

시뮬레이션 모델을 이용한 항공기용 유압 펌프의 특성에 관한 연구 The Study of Characteristic of Hydraulic Pump for Aircraft using Simulation Model

*조재홍¹, 이성민¹, 서종인², 박종후³, 김근배⁴, #박명관⁵

*J. H. Cho¹, S.M. Lee¹, J. I. Seo², J. H. Park³, K. B. Kim⁴, #M. K. Park(mkpark1@pusan.ac.kr)⁵

¹ 부산대학교 지능기계공학과, ² 두산 모트롤, ³ 국방과학연구소,
⁴ 한국항공우주연구원, ⁵ 부산대학교 기계공학부

Key words : Hydraulic, Variable Displacement, Pump, Aircraft, Simulation Model

1. 서론

항공기용 유압시스템에서 펌프는 일반적으로 효율이 높고, 넓은 압력 영역을 가지고 있는 엑시얼 피스톤 펌프를 일반적으로 사용하고 있으며, 시스템 적용 및 개발을 위하여 관련 유압부품에 대한 성능평가를 위한 해석과 설계기술의 개발이 필수적으로 요구되고 있다. 반면, 항공우주산업 자체가 고부가가치 산업인데 비하여 초기 대규모의 연구개발투자자와 시설투자가 필요하며 투자회수 기간이 긴 특성을 가지고 있으므로 후발 개발자 및 생산자의 시장진입이 어렵고 제품의 신뢰성 확보 또한 어려운 특성을 가지고 있다. 특히 안보와 직결되는 산업이지만 국내 항공기용 유압산업은 청정 비나 저 부가가치의 단품가공 수출에 한정되었기 때문에 기술이 크게 부족하여 독자적인 완품개발이 어려운 실정이다. 더욱이 유압부품의 성능해석 및 설계기술은 크게 낙후된 실정이므로 원활한 기능을 발휘하고 높은 신뢰성을 보장하기 위한 펌프의 정확한 해석이 필수적으로 요구된다.[1]

1980년대 이후로 급격히 발달한 디지털 컴퓨터의 확산으로 인하여 공학분야에서는 시뮬레이션에 대한 지속적인 성장과 발달이 지속되어 왔으며, 본 연구에서 가변용량형 피스톤 유압펌프의 시뮬레이션 모델 개발을 위한 기반으로 사용되고 있는 상용 프로그램은 AMESim은 정확하고 실험적으로 검증된 시뮬레이션 환경을 제공한다.[2]

펌프의 해석은 복합적인 유체력 부분과 기구부분으로 구분하여 볼 수 있다. 오늘날의 시뮬레이션 목적은 물리적인 목업(mock-up)을 넘어서 완전하게 기능을 포함할 수 있는 가상 프로토타입(virtual prototype)을 만드는데 있다. 따라서 시뮬레이션 모델은 유압 특성뿐만 아니라 복합적인 다물체 시스템이며 이는 두 가지 측면을 고려해야 한다. 첫 번째는 펌프 모델 요소에 개별적으로 작용하는 작용력에 대한 평가이고, 두 번째는 펌프 내부에서의 마찰특성에 대한 평가이다.[3]

본 연구에서는 유체력적인 부분을 해석하고 설계 검증을 위하여 AMESim을 이용한 시뮬레이션 모델을 개발을 통하여 압력 보상기의 특성에 따른 전체 펌프에서 발생하는 특성 및 영향에 대하여 평가하였다.

2. 항공기용 유압 펌프의 구조 및 작동

Fig. 1에서는 항공기용 유압펌프의 구조를 보여주고 있다. 본 연구에 사용된 항공기용 유압펌프는 사판식 가변용량형 피스톤 펌프로서, 펌프에서 토출되는 유량 및 압력이 압력보상기 설정에 따라 가변되는 기능을 가지고 있으며, 주요 구성품을 보면 크게 회전체 부분과 압력 보상기 부분으로 구분할 수 있다. 회전체 부분에는 (1)실린더 배럴, (2)펌핑피스톤, (3)임펠러가 있으며, 압력보상기 부분에는 (4)컴펜세이터(compensator), (5)엑추에이터 피스톤, (6)사판(swash plate)이 있으며, (7)포트블럭으로 구성되어 있다.

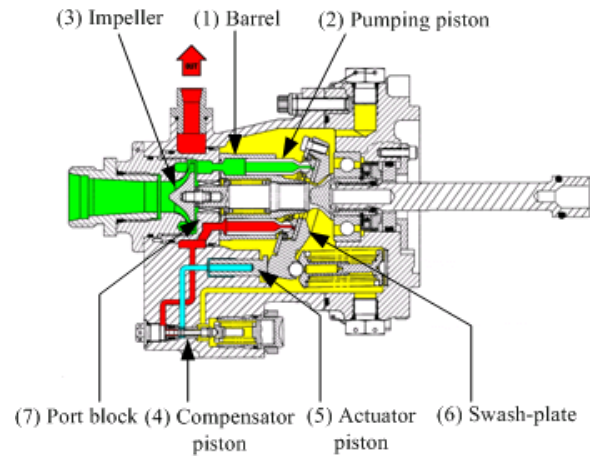
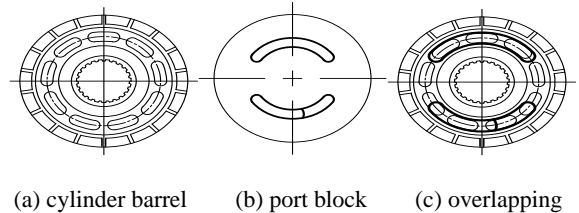
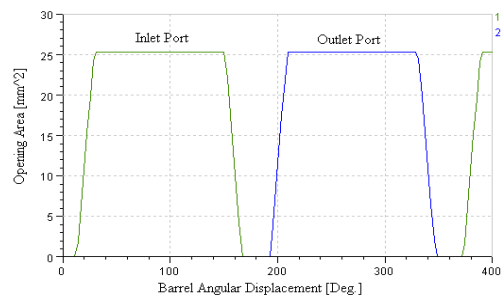


Fig. 1 Structure of aircraft hydraulic pump



(a) cylinder barrel (b) port block (c) overlapping



(d) Port block opening area w.r.t barrel angular displacement

Fig. 2 Port block opening area

3. 시뮬레이션 모델을 이용한 특성 평가

펌핑 피스톤은 피스톤과 피스톤 슈로 구성되어있으며, 동력원으로 구동되는 축의 각속도에 따라 목표표하는 유압력(토출 유량, 토출 압력, 케이스 드레인 압력 및 유량)을 내도록 설계되어 있다. AMESim을 이용한 펌핑 피스톤의 모델에서 실제 펌프에서의 설계 파라미터를 이용하여 모델링하고 그 값들을 조정하면서 최적의 파라미터를 찾아내고 있다. 각각의 펌핑 피스톤은 포트블럭의 흡입포트와 토출포트를 교차하면서 흡입과 토출행정을 반복하게 된다. Fig. 2에서는 실린더 배럴의 각변위에 대한 포트블럭의 흡입, 토출의 개구면적을 나타내고 있다.[4] Fig. 3은 포트블럭의 개구특성에 따라서 리저버 탱그와 연결되어져 있는 흡입측과 연결된 경우는 탱크압력과 유사한 압력이 형성됨을 보

여주고 있으며, 부하단과 연결되어져 있는 토출측에는 부하측의 압력이 형성되고 있음을 알 수가 있다. 특히, 고속 영역 작동하는 항공기용 펌프의 특성상 노치가 없이 작동하고 있으며 토출포트에서 급격하게 사점(dead zone)으로 들어갈 경우 서지압을 발생되는 현상을 알 수가 있다.

압력 보상기는 크게 컴펜세이터 밸브와 액추에이터 피스톤으로 나누어진다. 토출측에서 형성된 일정 이상의 압력이 컴펜세이터 밸브의 스톱에 작용하여 밸브가 작동하고, 이때 형성된 오리피스 통과 유량이 액추에이터 피스톤에 작용하므로써 사판의 각변위를 발생하게 된다.

압력 보상기의 모델에서, 컴펜세이터 밸브를 지지하고 있는 스프링의 힘을 설정함으로 개시압력(cracking pressure)을 최적의 값으로 설정하고, 스톱의 변위에 따른 오버랩 특성과 개구면적을 나타내어 주고 있다. 컴펜세이터 밸브는 초기설정이 약간의 오버랩 특성을 보여주고 있으며, 스톱 랜드 양단의 언더랩 특성에 따라 액추에이터 스톱의 응답 특성이 다르게 나타난다. 즉, 스톱을 통과하는 오리피스 통과유량이 액추에이터 피스톤 공급되고 케이스 드레인 포트로 빠져나가는 시간 지연에 따른 액추에이터 피스톤의 채터링이 야기될 가능성이 있다.

Fig. 5 에서는 압력 보상기를 포함한 펌프 전체 모델에 대한 유량 특성을 보여 주고 있다. 실제 시험에서 나온 결과보다 유량이 일정량 이상이 초과되고 있음을 알 수가 있다. 즉, 펌프 내부에서의 케이스 드레인 유량과 외부 누설, 기계적 효율을 저하시키지만 체적효율을 증가시키는 피스톤과 실린더 배럴 사이에서의 공차의 불일치로 인하여 체적효율이 시험치 보다는 시뮬레이션 결과가 우수하게 나오는 것을 확인할 수 있다. 본 시뮬레이션은 각각 1000, 2000, 3000, 4000 과 4723rpm 에서 시행하여 그 결과를 보여주고 있다.

4. 결론

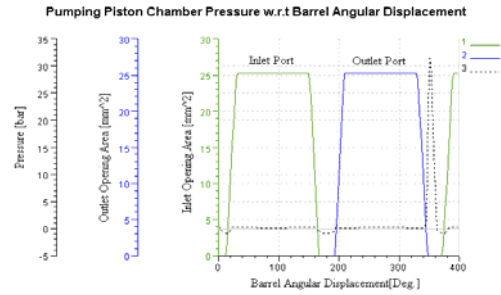
본 연구를 통하여 항공기용 유압펌프 설계에서 요구된 전체적인 특성을 알 수 있었고, 더욱이 각각의 개별 컴포넌트에서의 특성을 빠르게 검증할 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발 할 수가 있었다. 내, 외부에서 발생되고 있는 누설량 및 가공시의 허용 공차에 따른 기계적 효율 및 체적효율의 영향 평가를 볼 수가 있으나 전체적으로 기계적 효율과 회전체 부분에서 발생하는 피스톤 수와 사판의 압판과의 모멘트의 부분에서는 기구 동역학 상용 프로그램을 인터페이스시킴으로서 좀 더 근접한 시뮬레이션 결과가 요구되고 있다.

후기

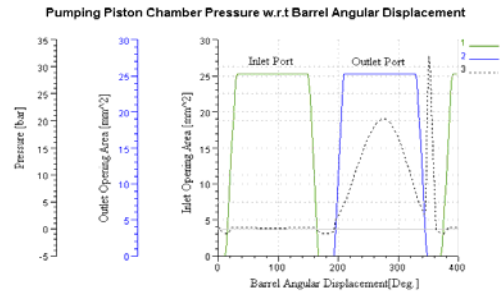
본 논문은 지식경제부에서 주관하는 KHP 민군겸용 핵심 구성품 개발사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Noah D. Manring, The discharge flow ripple of an axial-piston swash-plate type hydrostatic pump, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol.122 (2000) 263-268.
2. K. A. Edge and J. Darling, The pumping dynamics of swash plate piston pumps, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol.111 (1989) 307-312.
3. Zeiger. G. and Akers. A., Torque on the swashplate of an axial piston pump, ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol. 201 (1985) 220-226.



(a) unloading condition



(b) loading condition

Fig. 3 A pressure characteristics for the pumping piston

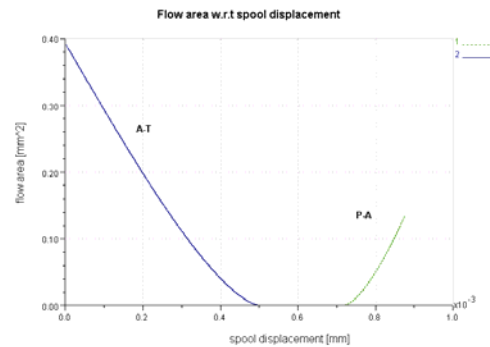


Fig.4 Characteristics of pressure regulator

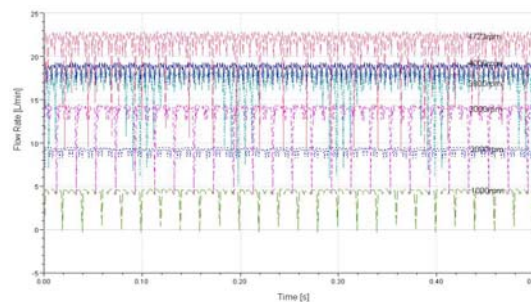


Fig. 5 Delivery flow rate w.r.t variable R.P.M

4. Gilardino. L. Manco. S. and Viotto. F., Torque on the swashplate of an axial piston pump An experience in simulation: the case of a variable displacement axial piston pump, Journal of Hydraulic Power Systems, 1999