

V-벨트형 무단변속기구의 성능실험

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

Characteristics of V-belt type continuously variable unit

Y. S. Kim(KRRI), J. M. Park(Graduate School of Konkuk Univ.), S. H. Lee, S. H. Choi(Konkuk Univ.)

ABSTRACT

Continuously variable transmission (CVT) mechanisms considered here is a V-belt drive with two variable-diameter pulleys and effective diameters. One pulley was set by a mechanical link while the other was spring-loaded to provide automatic correspondence. The center distance between the two variable-diameter pulleys was fixed. Experimental studies were executed to analyze efficiencies as change of its speed ratio.

Key Words : Continuously Variable Unit(무단변속기구), V-belt(V-벨트), Efficiency(효율)

1. 서 론

무단변속기는 속도비를 연속적으로 변화시킬 수 있고, 자동차에 적용할 경우 엔진속도를 차량 속도와 독립적으로 제어함으로써 동력성능과 연비 성능을 동시에 만족시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 무단변속기는 다양한 종류가 개발되어 사용되고 있으나, 이들 대부분은 자체적으로 중립(geared neutral)을 구현할 수 없거나 효율과 수명 측면에서 기존의 유단변속기(기어 변속기)보다 불리한 단점을 가지고 있다.⁽¹⁾ 이러한 단점을 극복하기 위해 기존의 무단변속기구에 차동기어를 결합시켜 전달동력의 일부분을 효율이 상대적으로 높은 차동기어로 전달하고, 무단변속을 위한 일부의 동력을 무단변속기구로 전달하는 새로운 형식의 무단변속기에 대한 연구가 진행되었다. 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 갖는 것으로 분석되었다.⁽²⁻¹²⁾ 특히 저자들은 2K-H I 형식, 2K-H II 형식, K-H-V 형 차동기어에 각각 V-벨트식 무단변속기구를 입력축 연결방식과 출력축 연결방식으로 결합시켜 다양한 무단변속기 구성을 제안하였다. 2K-H I 형식을 결합한 경우는 24 개의 구성⁽⁵⁻⁶⁾, 2K-H II 형식을 결합한 경우는 16 개의 구성⁽⁷⁻⁹⁾, K-H-V 형

식을 결합한 경우는 24 개의 구성들⁽¹⁰⁻¹¹⁾ 제안하였고, 이들에 대해 동력전달효율, 동력흐름, 무단변속기구와 차동기어의 동력 분담율, 속도비에 대한 이론식을 유도하였다. 2K-H I 형식을 결합하여 제안된 무단변속기에 대해서는 다양한 실험을 통해 유도된 이론식들의 타당성을 확인하였다.^(5,6)

V-벨트식 무단변속기구에 차동기어장치를 결합하여 제안된 동력순환형과 동력분류형을 서로 결합시켜 후진, 중립, 전진을 자체적으로 생성할 수 있도록 하는 복합형 무단변속기도 제안하였다. 이러한 다양한 무단변속 메커니즘에 대한 성능향상을 위해서는 핵심 구성요소인 무단변속기구와 차동기어장치의 특성을 정확히 분석하는 것이 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 V-벨트식 무단변속기에 대해 속도비 변화와 회전속도 변화에 따른 효율특성을 실험적 연구를 통해 분석하였다.

2. V-벨트식 무단변속기구

2.1 구조 및 작동원리

V-벨트식 무단변속기구는 Fig. 1 과 같이 2 개의 가변풀리(variable pulley)가 고정된 축에 각각 설치되어 고무벨트로 구동된다. 또한 속도비 조정기와 연결된 링크장치가 한쪽 가변풀리의 회전반경을 변화시키면 다른 쪽은 스프링에 의해 회전반경이 조정되어 속도비가 연속적으로 변화되는 구조이다.

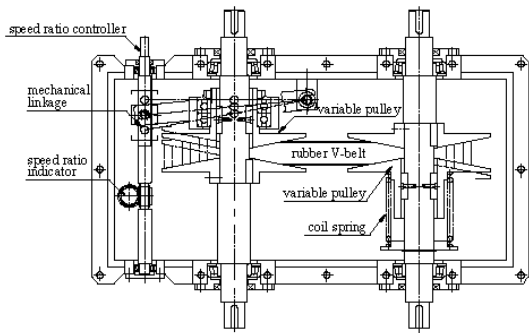


Fig. 1 Drawing of the V-belt type CVU

2.2 설계 및 제작

V-벨트식 무단변속기구는 축간거리가 279 mm, 가변풀리의 최대직경이 216 mm이며, 전체 변속범위 0.5~2.0 내에서 연속적인 변속이 가능하다. 고무 V-벨트는 굽힘에 유연하고 벨트 측면에 작용하는 큰 축력에 견딜 수 있도록 안쪽이 이(齒) 모양으로 가공된 제품을 사용하였다. 벨트 폭이 36.5 mm, 벨트 홈각이 22°, 피치길이가 1069.3 mm인 미국 표준규격(RMA/MPTA 2322V421)의 제품을 사용하였다. Fig. 2 는 제작된 V-벨트식 무단변속기구이다.

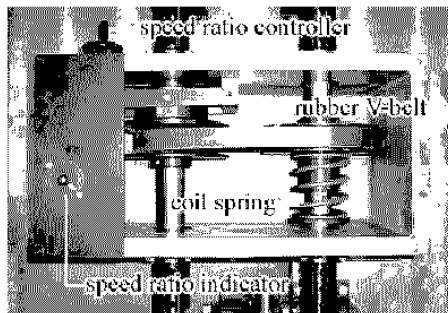


Fig. 2 Photograph of the V-belt type CVU

3. 특성실험

3.1 실험장치

무단변속기의 성능실험은 Fig. 3 과 같이 구동용 교류전동기, 고무 V-벨트식 무단변속기구, 토크 센서, 속도센서, 부하장치, 등으로 구성된 실험장치를 이용하여 수행되었다. 구동용 교류전동기의 용량은 11kW 이며 부하장치에 의한 부하량의 크기에 관계없이 설정된 회전속도가 일정하게 유지 되도록 속도제어가 수행되었다. 실험장치의 입력

축과 출력축에는 각각 토크센서와 속도센서를 설치하여 부하에 따른 토크와 회전속도를 측정한다. 토크센서는 스트레인 게이지 형식으로서 0~100Nm 의 측정범위를 가지며, 속도센서는 적색 발광 다이오드를 광원으로 하는 광화이버 센서로서 60~2400rpm 의 측정범위를 갖는다. 토크를 발생시키는 부하장치는 0~100Nm 의 용량을 갖는 전자식 파티클(particle) 브레이크로서 부하의 크기를 연속적으로 제어할 수 있도록 하였다.

무단변속기구의 벨트장력 안정화, 부하장치의 냉각 등을 위해 각각의 실험조건에서 약 20 분 정도의 무부하 작동을 수행한 후 성능실험을 수행하였다. Fig. 4 는 무단변속기구의 성능 실험장치이다.

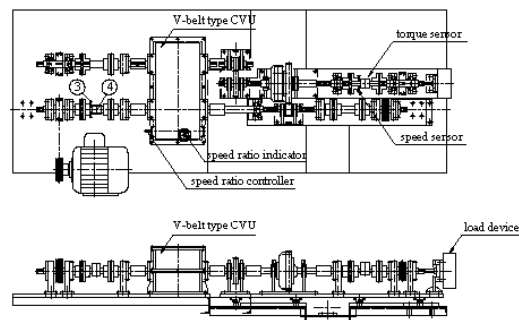


Fig. 3 Schematic drawing of the test rig for CVTs

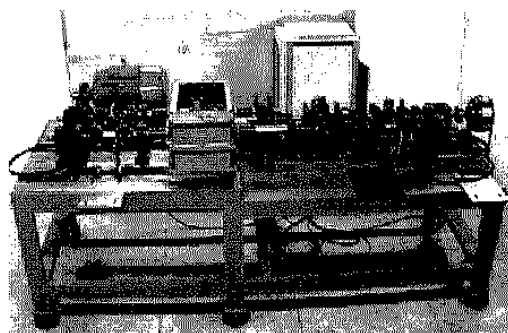


Fig. 4 Photograph of the test rig for CVTs

3.2 실험조건

무단변속기구의 효율과 속도비 측정을 위해 Table 1 과 같은 조건으로 다양한 시험을 수행하였다. 무단변속기구의 다양한 속도비에 대해 입력축 속도를 변화시키면서 효율과 속도비 측정을 병행하였다.

Table 1 Experimental condition of the CVU

Input Speed (rpm)	Speed ratio of the CVU							
	2.0	1.8	1.5	1.2	1.0	0.8	0.6	0.5
400	800	720	600	480				
600	1200	1080	900	720	600	480		
800	1600	1440	1200	960	800	640	480	400
1000			1500	1200	1000	800	600	500
1200				1440	1200	960	720	600
1400				1680	1400	1120	840	700
1600					1600	1280	960	800

3.3 결과 및 고찰

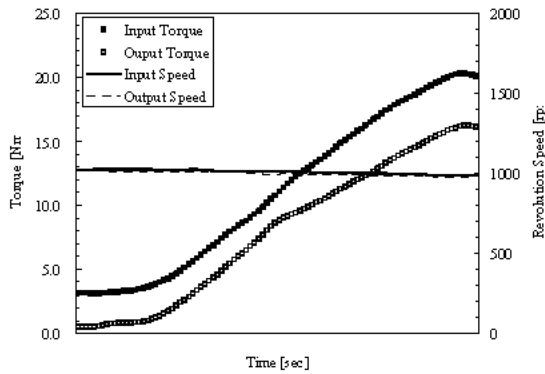


Fig. 5 Experimental result at CVU speed ratio 1.0 and input speed 1000rpm

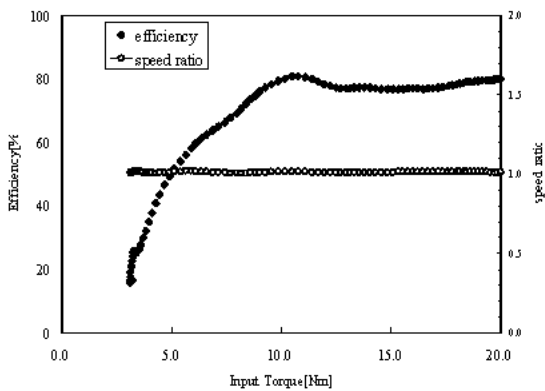


Fig. 6 Experimental results for efficiency and speed ratio at CVU speed ratio 1.0 and input speed 1000rpm

Fig. 5는 Table 1의 실험조건에서 무단변속기구의 속도비가 1.0 이고, 입력축 속도를 1000rpm 일 때의 측정된 입력축과 출력축 각각의 토크와 회전 속도를 보여준다. 또한 Fig. 6은 동일한 조건일 때의 계산된 속도비와 효율을 보여준다. 속도비의 경우 실험조건과 동일한 결과 보였으나, 효율의 경우 최대 약 82%를 나타냈다.

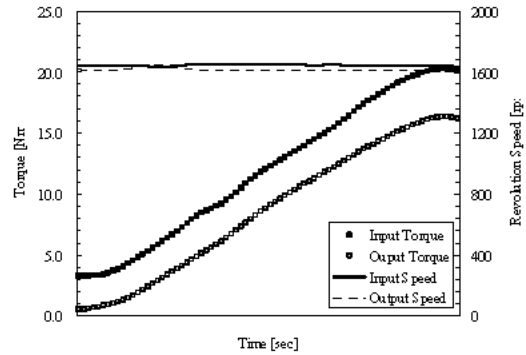


Fig. 7 Experimental result at CVU speed ratio 1.0 and input speed 1600rpm

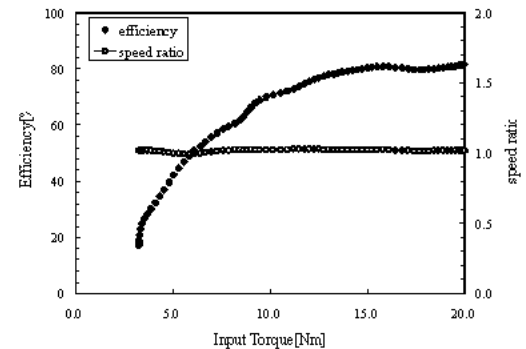


Fig. 8 Experimental results for efficiency and speed ratio at CVU speed ratio 1.0 and input speed 1600rpm

Fig. 7 과 8은 Table 1의 실험조건에서 무단변속기구의 속도비가 1.0 이고, 입력축 속도를 1600rpm 일 때 측정된 입력축과 출력축 각각의 토크와 회전속도, 그리고 속도비와 효율을 보여준다. Fig. 6 과 8은 입력축의 속도 변화에 대해서 무단변속기구의 효율은 거의 영향을 받지 않는다는 것을 보여준다. 또한 V-벨트식 무단변속기구는 감속 구간이 가속구간보다 효율이 다소 높게 분석되었다. 그러나 이러한 효율특성이 V-벨트식 무단변속

기구의 일반적인 특성인지, 본 연구에서 제작한 것만의 특징인지는 보다 다양한 특성해석을 통해서만 알 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결 론

다양한 무단변속 메커니즘의 핵심 구성요소인 V-벨트식 무단변속기구에 대해 입력축의 속도변화와 속도비 변화에 대해 효율특성을 분석한 결과 입력축 속도변화에 대해서는 효율변화는 거의 없었다. 또한 감속구간이 가속구간보다 높은 효율특성을 나타냈으나, 일반적인 특성인지의 여부를 확인하기 위해서는 보다 다양한 특성실험을 수행해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Beachley, N. H. and Frank, A. A., "Principles and Definitions for Continuously Variable Transmissions with Emphasis on Automotive Application," ASME Paper 80-C2 /DET-95, 1980.
2. Macmillan, R. H. and Davies, P. B., "Analytical Study of Systems for Bifurcated Power Transmission," Journal of Mechanical Engineering Science, Vol. 7, No. 1, pp. 40-47, 1965.
3. White, G., "Properties of Differential Transmission," The Engineer, pp. 105-111, 1967.
4. Yu, D. and Beachley, N., "On the Mechanical Efficiency of Differential Gearing," ASME Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, Vol. 107, pp. 61-67, 1985.
5. 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.
6. Choi, S. H. and Kim, Y. S., "Characteristics on the Output Coupled CVT with Differential Gear," J. of the KSPE, Vol. 18, No. 3, pp. 205-216, 2000.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Kim, Y. S. and Choi, S. H., "Experimental Study on the Input Coupled type CVT combined a Differential Gear and a V-Belt type CVU," Int'l. J. of the KSPE, Vol. 2, No. 1, pp. 43-55, 2001.
11. Kim, Y. S., Park, J. M. and Choi, S. H. "Experimental and Parametric Study on the Output coupled type Continuously Variable Transmission," Int'l. J. of the KSPE, Vol. 3, No. 3, pp. 28-36, 2002.
12. Park, J. M., Kim, Y. S. and Choi, S. H. "Performance Analysis of CVTs with a 2K-H II Differential Gear," J. of the KSPE, Vol. 21, No. 4, pp. 170-178, 2004..