $T_{s,p}$ 는 P_s 의 피치 원주상 치폭이며, $R_{o,p}$ 는 유성기어 P_o 의 피치원 반지름, $T_{o,p}$ 는 P_o 의 피치 원주상 치폭이다. 수학식 13에서 수학식 14를 빼면, 다음과 같이 중심으로 부터 반지름이 R_t 인 원주 상의 P_s 와 P_o 의 치폭 차이에 대한 수학식 15가 도출된다.

수학식 15

$$T_s - T_o = 2R_t \left(\frac{T_{s,p}}{2R_{s,p}} - \frac{T_{o,p}}{2R_{o,p}} + \text{inv} \alpha_s - \text{inv} \alpha_o \right)$$

상기 수학식 15를 살펴보면, 우변의 괄호 안 수식이 0이 될 때, R_t 에 상관없이 T_s 와 T_o 는 동일하다. 우변의 괄호 안 수식이 0이 되는 조건은 하기 수학식 16으로 나타낼 수 있다.

수학식 16

$$\frac{T_{s,p}}{2R_{s,p}} - \frac{T_{s,o}}{2R_{s,o}} + inv\alpha_s - inv\alpha_o = 0$$

[0078]

[0079] 즉, 수학식 16의 조건이 충족될 경우, R_t 가 정의되는 모든 구간에서 유성기어 P_s 와 P_o 의 치형 및 치폭이 일치하게 된다. 유성기어 P_s 에서 $R_{s,p}$ 와 $T_{s,p}$, 유성기어 P_o 에서 $R_{o,p}$ 와 $T_{o,p}$ 는 하기 수학식 17과 같다. 상기 수학식 16에 하기 수학식 17이 대입되면, 전위량 x_p 를 구하는 상기 수학식 4가 유도된다.

수학식 17

$$R_{s,p} = \frac{m_s Z_p}{2}, T_{s,p} = \frac{\pi}{2} m_s$$

[0080]

$$R_{o,p} = \frac{m_o Z_p}{2}, T_{o,p} = \left(\frac{\pi}{2} + 2x_p \tan\alpha_o \right) m_o$$

[0081]

[0082] 한편, 상기 수학식 5의 유도 과정은 다음과 같다.

[0083] 일반적으로, 전위계수가 각각 x_o , x_p 이고 모듈이 m_o , 공구 압력각 α_o 인 전위 기어쌍의 법선방향 백래시 (f_n)는 하기 수학식 18과 같이 정의된다. 하기 수학식 18에서, 회전 내접기어와 유성기어의 물림 압력각 α_w 이 회전 내접기어의 압력각 α_o 과 동일하게 설정되면, 회전 내접기어의 전위계수 x_o 를 구하는 상기 수학식 5가 유도된다.

수학식 18

$$f_n = \left\{ inv(\alpha_w) - 2 \frac{x_p + x_o}{Z_p + Z_o} \tan\alpha_o - inv(\alpha_o) \right\} m_o (Z_p + Z_o) \cos\alpha_o$$

[0084]

[0085] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다. 도 9는 도 8에 대한 사시도이다.

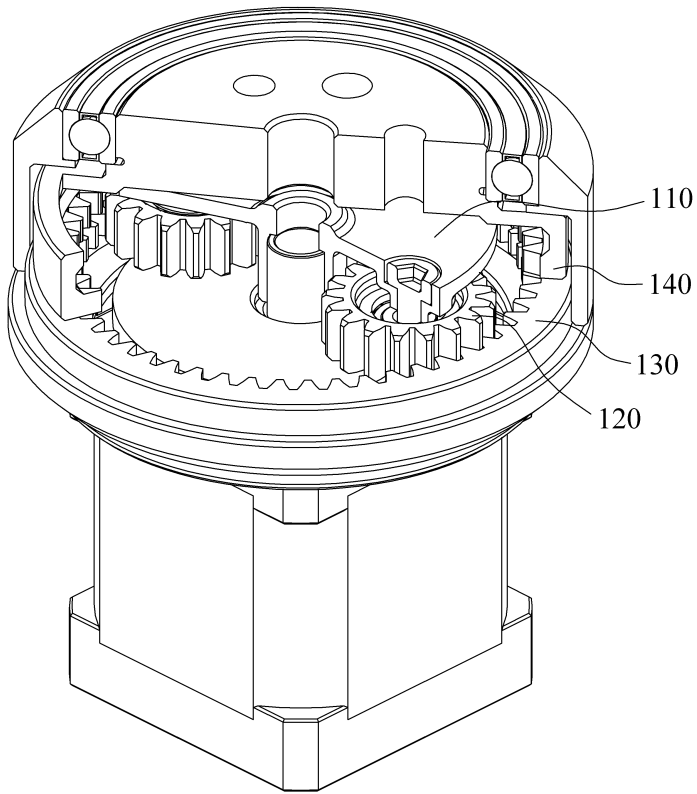
[0086] 도 8 및 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기(200)에서, 유성기어(220)와 고정 내접기어(230) 및 회전 내접기어(240)는 각각 베벨기어로 이루어질 수 있다.

[0087] 유성기어(220)의 회전축은 캐리어(210)의 입력축(10)에 대해 수직으로 배치된다. 고정 내접기어(230)와 회전 내접기어(240)는 캐리어(210)와 동축으로 배치된다. 고정 내접기어(230)와 회전 내접기어(240)는 동심원을 이루게 배열된 상태로 유성기어(220)와 동시에 치합되는 형태로 이루어진다. 여기서, 회전 내접기어(240)의 치형은 진술한 실시예의 방식과 동일한 방식으로 고정 내접기어(230)와 동시에 유성기어(220)에 치합되기 위한 치형으로 교정될 수 있다.

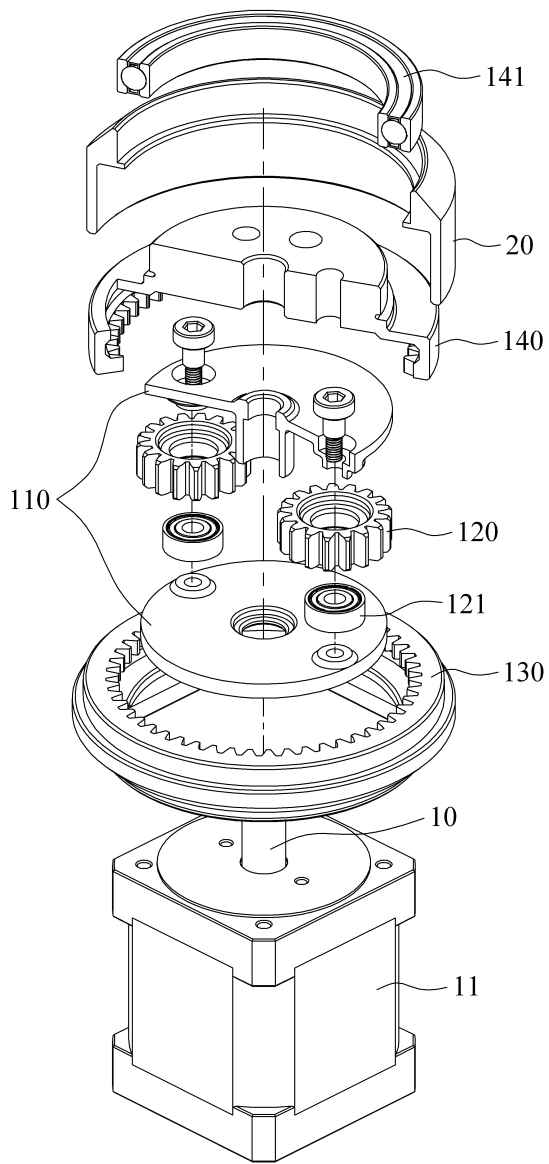
[0088] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기에 대한 단면도이다. 도 11은 도 10에 대한 사시도이다.

[0089] 도 10 및 도 11을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 고비율 차동형 감속기(300)에서도, 유성기어(320)와 고정 내접기어(330) 및 회전 내접기어(340)는 각각 베벨기어로 이루어진다. 다만, 유성기어(320)의 회전축은 캐

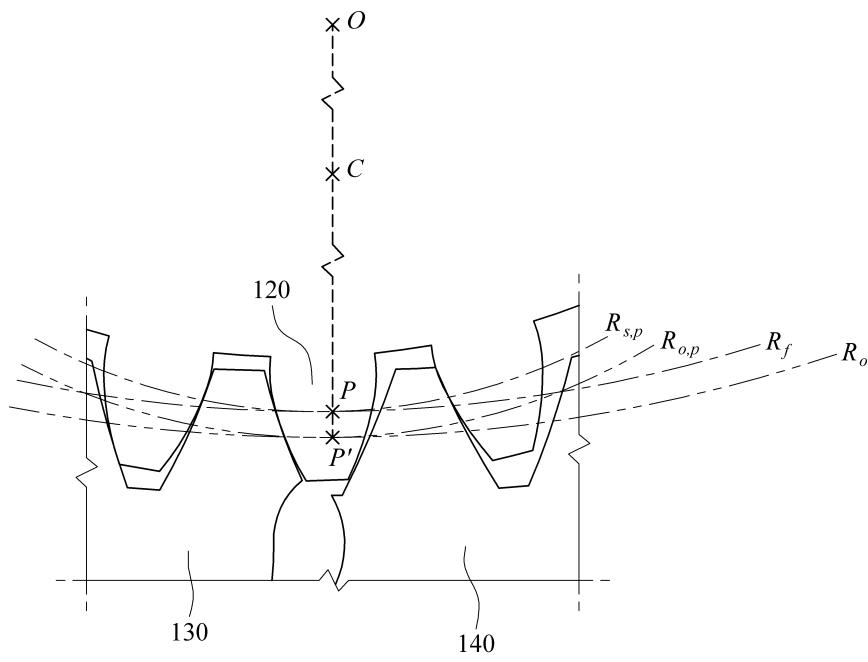
도면2



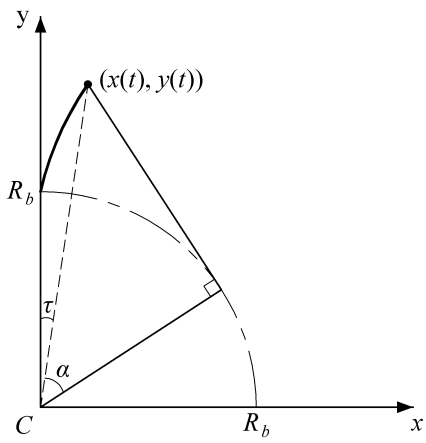
도면3



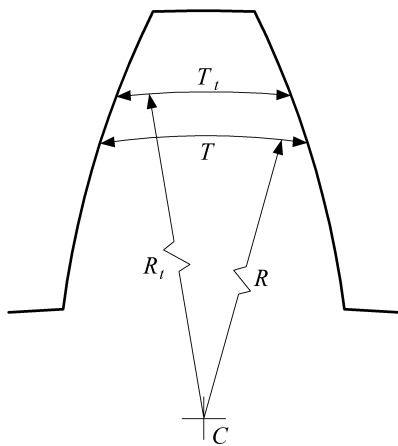
도면4



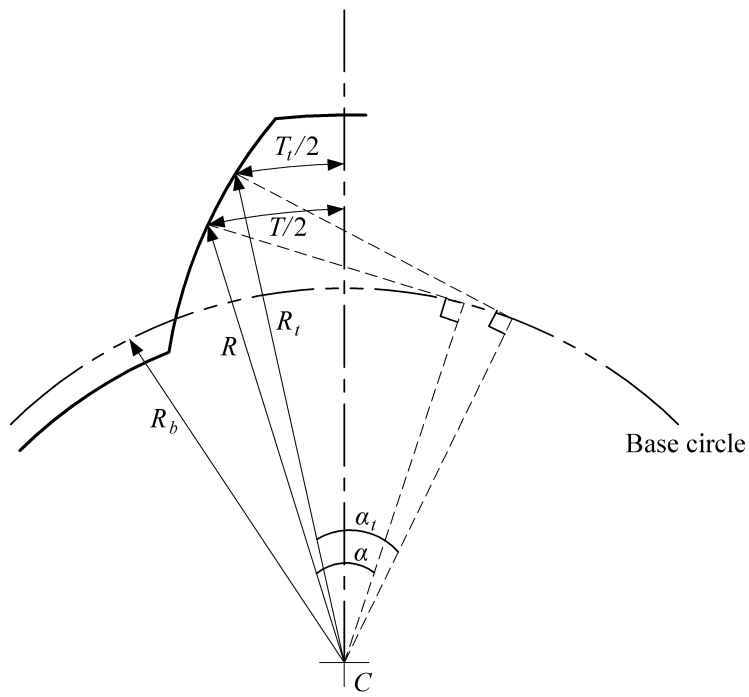
도면5



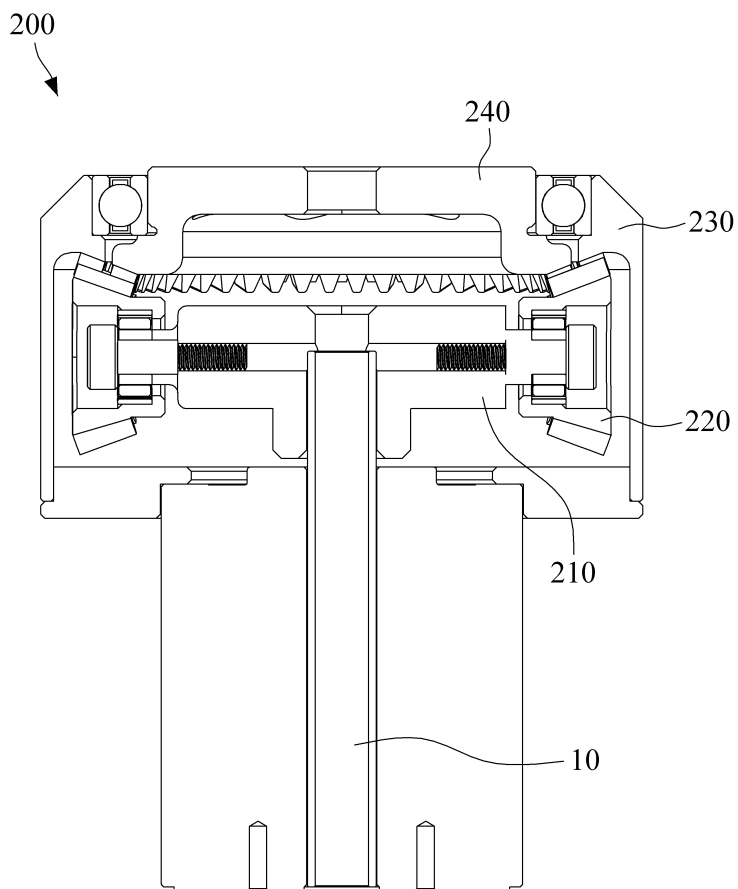
도면6



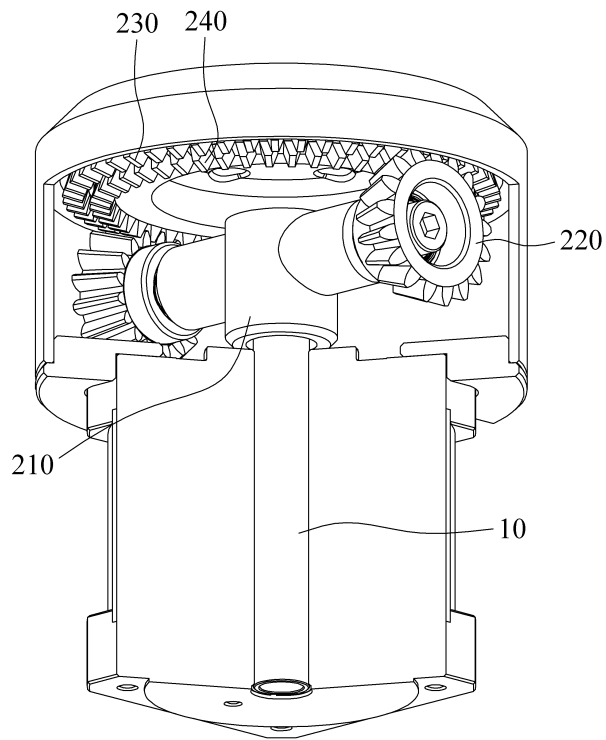
도면7



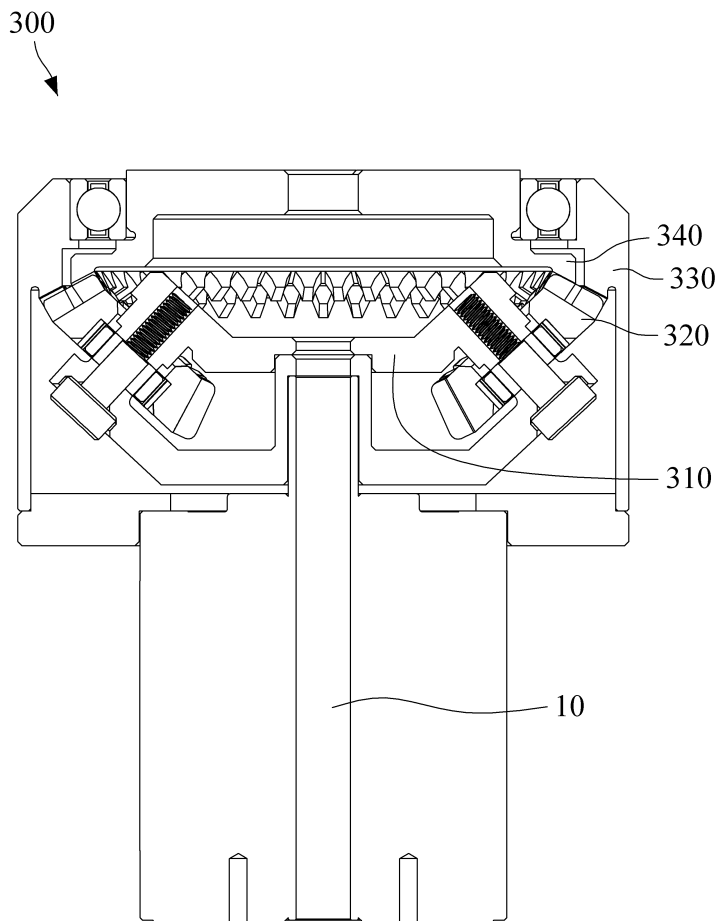
도면8



도면9



도면10



도면11

