

# 유성기어를 이용한 소형 풍력발전기용 증속기 개발에 관한 연구

## Study on the Development of Small Wind-Turbine Gearbox using Planetary Gear

\*김창현<sup>1</sup>, 남형철<sup>1</sup>, 안성은<sup>1</sup>, 신중호<sup>2</sup>, 권순만<sup>2</sup>

\*C. H. Kim<sup>1</sup>, H. C. Nam<sup>1</sup>, S. E. An<sup>1</sup>, J. H. Shin<sup>2</sup>, S. M. Kwon(smkwon@changwon.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>창원대학교 기계설계공학과 대학원, <sup>2</sup>창원대학교 기계설계공학과

Key words : Small Wind-Turbine Gearbox, Planetary Gear, Speed Increaser

### 1. 서론

현대사회 기술수준의 비약적인 발전으로 과거 시도조차 힘들었던 기술들이 재차 주목받으며 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 이중 풍력발전기 산업도 과거 경제적인 측면에서 많이 소외되어 있었지만 현재 기술적인 발전에 힘입어 연구가 활발히 진행되고 있고, 대형 풍력발전기의 경우 규모나 기술수준에서 비약적으로 발전한 것이 사실이다. 하지만 그에 반해 소형 풍력발전기의 경우, 아직도 국내에서는 설비심사 기준 자체도 마련되지 못했고, 우리나라 지형적 특성을 고려해볼 때 소형 풍력발전기의 유리함을 알면서도 기술수준이 선진국에 비해 턱없이 모자라는 실정이다. 대형 풍력발전기 뿐만 아니라 소형 풍력발전기에서도 핵심기술이라고 할 수 있는 기어박스 즉, 증속기는 블레이드의 저속 고토크의 회전력을 증속시켜 발전기로 전달하는 기능을 하는데, 일반적으로 증속기는 유성기어열을 주로 활용하고 있다. 유성기어 증속기<sup>1,2</sup>의 경우 제안된 공간 내에서 증속비의 효율이 탁월하고 구성에 따라 다양한 증속비를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

이에 본 논문에서는 소형 풍력발전기용 증속기로 3K형 유성기어열을 채택하고, 이를 체계적으로 설계하는 방법을 간략히 소개하고자 한다.

### 2. 소형풍력발전

풍력발전기는 바람에너지를 전기에너지로 변환하는 장치로서 현재 대형 풍력발전기의 기술은 상당 수준까지 이미 도달했음을 알고 있다. 하지만 이러한 대규모 집적 시설로서의 발전소 건설도 중요하지만 친환경 청정에너지를 활용한 소규모

발전의 보급도 간과할 수 없는 중요한 문제이다.

독일의 물리학자 Albert Betz는 이상적인 풍력 터빈은 바람의 속도를 원래 속도의 2/3으로 감소시키고 바람이 가지고 있는 운동에너지의 16/27 만을 기계적 에너지로 바꿀 수 있다고 했다. 따라서 에너지 변환효율(Power Coefficient)  $(C_p)_{max}$ 는 대략 0.59 정도임을 알 수 있다. 하지만 이는 언제나 이론적인 최대 값이고, 실제 블레이드의 경우 0.3~0.35수준에서 머무르고 있다.

풍력발전기 설치지역 풍황자원 조사를 통한 정격풍속( $V_r$ )과 출력 발전량( $P_a$ )을 결정하면 다음 식에 의해 익형의 반지름을 결정할 수 있다.

$$R = \sqrt{\frac{2P_a}{C_p \eta \rho \pi V_r^3}} \quad (1)$$

이렇게 결정된 익형의 반지름, 정격풍속 및 추정 주속비(Tip Speed Ratio)에 의해 아래의 식과 같이 증속기 입력 각속도를 산출해 낼 수 있고, 이에 의해 증속비를 결정할 수 있다.

$$\omega = \frac{\lambda V_r}{R} \quad (2)$$

여기서 주속비  $\lambda$ 는 풍력발전기가 수평축인 경우 5~8정도의 값을 가지고 수직축인 경우 0.4~0.6의 값을 가진다.

### 3. 3K형 유성기어 증속기

일체형 2단 유성기어의 차동특성을 고려한 본 연구의 3K형 유성기어 증속기의 구현 개략도는 Fig. 1과 같다. 즉 차동 링기어를 통해 전달된 입력 동력은 출력축과 연결된 선기어로 증속되어 발전

기 입력 축으로 전달된다.

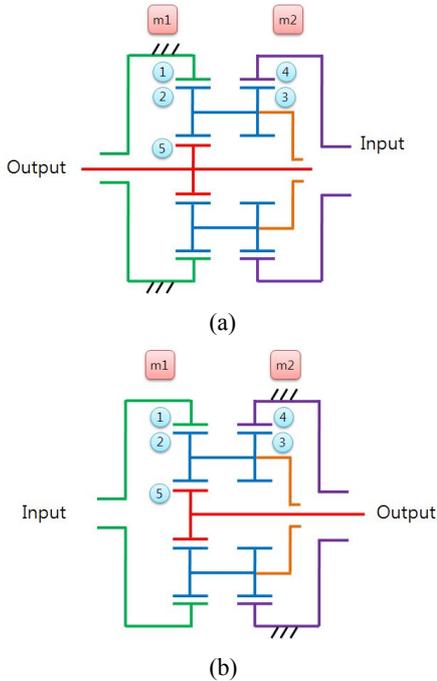


Fig. 1 3K Type DPGT

또 Fig. 1 (a)의 증속비  $R_a$ 와 Fig. 1 (b)의 증속비  $R_b$  사이의 관계는 다음과 같다.

$$R_a + R_b = 1 \quad (3)$$

증속비가 결정되면 이를 구현할 유성기어열의 잇수 선정절차는 Fig 1 (a)의 경우 다음과 같이 기술할 수 있다. 먼저 출력부와 입력부 각각의 기어 모듈  $m_1, m_2$ 를 선택한 후, 출력축의 링기어 잇수  $Z_1$ 과 유성기어 잇수에 해당하는  $Z_2$ 를 다음의 조건을 만족하도록 선정한다.

$$(Z_1 - Z_2)/m_2 = int. \quad (4)$$

이렇게 선정된  $Z_1$ 과  $Z_2$ 에 의해 출력부의 선기어의 잇수에 해당하는  $Z_5$ 는 자동결정 되며, 입력부 링기어의 잇수에 해당하는  $Z_4$ 는 증속기 전체적인 크기와 증속비를 고려하여 선정한다. 또 입력부 유성기어의 잇수  $Z_3$ 는 캐리어 암 직경을 고려한 다음의 식으로 부터 구할 수 있다.

$$(Z_1 - Z_2)m_1 = (Z_4 - Z_3)m_2 \quad (5)$$

이상의 절차에 의해 고려된 각 기어의 잇수와 모듈 그리고 증속비에 대한 사항을 #P=3인 경우에 대해 Table 1에 정리했고, 이에 의해 설계한 Case 4의 형상을 Fig. 2에 도시하였다.

Table 1 Gear ratio for various cases

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
$Z_1$	90	90	90	90	90
$Z_2$	30	30	30	30	30
$Z_3$	10	16	25	28	34
$Z_4$	90	96	105	108	114
$Z_5$	30	30	30	30	30
$m_1$	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
$m_2$	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
$R_a$	6	8	14	18	38
$R_b$	-5	-7	-13	-17	-37

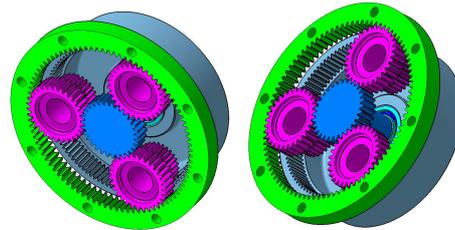


Fig. 2 Configuration of 3K Type DPGT

#### 4. 결론

본 연구에서는 소형 풍력발전기의 증속기로서 3K형 유성기어 증속기를 제안하였고, 이를 체계적으로 설계하는 절차를 제시하였다. 이를 통해 콤팩트하면서 고효율의 증속기 개발에 일조할 수 있으리라 판단한다.

#### 후기

본 논문은 지역산업기술개발사업의 지원으로 작성되었습니다.

#### 참고문헌

- 박세환, 신중호, 윤호엽, 김대원 "유성기어열의 기구학적 특성분석에 관한 연구," 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp.643-646, 2001.
- 신중호, 권순만, 황정건, 광희성, 고우식 "유성기어 감속기의 기구형태 설계에 관한 연구," 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp.1728-1732, 2005.