

파력발전기용 증속 기구의 구조 설계에 관한 연구

황정건*(창원대학교대학원 기계설계공학과), 김봉주(창원대학교대학원 기계설계공학과),
신중호†(창원대학교 기계설계공학과), 권순만(창원대학교 기계설계공학과)

A study on Structure Design of Speed increaser Mechanism for Wave-Force Generator

J. G. Hwang(Mech. Design Eng. Dept. , CWNU), B. J. Kim(Mech. Design Eng. Dept. , CWNU),
J. H. Shin(Mech. Design Eng. Dept. , CWNU), S. M. Kwon(Mech. Design Eng. Dept. , CWNU)

ABSTRACT

With increasingly wide needs for a new energy source, many operation types of a wave-forced generation have been studied. To obtain an economically available energy, it is imperative that the speed of the input wave should be increased by a proper mechanism. In this study, we propose a new speed-increaser mechanism for the wave-force generation using a well-known Stephenson mechanism. In this paper, we have analysed kinematically the proposed speed-increasing mechanism. then a computer program based on the C++ language is developed to prove the validity of our mechanism and to simulate a wave-forced generation.

Key Words : Wave-Force Generation (파력발전), Speed Increaser Mechanism (증속기구), Stephenson Mechanism (스테판슨형 기구), Structure Design (구조설계)

1. 서론

파력발전에 관한 연구는 약 100년 전부터 시작되어 1973년 1차 석유파동 이후부터 전세계에 관심을 불러 모았다. 현재에도 미국, 일본, 영국, 노르웨이 등 여러 나라에서 파력발전에 관한 많은 연구를 수행하였으며 현재 약 50여종의 파력 발전 장치가 고안되었다. 우리나라의 경우 연안의 파력에너지는 약 500만Kw 정도로 추산되나 단 한 건의 시험발전 연구도 아직 이루어지지 못한 실정이다.

파력발전은 파랑의 운동에너지를 1차 변환하는 방식에 따라 분류 될 수 있다. 수면에 떠있는 부체가

파랑의 운동에 의하여 상하 또는 회전운동을 하도록 하여 발전기를 회전시키는 가동물체형 방식과, 파랑의 작용에 의하여 공기실 내의 수위가 변동함에 따라 공기실 내의 공기가 압축, 팽창될 때 노즐을 통하여 발생하는 공기흐름으로 터빈을 돌려 발전하는 진동수주방식이 있다.

현재 이들 파력발전의 가동형태에 대한 많은 연구가 이루어지고 있지만 그 가동원리의 기구학적 해석을 통한 효율성 증대에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 가동 물체형 방식은 파랑의 상하 운동을 회전 운동으로 바꾸는 장치가 필요 하며 이는 기구학적 이론에 바탕을 둔 형태가 되어야 한다. 가동 물체형 방식에서 회전 운동은 발생하는 에너지의 양에 직접적인 영향을 미치는 요소이다. 직선 운동을 회전 운동으로 바꾸는 장치는 기구학적 운동 특성이

† Tel 055-279-7571 Fax 055-263-5221
Email joongho@sarim.changwon.ac.kr

고려된 링크장치로 구성될 수 있다. 그러나, 실제 파랑의 운동은 일정하지 않으며 이를 회전운동으로 전환하는 장치 설계는 많은 어려움이 따른다.

본 연구에서는 기구학적 이론을 바탕으로 왕복 운동으로 발생되어지는 회전운동이 입력운동에서 출력운동으로 증속시키는 기구를 설계한다. 설계되어진 장치는 컴퓨터 원용 기구해석 프로그램을 통해 그 효율성을 검증하고자 한다.

2. 이론

2.1 Stephenson Mechanism

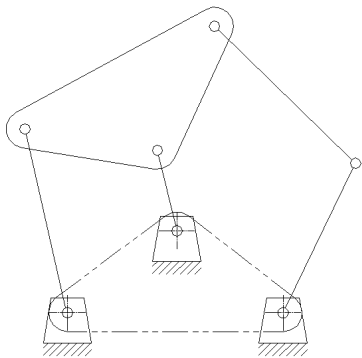


Fig. 1 Stephenson's sixbar inversion III

링크장치 동소체는 링크에 많은 절점이 있어 다른 링크의 절점과 연결할 수 있다. 따라서 링크장치를 어떻게 결합하느냐에 따라서 결합체는 다른 성격의 운동을 한다. 본 논문에서는 6개의 링크로 이루어진 1자유도의 한 형태인 Stephenson chain 을 전이 (inversion)한 Stephenson's sixbar inversion III의 형태를 기본형상으로 하여 증속을 얻어내는 기구를 설계한다.

2.2 기구설계

기구는 Fig 2와 같이 몸통(body) 부분과 핀(fin) 부분으로 나누어지며 핀 부분에 입력 링크가 구성되어지며 몸통 부분에서 출력링크가 구성되어진다. 입력부는 파랑의 상하 운동을 받아들여 출력부 쪽으로 전달하게 되며 이때 출력부에서 입력부에 비해 많은 각 변위를 가지게 된다. 출력부에는 발전기가 설치되며 각 변위를 회전운동으로 바꾸기 위한 랙(rack)과 피니언(pinion)이 설치되어지게 된다.

설계되어진 기구는 두 부분으로 구성되어져 상호 운동에 의해 보다 많은 운동범위를 가지게 되도록

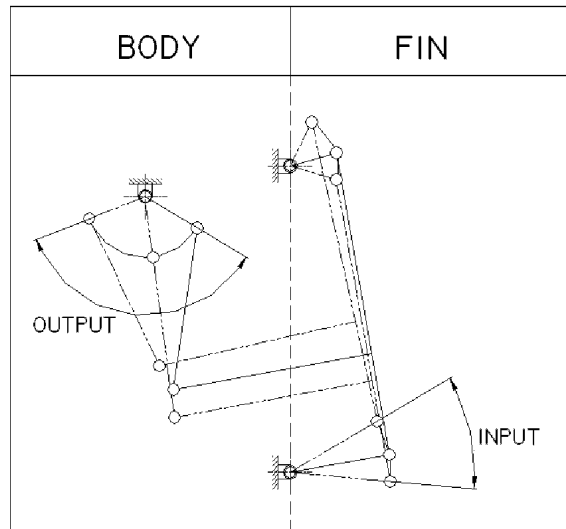


Fig. 2 Schematic of Composition of linkage for wave force generation

설계되어졌다. 이는 기존의 고정식 파력 발전기에 비해 많은 변위와 증속도를 얻음으로써 효율성이 향상된다.

2.3 Close-Loop 해법을 이용 위치해석

기구의 위치를 Close-Loop를 이용하여 해석하여 정위한다. 즉, 입력되는 θ_2 에 대해 링크의 각변위 θ_3 는 다음과 같다.

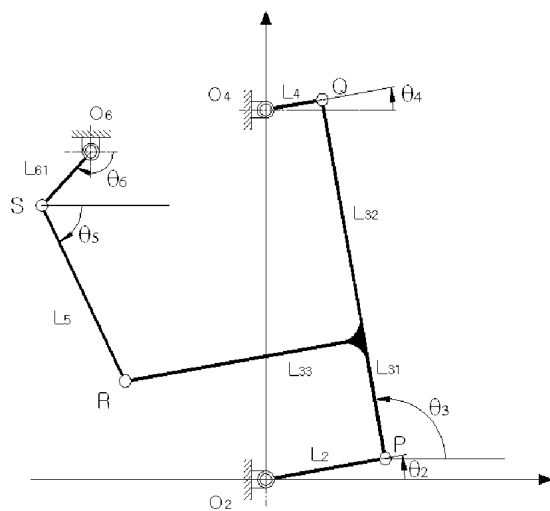


Fig. 3 Linkage Geometry

$$\theta_3 = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{-B \pm \sqrt{A^2 + B^2 - C^2}}{C - A} \right) \quad (2.1)$$

여기서,

$$A = 2 \cdot L_{32} \cdot (L_2 \cdot \cos \theta_2 - L_1 \cdot \cos \theta_1)$$

$$B = 2 \cdot L_{32} \cdot (L_2 \cdot \sin \theta_2 - L_1 \cdot \sin \theta_1)$$

$$C = (L_2 \cdot \cos \theta_2 - L_1 \cdot \cos \theta_1)^2 + (L_2 \cdot \sin \theta_2 - L_1 \cdot \sin \theta_1)^2 + L_{32}^2 - L_4^2$$

링크3의 끝점인 R의 위치를 나타내면

$$R_x = L_2 \cdot \cos \theta_2 + L_{31} \cdot \cos \theta_3 + L_{33} \cos(\theta_3 + 90^\circ) \quad (2.2)$$

$$R_y = L_2 \cdot \sin \theta_2 + L_{31} \cdot \sin \theta_3 + L_{33} \sin(\theta_3 + 90^\circ) \quad (2.3)$$

링크5의 각변위 θ_5 를 구하면

$$\theta_5 = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{-E \pm \sqrt{D^2 + E^2 - F^2}}{E - D} \right) \quad (2.4)$$

여기서,

$$D = 2 \cdot L_5 (X_6 - R_x)$$

$$E = 2 \cdot L_5 (Y_6 - R_y)$$

$$F = (X_6 - R_x)^2 + (Y_6 - R_y)^2 + L_5^2 - L_{61}^2$$

끝으로, 링크6의 각변위 θ_6 를 구하면

$$\theta_6 = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{-BB \pm \sqrt{AA^2 + BB^2 - CC^2}}{CC - AA} \right) \quad (2.5)$$

여기서,

$$AA = 2 \cdot L_{61} \cdot (X_6 - R_x)$$

$$BB = 2 \cdot L_{61} \cdot (Y_6 - R_y)$$

$$CC = (X_6 - R_x)^2 + (Y_6 - R_y)^2 + L_{61}^2 - L_5^2$$

3. 프로그램 개발

기구학적 지식을 통하여 기구의 형태를 설계 했다고 하더라도 최적이지 않거나 가능성이 전혀 없는 경우가 있을 수 있다. 따라서 우리는 원하는 형상과 운동을 얻어내기 위하여 설계되어진 기구를 모델링하여 운동을 분석할 필요가 있다. 다음은 전산원용 기구해석 프로그램으로 각 링크의 길이와 파랑의 운동변위를 변화시키면서 그에 따른 기구의 운동을 관찰하는 프로그램이다.

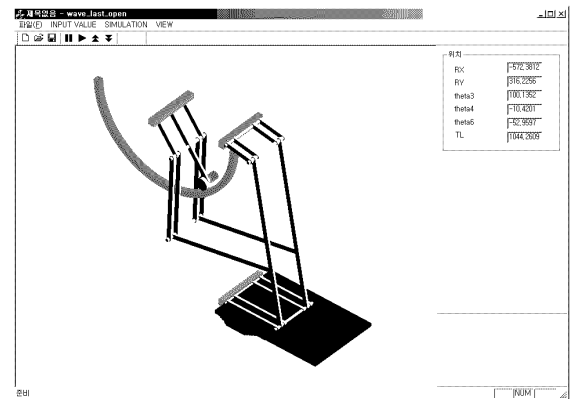


Fig. 4 Screen of Simulation program for wave-force generation mechanism

이 프로그램은 링크의 운동을 simulation을 통해 살펴보고 각 링크의 길이와 파력의 변위를 변화시키면서 입력을 할 수 있으며 그래의 결과를 뽑아 운동 특성을 파악할 수 있는 프로그램이다.

4. 결과

Fig. 5와 Fig. 6은 파랑의 운동에 따라 발생하는 핀의 각 변위에 대해 그래 발생되어진 출력단의 각을 나타낸 것이다. 여기서 입력의 미소 변위를 통해 얻어진 결과는 충분히 그 변위 증가를 나타내고 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 입력각이 $-5^\circ < \theta_2 < 30^\circ$ 로 주어질 때 출력측 각변위 $-81.82^\circ < \theta_6 < -9^\circ$ 를 나타내고 있다. Fig. 6은 입력각 $-5^\circ < \theta_2 < 5^\circ$ 로 주어질 때 출력측 각변위 $-81.82^\circ < \theta_6 < -40.56^\circ$ 의 값을 나타내고 있다. 여기서 같은 시간에 대한 입력각과 출력각의 변화는 각속도로 고려되어 질 수 있으며 그래프를 통해서 보게 되면 입력각이 5° 전후일때 출력단의 각 변화량이 크다는 것을 알 수 있다. Fig. 6에서 이 사실을 확인할 수 있는데 Fig. 5에 비해 작은 변화량을 입력으로 가지지만 출력의 변화는 오히려 상대적으로

크다. Fig. 5의 경우는 입력각 변위(35°)에 대해 출력 각변위 (72.82°)가 발생되며 약208%의 출력변위 증가가 있고, Fig. 6의 경우는 입력각 변위(10°)에 대해 출력 각변위 (41.26°)가 발생되며 약412%의 출력변위 증가가 있다. 이것은 설계되어진 기구가 미소 각변위로 표시될 수 있는 작은 파랑의 변화에서도 충분한 발전을 가능하게끔 설계되어 졌다는 것을 나타내고 있다.

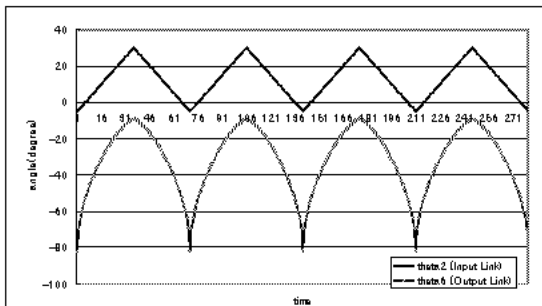


Fig. 5 Output data (Input $-5 < \theta_2 < 30$)

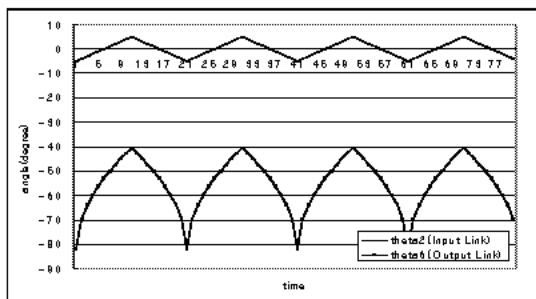


Fig. 6 Output data (Input $-5 < \theta_2 < 5$)

5. 결론

본 논문에서는 스테판슨형 기구를 이용하여 기존에 제시된 형태가 아닌 새로운 형태의 파력발전 기구를 설계하였다. 이는 기구학적 이론을 바탕으로 설계되어 졌으며 운동해석을 위해 전산원용 해석 프로그램을 개발하였다. 프로그램을 통하여 설계되어진 기구의 운동 적합성을 살펴보았다. 다양한 입력을 통해 출력 특성을 살펴봄으로써 설계최적화를 추구하고자 하였다. 앞으로 기구의 동력학적 운동특성과 진동 등을 고려한 설계를 위한 연구가 뒤따라야 할 것이다.

6. 후기

이 논문은 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성 사업의 지원사업을 받아 이루어 졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. R. L. Norton, "Design of Machinery", McGraw-Hill, 1999
2. 윤호엽, "컴포넌트 모듈을 이용한 기구형태 설계 방법과 유전자 알고리즘을 이용한 기구치수 설계법에 의한 기구설계 자동화에 관한 연구", ph.D. 논문, 창원대학교, 2003.
3. G. N. Sandor, and A. G. Erdman, "Advanced Mechanism Design . Analysis and Synthesis. ", Prentice-Hall, 1984.
4. N. Sclater and N. P. Chironis, "Mechanism & Mechanical Device ", MacGraw-Hill, 2001
5. 김성근, "파력발전시스템에 관한 기초 연구", 한국해양공학회지부산, 한국해양공학회(4(1)),pp. 43-48, 1990.
6. 茅野秀則, "(특집) 자연 에너지 활용의 현황과 기술 동향 : (9) 파력 발전의 현황과 전망", 電氣設備學會誌 (24(5)), pp.357-359, 2004.