

고진공 터보복합분자 펌프 자기베어링 제어 기술

노승국¹, 경진호¹, 오형록², 박용태³, 고득용¹

¹한국기계연구원, ²(주)신호시스템, ³(주)제일진공

반도체 공정 등에서 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ mbar의 고진공 환경을 제공하기 위하여 사용되는 고진공 터보분자펌프 (Turbomolecular Pump, TMP)는 다층의 회전깃을 갖는 로터를 회전시켜 분자를 배출시키는 방식을 사용하는 진공펌프이다. 또한 최근에는 디스플레이 및 반도체 공정에서 높은 진공도뿐만 아니라, 높은 배기속도를 요구하는 추세에 따라, 터보 펌프와 드래그 펌프부분을 동시에 가지고 있어 상대적으로 작동 진공도 영역이 넓은 복합 분자펌프(Compound Turbomolecular Pump, CMP)의 활용도가 넓어지고 있다. 이러한 분자펌프가 장시간의 고속회전에 적합하도록 비접촉 방식인 자기부상 방식의 적용이 최근 거의 표준화 되어 있다.

자기베어링 시스템은 전자기력을 이용하여 자성체인 회전축을 부상시켜 함으로써 비접촉 고속 회전이 가능하여 윤활이 용이하지 않은 진공 환경 등 가혹한 환경에 적합하며, 터보분자펌프는 자기베어링이 가장 널리 사용되고 있는 분야이기도 하다. 자기베어링 시스템의 설계는 크게 하드웨어와 소프트웨어로 나누어질 수 있는데, 하드웨어의 경우 전체 로터 시스템의 특성을 고려하여 설계되어야 하며, 주로 자기베어링 코어와 코일, 변위센서 및 전력 증폭 시스템 등의 기전적인 요소들이 이루어져 있다. 하드웨어 설계와 함께 제어시스템의 설계도 매우 중요하며, 이는 자기베어링 시스템이 불안정한 특성을 갖는 개루프계를 갖고 있으므로 안정화를 위한 능동제어 시스템이 필수적이며 진동제어 등 여러 가지 기능이 요구되기 때문이다.

본 논문에서는 이러한 자기부상형 고진공 복합분자펌프의 제어를 위한 선형제어시스템의 구성을 실제 시스템의 적용을 통하여 설명하였다. 각 제어기는 DSP 를 이용한 디지털 제어시스템으로 구성되었으며, 2,500 l/s 급의 복합 분자펌프 시작품에 적용하여 25,000 rpm 까지의 기본 성능시험을 수행하였으며, 발열 특성의 개선을 위한 비선형 제어기의 설계 사례에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다.

Keywords: 터보분자펌프, 복합분자펌프, 자기베어링, 디지털제어