

맞춤형 수압 기반 EHA 설계를 위한 이중 사판식 펌프 특성 연구

Characteristic Analysis of the Double Swash-Plate Pumps for the Customized Design of the Water-based Electro-Hydraulic Actuator

○김 대 경¹, 최 예 린¹ 임 동 원^{1*}

¹⁾ 수원대학교 기계공학과 (TEL: 031-229-8675; E-mail: dwlim@suwon.ac.kr)

Abstract The water-based Electro-Hydraulic Actuator (EHA) system is environment-friendly by using water as a working fluid. Keeping the EHA advantage of its high output ratio per weight, the small size of EHA can make the design flexible, and a few swash-plate pumps in EHA can be composed for the various design requirements. This study experimentally characterizes the performances of the double pump composition in parallel or in series. The series connection increased the pressure by 1.2 times as much as the singular setting. The parallel connection enabled larger volumetric flow (1.6 times). It is concluded that the higher pay-load and the faster response can be obtained by doubling the pumps for the greater pressure and flow rate attributes, respectively. And the pressure and flow-rate characteristics can be applied to the customized EHA design.

Keywords Swash plate pump, Water based EHA system, Serial, Parallel, Customized design

1. 서론

전기-유압 액추에이터(EHA, Electro-Hydraulic Actuator)는 장치의 무게당 출력비가 높아 항공기의 기계 구동 장비나 Boston Dynamics사의 보행 로봇에도 사용되고 있다. EHA는 모터(DC Motor), 사판식 펌프(swash-plate pump), 구동기(actuator)로 구성된다. 기존 EHA의 작동 유체가 기름인 반면 본 연구에서 사용되는 수압 기반 EHA는 물을 사용하여 환경을 오염시키지 않는 장점이 있어 적용 범위가 크다. 게다가 깨끗한 물은 현대화된 공장에서 값싸게 상시 공급되어, 누출되어도 쉽게 보충이 가능하고, 물은 화재 위험이 없다.

최근에는 EHA의 응용분야를 더 확대하기 위해 소형화 설계가 제안되었다[1]. 소형 EHA를 다중으로 구성하면 설계 요구(용량) 조건에 맞도록 맞춤형 설계가 가능하므로 전체 설계 단가를 낮출 수 있다. 또, 필요 요소 부위에 펌프를 분산시킬 수 있고, 펌프의 조합 방식에 따라 다른 성능을 보일 수 있어 단일 펌프에 의한 EHA를 사용하는 것보다 설계가 더욱 유연해진다. 이러한 맞춤형 설계를 위해서 펌프의 압력과 유량 성능을 바탕으로 한 공학적인 특성을 파악해야 한다.

본 연구에서는 수압 기반 소형 EHA를 단일로 구성하였을 경우와 다중 펌프를 직렬, 병렬로 연결하여 구성하였을 경우에 대한 공학적 특성을 실험적으로 분석 후 비교 고찰하고자 한다.

* 본 연구는 중소벤처기업부의 2021년도 창업성장기술개발사업에서 지원하여 연구하였음. (No. S3055132)

2. 펌프 실험 계획

다음 그림 1의 유체회로도와 같이 실제 시스템을 구성하여 실험을 진행한다. 시스템은 펌프, 펌프를 회전시키는 전기모터, 선형 운동을 하는 구동부 실린더, 구동부에 연결된 하중, 실린더의 피스톤 위치를 측정하는

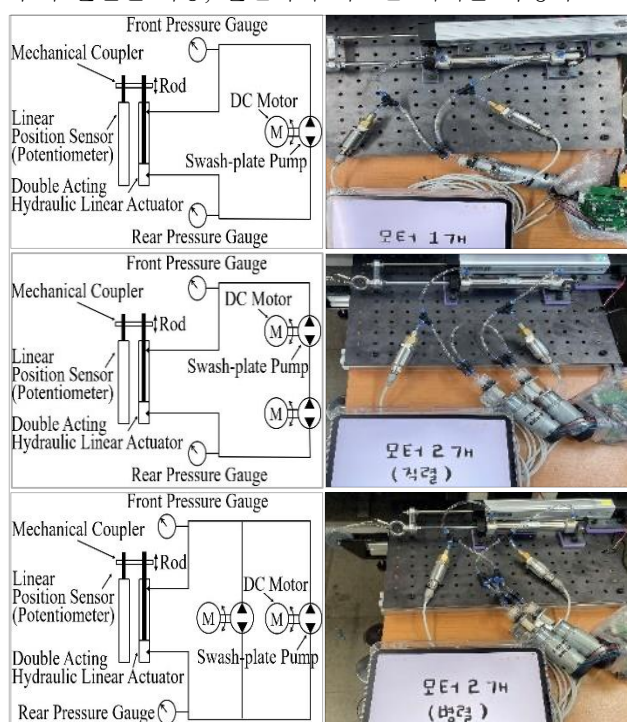


그림 1. 실험 유체 회로 (위: 단일 모터-펌프, 중간: 모터-펌프 직렬 연결, 아래: 모터-펌프 병렬 연결)

거리 센서, 작동 유체에 대한 압력 센서로 구성된다.

본 실험은 구동기에 추가적인 하중 없이 무부하인 상태에서 구동기 끝 위치가 거리 센서와 가까운 위치는 상승 모드와 실린더와 멀어지는 하강 모드로 나누어 진행하며 길이 센서를 통한 길이 변화와 압력센서를 통한 압력을 측정한다.

3. 실험 결과 및 토의

2절에서 계획한 실험을 통해 구동기 피스톤의 변위(그림 2)와 유체 회로 압력을 측정하였다.

표 1과 같이 직렬 연결 구성은 총 108mm 위치 변화로 단일 연결 구성(46.8mm)과 병렬 연결 구성(41.6mm)일 때 보다 큰 변화를 보였다. 각 연결방식에서 유량을 비교해보았을 때, 단일 모터와 직렬 연결의 경우 각각 1090 mm³/s 와 1050 mm³/s 로 비슷하였고 병렬 연결의 경우 1790 mm³/s 로 앞의 두 경우보다 컸다. 병렬 방식의 경우 하중 이동 시간이 7.4초로 가장 짧은 이유는 유량이 1.64배 많기 때문으로 고찰된다. 하지만 2개의 펌프를 병렬로 연결해도 2배 유량이 만들어지지 않는 것이다. 또 직렬 시스템의 소요시간이 단일모터대비 1.74배 늘어난 이유는 구동기 최종 변위가 60mm 더 크기 때문이다. 이것은 직렬 구성에 따른 압력 상승에 의한 것으로 고찰되었다.

표 1. 측정된 구동기 변위, 소요시간, 유량 비교

	단일 모터	직렬 연결	병렬 연결
구동기 변위 [mm]	46.8	108	41.6
총 소요시간 [s]	22	38.3	7.4
유량 [mm ³ /s]	1090	1050	1790

하중 위치 동작 방향에 따라 상승, 하강 모드로 나누어 압력을 그림 3과 같이 측정하였다. 상승 모드에서는 중력 반대 방향으로 하중을 이동시켜야 하기 때문에 압력이 높게 그리고 길게 상승하고, 하강 모드에서는 중력이 하중의 이동을 돕기 때문에 압력이 더 빨리 떨어진다. 상승 시 압력은 단일 구성(0.79MPa)과 병렬 구성 (0.763MPa)이 서

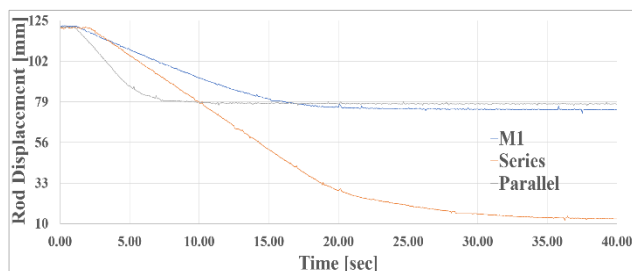


그림 2. 상승모드에서 하중 위치 변화

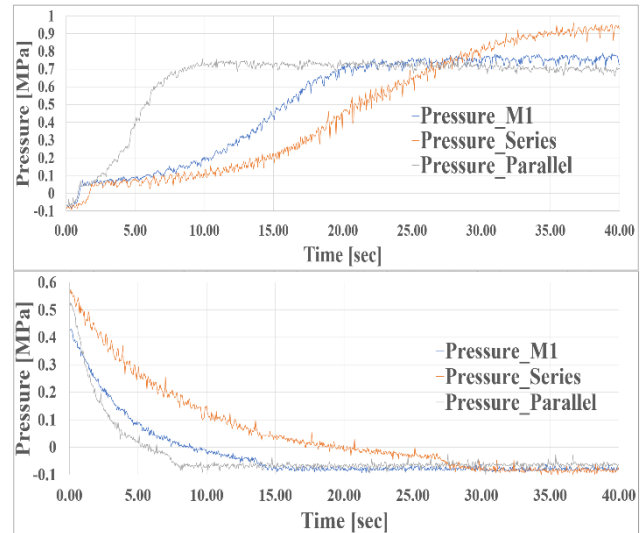


그림 3. 시간에 따른 압력 변화 (위: 상승 모드, 아래: 하강 모드)

로 비슷했고, 직렬 구성의 경우 0.963MPa으로 대략 1.2배 높았다. 하강모드에서는 단일, 직렬, 병렬 모드에서 각각 0.43 MPa, 0.576 MPa, 0.527 MPa으로 측정되었다. 하강 모드에서는 중력의 영향으로 세 구성 세트 모두 유사한 결과가 나온 것으로 고찰된다.

4. 결론

본 연구에서는 소형 EHA 를 위한 다중 펌프 구성에 대한 동작 특성을 실험적으로 분석해 보았다. 단일 펌프와 다중 펌프를 직렬, 병렬 방법으로 구성한 세트를 비교하였다. 실험 결과 이중 병렬 구성으로 1.6 배의 유량이, 그리고 이중 직렬 구성으로 1.2 배의 압력을 더 얻을 수 있었다. 구동기가 하중을 올리는 상승 모드 실험을 바탕으로 볼 때, 병렬 구성으로 증가된 유량은 상승 시간을 줄이며, 직렬 구성으로 높여진 압력은 가반하중을 증가시키는 것으로 결론지을 수 있다. 이를 바탕으로 보다 빠른 응답성 또는 요구 하중에 따라 펌프를 새로 만들 필요없이 다중 소형 펌프를 조합하여 사용할 수 있을 것이다.

향후 다중 구성에 따른 유량, 압력 변화를 해석적으로 분석해보고, EHA 성능 향상을 위한 설계 방안을 제시할 것이다. 또, 해석적 연구를 바탕으로 제어 방법을 제안할 것이다. 이후에는 다중 펌프의 공학적 특성을 바탕으로 로봇과 같은 실제 장치에 적용시켜 방법을 검증할 예정이다.

참고문헌

- [1] 송하권 외, “소형 EHA 시스템을 위한 사판식 수압 펌프의 소형화 설계,” 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집, 제6호, pp.44-45, 2021.