

# 하중 가변형 전동 프레스를 이용한 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치 개발

박승규\*, 최해운\*\*,#

\* 계명대학교 대학원 기계공학과, \*\* 계명대학교 기계자동차공학과

## Development of Vehicle Clutch Discs Cushion Variation Measurement Device Using a Variable Load Electric Press

Seung-Gyu Park\*, Hae-Woon Choi\*\*,#

\* Dept. of Mechanical Engineering, Grad. School of Keimyung University

\*\* Dept. of Mechanical and Automotive Engineering, Keimyung University .

(Received 17 October 2016; received in revised form 3 November 2016; accepted 9 November 2016)

### ABSTRACT

Vehicle clutch measurement for disc cushion variation was developed for the production of high quality Dual clutch transmissions. The developed device is composed of load cells for load measurement and LVDT for measuring the distance variation measurement in cushion variation. The servo motor-driven electric press for flexible loads that was developed was controlled by a PC-based HMI system, LabVIEW, and the device was able to continuously record real time measurement data with the accuracies of  $\pm 0.1$  kgf load and  $\pm 5$   $\mu$ m cushion amount, which is far above the requirements of commercial vehicle standards.

Key words : LVDT Sensor(선형가변차동변압기센서), Cushion Variation Measurement(쿠션 변위량 측정), Variable Type of Load (하중 가변형)

### 1. 서 론

차량의 연비효율에 영향을 많이 주는 인자 중에 파워트레인 부품들이 있는데, 차량의 에너지 효율은 변속기의 성능에 큰 영향을 받으므로 차량에서 변속기는 매우 중요한 부분을 차지한다.<sup>[1]</sup>

연비절감을 위해 최근 변속기 시장은 자동변속기의 다단화를 비롯 CVT(Continuously Variable

automatic Transmission), DCT(Dual Clutch Transmission) 크게 3가지로 나누어 기술이 개발되어 왔다. 자동변속기는 다단화로 시장의 요구를 맞추고 있으나, 구성제품의 부품이 복잡화 및 차량가격 상승으로 인해 경제적인 측면에서 한계가 있는 실정이다.

또한 CVT는 2개의 드림과 벨트를 이용한 구조로 변속 시 연속적인 충격 없이 사용할 수 있는 장점이 있다. 하지만 CVT 역시 대형차와 고출력 차량에서는 용량 부족 및 벨트 내구성의 문제로 인해 중형차와 소형차에 중점적으로 사용하고 있는 한계점이 있다.

# Corresponding Author : hwchoi@gw.kmu.ac.kr  
Tel: +82-53-580-5216

반면 DCT의 경우, 수동변속기의 높은 연비 효율과 자동 변속기의 편리함을 함께 추구할 수 있는 장점이 있으며, 크게 기계식과 유압제어식 2가지 종류로 나누어 볼 수가 있다. 기계식 액추에이터의 경우에는 릴리스 레버의 위치 제어를 통해 작동하는 건식 DCT가 있으며, 유압제어를 적용한 클러치 방식은 피스톤을 작동시킴으로써 구동되는 습식 DCT가 있다. 과거에는 유럽 업체들 위주로 개발되었으나, 최근 국내 업체에서도 DCT에 대한 연구 개발 및 적용이 활발하게 이루어지고 있다.<sup>[2-3]</sup>

본 연구에서는 앞으로의 변속기 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 로드셀(Load cell)과 LDVDT를 이용하여 가압되는 하중 및 클러치 디스크의 쿠션 변위량을 측정하는 장비 개발에 대한 내용을 소개하고자한다.

## 2. 하중 가변형 전동 프레스 장치 설계 및 제작

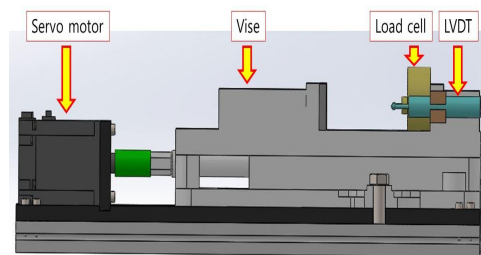
산업 현장에서 제품의 품질을 평가하기 위해 사용되는 변위 센서는 LVDT(Linear Variable Differential Transformer)와 같이 접촉방식으로 측정하는 센서 외에 레이저 센서를 이용한 비접촉 방식의 측정기술이 많이 적용되고 있다. 레이저 센서는 인쇄회로기판(Printed Circuit Board, PCB)의 두께측정이나 리니어 스테이지의 정밀도 평가등 정밀 측정분야에 많이 적용된다.<sup>[4-5]</sup> 하지만 비접촉 방식의 경우, 조명상태에 따라 측정값의 반복성이 많이 저하되고 측정대상물의 표면 상태에 따라 반사광 등의 이유로 측정이 어려운 경우가 발생할 수 있다.<sup>[6]</sup> 또한 비용측면에서도 접촉식에 비해 고가이므로, 본 연구에서는 가격이 비접촉식에 비해 저렴하고 측정 정밀도가 약  $2\mu\text{m}$ 이면서 DC 5V 전원과 최대 측정범위가 25mm인 LVDT(DK25PR, Magnescale)를 사용하였다.

쿠션 변화량 측정 장치의 하중 제어를 위해 최대 2tonf의 하중까지 측정할 수 있는 로드셀(Load cell, LCW-20KN, NTS)을 이용하여 목표하는 입력 하중과 측정하중 사이에  $\pm 0.1\text{kgf}$ 의 정밀도를 확

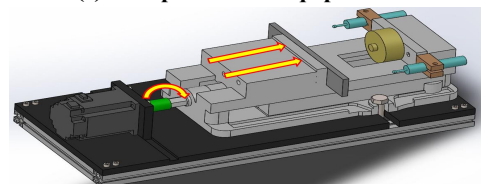
보하고, 입력하중을 최소 200kgf에서 최대 800kgf까지 가변적으로 설정할 수 있도록 하였다.

차량용 클러치 디스크 쿠션 변화량 측정 장치 기술 개발을 위한 선행 연구로써 다음과 같이 클러치 디스크를 가압하여 가압된 하중을 측정하고 이 때 발생한 쿠션 변위량을 측정하는 개념 장치를 설계 및 제작하였다.

실험 장치의 구성은 LVDT와 로드셀(Load cell), 서보모터(Servo motor)와 함께 바이스(Vise)를 사용하였으며, Fig. 1의 (a)와 같이 설계하였다. 실험 장치의 구동 개념은 Fig. 1의 (b)와 같이 서보모터(Servo motor)가 회전하면서 커플링을 통해 바이스(Vise)로 회전력을 전달하는 구조이다. 회전력을 전달 받은 바이스는 하판이 상판 쪽으로 움직이면서 로드셀(Load cell)을 가압하고 LVDT를 압축시켜 가압된 하중 값과 압축된 변위 값을 측정할 수 있도록 설계하였다. 본 연구에서 사용한 서보모터는(Servo motor) 정격출력 1.0kW, 정격회전속도 2000rpm의 성능을 가지는 Mitsubishi사의 HG-SR102B 제품이다. 바이스는 삼천리사의 최대 175mm 가공물을 고정할 수 있는 VS-175B 제품을 사용하였다.



(a) Composition of equipment



(b) Drive concept of equipment

Fig. 1 Schematic concept of load control and variation measurement

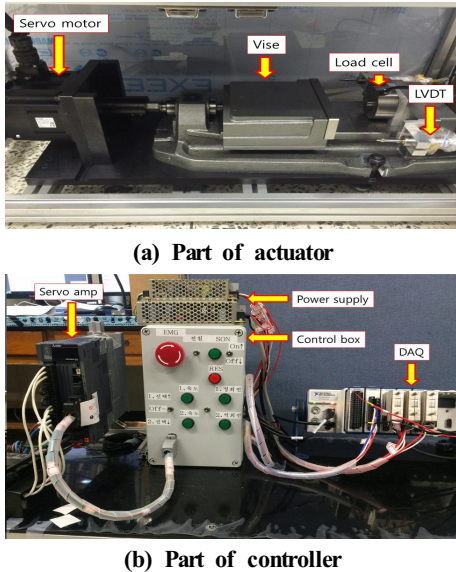


Fig. 2 System of load control & variation measurement

설계한 모델링을 토대로 Fig. 2의 (a)와 같이 실험 장치를 제작하였다. 실험장치의 제어는 모두 PC와 LabVIEW를 이용하고, 실시간 제어가 가능하도록 DAQ를 사용 서보 앰프와 제작한 컨트롤 박스를 연결하여 Fig. 2의 (b)와 같이 구성하였다. Fig. 2는 하중 제어 및 변위량 측정 장치를 보여주고 있다.

### 3. 하중 제어를 이용한 쿠션 변위량 측정 장치 알고리즘

하중 제어를 이용한 쿠션 변위량 측정 장치는 목표 하중을 입력하면 서보 모터가 구동을 하면서 로드셀(Load cell)을 가압하고 이때 가압 하중을 목표 하중의  $\pm 0.1\text{kgf}$  정밀도를 확보할 수 있도록 하였다. 측정 하중 값이 목표 하중 값까지 도달하면 서보 모터는 정지하고, 측정된 변위 값을 이용하여 제품의 품질을 평가하게 하였다. 목표 변위 값은 측정된 변위 값의 평균을 계산하여  $\pm 5\mu\text{m}$ 의 오차 범위를 만족하면 합격품(Pass), 불만족이

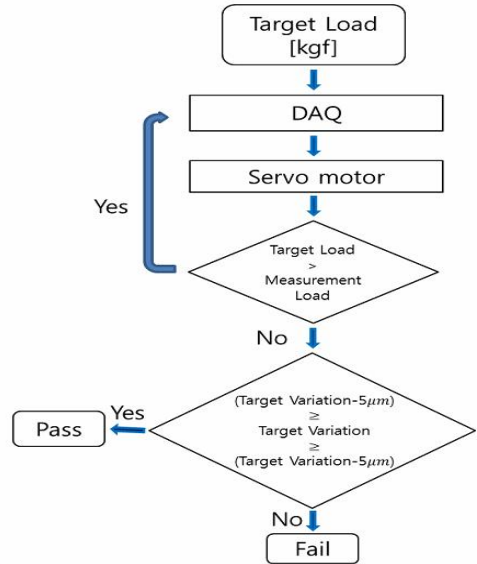


Fig. 3 Algorithm of cushion variation measurement using load control

면 불합격품(Fail)으로 판별할 수 있도록 하였다. Fig. 3은 장치의 알고리즘을 보여주고 있다.

## 4. 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치 설계 및 제작

하중 가변형 전동 프레스 장치를 통해 구축한 제어기 및 장치 구성을 바탕으로 DCT의 부품 중 하나인 차량용 클러치 디스크의 쿠션 변위량을 측정하여 고품질의 DCT를 생산하기 위한 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치를 설계하고 제작하였다.

### 4.1 쿠션 변위량 측정 장치 설계

차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치에서는 하중 가변형 전동 프레스 장치에 사용한 동일 제품의 서보 모터(Servo motor)를 사용하였으며, 잭 스크류(Jack screw)를 사용하여 서보모터(Servo motor)의 회전력에 의해 하판이 상하로 이동될 수 있도록 설계하였다. 잭 스크류는(Jack

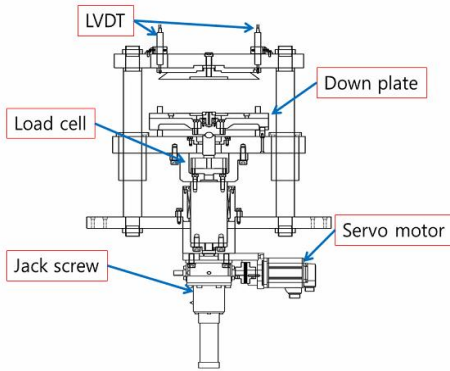


Fig. 4 Concept design of device

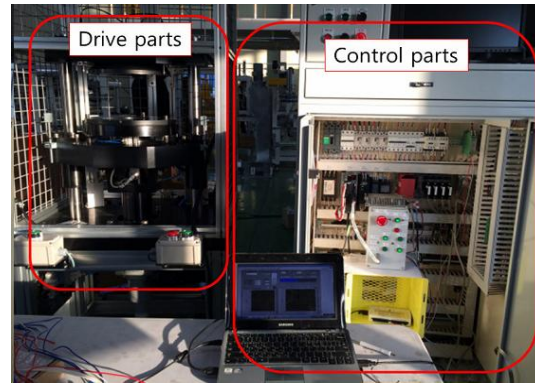


Fig. 6 Actual image of clutch disc cushion variable measurement

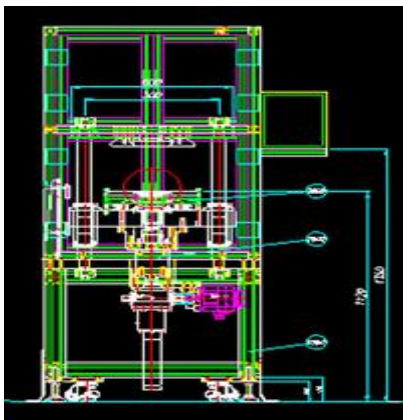


Fig. 5 Frame unit

screw)는 최대 stroke가 250mm이고, 기본 용량은 5tonf의 Tsubaki 사의 JWB050DSH2.5M을 사용하였다. LVDT는 상부에 설치하였으며, 상판의 중심으로부터 120° 간격으로 총 3개의 LVDT를 설치하여 변위 값을 측정할 수 있도록 설계하였다. Fig. 4는 쿠션 변위량 측정 장치의 개념도를 보여주고 있다. 표시된 2개의 LVDT 외에 나머지 한 개의 LVDT는 상판의 중앙부에 설치된다.

또한 장치 사용 중에 발생할 수 있을 안전사고를 예방하기 위하여 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치의 프레임부분에 철장과 여닫이 문을 Fig. 5과 같이 설계하였다.

## 4.2 쿠션 변위량 측정 장치 제작

설계한 내용들을 바탕으로 상판과 하판, 가이드 부시 등을 정밀 가공하여 가공된 각 부품들을 조립하여 Fig. 6과 같이 장치를 제작하였다. 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치는 크게 구동부(Drive parts)와 제어부(Control parts)로 구성된다. 구동부(Drive parts)의 하판(Down plate) 중앙에 클러치 디스크를 위치시키고, 제어부(Control parts)에 PC를 통해 목표하중과 클러치 디스크의 쿠션 변위량 제원을 입력한 후, 제어를 실행하면 측정 장비가 구동되도록 하였다. 구동부(Drive parts)에 설치되어 있는 로드셀(Load cell)과 LVDT를 이용하여 하중값과 변위값 측정이 가능하며, 측정된 데이터들은 제어부(Control parts)의 DAQ를 통해 다시 PC의 제어기 화면으로 실시간 출력되어 확인이 가능하도록 하였다.

## 5. 하중 가변형 쿠션 변위량 측정 장치 기술 개발 결과

서보 모터(servo motor)와 잭 스크류(Jack screw), 로드셀(Load cell), LVDT를 이용하여 차량용 클러치 디스크의 쿠션을 가압해주고, 쿠션 변위량을 측정하였다. 또한 장비 사용자가 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 시에 발생할 수 있는 안전사고

를 예방하기 위해 철망이 있는 프레임 유닛(Frame unit)을 함께 제작하여 설치하였다. 제어부에 들어가는 전기 전자 부품들을 효율적으로 정리하고 안전하게 보호하기 위해 배전함을 구동부 옆에 설치하였다.

Fig. 7은 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치를 제어하고 하중값 및 변위값을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 제어기를 보여주고 있다. 개발한 제어기에서는 입력 하중값을 200kgf에서 800kgf까지 가변 하중값을 입력가능하며, 로드셀의 영점 설정이 가능하다. 또한 클러치 디스크의 각 모델별로 목표하는 쿠션 변위량을 입력 가능하도록 하였다. 또한 장비 사용자가 측정된 클러치 디스크가 합격품인지 불합격품인지를 쉽게 확인할 수 있도록 합격(Pass), 불합격(Fail) 출력 창을 추가하였으며, 실시간으로 측정 하중값을 확인할 수 있는 그래프를 함께 추가하였다. 측정된 하중값과 변위값은 각각 text파일 형식으로 데이터가 저장되며, Fig. 8과 Table 1에서 나타내었다.

입력 하중값은 최소 200kgf에서 최대 800kgf까지 설정이 가능하며, Fig. 8은 입력 하중의 중간값인 500kgf로 설정하여 측정한 실험 데이터를 나타낸 것이다.  $\pm 0.1\text{kgf}$ 의 하중 정밀도를 확보하기 위해 입력하중보다 100kgf가 적은 400kgf이하 구간에서는 서보모터의 속도가 25rpm으로 가압이 진행되다가 400kgf를 초과한 구간에서는 1rpm의 저속으로 가압이 진행된다. Fig. 8에서 나타나듯이

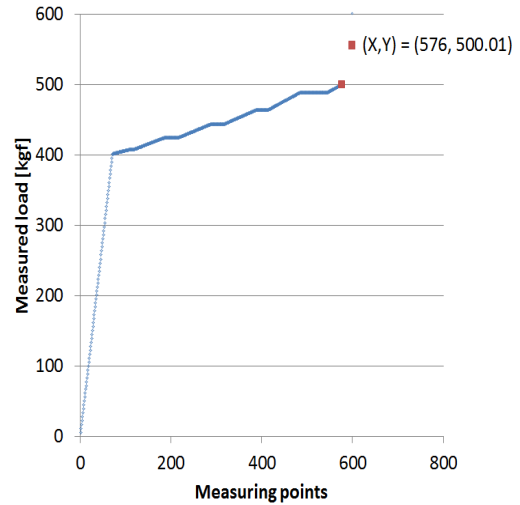


Fig. 8 Load data of  $\pm 0.1\text{kgf}$  accuracy in targeting 500kgf

Table 1 Variation error data of developed device

Test result of variation measurement			
Test numbers	Target values [ $\mu\text{m}$ ]	Average of measurement values [ $\mu\text{m}$ ]	Variation errors [ $\mu\text{m}$ ]
1	643	644	1
2	643	644	1
3	643	643	0
4	643	644	1
5	643	644	1

500kgf를 입력하여 가압된 최종하중 값이 500.01kgf로  $\pm 0.1\text{kgf}$ 의 하중 정밀도를 확보하였다.

측정 변위값은 입력 하중값을 500kgf로 설정하여 총 5회 반복 측정하여 얻은 값을 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서는 쿠션 변위량이 643 $\mu\text{m}$ 인 차량용 클러치 디스크를 약 2 $\mu\text{m}$ 의 정밀도를 가지는 고정밀 LVDT를 사용하여 변위값을 측정하였다. Table 1에서와 같이 측정된 평균 변위값이  $\pm 5\mu\text{m}$ 의 정밀도를 가지는 것을 알 수 있다.

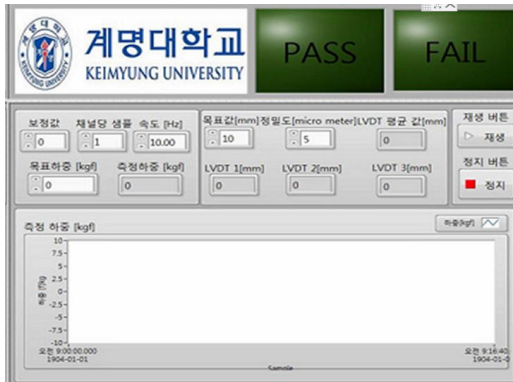


Fig. 7 Developed controller of cushion variation measurement using load control

## 6. 결론

미래 자동차 변속기 기술은 전기자동차용 변속기, 하이브리드 시스템 DCT, 무단 변속기, 무단 자동변속기 등을 중심으로 미래의 변속기 시장을 주도해 나갈 것으로 전망되고 있다. 이러한 미래 자동차 변속기 시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 DCT의 생산성과 품질 향상을 위한 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치를 개발하였다.

클러치 디스크의 품질 평가를 위해 로드셀(Load cell)과 LVDT, 서보모터(Servo motor)를 이용하여 하중 가변형 전동 프레스 실험 장치 및 하중 가변형 변위량 측정 장치의 알고리즘(Algorithm)을 개발하였다. 이와 같은 개발 내용들을 이용하여 하중 가변형 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 측정 장치를 개발하였으며, 입력 하중값을 200kgf에서 800kgf까지 가변적으로 입력할 수 있는 기능과 입력 하중만큼 가압 시  $\pm 0.1\text{kgf}$ 의 반복 하중 정밀도를 달성하였다. 또한 변위값은 3개의 LVDT를 이용하여 최종 측정된 평균 변위값이  $\pm 5\mu\text{m}$ 의 정밀도를 확보하였다.

쿠션 변위량의 측정 횟수를 보다 많이 실시하여 개발한 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 장치를 이용한 데이터 축적을 통해 신뢰도를 높여 나갈 계획이며, 개발한 차량용 클러치 디스크 쿠션 변위량 장치로 인해 미래의 변속기 시장에서 DCT 생산 및 품질에서 경쟁력을 갖추는데 도움이 될 것으로 기대된다.

## REFERENCES

1. Kim, J. S., and Choi, S. B., "Design and Control of Clutch Actuator for Dual Clutch Transmission," Proceedings of the KSAE Fall Meeting, pp. 341, 2008.
2. Jang, J. D., and Lee, W. C., "Developing Trends of Dual Clutch Transmissions," Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 37, No. 5, pp. 22-28, 2015.
3. Kim, G. W., "Transmission Technology Trends for Future Powertrain," Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 37, No. 5, pp. 40-44, 2015.
4. Cho, K. C., Kim, S. Y., and Shin, K. Y., "Development of Automated Non-contact Thickness Measurement Machine using a Laser Sensor," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 2, pp. 51-58, 2015.
5. Kim, S. H., Song, H. J., and Kwon, Y. H., "Accuracy Evaluation of Low Cost 3-Axes Linear Stage Using Laser Displacement Sensor," Proceedings of the KSMPE Spring Meeting, pp. 29, 2015.
6. Shin, K. Y., and Hwang, S., "Development of Contact-Type Thickness Measurement Machine using LVDT Sensors," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 4, pp. 151-159, 2015.