

지능형 고속 회전기 요소 및 시스템의 안정화 해석/설계기술

김 창 호
(KIST 시스템연구부)

기술의 개요

최근의 회전 기계 시스템은 단위 중량 당 에너지 효율을 높이기 위하여 고속화 소형화(경량화) 추세이며 이에 따라 불안정성이 증대되는 경향이 있다. 이를 개선하기 위하여는 회전기 요소의 연구가 필수적인데 이는 결국 기계시스템의 내구성 및 안전과 경쟁력 향상에도 직결되는 중요한 사항이 된다. 여기에서는 고속 회전기 요소 및 시스템 안정화 해석설계 기술과 관련, 한국과학기술연구원(KIST) 트라이볼로지 연구센터의 로터다이나믹스팀이 현재 보유하고 있거나 개발 중인 기술들을 소개함으로써 향후 고속화를 통한 회전기계 시스템의 세계적 경쟁력 향상은 물론 새로운 관심사로 떠오르는 지능형 회전기기 시스템과 초소형 회전기기 시스템에 관련된 연구 개발을 소개하고자 한다.

기술의 세부 내용

● 회전 기기 요소(베어링, 시일, 댐퍼) 설계 기술

회전기 요소 중 고속 회전에 따른 유동의 전단력에 기인한 불안정성은 베어링 및 시일 혹은 댐퍼 등에서 자주 발생한다. 따라서 이를 개선하기 위한 일련의 연구 내용을 소개하고 또한 최근 관심사인 초소형 회전기기에 관하여 간략히 소개한다.

스마트 베어링이라 함은 시스템의 운전 중 진동 상태를 감지하고 이에 따른 적절한 제어가 가능한 메카니즘을 보유한 베어링을 말한다. 여기서 소개하고자 하는 스마트 베어링은 1995년 KIST에서 최초로 고안한 "스윙 제어형 하이브리드 저널 베어링"(swirlcontrolled hybrid journal bearing)이다. 이 베어링의 특징은 틱새 내의 점선류의 속도를 제어하기 위하여 스윙 및 역스윙의 짝 형태로 구성된 유로를 구

성하여 고속 회전에 따른 유동의 세기 및 방향을 조절하여 휘돌림 주파수를 안정화된 방향으로 유도하는데 있다.

또한 공기를 윤활제로 하는 공기 포일 베어링은 주로 냉각, 보온 그리고 기압 조절 등을 위해 항공기에 사용되며, 고속에서 안정성, 내구성 및 신뢰성이 뛰어난 특성을 나타낸다. 현재 KIST에서는 공기 포일 베어링 안정성과 신뢰성 시험을 통하여 베어링 설계 및 제작에 있어 최적화 기술을 정립하고 더 나아가 이를 상용화 제품에 적용하는 연구를 수행 중이다.

또 하나의 연구대상은 최근 MEMS(micro electro mechanical system) 분야가 급속히 확산함에 따라 MEMS기술을 응용한 초소형 회전기 시스템에 관한 연구와 마이크로 베어링에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

현재 KIST에서는 Deep RIE 혹은 미세 가공 연구와 윤활 이론으로는 미끄럼 유동(slip-flow)의 영향 및 천이 영역 해석(transient analysis) 연구를 수행하고 있다.

그림 1 스마트 베어링의 개념도

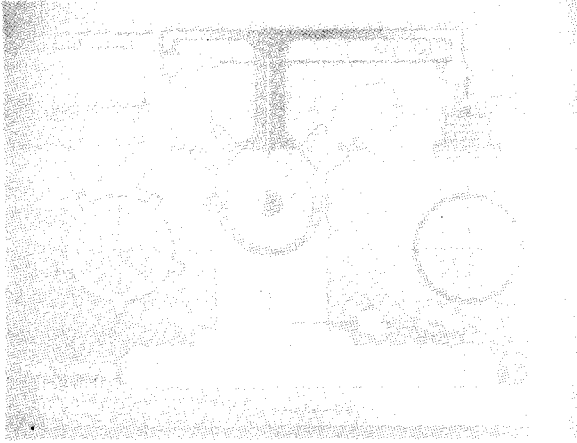


그림 2 포일 베어링의 시험기 및 개념도

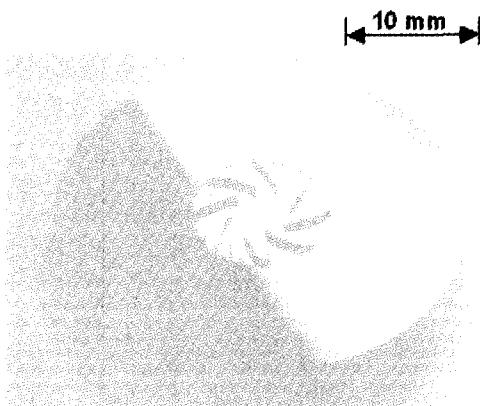


그림 3 마이크로 가스 터빈

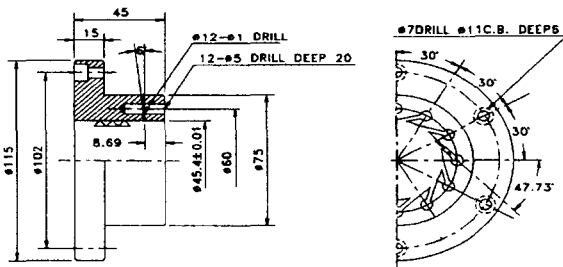


그림 4 ASIS 시일의 개념도

베어링 이외에 회전기 요소로서의 시일의 설계 및 제작의 중요성은 터빈, 압축기, 펌프 등 산업용 회전기계의 트리보 요소 부품의 핵심기술 중의 하나로 시스템의 안정성 향상은 물론 누수(leakage)량에 따른 시스템의 효율과 밀접한 관련이 있어 매우 중요한 기술 중의 하나이다. 1993년 KIST에서는 3년간의 연구 끝에 동적 안정성 및 누수 특성이 우수한 ASIS(anti-swirl injection seal)을 개발하였다. 현재 이를 상업화

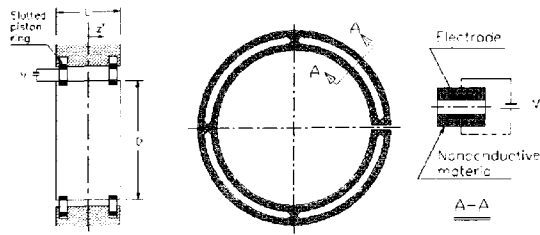


그림 5 슬롯-링 형태의 ER-SFD

를 위하여 산업용 고압 다단 펌프에 고압 안정화 시일로 적용 연구 중이다.

스퀴즈 필름 댐퍼는 고속 터보 기계의 감쇠 기구로 로터의 불균형에 대한 응답과 전달력을 줄여 주는 우수한 성능을 지니고 있다. KIST에서 개발한 지능형 ER 댐퍼는 전기적 방전(electric discharge)으로 인한 단락현상을 방지할 수 있고, 또한 ER유체의 장점을 최대한 활용할 수 있는 새로운 형태의 슬롯-링 전기 유변 스퀴즈 필름 댐퍼(slotted ring ER-SFD)를 개발하였다. 이는 고속회전기의 불균형에 따른 임계속도 진동의 능동형 제진기로 활용이 가능하다.

● 회전기계 해석 설계 소프트웨어

회전 기계의 설계 단계에서 시뮬레이션을 통한 진동의 여러 가지 특성을 알아내는 것은 기본적인고도 매우 중요한 일이다. KIST에서는 회전 시스템의 임계속도, 모드(mode), 시스템의 안정성(stability), OSI(onset speed of instability)등을 예측하고 판단하는 해석 소프트웨어를 작성하였으며, 계속 적으로 개발 중에 있다.

그림 6 회전기계 해석 설계 소프트웨어

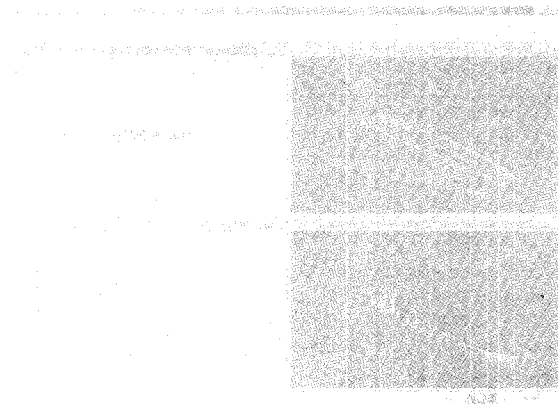


그림 7 CMS 초기 실행 화면

● 회전기 모니터링 시스템(CMS 개발)

회전기 시스템 운전 모니터링 및 이상 유무 상태 진단 연구는 KIST-2000 후속 연구 프로그램(II)으로 또한 SRI 추천분야로서의 연구 선정된 바 있다. 그 내용은 상태진단기술의 일환으로써 현재까지 국내외를 걸쳐 가장 활용이 잘되고 있는 기술인 기계류 시스템의 진동량의 측정과 동특성 해석에 의한 상태진단기술을 들 수 있다. KIST에서는 이의 해결을 위해 인공지능을 비롯한 많은 기법들을 바탕으로 하는 전문가시스템과 신경회로망을 이용한 CMS 시스템을 개발하였다.

특히 윤활오일 마모 분을 통한 진단 기술과 접목을 시도하고 있으며, 이는 새로운 연구 영역으로도 기대가 되는 바가 크다. 또한, 앞서 설명한 스마트 기계요소와 진단 시스템의 통합을 통한 차세대 지능형 회전기계 시스템의 개발이 기대된다.

● 응용 분야 및 기대 효과

회전기 요소 설계 기술은 단지 어느 한 분야에 국한되지 않는 기본 기술이며 핵심 기술이 될 수 있다. 지능형 회전기계의 출현에 대비한 지능형 기계 요소 부품의 출현이 예상되는 현 시점에서 이 분야에 대한 다양한 응용 분야가 기대된다. 특히 고속/초정밀 베어링 설계 기술은 반도체 가공 기술 및 항공기 요소 부품의 베어링에 적용이 가능하고, 차세대 에너지인 마이크로 가스 터빈용 베어링으로의 활용이 가능하리라 예상된다. 또한 시스템 안정성 해석에 따른 최적 설계 및 운전 시 이상 유무 진단하기 위한 모니터링/진단 기술의 개발은 사회 전반에 걸쳐 팽배해 있는 안전의 불감증에 대한 사전 예방은 물론 시스템의 고속화에 의한 효율 향상에 따른 에너지 절약 차원에서도 기대된다. 특히 윤활유 진단 기술과의 진동 모니터링 접목 기술은 새로운 시장을 여는 기술로 기대되는 바가 크다.

편집자 주

본 학회지가 출간 된지 10년이 되었습니다. 지난 10년간 본 학회를 중심으로 국내의 소음/진동 관련 연구가 상당히 활성화되었습니다. 초창기 소음/진동 이론 소개에서 시작하여 이제는 미래 지향적이고 독창적인 연구를 하는 대학 및 연구소가 상당수에 이르고 있습니다. 금 번호부터 소음/진동 관련 국내 연구현장을 소개하는 고정란을 마련하여 각 연구실에서 수행하는 최근의 연구과제를 소개함으로써 상호 정보교환의 장을 마련하고자 합니다. 관심이 있는 연구실에서는 A4 용지 2~4매 정도의 원고를 작성하여 학회로 보내주시기 바랍니다.