

운전 인자 변동에 따른 원심압축기 동적 거동 해석 모델

정문청¹⁾ · 한재영¹⁾ · 유상석^{*2)}

충남대학교 대학원 기계공학과¹⁾ · 충남대학교 기계공학과^{*2)}

Dynamic simulation model of turbo-compressor via variation of operating parameter

Mooncheong Jung¹⁾ · Jaeyoung Han¹⁾ · Sangsuk Yu^{*2)}

¹⁾ Department of Mechanical Engineering, Chungnam national University, 79 Daehangno, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-764, Korea

^{*2)} Department of Mechanical Engineering, Chungnam national University, 79 Daehangno, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-764, Korea

Abstract : 터보압축기의 서지는 소음과 맥동을 유발하여 압축기 시스템에 큰 피해를 입히며 압축기 제어에 많은 제약을 가지고 온다. 기존의 산업용 압축기는 부하 변동성이 크지 않기 때문에 운전조건을 설정하면서 서지 회피가 가능하도록 영역을 설정한다. 따라서 설계 인자의 영향이 서지의 가장 중요한 인자가 된다. 하지만 차량용 압축기의 경우에는 운전 동특성이 매우 크고 압축기의 차량별 용량도 다양해 설계 인자에 의한 영향 뿐 아니라 운전 조건에 따라서도 크게 영향을 받게 된다. 본 연구에서는 기존의 경험적 모델을 적용한 서지 특성 연구에서 한계로 지적되는 성능 맵을 사용하지 않고 성능 맵을 해석적 방법으로 도출해 낼 수 있는 해석 모델을 개발하고자 한다. 운전 동특성은 압축기 자체만을 고려한 경우보다 압축기 후단의 각종 압력 변동 요인을 고려하여 구현하고자 하며 이를 통해 차량용 압축기 운전 동특성을 보다 유사하게 모사할 수 있을 것으로 보인다. 모델 개발 환경으로는 SIMULINK® 환경을 적용하고자 하며 원심 압축기 시스템의 동특성 모델은 Greitzer의 압축기 모델을 기반으로 다양한 속도에서의 압축기 특성이 에너지 전달과 손실 등을 고려하여 계산되었다. 해석 결과는 실험 결과와 비교 검증을 통해 모델의 타당성을 확인하였으며 운전 특성 변화에 따른 압축기 성능 및 서지 발생 가능성에 대해 확인 하였다.

Key words : Supercharger(슈퍼차저), Surge Phenomenom(서지현상), Centrifugal Compressor(원심압축기), surge control(서지 제어)

Nomenclature

A : area, m²

P: pressure, pa

V: volume, m³

ω : speed, rpm

m: mass flow, kg/s

τ : torque, N-m

J: inertia, kg m²

테링을 진행하였고 GTS4015HP 모델과 40,000 rpm, 60,000 rpm, 80,000 rpm, 100,000 rpm, 110,000 rpm에서의 성능을 비교하여 모델의 정확성을 검증하였다. 이 모델은 압축기의 특성을 이해하고 나아가 압축기 제어의 기반이 될 것이다.

2. 모델링

원심 압축기는 압축기 덕트, 플레넘, 스톨 밸브로 구성되어 있다. 압력비는 다음 식과 같이 표현된다.

$$\Psi_c(m, \omega) = \frac{p_{02}}{p_{01}} = \left(1 + \frac{\Delta h_{0s}}{c_p T_{01}} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (1)$$

1. 서론

본 연구에서는 원심 압축기의 서지 제어를 위한 동적 거동 해석 모델의 개발을 진행하였다. 서지 제어기를 만들기 위해 동적 거동 해석 모델의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 동적 거동 해석 모델의 유도를 진행 하였다. 이를 위해 Greitzer 모델을 통해 SIMULINK® 환경에서 모

따라서 압축기의 동특성 모델은 다음과 같이 나타낼 수 있다. m 은 압축기의 질량 유량,

p_2 는 압축기 후단의 압력, A 는 임펠러의 면적, J 는 관성모멘트, τ_m 는 모터의 토크, τ_c 는 압축기의 토크이다.

$$\dot{p}_p = \frac{a^2}{V_p} (m - k_t \sqrt{p_p - p_{01}})$$

$$\dot{m} = \frac{A}{L_c} \left(1 + \frac{\Delta h_{0s}}{c_p T_{01}} \right) p_{01} - p_p \quad (2)$$

$$\dot{\omega} = \frac{\tau_m - \tau_c}{J}$$

3. 결과

본 연구에서는 압축기의 특성을 보기 위해 5개의 속도로 시뮬레이션을 진행하였다. 각각의 속도에서 최대 유량에서부터 서지점까지의 작동과정을 살펴보았다. 또한 유량의 변화에 따른 압축기 효율을 살펴보았다. 슈퍼차저 GTS4015HP의 성능곡선의 결과는 그림 4에서 볼 수 있다. 모델의 시뮬레이션 결과가 대체적으로 일치함에 따라 본 모델의 동적 거동 결과의 타당성을 확인할 수 있었다.

압축기가 서지 영역에서 운전될 때 압력은 급격한 진동을 일으킨다. 서지 영역으로 접어들 때 압력비는 0.087의 진폭 차로 진동한다.

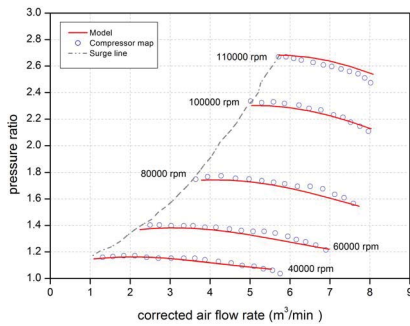


그림. 1 모델과 GTS4015HP의 비교 결과

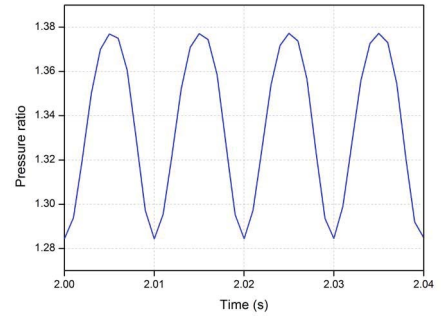
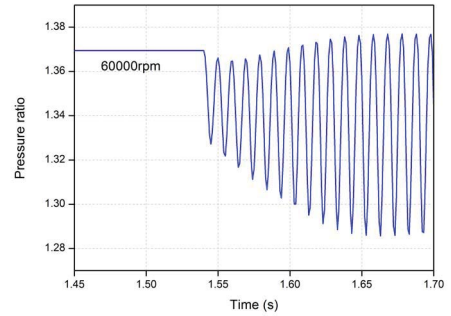


그림. 2 서지 영역에서의 압력 변화

4. 결론

본 연구에서는 터보압축기의 운전 특성 변화에 따른 압축기 성능과 서지 발생의 특징을 보기 위해 동적 모델을 개발하였다. 서지 영역에서 압력과 유량 모두 진동하여 불안정한 운전 특성을 띄었다.

References

- 1) Jan Tommy Gravdahl, F. Willems, B. Jager, O. Egeland, "Modeling of surge in Free-Spool centrifugal compressor: Experimental Validation", Journal of Propulsion and Power Vol. 20, No. 5, 849-857, 2004
- 2) D.A. Fink, N.A. Cumpsty, and E.M. Greitzer, "Surge dynamics in a free-spool centrifugal compressor system", Journal of Turbomachinery, 114 : 321-332, 1992