

# 원전 주요기기의 예방정비 현황 및 연구 동향

## Present State and Tendency of the Preventive Maintenance for Major Components in Nuclear Power Plants

박성근†  
Sungkeun Park

**Key Words** : 예방정비(Preventive Maintenance), 예측정비(Predictive Maintenance), 상태기반정비(Condition-based Operation and Maintenance)

### ABSTRACT

원자력발전소의 안전성 확보를 위해서, 설비의 유지 관리 기법은 고장이 발생했을 때 조치하는 고장정비에서부터 고장을 미연에 방지하기 위한 예방정비, 예측정비 그리고 상태기반정비로 진행되어 가고 있다. 국내 원자력발전소에서는 고장정비와 예방정비가 적용되고 있으며, 예측정비와 상태기반정비에 대한 연구가 수행되고 있다. 본 논문에서는 모터구동밸브, 공기구동밸브, 역지밸브 그리고 펌프에 대한 예방정비 현황과 기술 개발 동향에 대해 살펴보았다.

### 1. 서 론

석유와 같은 기존 화석 연료 자원의 고갈 등으로 인한 대안으로 원자력발전이 다시 주목을 받고 있다. 그러나 원자력발전소의 불시 정지나 출력 저하는 경제적 측면은 물론 사회적 측면에서의 영향력도 매우 크다. 따라서 원자력발전소의 안전성과 운전성 확보는 매우 중요하며, 이를 위해서는 주요 기기에 대한 유지 관리 및 정비가 필수적이라 하겠다. 원자력발전소에서 정비는 고장정비(Corrective Maintenance, CM), 예방정비(Preventive Maintenance, PM), 예측정비(Predictive Maintenance, PDM) 그리고 상태기반정비(Condition-Based Operations and Maintenance, CBM)등 이 있다. 고장정비는 고장이 발생한 후에 이에 대한 조치를 취하는 정비로, 가장 적은 자원이 소요된다. 따라서 중요도가 낮은 설비에 대해서는 적절한 정비 방법이지만, 고장시 파급 효과가 크고 중요도가 높은 설비에 대해서는 부적절하다. 예방정비는 설비의 상태를 주기적으로 모니터링하고 추이를 분석하여 설비의 성능이 어느 한계 이상 저하되기 전에 정비를 수행하는 것이다. 끝으로 상태기반정비는 비정상적인 작동 조건이 발생하는 경우에 즉각적으로 감지와 진단을 하고, 이러한 조건의 근본적인 원인인 스트레스를 파악하여 이를 정비함으로 고장을 미연에 방지하는 정비이다. 원자력발전소에서는 이전에 주

로 수행하던 고장정비로 부터 점차적으로 예방정비, 예측정비 그리고 상태기반정비로 추진되고 있다. 주요기기를 대상으로 예방 정비를 수행 중에 있는데, 이러한 주요기기 중에서 모터구동밸브의 경우 미국에서는 GL89-10과 GL96-05에 의해 설계기준 성능을 평가하고 주기적으로 성능을 확인하고 있으며, 국내에서도 1999년부터 성능 평가를 수행하고 있다. 그리고 과학기술부고시 제 2004-14호(안전관련 펌프 및 밸브의 가동중 시험에 관한 규정)에 의해 공기구동밸브에 대한 설계기준 성능평가가 수행 중에 있으며, 역지밸브에 대해서도 상태감시를 수행하기 위한 기술을 개발하고 있다.

본 논문에서는 원자력발전소 설비 중 주요 기기에 대한 예방 정비 현황을 파악하기 위해, 주요 밸브와 펌프의 예방 정비 현황과 기술 개발 동향에 대해 살펴보았다.

### 2. 예방정비 연구 현황 및 동향

#### 2.1 모터구동밸브

모터구동밸브(MOV : Motor-Operated Valve)는 원자력 발전소와 같은 대형 배관 시스템에서 유체의 흐름을 제어하는데 사용되는 부품이다. 특히 안전에 관련되는 계통에서 사용되는 모터구동밸브의 경우에는 작동 실패가 발전소의 안전성에 중요한 영향을 미칠 수 있으므로, 작동 실패를 미연에 방지하기 위해서 모터구동밸브의 설계 기준 성능을

† 한국전력공사 전력연구원  
E-mail : sgpark@kepri.re.kr  
Tel : (042) 865-5630, Fax : (042) 865-5604

평가하고 상태를 감시하는 것이 요구되고 있다.

미국에서는 벨브의 잦은 고장과 결합이 원자로의 안전 운전에 영향을 미칠 수 있음이 밝혀지자, 이에 대한 규제 필요성을 인식하여, 안전관련 벨브의 운전성 확인을 위한 규제 요건들을 발행하였다. 미국 NRC는 IE Bulletin 85-03를 발행하여 특정 계통 내의 모터구동벨브에 대한 스위치 설정을 확인하고, 적절히 유지될 수 있도록 할 것을 권고하였으며, GL 89-10을 통해 스위치 설정 프로그램의 범위를 모든 안전 관련 모터구동벨브와 오동작 가능성이 있는 모터구동벨브들까지 포함하도록 확대하였다. 또한 1990년대 중반에는 GL 96-05를 발행하여 안전 관련 모터구동벨브가 고유의 안전 기능을 지속적으로 수행할 수 있는지를 주기적으로 검증하는 프로그램을 수립하고, 기능 저하에 따른 요구 쓰리스트 증가를 적절히 고려하도록 하였다.[1]

국내에서도 1997년 6월 과학기술부에서 운전중 및 건설중 원전의 모든 안전 관련 모터구동벨브에 대하여 설계기준 조건에서의 운전 성능 확인을 요구하는 규제권고사항을 발행하였으며, 이에 따라 1999년부터 전 원전의 안전 관련 모터구동벨브에 대해 설계 기준 성능 평가(벨브의 설계 기준 운전성 및 구조적 건전성 평가)를 수행하여 2005년까지 전체 대상 모터구동벨브에 대한 평가를 완료하였다. 그리고 2005년부터 모터구동벨브에 대한 주기적 성능 확인을 시작하여 계속적으로 수행하고 있다.

미국과 국내에서 발행된 규제 요건들의 변화는, 기존에 모터구동벨브에 대해 예방 정비 개념만을 적용하여 주기적으로 유지보수를 수행하던 방식에서, 벨브에 대해 진단 시험을 수행하여 운전성, 상태 및 성능을 평가하고, 이를 기반으로 벨브가 오동작을 일으키기 전에 정비를 수행하도록 오프라인 방식의 예측 정비 개념을 도입해가는 과정을 나타낸다.

국내와 미국의 경우 모두, 모터구동벨브의 성능 평가를 수행하는 초기에는 현장에서 직접 진단 신호를 취득하여 분석하는 방법을 사용하였으나, 원자력 발전소내에서 발생할 수 있는 작업자의 방사선 노출 및 방사능 오염 가능성과 현장 접근성 문제 등으로 모터구동벨브 진단을 위해 많은 인력과 시간을 필요로 하였다. 이러한 문제점을 극복하고 보다 안전하고 효율적으로 진단을 수행하기 위한 원격 진단 방법들이 개발되어 왔다.

한국전력공사 전력연구원에서는 1996년부터 모터구동벨브를 원격에서 진단하기 위한 장비 개발에 착수하여, 2004년 (주)엠앤디와 공동으로 MOVIDS 진단 장비 개발을 완료하였다. 개발된 장비는 현장에서 진단 신호를 직접 취득하여 진단을 수행할 수 있을 뿐 아니라, 원격에서도 모터구동벨브의 진단이 가능하도록 MCC(Motor Control Center)에서 측정된 전류와 전압 신호를 이용하여 모터의 출력 토크와 스템 쓰리스트 및 스템 토크를 검출하기 위한 원격 진단 방법들을 포함하고 있다. 현재 MOVIDS 진단 장

비는 국내 원전에서 사용되고 있으며, 다양한 벨브들에 대해 원격 진단 방법을 적용하여, 진단시 소요되는 시간과 비용을 절감함은 물론, 현장에서 발생할 수 있는 작업자의 안전사고 위험도 줄여주고 있다. 그림 1은 MCC에서 원격 진단 방법으로 모터구동벨브를 진단하는 모습을 나타낸 것이고, 그림 2는 MOVIDS 소프트웨어를 이용하여 모터구동벨브를 평가한 결과이다.

현재 국내에서는 모터구동벨브의 성능 저하를 고려하여 진단 주기를 결정하기 위한 연구가 수행 중에 있다. 이 연구에서는 발전소에서 생성한 광범위한 진단 시험 데이터들을 분석하여 벨브와 구동부의 성능 변화 경향을 확인하고 있으며, 성능 변화에 대한 연구 결과의 적용 방법도 함께 연구하고 있다. 이 연구는 최종적으로, 오프라인 방식의 예측 정비 방법을 적용하여, 시험을 통해 모터구동벨브의 현재 상태를 감지하고, 감지된 현재 상태를 기준으로 다음 시험 주기를 결정하는 최적화된 진단 주기 결정 방법을 도출할 것이다.



그림 1. MCC 진단 시험

평가 결과 보기	
평가 입력	분석 결과
항목	값
최대 허용 쓰리스트 제한값[lbf]	165009.2
구동기 정격 쓰리스트 제한값[lbf]	861216.9
전압 강하시 최대 운전 쓰리스트 제한값[lbf]	69362.6
스프링 팩 최대 설정 쓰리스트 제한값[lbf]	54756.6
구동기 정격 토크 제한값[r-lbf]	846519.2
전압 강하시 최대 운전 토크 제한값[r-lbf]	1186.3
스프링 팩 최대 설정 토크 제한값[r-lbf]	936.5
Tech. Spec. 행정 요구 시간[sec]	N/A
출 행정 시간[sec]	19.875
최대 Running 전류[A]	16.9
Peak Inrush 전류[A]	202.4
Locked Rotor 전류[A]	N/A
스프링 팩 곱[in]	0.668
운전 여유도[%]	12.6

그림 2. MOVIDS를 이용한 모터구동벨브 평가

## 2.2 공기구동벨브

공기구동벨브는 각종 계통에서 유체의 흐름을 차단하거나 제어하는데 사용되는 주요 기기 중 하나로서, 주기적으

로 정비를 수행하고 가동중 시험(IST) 규정에 따라 작동 시험을 수행하여 왔으나, 충분한 성능 확보에는 미흡한 점이 있었다. 이를 보완하기 위해 미국에서는 단순한 예방정비가 아닌, 성능과 작동성에 대한 시험의 필요성이 대두되었다. 국내에서는 과학기술부 고시 제 2004-14호(안전관련 펌프 및 밸브의 가동중 시험에 관한 규정)에서 원자력 발전소에 설치되어 있는 안전관련 펌프 및 밸브에 대하여 성능을 확인하고 시간 경과에 따른 취약화 정도를 감시 평가하기 위한 가동중 시험에 필요한 사항을 규정하였다[2]. 이에 따라 공기구동밸브에 대하여 전 원자력발전소에서 2007년 초반부터 설계 기준 성능 평가가 수행되고 있으며 향후 모터구동밸브와 같이 각 밸브에 대하여 성능과 중요도에 따라 적절한 시험주기를 결정하여 주기적으로 성능 평가를 수행할 예정이다.

공기구동밸브의 성능 평가에는 정적 진단 시험과 동적 진단 시험이 적용될 수 있으며, 동적 시험의 대체 방안으로 전산 코드를 이용한 분석이 있다. 이중 정적 진단 시험은 대상 밸브 전·후단 사이에 압력이 없거나 차압이 적은 조건에서 밸브를 개폐하면서 진단 장비를 이용하여 밸브 상태를 확인하고 구동기의 설정치를 설정하는 시험이고, 동적 진단 시험은 대상밸브 전·후단에 설계 기준 조건에 가까운 차압을 형성시킨 후 밸브를 개폐하면서 진단 장비를 이용하여 밸브의 운전성을 확인하는 시험이다[3]. 공기구동밸브의 운전 성능은 운전 여유도로 평가될 수 있다. 운전 여유도는 밸브가 행정하기 위해 필요한 쓰리스트/토크인 최소 요구 쓰리스트/토크와 구동기에서 낼 수 있는 최대 유용 쓰리스트/토크를 평가하고 이를 비교하여 운전 여유도를 계산한다. 특히 공기구동밸브는 계통에서 제어용으로도 사용되므로 설정값의 적절성을 평가하게 된다. 이러한 분석 과정에서 운전 여유도가 부족한 경우는 여유도 확보를 위한 정비를 수행하고, 결함이 발생한 경우에는 부속품 교체 등과 같은 정비를 수행하게 된다. 그림 3은 원자력발전소에 설치되어 있는 공기구동밸브를 대상으로 진단 시험 수행을 위해 센서를 설치한 사진이고, 그림 4는 이 공기구동밸브에 대해 취득한 진단 신호 결과이다. 현재 공기구동밸브에 대해 수행중인 성능 평가는 앞에서 언급한 예측진단의 단계까지는 아니지만, 예방정비에서 예측진단으로 진행하기 위해 필요한 과정이다.

이러한 공기구동밸브에 대한 설계기준 성능 평가는 국내에서는 모터구동밸브와 같이 규제요건에 의하여 수행되고 있으나 모터구동밸브 성능 평가를 규제요건화하여 우리나라보다 먼저 수행한 미국의 경우 발전소 자체적으로 성능 평가를 수행하고 있으며 예측진단 단계인 주기적 성능 확인은 아직까지 본격적으로 추진되고 있지는 않다. 국내 원전에서는 설계기준 성능 평가에 이어 주기적 성능 확인도 수행하므로써 원자력발전소의 주요기기의 안전성과 운전성의 확보뿐만 아니라, 고장 발생시 소요되는 인적, 물적 비

용 절감에 따른 경제성 확보를 도모하고 있다.

또한, 기존에 수행되고 있는 예방정비뿐만 아니라, 성능저하 메커니즘의 조기 진단을 위한 예측진단과 공기구동밸브에 작용하는 작동 조건을 파악하여 고장을 미연에 방지하는 상태기반정비를 위한 연구가 수행되고 있다. 주로 오프라인으로 관리되던 기존의 유지 관리 기법은, 효율적으로 공기구동밸브를 관리하기에는 어려움이 있었다. 따라서 이를 보완하기 위해 온라인으로 관리하는 연구가 진행되고 있으며, 이러한 연구 결과가 원자력발전소의 공기구동밸브에 적용되면 보다 효율적인 관리는 물론 안전성 및 운전성 확보에 기여하게 될 것이다.



그림 3 원자력발전소 공기구동밸브 진단시험

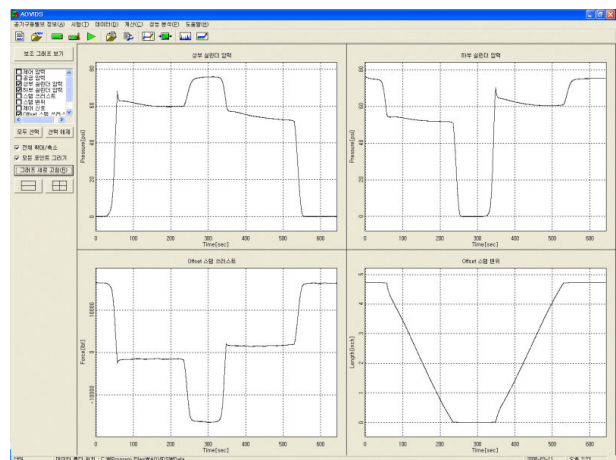


그림 4 원자력발전소 공기구동밸브 진단시험 결과

### 2.3 역지밸브

원자력발전소에 설치된 역지밸브의 성능 확인 및 유지, 그리고 성능저하를 감시하기 위하여 가동중시험, 정기적 유지보수 활동 등 여러 가지 방법들이 자율적으로 또는 규제 요건에 의해 수행되고 있다. 국내 원전에는 호기당 최대 200여대의 안전등급 역지밸브들이 설치되어 있으며 가동중 시험 요건에 따라 3개월 주기로 전 작동 또는 부분작동 시험을 수행하고 있다. 아직까지 사용이 편리하고 범용성이 확보된 비해체 진단기법이 개발되어 있지 않기 때문에, 작동 시험이 불가능한 밸브에 대해서는 밸브 성능과는 상관없이 정해진 주기에 따라 분해점검을 수행하고 있다. 그러나 빈번한 분해점검이 오히려 밸브 건전성을 저해하거나 분해 작업자의 방사선 피폭 우려도 있고 분해점검 후 재설치 과정에서 작업자의 실수로 인한 고장 발생 가능성도 잠재되어 있는 것이 사실이다.

1980년대 원전에 설치된 역지밸브에서 여러 가지 문제가 발생하자 미국원자력발전협회(INPO: Institute of Nuclear Power Operation)에서는 SOER 86-3[4]을 발행하여 다양한 역지밸브 고장사례들을 분석한 뒤, 주요 고장원인으로 설계, 설치, 정비 및 교육의 부적절을 지적하고 설계검증, 시험 및 점검계획이 포함된 예방정비절차를 수립할 것으로 권고하였다. 이에 따라 미국 원전에서는 가동중시험과 외에 INPO SOER 86-03 프로그램을 자발적으로 적용하면서 가동중시험의 보완 필요성이 대두되었고 이에 따라 역지밸브 상태감시 프로그램이 1995년판 ASME-OM 코드의 Appendix II에 처음으로 요건화되었다[5].

역지밸브 상태감시 프로그램의 목적은 허용 가능한 성능 이력이 문서화되어 있는 밸브에 대하여 밸브 성능을 개선하고 시험, 점검 및 예방정비 활동을 최적화하는 것이다. 즉, 기존의 가동중 시험과 예방정비프로그램 등을 통합하여, 밸브의 설계특성, 설치 및 운전조건, 시험 및 정비이력, 고장이력 등을 분석하고 분석 결과를 바탕으로 원전사업자가 상태감시 방법 및 주기를 결정하고 해당 주기별로 상태감시활동을 수행하는 것이다 (그림 5 참조). 상태감시 결과, 성능저하가 발생하지 않은 밸브에 대해서는 시험 또는 점검 주기를 단계적으로 연장할 수도 있다. 미국에서는 1999년 9월, NRC가 역지밸브 상태감시 프로그램 적용을 승인한 이후, Seabrook, McGuire, Catawba, Wolf Creek, Millstone, Byron 등 30여개 발전소에서 상태감시 프로그램을 도입하여 정비 및 시험 인력 절감, 방사선 피폭량 감소, 분해점검주기 연장 등의 이점을 경험하였으며, 향후 가동중시험 및 예방정비 대신 상태감시 프로그램을 적용하고 있는 원전이 증가할 것으로 예상된다. 상태감시 프로그램 도입을 통하여 시험, 점검 및 예방정비 활동을 통합하고 대상밸브에 가장 적합한 상태감시방법을 결정하고 관련 주기를 최적화시킬 수 있지만, 단계적인 주기 연장을 위해서는 기존 시험결과와 평가 및 경향 분석에 근거하여야 한다.

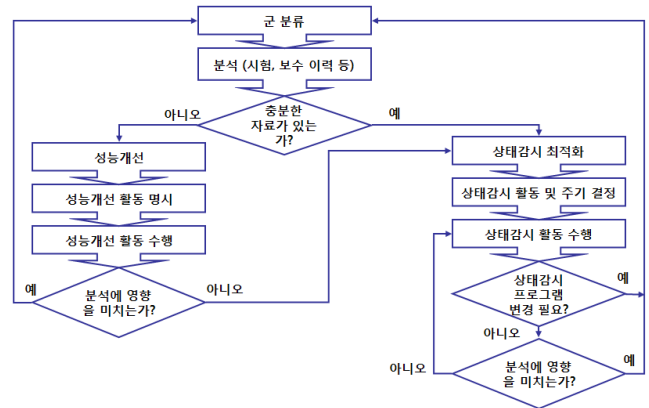


그림 5 역지밸브 상태감시프로그램 수행 흐름도[5]

즉 대상밸브에 대하여 현재의 밸브 성능을 평가하고 성능 변화 추이를 분석하고 예측할 수 있어야 한다.

미국에서는 역지밸브의 성능 상태를 결정하는 기법들이 제대로 작동되는지 검증하기 위하여 음향탐지, 초음파, 자속 측정법 등 세 가지 비침투적 진단기법이 역지밸브 디스크의 위치와 움직임을 결정하고 역지밸브의 성능저하(열림 고착, 닫힘 고착, 디스크 이탈 등)를 검출할 수 있는지 평가한 바 있으며, 현재 상용화된 비침투적 진단장비를 이용하여 밸브 내부부품(힌지 핀, 행거 암, 플러그 및 가이드 등)의 비정상적인 마모 또는 스프링의 성능저하를 추적하여 관리할 수 있는 기법을 개발하고 있다. 아직까지 역지밸브 진단장비를 이용한 상태감시방법은 범용성이 확보되어 있지 않아 역지밸브 상태감시 프로그램을 적용하고 있는 미국 원전에서도 비해체 진단장비를 보조 수단으로 활용하거나 사용범위가 제한적이어서 분해점검 또는 누설시험을 위주로 상태감시프로그램을 수행하고 있는 발전소도 많은 것으로 알려져 있다.

우리나라는 2004년 7월, 과기부 고시를 통하여 역지밸브 상태감시 프로그램 사용이 허용되었으나 아직까지 상태감시 프로그램을 도입한 발전소는 없다. 그러나 산업자원부 중장기과제 수행을 통하여 원전에 설치된 역지밸브의 성능 평가를 위한 성능예측프로그램, 비해체 진단기법을 이용한 진단장비 시제품, 역지밸브의 예방정비 최적화 및 건전성 확보를 위한 성능관리프로그램을 개발하였고[6], 규제기관에서도 체크밸브에 대한 국내외 연구결과 및 역지밸브 상태감시 프로그램 이행 요건들을 상세히 분석하여 상태감시계획(프로그램) 규제 지침(안)을 제시하였다[7]. 국내 원전에서도 역지밸브에 대한 예방정비기준을 개발하여 시범 적용하는 등, 역지밸브에 대한 시험 및 정비 최적화에 대한 관심이 높아지고 있음을 알 수 있다. 따라서 역지밸브에 대한 가동중시험, 예방정비, 예측정비, 상태기반정비 등을 통합할 수 있다는 점에서 향후, 국내 원전에 역지밸브 상태감시 프로그램을 도입할 가능성은 크다고 볼 수 있다.

## 2.4 펌프

2003년도 INPO의 연구결과에 따르면 원전에 설치된 설비 중 펌프가 고장 발생시 발전소에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며 결함 진단 기술의 개발에도 불구하고 펌프의 고장이 많이 발생한 것으로 분석되었다[8]. 현재 원전의 펌프 정비 동향은 예방 및 예측정비 기법을 적용하여 정비해 오고 있으나 이들 정비 방법은 평균적인 고장 시간 또는 펌프의 상태에만 의존하기 때문에 고장의 근본적인 원인이나 고장을 근본적으로 줄일 수 있는 해결책을 찾기에는 효과적이지 못하므로 펌프의 반복적인 고장을 줄이고 불필요한 정비를 줄이기 위해서는 펌프 고장의 직접적인 원인을 찾아 이를 통제할 수 있는 기술 개발이 요구된다.

원전 펌프의 예방정비를 위한 국내에서 수행한 주요 연구 현황을 보면, 한수원(주)에서는 사후정비 혹은 예방정비에 의존하던 펌프의 정비를 펌프의 입/출구 압력, 출구 유량, 베어링 진동 및 온도와 같이 펌프의 성능을 대표할 수 있는 성능관리 변수를 선정하여 관리함으로써 펌프 고장에 의한 과도상태 및 불시정지를 예방하고 적절한 정비시기를 결정하여 원전 운전 신뢰도를 확보하는 방안을 제시하였다. 또한, 원자로냉각재펌프 운전 데이터를 활용하여 고장모드 분석 및 감시변수를 선정하고 경험모델을 이용한 기준값과 실시간 측정 데이터와의 차이값을 이용하여 고장 예측 경보를 발생하는 축 밀봉장치 감시프로그램을 개발하여 원자로냉각재펌프의 축 밀봉장치의 성능저하를 사전에 예측함으로써 사용수명을 연장함과 동시에 원전의 안전성 향상을 도모하고자 하였다. 한전 전력연구원에서는 펌프 진동 및 전류의 온라인 감시를 통한 결함 원인을 진단하는 시스템 개발에 대한 연구결과가 보고된 바 있다. 상기와 같은 결함 진단 기술은 결함의 증상에만 의존하기 때문에 펌프의 현재 상태만을 알 수 있거나, 각각의 변수를 독립적으로 감시하여 이상 신호를 추출해 내는 데에만 주로 초점을 맞추고 있어 개발된 방법을 현장에서 실제 적용하는 데에 어려움이 있으며, 펌프 고장이 발생한 후에도 성능 저하의 근본 원인을 찾아서 펌프의 상태를 예측하는 데에는 어려움이 있다. 펌프의 손상 정도는 펌프에 가해지는 운전과 환경 부하에 따라 달라지므로 펌프의 손상을 예측하고 펌프의 고장원인을 밝히기 위해서는 먼저 펌프의 성능저하를 촉진하는 조건인 스트레스와 성능저하 메커니즘을 분석해야 한다. 그러므로 성능저하 메커니즘을 야기하는 스트레스의 강도를 지속적으로 측정하여 펌프가 받는 손상의 정도를 추정하고, 손상의 정도가 한계치를 넘어서는 시간, 즉 펌프의 수명을 예측할 수 있다.

Pacific Northwest National Laboratory(PNNL)에서는 캐비테이션 및 진동을 원심펌프 성능저하를 주도하는 지배적 메커니즘으로 규정하였으며, 펌프의 성능저하율과 스트레스와의 상관관계 이용하여 펌프 수명을 예측하는 방안을 제시하였다[9]. 향후 원전 펌프의 정비 기술은 현재의

사후 정비와 예방 정비로부터 펌프의 상태에 근거한 상태기반정비와 기기 고장의 원인을 통제하는 선형정비(Proactive Maintenance)로 전환될 것으로 예측되므로 이들 정비 기법을 적용하는 데 필요한 기기 상태 진단 기술과 예측진단 기술에 대한 연구가 요구된다. 이러한 요구에 발맞추어 한전 전력연구원은 (주)엠앤디와 공동으로 원전 펌프의 온라인 감시를 통한 결함을 조기에 감지하고 결함 위치를 식별하기 위한 지능형 결함 진단 기술을 개발하며 결함이 발달되는 현상을 감시하여 기기의 잔존수명을 예측하기 위한 예측진단 기술을 개발하고 있다. 지금까지 수행된 주요 실적을 보면 펌프의 고장이력 자료를 분석하여 고장 비율이 높은 베어링, 가스켓/오링, 메카니칼셀, 축, 임펠러, 커플링 및 패키지의 7가지 부품에 대하여 주된 성능저하 메커니즘과 스트레스를 분석하였으며 이들 성능저하 메커니즘과 스트레스의 상관관계를 규명하기 위하여 실험 장치를 제작하고 있다. 향후 본 연구가 성공적으로 완료되어 발전소 현장에 적용되면 원전 주요 기기인 펌프의 신뢰성 향상을 통하여 발전소 안전성과 경제성 확보에 기여할 것이며, 현재 개발 단계에 있는 신형 원전에서는 이러한 기술이 설계단계에서 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 3. 결 론

원자력발전소의 안전성 및 운전성 확보를 위해서 각종 기기에 대한 정비가 요구되는데, 국내 원자력발전소에서는 고장정비와 예방정비가 수행되어 왔다. 본 논문에서는 원자력발전소의 예방정비 현황과 연구 동향을 주요 기기인 모터구동밸브, 공기구동밸브, 역지밸브 및 펌프 등에 대하여 살펴보았다.

획기적인 기기의 신뢰성 향상을 위하여 고장 발생 이전에 성능 저하 메커니즘과 스트레스를 통해 고장을 미연에 방지할 수 있는 예측정비와 상태기반정비를 적용하기 위한 기술과 기존의 오프라인으로 수행되고 있던 정비를 보다 효율적으로 수행하기 위해 온라인으로 적용하기 위한 기술 개발이 원전 기술혁신개발사업의 일환으로 진행되고 있다.

이러한 기술은 운영중인 원자력발전소는 물론 현재 개발 중인 차세대원자력 발전소의 설계에도 적용되어 기기 신뢰성 향상과 경제성 제고에 크게 기여 할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- (1) 동력구동밸브 안전성평가 및 진단시험, 2000, 한국전력공사 원자력교육원
- (2) 과학기술부 고시 2004-14호, 2004, 안전관련 펌프 및 밸브의 가동중 시험에 관한 규정
- (3) 한국수력원자력(주), 2006, 공기구동밸브 설계기준 성능평가 절차서
- (4) INPO SOER 86-03, 1986, Check Valve Failures or Degradation.
- (5) ASME OM Code, ISTC(1995년판 및 추록).
- (6) 산업자원부, 2005, 원전 역지밸브 고장원인 분석 및 성능진단 관리기법 개발, 최종연구보고서.
- (7) 한국원자력안전기술원, KINS/RR-472, 2007, 체크밸브 성능평가 규제기술 개발.
- (8) "Equipment Performance and Information Exchange System (EPIX) Summary of US Industry Valve Performance" 9th EPRI Valve Technology Symposium.
- (9) L.J. Bond etc., "On-line Intelligent Self-diagnostic Monitoring System for Next Generation Nuclear power Plants", 2003, Pacific Northwest National Laboratory