

리니어 액츄에이터 구동용 마이크로 유압발생장치 개발 및 응용 Development and Application of Micro Hydraulic Compressor Converter for a Linear Actuator

*#이수준¹, 이세한², 박종근², 이용권³

*#S. J. Lee(leesoojun@hanmail.net)¹, S. H. Lee², J. K. Park², Y. K. Lee³

¹ 경남대학교 대학원 기계공학과, ² 경남대학교 기계자동화공학부, ³ 한국과학기술연구원

Key words : Micro Hydraulic Compressor Converter(MHCC), Cylindrical cam, Modified sine curve(MS curve)

1. 서론

피스톤 펌프는 효율이 높고 넓은 영역의 압력, 온도 그리고 점도에서 사용 할 수 있으며 펌프제어가 용이하다. 하지만 유체의 흡입과 토출 시 발생하는 비대칭 압력분포로 인하여 유체 고착(hydraulic lock)현상이 발생하고 피스톤의 왕복 운동시 스트로크(stroke)의 상사점과 하사점에서 유체의 폐입 현상으로 인하여 급격한 압력변동이 발생한다. 이로 인해 펌프의 회전속도 및 토크가 변동되어 관로 내에 유량과 압력의 맥동이 발생되며 이러한 현상은 진동과 소음을 야기 시킨다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서 Lee¹는 사판식 피스톤 펌프의 맥동유량 시뮬레이션을 모델링 하였고 Kim²은 사축식 피스톤 펌프의 밸브 플레이트의 형상이 피스톤 펌프의 토크 맥동에 미치는 영향을 분석하였다. Kim³은 사판식 피스톤 펌프의 폐입(trapping) 구간에서 발생하는 압력변동 특성에 대해서 연구하였고 Kim⁴은 유체 고착현상의 원인인 상대운동을 하는 피스톤과 실린더 사이의 유압을 측정하는 실험적 연구를 수행하였다. 하지만 이러한 연구는 기존에 사용되고 있는 피스톤 펌프의 특성에 대한 연구로서 그 범위가 한정된다. Choi⁵는 원통캠(cylindrical cam)을 이용한 밸브리스 펌프를 개발하여 피스톤펌프 방식을 응용한 새로운 펌프 메커니즘에 대해서 접근하였지만 그 범위를 그리스 급유형으로 한정 지었다.

본 연구에서 개발한 마이크로 유압발생장치(Micro Hydraulic Compressor Converter, MHCC)는 피스톤펌프 방식의 일종으로 원통캠 기구를 이용하여 전기 모터의 회전운동을 피스톤의 회전-왕복운동으로 변환하여 유압을 발생시키는 장치이다

2. MHCC 시스템 구성

MHCC 시스템은 기본적으로 DC 모터, MHCC, 실린더로 구성되어 있다. Fig. 1은 MHCC의 작동 테스트를 위한 실험장치를 나타낸다. DC 모터의 정격 작동 조건에서 펌프의 유량은 29.28cc/min, 유압실린더의 무부하 속도는 6.1mm/s 그리고 구동력은 157N이다. Table 1은 실험장치의 주요 제원을 나타낸다.

3. MHCC 기구부 설계

원통캠 기구를 이용하여 모터의 회전운동을 피스톤의 왕복운동으로 변환하여 실린더 내부에서 왕복동 피스톤(reciprocation piston)이 수축하면 유체를 빨아들이고 팽창하면 유체를 밀어내는 원리에 의해 작동된다. DC 모터가 1회전 할 때 피스톤은 캠의 상승 행정만큼의 스트로크를 갖고 1회전하게 된다. 본 연구에서 원통캠에 의해 생성되는 피스톤의 스트로크는 2mm이다. Fig. 2(a), (b)은 MHCC 기구부의 구조를 나타내고, Table 2는 MHCC의 주요 재원을 나타낸다.

Fig. 3은 피스톤 단면 형상에 따른 MHCC의 작동원리를 나타낸다. 초기 위치에서 피스톤은 실린더의 입구와 출구를 동시에 막는다. 피스톤이 화살표 방향으로 180° 회전

하며 후진하게 되면 입구가 열리게 되어 일정량의 유체가 실린더 내에 흡입된다. 다음으로 같은 방향으로 피스톤이 나머지 180° 회전하며 전진하게 되면 출구가 열리게 되어 실린더 내에 저장되어 있는 유체는 출구를 통해 배출된다.

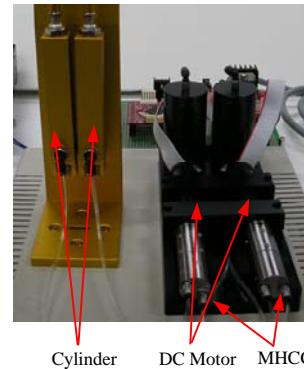


Fig. 1 Experiment model of MHCC system

Table 1 Specification of MHCC system

Item	Data	Specification
DC Motor	Assigned power rating	4.5W
	Nominal voltage	12V
	Gear ratio	19:1
	Max. torque	76mNm
	No load speed	732rpm
	Max. permissible speed	842rpm
MHCC	Dosage volume	0.04cc/rev
	Max. outlet pressure	2MPa
	Stroke	2mm
Cylinder	Efficient section area	$7.854 \times 10^{-5} \text{m}^2$
	Stroke	20mm

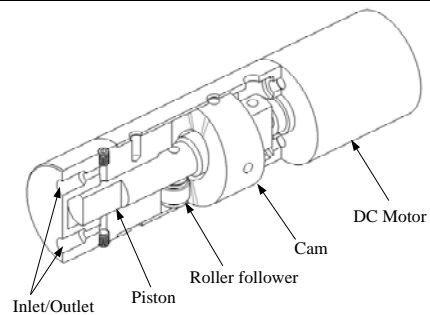


Fig. 2(a) Mechanism model of MHCC



Fig. 2(b) Parts of MHCC

Table 2 Specification of MHCC mechanism

Items	Specification
Piston diameter	5mm
Piston(roller follower) stroke	2mm
MHCC diameter	16mm
MHCC length	40mm
Max. force per piston section area	38N
Dosage volume	0.44cc/rev

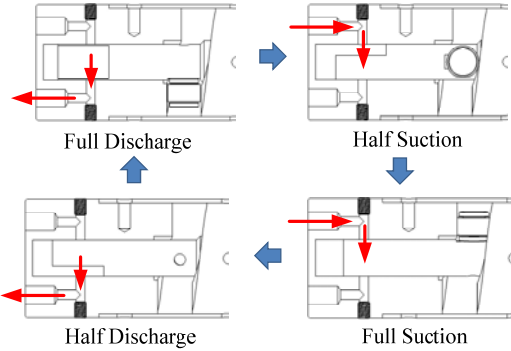


Fig. 3 Operation sequence of MHCC

4. 캠 선도 적용

캠 설계를 위한 첫째 단계는 종동절의 변위 곡선을 구성하는 것이다. 상승 행정과 하강 행정을 고려한 캠의 회전각, 양정 그리고 정지구간을 결정한 후 종동절의 운동 형태를 결정하는 캠의 선도를 선택한다. 본 연구에서 제작된 MHCC에 사용되는 캠은 유효지름이 12mm인 크기가 매우 작은 원통캠이다. 따라서 V_m (무차원 최대 속도)이 작아 캠의 크기를 작게 할 수 있으며 토크가 작은 변형사인곡선을 캠 변위곡선으로 선택하였다.⁶

Fig. 4는 제작된 캠의 시간 선도(timing diagram)와 MS 곡선이 적용되어 제작된 원통캠을 나타낸다. 종동절의 양정은 2mm이고 상승 구간과 하강 구간에 각각 MS 선도를 적용하였다. 낮은 정지구간(low dwell)과 높은 정지구간(high dwell)을 각각 16°로 정하였다. 이는 피스톤의 스트로크가 끝나는 지점에 캠의 정지구간을 생성하여 펌프의 폐입 구간에 발생하는 압력 변동을 최소화 하기 위함이다. Fig. 5는 MHCC의 폐입 구간을 나타낸다. 폐입 구간에서는 피스톤의 왕복동 운동이 일어나지 않는다.

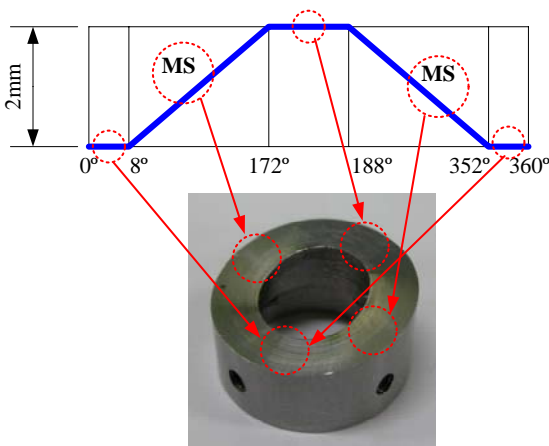


Fig. 4 Application of Modified sine curve

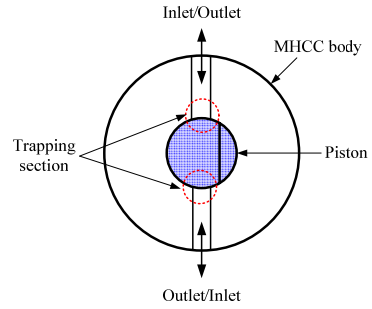


Fig. 5 Trapping section of MHCC

5. Application

본 연구에서 개발한 MHCC를 리니어 액추에이터 구동 메커니즘을 가진 로봇 손가락에 적용하였다. Fig. 6는 MHCC의 의해 작동되는 로봇 손가락의 기본적인 움직임을 보여준다.

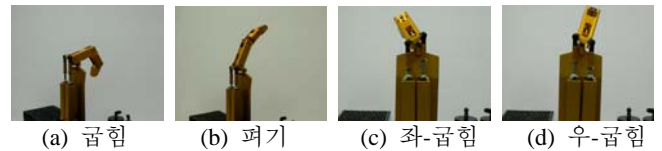


Fig. 6 Robot finger application using MHCC

6. 결론

본 연구의 목적은 리니어 액추에이터를 구동할 수 있는 마이크로 유압발생장치를 개발하여 이를 응용하는 것이다.

MHCC는 부품수가 적고 경량이며 원통캠 기구와 피스톤을 이용하여 체크밸브(check valve)가 필요 없는 간결한 구동 메커니즘을 가지고 있으며 DC 모터와 동일하게 제어 가능하므로 로봇의 각종 구동장치로 사용 가능하다.

MHCC의 캠 선도로는 MS 선도를 선정하였고 피스톤의 스트로크가 끝나는 지점에 정지구간을 설정하여 폐입 구간에 발생하는 압력 변동을 최소화하였다.

후기

본 연구는 지식경제부에서 지원한 “노약자 부축 및 이동 보조를 위한 지능형 양중 로봇 시스템 개발” 사업을 통해서 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Lee, I. Y., Park, J. H. and Kang, M. G., "Flow ripple simulation model of axial piston pump," Proc. of the KSPSE Autumn Conference, 118-123, 2005.
2. Kim, S. H., Hong, Y. S. and Kim, D. M., "Influence of valve plate configuration on torque ripple of a bi-directional bent-axis type hydraulic piston pump," J. of the KSAS, Vol. 35, No. 3, 231-237, 2007.
3. Kim, J. K., Jung, J. Y., Rho, B. J. Song, K. K. and O, S. H., "Pressure Variation Characteristics at Trapping Region in Oil Hydraulic Piston Pumps," Proc. of the KSME Spring Conference, 2071-2075, 2003.
4. Kim, Y. H, Park, T. J., "Measurement of oil pressure distribution between piston and cylinder in relative motion," Proc. of the KSPE Spring Conference, 8-11, 2000.
5. Choi, W. S., Lee, E. K., Wang, D. H. and Lee, S. H., "Design and an Automatic Cylindrical Cam Type Piston Pump without Check-valve," Proc. of the KSPE Spring Conference, 585-586, 2007.
6. 牧野洋, "自動化機械機構學," 機電研究社, 1-353, 1982.