

2K-H II 형식 복합형 무단변속기의 효율실험

박재민* (건국대 대학원), 김연수 (한국철도기술연구원), 이상희 (건국대 대학원), 최상훈 (건국대)

Performance Efficiency of Compound CVTs with a 2K-H II

J. M. Park (Grad. Sch. of Konkuk Univ.), Y. S. Kim (KRRRI), S. H. Lee, S. H. Choi (Konkuk Univ.)

ABSTRACT

We designed the compound CVT (Continuously Variable Transmissions) by combining power circulation mode CVT and power split mode CVT, which have been proposed for connecting 2K-H II differential gear to the V-belt type CVU (Continuously Variable Unit), as an input coupled type. With the designed compound CVT, we carried out theoretical analysis and performance experiments. We proved that the compound CVT had a better performance than either of the power circulation mode or power split mode.

Key Words : Continuously Variable Transmission(무단 변속기), Differential Gear(차동기어), Power-Circulation mode(동력 순환형), Power-Split mode(동력 분류형), Geared Neutral(중립)

1. 서론

일정 변속범위 내에서 속도비를 연속적으로 변화시킬 수 있는 무단변속기는 자동차에 적용할 경우, 엔진속도와 차량속도를 독립적으로 제어하여 동력성과 연비성을 동시에 만족시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 무단변속기는 다양한 종류가 개발되어 사용되고 있으나, 자체적으로 중립(geared neutral)을 구현할 수 없거나 효율과 수명 측면에서 기존의 기어 변속기보다 불리한 단점을 가지고 있다.^(1,2) 이러한 단점을 극복하기 위해 기존의 무단변속기구에 차동기어를 결합시켜 전달동력의 일부분을 효율이 상대적으로 높은 차동기어로 전달하고, 무단변속을 위한 일부의 동력을 무단변속기구로 전달하는 새로운 형식의 무단변속기가 개발되었다. 이러한 무단변속기는 소형 및 경량화 설계가 가능하고, 효율과 수명의 증대, 변속 범위의 확대, 그리고 자체적으로 중립의 생성이 가능하여 출발장치를 생략할 수 있는 등의 많은 장점을 갖는다.

다.⁽³⁻⁶⁾ 저자들은 2K-H I형식 복합형 무단변속기를 설계, 제작하여 성능실험을 수행하였고 그 타당성을 검증하였다.

본 논문에서는 V-벨트식 무단변속기구와 2K-H II 형식 차동기어장치를 결합하여, 입력축 연결방식의 동력순환형과 동력분류형을 결합시킴으로써 역회전, 중립, 언더 드라이브(under drive), 오버 드라이브(over drive)를 모두 구현하면서 동력 분담율과 효율을 개선하는 복합형 무단변속기를 설계 제작하고, 효율실험을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

2. 기본구조 및 동력흐름

2.1 무단변속기구

2 개의 가변풀리(variable pulley)가 고정된 축에 V-벨트로 동력을 전달하는 무단변속기구는 Fig. 1 과 같이 구동축과 종동축 가변풀리의 벨트 회전반경을 동시에 변화시킴으로써 속도비를 연속적으로 변화시킬 수 있다.

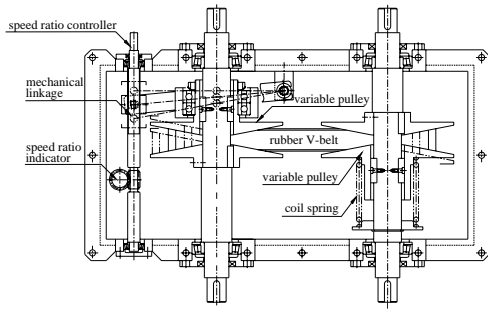


Fig. 1 Drawing of the V-belt type CVU

2.2 2K-H II 형식 차동기어장치

2K-H II형식 차동기어장치는 Fig. 2 와 같이 태양기어(sun gear) s, 링기어(ring gear) r, 캐리어(carrier) c를 동심축으로 하여 유성기어 p1, p2 로 구성된다. 또한 기본효율(η_0)는 링기어와 유성기어 p1 의 물림 효율(η_{p1})과 태양기어와 유성기어 p2 의 물림효율(η_{sp2})로 정의되며, 식(1)과 같다.⁽⁷⁻⁸⁾

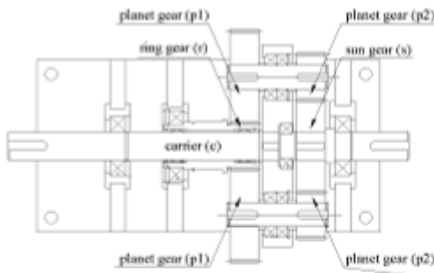


Fig. 2 Drawing of the 2K-H II differential gear

$$\eta_0 = \eta_{p1}\eta_{sp2} \quad (1)$$

2.3 구성방식과 동력흐름

무단변속기구에 차동기어를 결합시키는 방식으로는 무단변속기구가 입력축에 직접 연결되는 입력축 연결방식(input coupled type)과 출력축에 연결되는 출력축 연결방식(output coupled type)이 있다.⁽³⁾ 무단변속기 내에서의 동력흐름은 동력순환형(power-circulation mode)과 동력분류형(power-split mode)으로 분류된다. 동력순환형은 출력동력의 일부 또는 모두가 변속기 내부에서 순환하는 것이며, 동력분류형은 전체 전달동력을 무단변속기구와 차동기어가 각각 임의의 비율로 분담하여 전달하는 동력흐름이다.^(4,5)

출력축 연결방식의 동력순환형은 변속기로서 타당하지 못한 특성을 가지고 있기 때문에⁽⁵⁾ 본 논문에서는 입력축 연결방식의 복합형 무단변속기에 대

해서만 효율실험을 수행하였다.

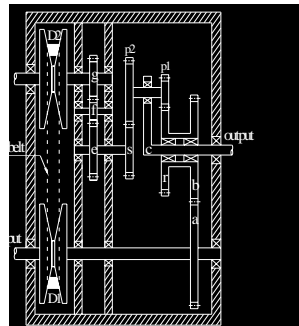
2.4 기본구성

본 연구에서 제안된 입력축 연결방식의 무단변속기의 기본구성은 Fig. 3 과 같다.⁽⁶⁾ 각각의 구성은 아이들러 기어 f의 유무에 따라 동력흐름이 변화하므로 실제로는 동력분류형 4 가지, 동력순환형 4 가지 구성이 된다. Fig. 3 에서 동력분류형과 동력순환형의 기준, 속도비(i), 이론효율(η), 입력동력(P_i)에 대한 무단변속기구의 동력분담율과 차동기어의 동력분담율은 저자들의 선행연구에서 이미 제안된바 있다.⁽⁶⁾

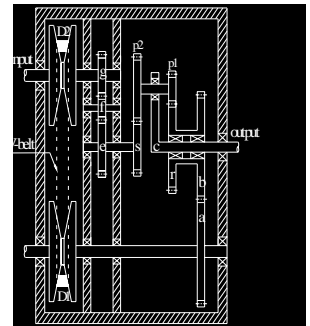
여기서 D₁, D₂는 가변풀리의 회전직경이고, z_a, z_b, z_c, z_g는 Fig. 3 에서 기어 a, b, e, g의 잇수이다. η_0' 은 기어 f가 있는 구성들에서는 식(2), 기어 f가 없는 구성들에서는 식(3)과같이 정의된다.^(4-6,9-10)

$$\eta_0' = \eta_{ab}\eta_{ef}\eta_{ig}\eta_{CVU} \quad (2)$$

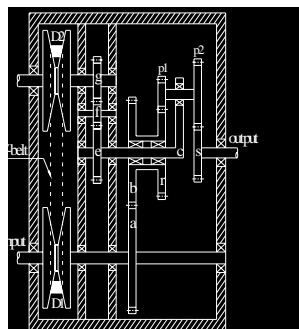
$$\eta_0' = \eta_{ab}\eta_{eg}\eta_{CVU} \quad (3)$$



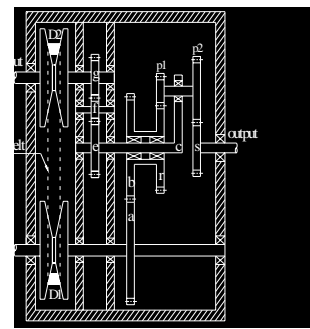
(a) configuration 1



(b) configuration 2



(c) configuration 3



(d) configuration 4

Fig. 3 Basic configurations of the input coupled type

3. 복합형 무단변속기

3.1 설계 요구사항

첫째는 Fig. 4 에서와 같이 동력순환형과 동력분류형은 변환점(transition point)을 기준으로 서로 반대되는 속도비 기울기를 가져야 한다.

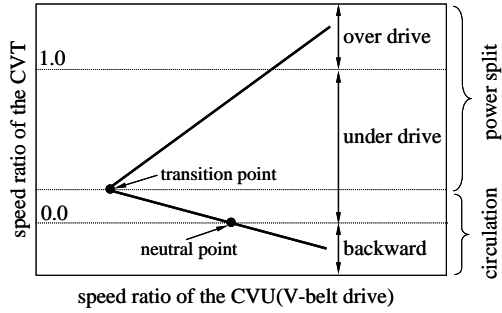


Fig. 4 Power flow modes and speed ratio range for a compound CVT

둘째는 동력순환형과 동력분류형은 변환점에서 동일한 속도비를 가져야 한다.

셋째는 역회전과 중립, 오버드라이브를 구현하기 위해서 동력순환형은 반드시 중립을 포함해야 하고 동력분류형의 속도비는 1.0 이상을 구현해야 한다.

넷째는 복합형 무단변속기를 구성하는 각종 기어비가 지나치게 커지지 않고 상기의 조건을 만족해야 한다.

3.2 분류형 구성 1 과 순환형 구성 1의 복합형

동력순환형 구성 1 과 동력분류형 구성 1 을 결합시킨 복합형 무단변속기로서 Fig. 5 와 같은 구조를 가지며, 2 개의 클러치 A 와 B 를 필요로 하며, 클러치 A 와 B 가 오른쪽으로 이동하면 동력순환형, 왼쪽으로 이동하면 동력분류형을 구현한다.

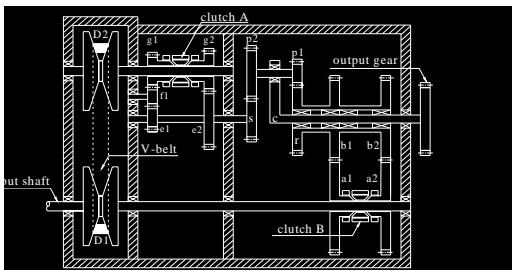


Fig. 5 Compound CVT with a I type (circulation 1 and split 1)

3.2 분류형 구성 3 과 순환형 구성 3의 복합형

동력순환형 구성 3 과 동력분류형 구성 3 을 결합한 복합형 무단변속기로서 Fig. 6 과 같은 구조를

가지며, 2 개의 클러치 A, B 가 요구된다. 클러치 A, B 가 오른쪽으로 이동하면 동력순환형, 왼쪽으로 이동하면 동력분류형을 구현한다.

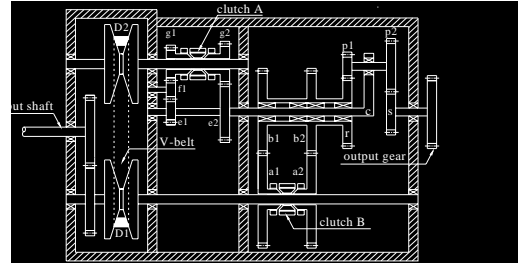


Fig. 6 Compound CVT with a I type (circulation 1 and split 2)

4. 복합형 무단변속기의 성능실험

4.1 설계 및 제작

2K-H II형식 차동기어는 압력각이 20°, 모듈이 2.0 인 표준 스퍼기어로서 치폭을 30 mm로 설계하였다. 또한 구성기어의 잇수는 $z_s=48, z_r=72, z_p=24$ 이며, Fig. 7 은 제작된 2K-H II형식 차동기어장치이다.

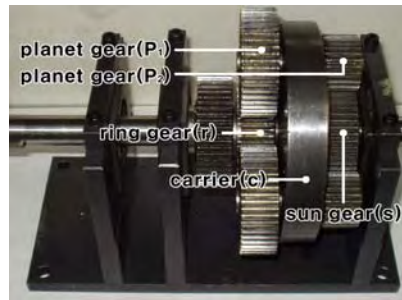


Fig. 7 Photograph of the 2K-H II differential gear

Fig. 8 은 무단변속기구로서 축간거리가 279 mm, 가변폴리의 최대직경이 216 mm이며, 전체 변속범위 0.5~2.0 내에서 연속적인 변속이 가능하도록 설계 제작하였다.

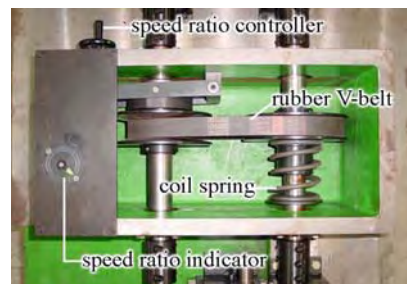


Fig. 8 Photograph of the V-belt type CVU

4.2 성능실험

무단변속기의 성능실험은 구동용 교류전동기 (11kW), 고무 V-벨트식 무단변속기구, 2K-H II 형식 차동기어, 토크센서(0-100Nm), 속도센서(60-2400rpm), 부하장치(0-100Nm), 각종 기어열 등으로 구성된 실험장치를 이용하여 수행하였다.

4.3 결과 및 고찰

Fig. 9 는 회전수 1000rpm 으로 입력축이 회전할 때 분류형 구성 1 과 순환형 구성 1 을 결합한 복합형 무단변속기의 효율을 나타내는 그래프이다.

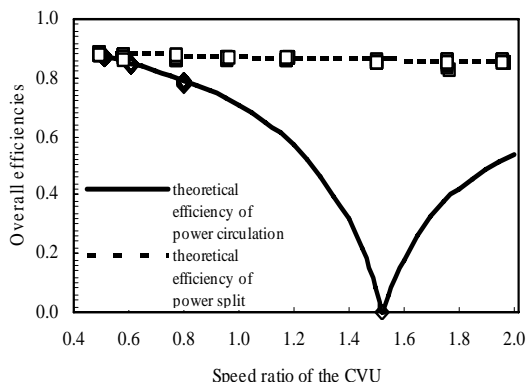


Fig. 9 Experimental results for type I of the compound CVT at input speed 1000rpm

Fig. 10 은 회전수 1000rpm 으로 구동축이 회전할 때 분류형 구성 3 과 순환형 구성 3 을 결합한 복합형 무단변속기의 효율을 나타내는 그래프이다.

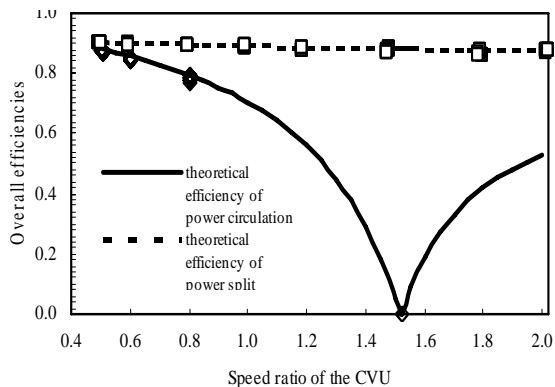


Fig. 10 Experimental results for type III of the compound CVT at input speed 1000rpm

5. 결론

V-벨트식 무단변속기구와 2K-H II 형식 차동기어 장치를 결합하여 개발한 복합형 무단변속기에 대한

효율실험을 수행하여 차량용 변속기로서 적합성을 확인하였으며, 이론적으로 해석한 결과와 비교하여 그 타당성을 검증하였다.

참고문헌

1. Kim, M. S. and Choi, Y. D., 1992, "Continuously Variable Transmission for Automobiles," Journal of the KSME, Vol. 32, No. 10, pp. 858~866.
2. Beachley, N. H. and Frank, A. A., 1980, "Principles and Definitions for Continuously Variable Transmissions with Emphasis on Automotive Application," ASME Paper 80-C2 /DET-95.
3. White, G., "Properties of Differential Transmission," The Engineer, pp. 105~111, 1967.
4. Kim, Y. S. and Choi, S. H., "Power Flow and Efficiency of Input Coupled type CVT combined Differential Gear Unit," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 11, pp. 141-150, 2000.
5. Choi, S. H. and Kim, Y. S., "Characteristics on the Output Coupled type CVT Combined Differential Gear Unit," J. of the KSPE, Vol.18, No.3, pp. 205~216, 2000.
6. Kim, Y. S. and Choi, S. H., "Continuously Variable Transmission Composed of a V-belt Drive and a 2K-H II type Differential Gear Unit," Tran. of the KSME(A), Vol. 26, No. 8, pp. 1495-1505, 2002..
7. Kim, Y. S., Choi, S. U. and Choi, S. H., "A Study on the Efficiency Analysis of 2K-H Type Planetary Gear Train," Journal of KSPE, Vol. 17, No. 3, pp. 200-207, 2000.
8. Morozumi, M., 1989, The Theory and Design Method for Planetary Gear Drive and Differential Gear Unit, Japanese Daily Industrial Paper, Tokyo, pp. 8~31.
9. Kim, Y. S. and Choi, S. H., "Development of CVTs Composed of a 2K-H I Type Differential Gear Unit and a V-belt Drive," Tran. Of the KSME(A), Vol. 26, No. 6, pp. 1060-1068, 2002
10. Choi, S. H., "Performance of CVTs Composed of a Differential Gear Unit and a V-belt Drive," J. of the KSPE, Vol. 20, No. 2, pp. 199-208, 2003.