

2K-H형 차동기어장치와 V-belt를 결합한 무단변속기의 성능에 관한 연구

박재민(건국대 대학원), 김연수(건국대 대학원), 최상훈(건국대 공대)

A Study on the Performance of Continuously Variable Transmission composed of V-belt Drive and 2K-H type Differential Gear Unit

J. M. Bak(Mech. Eng. Dept., KGU), Y. S. Kim(Mech. Eng. Dept., KGU), S. H. Choi(Mech. Eng. Dept., KGU)

ABSTRACT

Continuously variable transmission(CVT) mechanisms are proposed, which can offer a backward mode, a geared neutral, an underdrive mode and an overdriver mode. They are not required of a starting device as a torque converter. CVT mechanisms developed here present two distinct operating modes which are a power circulation mode and a power split mode. The transition of two modes takes place at the particular CVU speed ratio. For these CVT mechanisms, performance analysis related to speed ratio, power ratio and theoretical efficiency are executed.

Key Words : continuously variable transmission (무단변속기), differential gear unit (차동기어장치), power circulation (동력순환), power split (동력분류), gear neutral (중립)

1. 서론

차량속도와 엔진속도의 독립제어와 연속적인 속도비 변화를 통해 동력성능과 연비성능을 동시에 만족시킬 수 있는 무단변속기는 여러 종류의 기구가 개발되어 사용되고 있으나, 대부분이 자체적인 중립(geared neutral)을 구현할 수 없을 뿐만 아니라 동력 전달 효율과 수명 측면에서 기존의 기어변속기보다 불리한 단점을 가지고 있다^(1,2). 이를 극복하기 위해 기존의 무단변속기구에 차동기어장치를 결합시켜 소형 및 경량화 설계를 가능하게 하였고 동력전달 효율의 증대 및 변속범위의 확대, 그리고 중립의 생성과 출발장치를 요구하지 않는 등 많은 장점을 갖는 무단변속기를 개발하고 있다⁽³⁻⁷⁾. 특히 구조가 단순하고 설계 및 제작이 용이한 V-벨트식 무단변속기구에 2K-H형 II형식 차동기어장치를 결합시켜 입력축 연결방식과 출력축 연결방식에 대한 동력순환형과 동력분류형 구성들을 제안하였고 효율, 동력흐름 및 분담율, 속도비의 이론식을 유도하고 실험을 통해 타당성을 검증하였다^(8,9).

본 연구에서는 V-벨트식 무단변속기과 2K-H형

II형식 차동기어장치를 각각 입력축 연결방식과 출력축 연결방식으로 결합시킨 기본구성을 제안하였으며 체인 등의 별도의 기구 없이 후진, 중립, 전진 등을 모두 구현할 수 있는 복합형 무단변속기를 제안하였다.

2. 주요 구성요소 및 관련이론

2.1 V-벨트식 무단변속기구

구동축과 종동축 가변폴리의 회전반경을 동시에 변화시킴으로써 연속적으로 속도비를 변화시킬 수 있는 V-벨트식 무단변속기구의 활용이 증대되고 있다.

2.2 2K-H형 II형식 차동기어장치

2K-H형 II형식 차동기어장치는 태양기어 s, 링기어(ring gear) r, 캐리어 c를 동심축으로 하여 유성기어 p1, p2로 구성된다.

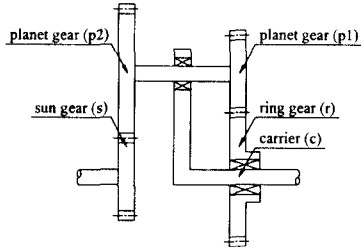


Fig.1 2K-H II type differential gear unit

2.3 구성방식 및 동력흐름

무단변속기구에 차동기어장치를 결합시키는 방식으로는 Fig.2과 같이 입력축 연결방식(input coupled type)과 출력축 연결방식(output coupled type)으로 분류되며, 동력흐름은 Fig.3와 같이 동력순환형(power circulation)과 동력분류형(power split)으로 분류되며, 무단변속기의 성능 및 동력흐름에 있어서 상이한 특성을 갖게된다^(11,12).

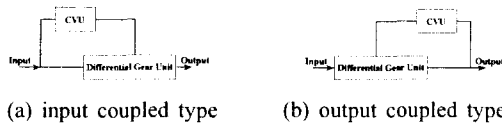


Fig.2 Two basic configurations of CVT

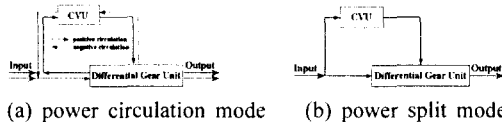
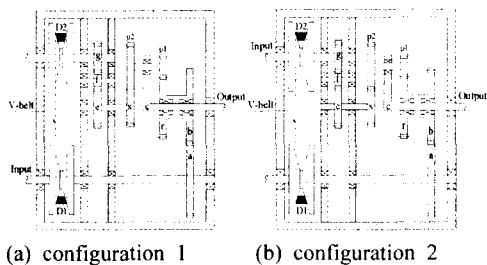


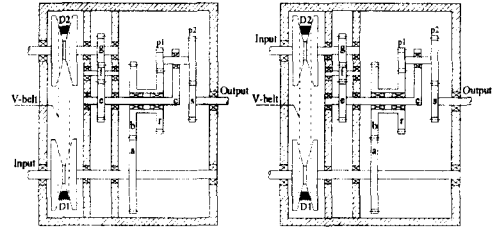
Fig.3 Two power flow modes of CVT

3. 기본구성의 구조 및 이론

2K-H형 II형식 차동기어장치는 태양기어, 링기어, 캐리어 등의 기본축을 서로 연결하여 6가지의 구성이 가능하지만 태양기어와 링기어의 잇수조정으로 역할변환이 가능하므로 실제로는 4가지가 유효하다.



(a) configuration 1 (b) configuration 2



(c) configuration 3 (b) configuration 4
Fig.4 Input coupled type configurations composed of V-belt type CVU and differential gear unit

입력축 연결방식의 기본구성은 Fig.4와 같고 아이들리기에 f 의 유무에 따라 회전방향 및 동력흐름이 변하므로 기본구성은 8가지로 분류할 수 있다. 또한 출력축 연결방식은 입력축과 출력축이 서로 바뀐 형태로 각각의 특성은 아이들리기에 f 의 유무에 따라 변하게된다.

4. 복합형 무단변속기

4.1 복합형 무단변속기

V-벨트식 무단변속기과 2K-H형 II형식 차동기어장치를 결합시켜 Fig.5와 같이 후진, 중립, 언더 드라이브(under drive), 오버 드라이브(over drive)를 구현할 수 있고, 동력분담을 적게하고 높은 효율을 구현할 수 있다.

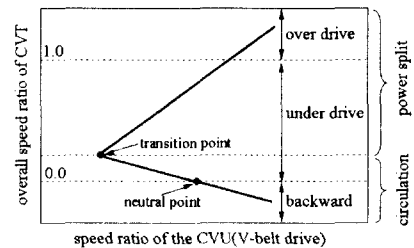


Fig.5 Power flow modes and speed ratio ranges for the compound CVT

4.2 설계요구조건

첫째 동력흐름의 변환점(transition point)을 기준으로 동력순환형과 동력분류형은 반대되는 속도비 및 기율기를 가져야 한다.

둘째 동력흐름의 변환점에서는 동력순환형과 동력분류형은 동일한 속도비를 가져야 하며, 본 논문에서는 변환점에서의 속도비를 0.5로 설정하였다.

셋째 동력순환형은 반드시 중립점을 포함하고, 동력분류형은 속도비 1.0 이상을 구현해야 한다.

넷째 변속기의 소형화 및 경량화를 위해 잇수비를 정하여야 한다.

이상의 입력축 연결방식의 4가지 동력순환형과 4가지 동력분류형에 대한 특성해석 결과를 이용하여 설계요구조건을 만족하는 복합형 무단변속기를 개발하였다. 이들 중 2가지의 복합형 무단변속기에 대해 기술하기로 한다.

4.3 순환형 구성 1과 분류형 구성 2

아이들 기어 f 가 없는 동력순환형 구성 1과 아이들 기어 f 가 있는 동력분류형 구성 2를 결합시킨 복합형 무단변속기로서 Fig.6과 같은 구조를 갖는다. 3개의 클러치 A, B, C가 오른쪽으로 이동하면 동력순환형을 구현하고 이와 반대로 이동하면 동력분류형을 구현한다. $zr/zs > 1.0$ 의 경우와 $zr/zs < 1.0$ 의 경우 모두 가능하지만 $zr/zs < 1.0$ 의 경우는 각종 잇수비가 커지는 경향이 있으므로 $zr/zs > 1.0$ 의 경우가 유리하다. Fig.7은 잇수비가 $zr/zs=2.5$, $zp2/zp1=2.5$, $zb1/za1=2.0$, $zg1/ze1=1.0$, $zb2/za2=1.6$, $zg2/ze2=2.56$ 일 때 동력전달 효율, 속도비, 동력분담율 등의 성능을 나타낸다.

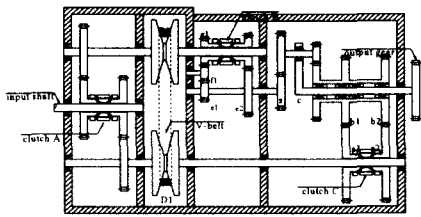


Fig. 6 Compound CVT with 2K-H II type (circulation 1 and split 2)

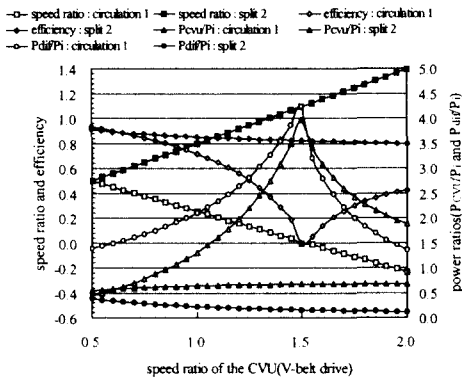


Fig. 7 Compound CVT characteristics with 2K-H II type (circulation 1 and split 2)

4.4 순환형 구성 2와 분류형 구성 3

아이들 기어 f 가 없는 동력순환형 구성 2와 아이들 기어 f 가 있는 동력분류형 구성 3을 결합시킨 복합형 무단변속기로서 Fig. 8과 같은 구성을 갖는다.

4개의 클러치 A, B, C, D가 왼쪽으로 이동하면 동력순환형을 구현하고 이와 반대로 이동하면 동력분류형을 구현한다. 특히 차동기어장치는 반드시 $zr/zs < 1.0$ 을 만족해야 한다. Fig.9는 잇수비가 $zr/zs=0.5$, $zp2/zp1=0.5$, $zb1/za1=0.6$, $zg1/ze1=0.58$, $zb2/za2=1.0$, $zg2/ze2=0.67$ 일 때 동력전달 효율, 속도비, 동력분담율 등의 성능을 나타낸다.

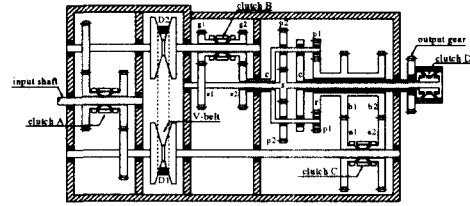


Fig. 8 Compound CVT with 2K-H II type (circulation 2 and split 3)

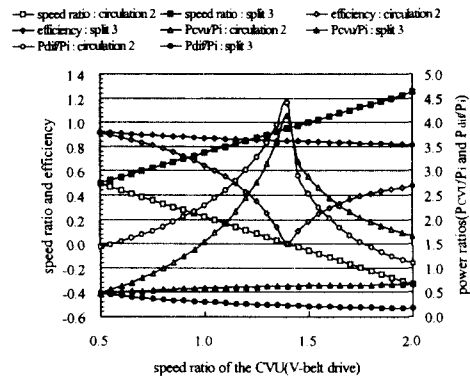


Fig. 9 Compound CVT characteristics with 2K-H II type (circulation 2 and split 3)

본 논문에서 제안된 복합형 무단변속기에 대한 성능실험은 수행되지 않았으나, 실험적으로 검증된 선행연구^(8,9)와 동일한 방법을 사용하였으므로 해석 결과는 신뢰성을 갖는다고 할 수 있다.

5. 결론

V-벨트식 무단변속기구와 2K-H형 II형식 차동기어장치를 결합하여 입력축 연결방식에 대한 기본구성을 제안하고, 입력축 연결방식의 동력순환형과 동력분류형을 서로 결합시켜 후진, 중립, 전진을 모두 구현할 수 있으면서 효율과 동력분담율 특성을 개선시킨 복합형 무단변속기를 제안하였다.

참고문헌

1. 김만식, 최영덕, 1992, "자동차용 무단변속기," 대한기계학회지, Vol.32, No.10, pp.858-866.

2. N.H.Beachley, A.A.Frank, 1980, "Principles and Definitions for Continuously Variable Transmissions with Emphasis on Automotive Application," ASME Paper 80-C2/DET-95.
3. R.H.Macmillan, 1961, "Power Flow and Loss in Differential Mechanisms," Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 3, No. 1, pp. 37-41.
4. R.H.Macmillan, P.B. Davies, 1965, "Analytical Study of Systems for Bifurcated Power Transmission," Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 7, No. 1, pp. 40-47.
5. G.White, 1967, "Properties of Differential Transmission," The Engineer, pp.105-111.
6. D.Yu, N.Beachley, 1985, "On the Mechanical Efficiency of Differential Gearing," ASME Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, Vol.107, pp.61-67.
7. Y.Zhang, B.Leduc, 1992, "Efficiency predetermination of planetary trains used as continuously variable power transmission," European journal of Mech. Eng., Vol.37, No.3, pp.169-173.
8. 김연수, 최상훈, 2000, "차동기어장치를 적용한 입력축 연결방식 무단변속기의 동력흐름 및 효율해석에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제17권, 제11호, pp.141-150.
9. 최상훈, 김연수, 2000, "차동기어장치를 적용한 출력축 연결방식 무단변속기의 특성해석에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 제18권, 제3호, pp.205-216.