

초고속 유연회전체의 위상조절법을 이용한 능동진동제어 시뮬레이션

나재봉*(창원대 대학원 기계공학과), 김성원(창원대 기계공학과), 이원창(창원대 기계공학과), 김재실(창원대 기계공학과)

Simulation of active vibration control using phase adjusting method with high speed flexible rotor system

J. B. Na(Mech. Eng. Dept., CNU), K. S. Kim(Mech. Eng. Dept., CNU), W. C. Lee(Mech. Eng. Dept., CNU), C. S. Kim(Mech. Eng. Dept., CNU)

ABSTRACT

This study proposes a new simulation method of high speed rotor system with the dynamic model using multi body dynamic analysis tool and with a new phase modulating technique as a system control algorithm. A dynamic model of high speed rotor system was built by, ADAMS, commercial multi body dynamic program. The phase modulating technique is a new control algorithm for a rotor system. This algorithm can control system using an adaptive proportional gain and an adaptive phase which are obtained from periodical input signal. To make control system, a ADAMS model and component parameters and phase controller was composed by Matlab Simulink And simulate it.

Key Words : Flexible rotor (유연 회전체), Active control (능동제어), Phase adjusting (위상조절)

1. 서론

회전체의 고속화 정밀화를 위해 자기 베어링 또는 에어 베어링 등의 능동제어가 가능한 특수 베어링을 사용한 회전체 시스템의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 한편 자기베어링은 메카트로닉스 기계요소로서 전자기력을 이용하여 회전축을 비접촉식으로 지지하므로 윤활이 필요 없기에 작동온도범위가 넓고 우주공간과 같은 진공 속에서도 작동이 가능한 장점이 있다. 이로 인해 고속화 정밀화를 달성하기 위해 회전기계에서 자기 베어링을 이용한 회전체 시스템에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 자기베어링은 일반 저널 베어링 또는 구름 베어링과 달리 운전 중 제어가 필요한 베어링이고 제어의 정확도는 베어링의 정밀도와 직결된다. 그러므로 자기 베어링의 능동제어기법에 관한 연구와 제어 모델구축 및 시뮬레이션은 자기베어링의 개발 이후 지속적으로 이루어지고 있다.

한편 기계 시스템의 제어연구에 있어서 효율적인 제어 알고리즘을 개발 또는 적용을 위한 제어모델 구축과 제어 시뮬레이션은 필수적이다. 그리고 제어 모델을 구축할 때 제어 알고리즘 구현만큼 중요한 것이 실제 시스템의 정확한 플랜트의 모델링이라 할 수 있다. 이는 제어 모델에서 정확한 플랜트

의 모델링이 이루어지지 않는다면 제어 알고리즘을 실제 적용 시 이론상의 제어효과를 발휘 한다고 장담할 수 없기 때문이다. 마찬가지로 자기베어링의 제어연구에 있어서도 정확한 시스템의 모델링도 선결 조건이 된다. 일반적으로 자기 베어링을 포함하는 회전체의 시스템 모델링은 일반적인 제어 기법에 따른 전달함수를 이용한 전달함수 모델, 그리고 상태공간 방정식을 이용한 상태공간 모델이 사용되어왔다. 이 두 모델은 컴퓨팅 시간 및 모델의 정확성 등에서 서로 장단점을 포함하고 있으며 좀더 정확하고 효율적인 회전체 모델 개발이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 초고속 회전체의 유연회전체 모델 작성 및 위상조절법을 이용한 제어를 위해 자기베어링-회전체 시스템을 상용 전산동역학 프로그램인 ADAMS를 이용하여 모델링 하였다. 또한 제어알고리즘으로 위상조절법을 사용하여 Matlab Simulink상에서 제어기를 작성하였다. 제어모델을 구축하고 시뮬레이션을 통해 제어가능성을 확인하고자 한다.

2. 유연회전체 모델작성 및 제어계 작성

회전체의 모델의 주축의 직경은 42mm 이고 총길이는 300mm 정도이다. 2개의 베어링지지 포인트가 있

으며 이를 ADAMS 상의 Bushing Connector 요소로 모델링하였다. 회전체의 바디는 먼저 탄성체로 모델링한 후 필요한 조인트를 구축하고 다시 ADAMS 상의 AutoFlex 모듈을 이용하여 탄성체로 전환하였다

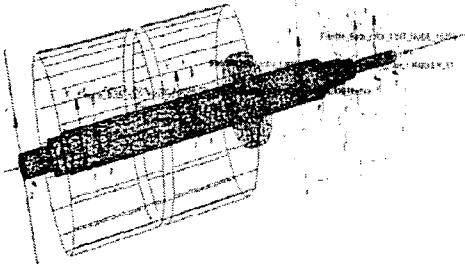


Fig. 1 Flexible body model of rotor system

생성된 유연회전체에 회전력을 부과하기 위해 축 외부에 실린더형태의 강체를 부과하고 이를 Ground에 고정 한 후 여기서 회전력을 전달하였다. 회전속도는 40000rpm을 각속도로 변환하여 시간에 대한 함수를 적용하였다. 또한 유연체 모델을 Matlab Simulink 상에서 제어 플랜트로 적용하기 위해서 ADAMS control 모듈을 이용해 변환하였다.

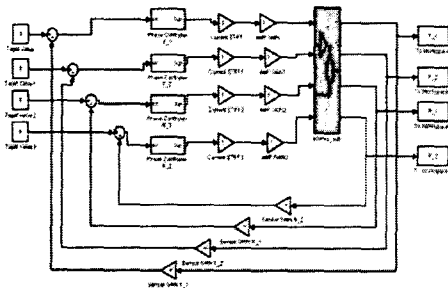


Fig. 2 Simulink model without phase controller

Fig. 2는 위상조절기가 포함된 제어 모델로서 폐환 제어계를 형성하고 있다. 입력과 출력이 모두 4채널 이므로 플랜트의 각 축에 연결된 센서신호를 센서게인을 통과하여 증폭하고 이를 목표치와 비교하여 서브시스템으로 구성된 위상조절기를 통과한 제어 신호를 자기베어링의 위치강성과 파워앰프의 게인값을 곱하여 플랜트에 자기력으로 입력되게 된다.

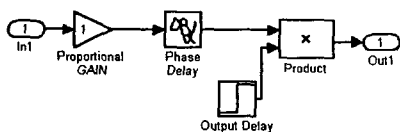


Fig. 3 Sub system of phase controller

Fig. 3은 위상조절기의 서브시스템으로 비례게인을 부여하고 위상을 조절하고 입력신호를 얼마만큼 늦출 것인지 조절할 수 있도록 구성되었다.

3. 제어 시뮬레이션 결과

제어 시뮬레이션은 0.5 동안 수행하였고 결과를 시간과 각 축의 변위로 출력하였다. Fig. 4와 Fig. 4.5는 전방베어링의 중력방향의 진동을 제어전과 제어 후로 나누어 나타내었다. Y축의 크기는 $-2.5 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-7}$ [m]이고 시간은 0.05 ~ 0.5 [s]의 범위로서 제어 후에는 진폭이 줄어들면서 진동중심이 목표위치인 0에 접근함을 볼 수 있다.

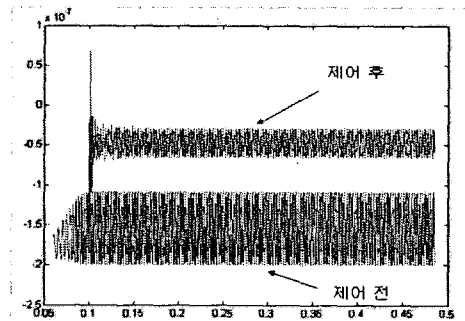


Fig. 4 Controlled and Uncontrolled vibration of in front bearing

4. 결론

다물체 동역학 S/W를 이용한 회전축의 유연 회전체의 동역학모델을 구축하였다. 위상조절법과 동역학 모델을 이용한 제어시뮬레이션 결과 베어링의 초기 처짐량을 제어를 통해 보상하면서 진동을 줄일 수 있으므로 위상조절법을 이용하여 제어가 가능함을 확인하였다.

후기

본 연구는 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- 이원장, 김성원, 김재실, 최현오, "동역학 S/W와 연계한 회전체 제어의 모델링에 관한 연구" 한국정밀공학회 추계논문집, pp. 280-283 2005
- 이원장, 김성원, 김재실, 최현오, "위상조절법에 의한 유연회전체의 능동제어에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계논문집, pp. 906-909, 2005