

항공기용 가변 용량형 피스톤 펌프의 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구

A Study on Simulation Model Development of Variable Displacement Axial Piston Pump for Aircraft

*이성민¹, 서종인², 박종후³, 김근배⁴, #박명관⁵
 *S. M. Lee¹, J. H. Cho², J. I. Seo³, K. B. Kim⁴, #M. K. Park(mkpark1@pusan.ac.kr)⁵
¹ 부산대학교 메카트로닉스 협동과정, ² 두산모트롤, ³ 국방과학연구소
⁴ 한국항공우주연구원, ⁵ 부산대학교 기계공학부

Key words : Variable Displacement Axial Piston Pump, Simulation Model, Co-Simulation, AMESim

1. 서론

항공기용 유압시스템에서 펌프는 일반적으로 효율이 높고, 넓은 압력 영역을 가지고 있는 액시얼 피스톤 펌프를 일반적으로 사용되고 있으며, 시스템 적용 및 개발을 위하여 관련 유압부품에 대한 성능평가를 위한 해석과 설계기술의 개발이 필수적으로 요구되어지고 있다. 반면, 항공우주산업 자체가 고부가가치 산업인데 비하여 초기 대규모의 연구개발투자와 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 항공용 유압산업은 청정비나 저부가가치의 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 AMESim 은 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 차원에서 시스템의 운동과 역학특성을 AMESim 을 통해 수행하기에는 많은 결점을 내재하고 있다.

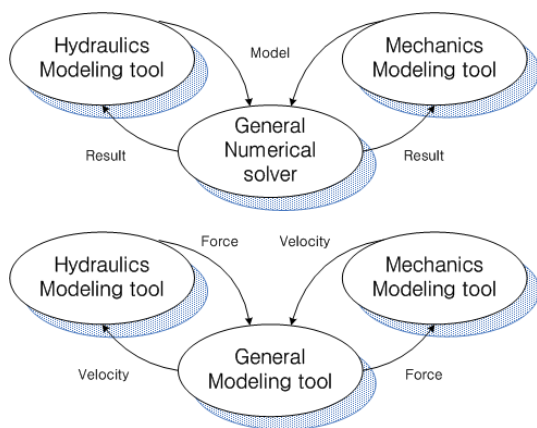


Fig. 1 The method of difference between model transfer method and co-simulation model

따라서 완전한 시뮬레이션 모델 개발을 위해서는 상용 프로그램 MSC.ADAMS 와의 인터페이스를 통한 Co-simulation 모델을 개발한다. 다중영역에서의 시뮬레이션 기법은 모델 전환 기법과 Co-simulation 기법으로 나눌 수 있는데 본 연구의 접근 방식은 Co-simulation 기법을 통하여 모델을 개발하고자 한다.³

본 연구에서는 유체력적인 부분을 AMESim 을 이용하여 우선적으로 개발하고자 한다.

2. 시뮬레이션 모델

Fig. 2 에서는 AMESim 시뮬레이션 환경에서 개발된 밸브 플레이트와 1 개의 피스톤 모델을 보여주고 있다. 밸브 플레이트 모델링에서는 일반적인 형상과는 달리 항공기용 펌프에서는 고압, 고회전 특성과 극한 조건에서도 일정한 압력과 용량을 흡입 및 토출이 가능하도록 임펠러가 포함된 형상 모델링으로 고려하고, 토출포트에서 캐비테이션 방지를 노치 형상이 없고 토출구가 3 개의 토출구로 모여 배출되는 형상으로 모델링하였다. 피스톤의 변위 y 는 식(1)의 함수로 표현한다.^{4,5}

$$y = \sin\left(\alpha \times \frac{\pi}{180}\right) \sin\left[\left(\theta + \frac{360}{1}\right) \times \frac{\pi}{180}\right] \quad (1)$$

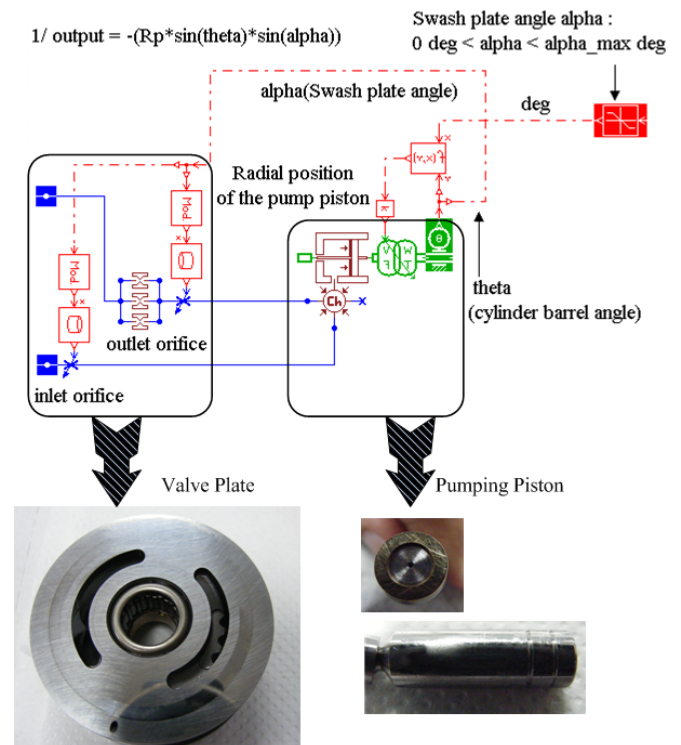


Fig. 2 Component modeling of valve plate and pumping piston using by AMESim

Fig. 3에서는 무부하 상태에서 정격회전수를 인가하여 각각의 사판각에 대한 펌프의 토출유량에 대한 특성을 시뮬레이션하여 보여주고 있다. 펌프에서 사판각의 최소, 최대의 변화폭인 0~15°에서 중간 값을 삽입한 2°, 9°, 16°에서 약 8 lpm, 13 lpm, 19 lpm의 결과를 보이고 있으며, 실제 펌프의 토출유량 실험결과와도 유사함을 알 수가 있었다.

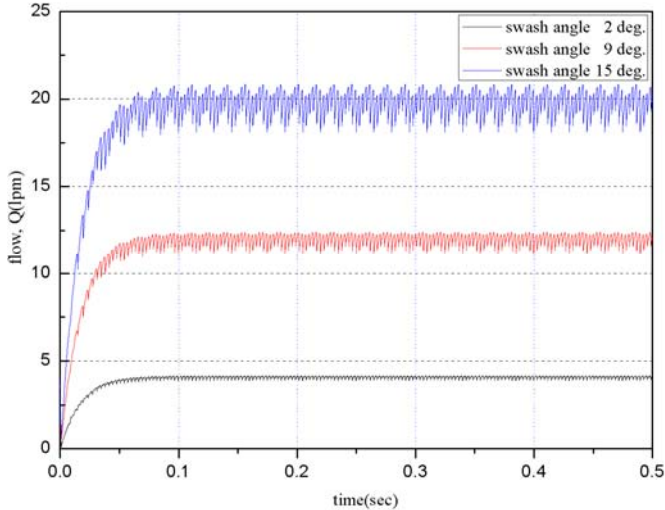


Fig. 3 Delivery flow characteristic at swash plate angle for unload condition

Fig. 4에서는 압력보상밸브의 모델링에 대하여 보여주고 있다. 토출압력과 압력보상밸브 스프링의 강성에 따라 스톱의 개구면적을 도출하고, 스톱의 개구면적을 통하여 액추에이터 피스톤의 변위가 다시 사판의 각도를 조절하는 값으로 된다. 보상밸브는 펌프의 응답성능 특성을 파악하여 다양한 펌프의 설계 및 해석에서 레귤레이터의 특성이나 전기 유압식 사판제어 방식의 해석에 접목되어 폭 넓게 활용되어 질 수 있다.

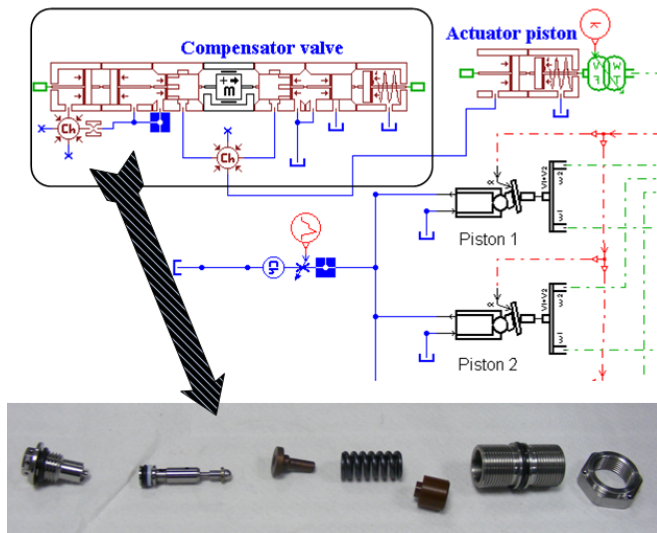


Fig. 4 Component modeling of compensator valve

3. 결론

본 연구를 통하여 AMESim을 기반으로 한 시뮬레이션 모델의 개발절차와 방법, 그리고 해석결과를 나타내었다. 시뮬레이션 모델 생성을 통한 각각 요소들의 유량과 압력의 관계, 압력에 의한 변위와 작용력을 빠르고 정확하게 얻을 수 있는 장점이 있었다. 특히 이를 기반으로 항공기용 유압펌프의 해석을 토대로 모델 수정 및 새로운 모델

개발에 활용할 수 있다. 하지만 AMESim이 가지고 있는 개별적인 요소간의 작용과 반작용의 관계, 힘의 평형관계, 3차원 기구학적인 측면에서의 피스톤의 운동과 마찰특성을 파악하기는 어려운 약점을 지니고 있으므로 ADAMS를 이용하여 주요 요소들의 상호관계를 파악할 필요가 있다. 특히 압력 분포에 따른 실린더 배럴과 포트 플레이트 간의 간극과 슬리퍼와 사판의 간극에 따른 특성해석은 중요한 부분이라 하겠다. 향후 각각의 프로그램에서 나온 결과를 가지고 수치해석으로 접근하는 것이 아니고 기구부 부분과 유체부 사이의 값을 상호 값으로 인터페이스하여 교환 가능한 co-simulation 모델 개발을 필요할 것이다.

후기

본 논문은 지식경제부에서 주관하는 KHP 민군겸용 핵심구성품 개발사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. “직동력 고응답(Power-By-Wire) 액추에이터 기술개발에 관한 산업분석,” 산업자원부, 2006.
2. Roccatello, A., Manco, S., Nervegna, N., "Modelling a Variable Displacement Axial Piston Pump in a Multibody Simulation Environment," Transaction of the ASME, 129, 456-457, 2007.
3. Larsson, J., Krus, P., "Concepts for Multi-Domain Modelling and Simulation," in Proceedings of The Seventh Scandinavian International Conference on Fluid Power, SICFP 2001, 2001.
4. "Technical Report, Development Test Report," Eaton Aerospace, 2008.
5. "Modeling an Axial Piston Hydraulic Pump, Technical Bulletin n207.," IMAGE Co.Ltd.