

발전설비 기계 상태감시 및 진단기술 국제표준화 동향

Trend of International Standards of Condition Monitoring and Diagnostics for Power Plant Equipment

이상국† · 최병남*

Sang-Guk Lee and Byoung-Nam Choi

1. 서 론

원자력·화력·수력 등 발전설비들은 우리나라 경제의 원동력을 갖고 있는 설비들로 이들 설비의 안전성 문제는 대단히 중요하게 다루어야 할 핵심적인 요소이다. 또한 이러한 설비들의 안전과 관련하여 사고가 발생할 때는 막대한 경제적 손실과 사회적인 큰 문제로 야기될 수 있다. 최근 발전설비의 대부분은 대형화, 정밀화 및 고성능화되고 있어 설비에 대한 안전적인 관리가 더욱 요구되고 있다. 현재 국내 발전설비중 화력발전소의 경우 상당부분은 60~70년대, 원자력발전소는 70~90년대에 건설되어 노후화된 상태의 설비들이 증가하는 추세가 계속되어 이러한 설비들의 진단 및 평가, 유지 및 보수 등 건전성 확보를 위한 상태감시 및 진단기술의 표준화 대책이 절실히 필요한 시점에 있다.

기계 상태감시 및 진단의 목적은 기계의 작동상태에서 출력되는 각종 신호의 정보를 이용하여 기계를 보호하고, 예지보전(predictive maintenance) 및 결합진단을 위한 유용한 정보를 파악하는 것이다. 이 과정에서 모든 사람이 이해할 수 있는 일반적인 상세 정보보다는 시간변화에 따른 각종 기계 상태에 따라 나타내는 신호의 변화율이나 변화값이 중요하다. 즉, 기계를 얼마나 오랫동안 안전하게 운전을 지속할 수 있는가를 나타내는 심각도(severity)의 추정치 무엇보다도 중요하다. 기계 상태감시 및 진단을 수행하기 위해서는 기계종류 및 상태에 따라 적절한 정비 또는 보전(maintenance) 방식을 선정하여 설비에 부합되는 상태감시 및 진단기술을 적용해야 한다. 또한 요구되는 기능을 수행할 수 있는 상태를 유지 또는 상태를 회복할 수 있는 능력을 나타내는 보전도(maintainability)와 기계가 특정한 조건 하에서 사용될 때, 특정한 시간주기 동안에 고장 없이 요구되는 기능을 수행할 수 있는 확률을 나타내는 신뢰도(reliability)를 평가하는 것이 대단히 중요하다. 본 논문에서

는 발전설비의 안정적인 유지 및 보수를 위한 핵심기술인 기계 상태감시/진단기술의 발전설비 적용 현황과 향후 국제표준화 적용에 대비하기 위하여 국제표준화기구(ISO)에서 진행중인 기계 상태감시 및 진단기술과 국제표준화기구의 기술표준화 동향을 소개함으로써, 향후 발전설비 기계분야 기술발전을 모색하고자 한다.

2. 본 론

2.1 수화력 발전설비

수화력발전분야는 파손 사고시 원자력 설비보다는 경제적, 사회적 영향이 적은 관계로 관심을 적게 받아 왔다. 그러나 근래에는 음향방출(acoustic emission; AE)기술이 각종 플랜트 설비의 진단 및 상시감시(on-line monitoring)에 널리 확대되어 응용되는 전반적인 추세에 따라 가동중(in-service)에 보일러 튜브의 파손을 조기에 탐지하기 위한 기술이 연구되고 실용성이 검토되고 있다. 가동중인 보일러의 온라인 모니터링 문제는 보일러가 수많은 튜브로 구성되어 있기 때문에 수많은 센서를 부착하여 모니터링하는 방법 등이 검토되고 있으며 사고 빈발부위에 대해서는 도파관(waveguide)을 사용하여 감시하는 것도 가능하다. 화력 발전 설비에서는 보일러 튜브외에 지상배관이나 지하매설관 등의 진단을 상태감시기술 도입으로 배관의 안전성향상을 기할 수 있다. 이외에도 발전용 터빈(turbine)에 대해 초음파 및 AE를 이용한 상시 감시기술이 관심을 끌고 있으며 근래에 무선센서(wireless sensor)를 이용한 터빈 진단시스템 및 기초적인 소프트웨어가 일본에서 개발된 바 있다. 기타 각종 회전기기의 진단 등에 기계 상태감시 및 진단기술을 적용하는 일은 수시로 이루어지고 있다.

수력발전 설비에도 댐(dam)에 균열이 발생하였을 때 음향방출(acoustic emission; AE) 센서를 설치하여 연속감시(continuous monitoring)로 균열의 진전을 감시하는 등의 사례가 있으며 댐(dam) 수문(gate)의 건전성을 평가하는 상태감시기술이 필요하다. 또한 수력발전소 터빈 축(turbine rotor)을 무선식 AE 감시(wireless AE monitor)로 진단한

† 이상국; 한전 전력연구원
E-mail : sglee@kepri.re.kr
Tel: (042) 865-5507, Fax: (042) 865-5412

* 한국산업안전보건공단

결과도 보고 되고 있다. 화력발전 설비중 재료분야에는 ASTM 및 KEPIC, 그리고 보일러등 압력용기 등은 ASME 및 ISO TC11을 기준으로 표준화 규격을 적용 또는 준비중에 있으나, 현재 기계설비에 대한 상태감시 및 진단기술에 대한 국제표준 기술 적용은 거의 전무한 실정이다. 따라서 화력발전 설비의 각종 기계설비에 대해 상태감시 및 진단기술을 적용해야할 개소가 많으며 진단기술의 표준화 적용을 통하여 안정적인 발전설비 운영이 필요한 시점에 있다.

2.2 원자력 발전설비

원자력 발전설비는 소련의 체르노빌 원전사고에서 경험했듯이 방사선 누출사고시 경제적인 손실뿐만 아니라 사회적으로 엄청난 문제를 초래하게 된다. 따라서 모든 수단과 방법을 활용하여 안전성을 향상시키고 파손의 조기탐지와 이에 따른 적절한 조치가 필요하므로 원전 기기 성능감시 및 진단평가 기술의 현장 적용성을 극대화하기 위해 현재 한수원(주)이 개발 중인 예방정비 기준(PM Template)의 대상 기기, 감시 및 성능평가 기술 기준 등을 반영할 예정에 있다. 원자력 발전설비에 적용할 수 있는 기계 상태감시 및 진단기술은 원전에 설치된 주요기기(펌프, 밸브, 배관, 열교환기, 모터, 압력계통기기)의 상태 및 성능을 실시간 감시하고 종합적으로 진단할 수 있도록 해주는 기술로서, 아래와 같이 크게 4가지로 분류할 수 있다.

- 원전 압력기기의 지능형 상태 감시, 진단 및 평가 기술
원전의 압력기기(펌프, 배관 및 원자로 압력계통 기기)의 건전성에 직접적인 영향을 주는 인자에 대한 실증 데이터 베이스를 구축하고, 압력기기의 이상 상태를 감지하여 종합적인 지능형 분석 및 진단 알고리즘을 통해 기기의 상태를 자체적으로 진단하여 기기의 불시고장 (Random Failure)을 예방할 수 있도록 해주는 기술이다.
- 원전 기기의 성능감시 및 성능저하 예측 기술
펌프, 밸브, 열교환기와 같은 주요기기 또는 부품에 Continuous Degradation을 일으키는 Stressor를 규명하고 성능저하와 Stressor와의 상관관계를 구하여 상태 감시에 적용함으로써 지속적인 열화 (Continuous Degradation)에 의한 기기의 고장을 방지하고 적기의 예방정비가 수행할 수 있도록 해주는 기술
- 원전 계통 기기의 온라인 감시 및 진단 기술
전기, 위상 신호 등 온라인상으로 취득 가능한 신호를 이용하여 펌프, 모터, 전자기구동밸브와 같은 기기를 진단할 수 있는 방법을 개발하거나 스마트 센서를 통해 물리량 계측과 신호를 전송할 수 있도록 하여 기기의 성능과 상태를 실시간으로 감시하고 이 신호를 이용하여 기기의 상태를 진단할 수 있도록 해주는 기술임.
- 원전 기기의 원격 진단 및 조기 경보 시스템 기술 개발
원전의 1,2차 계통에 설치된 기기의 상태를 통합적 감시하고 진단하기 위한 하이브리드 센싱(sensing), 광역 센서

망 구축 기술, 신호 처리, 기존 기기 상태 감시 및 진단 시스템과의 연계(communication Interface), 신호 전송 및 네트워크 구축, 시스템 소프트웨어 및 하드웨어 구축과 관련된 기술을 개발하는 것임.

현재 설비 전체 기술에 대한 국제표준화는 이루어지지 않고 있으나 부분적으로 적용할 수 있는 진단기법별로 표준화 작업이 진행중에 있다.

2.3 기계 상태감시 및 기술의 국제표준화 동향

현재 기계 상태감시 및 진단기술의 국제표준화는 1988년에 창설된 국제표준화기구 기계 상태감시 및 진단기술 위원회(ISO TC108/SC5, condition monitoring & diagnostics of machines)에서 기계 및 구조물의 상태 감시를 위한 공통된 기준을 설정하고 기계 및 구조물의 기대수명과 상태 감시를 위한 진단 및 예측기술 설정에 관한 규격을 제정하고 있다. 동 분야의 국제적 기술동향은 하나의 특정기술만을 사용하기보다는 다양한 기술을 응용하는 융합기술(fusion technology)이 요구되고 있다. 아울러 세계무역기구(WTO)의 발효 이후, 무역에 관한 기술장벽철폐협정(TBT)과 국제적 상호인증제도(MRA)에 의해 각국의 규격이나 인증제도가 무역에 장애가 되지 않도록 국가규격을 국제규격에 부합시키도록 의무화하고 있다. 현재 각국의 국가규격을 국제규격에 통합하려는 노력이 계속되고 있고, 우리나라를 비롯하여 선진국에서는 ISO, IEC 등의 국제규격을 번역하여 국가규격으로 제정하고 있는 추세이다. 현재 동 분야 국제표준화 작업그룹(Working group)은 전문용어, 데이터 표시 및 진단 기술, 기계마찰상태 모니터링/진단기술, 예지(예측) 기술, 정보 및 통신 데이터 처리기술, 훈련 및 자격 인증, 기계 상태 감시/진단기술, 전기장비 상태감시/진단기술, 열화상진단 기술, 음향방출기술 및 초음파기술의 12개로 구성되어 있다.

4. 결 론

기계 상태감시 및 진단기술은 기계산업 및 각종 플랜트 설비들의 안전성과 기기 정비의 최적화 등 기기의 신뢰도 향상을 위하여 필수적으로 확보해야할 요소기술으로써, 향후 발전설비의 운영기술을 선진화하고 미래형 기계 상태감시 및 진단기술을 고부가치 상품으로 국제경쟁력을 가지도록 발전시키기 위해서는 첨단 진단기술의 개발이 요구된다. 이와 아울러, 세계무역기구(WTO)의 발효 이후, 무역에 관한 기술장벽철폐협정(TBT)과 국제적 상호인증제도(MRA)에 의해 각국의 규격이나 인증제도가 무역에 장애가 되지 않도록 국가규격을 국제규격에 부합시키도록 의무화하고 있으므로 우리나라에서도 기계 상태감시 및 진단기술 개발 능력을 활용하여 국가의 기술선점을 위한 국제표준화 노력에의 지속적인 경주가 필요하다.