

원자력발전소용 동력구동밸브 구동기의 성능평가기술 동향

정경열* · 김병덕* · 오상훈*

1. 서 론

원자력 발전소는 구조물, 계통, 기기의 세 가지 기본 요소로 이루어지며, 다량의 방사능 물질을 포함하고 있다. 따라서 사고로 인한 주민의 건강 및 안전과 환경 보호를 위하여, 원전의 안전 관련 시설 및 설비는 자연 환경이나 재해로부터 보호되고, 환경 요인이나 가상적 사고 조건(postulated accident condition)에서도 구조적 건전성을 유지하고, 동시에 안전관련 기능을 충분히 수행할 수 있도록 법률적으로 요구되며, 설계·제작·시공·시험 및 운전의 전반에 대하여 엄격한 품질 보증 요건과 각종 설계 및 기술 기준을 적요하도록 법적으로 규제되고 있다. 특히 원전의 안전 관련 기기는 정상 또는 비정상 환경 조건(normal/ abnormal environmental condition)과, 지진 발생과 같은 설계기준 사고(DBA/DBE : Design Basis Accident/Event) 조건에서도 그 기능이 유지될 수 있도록 설계되어야 하며, 또한 이러한 설계 조건에 대한 기기 설계의 적합성이 입증되어야 한다. 이러한 일련의 입증과정을 각각 내진 검증(seismic qualification) 및 내환경 검증(environmental qualification)이라 하고 두 과정을 합하여 통상 기기 검증(equipemnt 또는 component qualification)이라 한다.

외국의 사고사례를 보면 1976년 10월에 Trojan 원전의 charging 펌프 입구측 격리밸브의 고장이 발생하여, 원인분석 결과 torque switch bypass setting 불량으로 확인되었고, 1981년 9월에는 San Onofre 1 원전의 안전주입계통 2 train 모두가 운전불능이 발생하여 그 원인을 분석한 결과 부적절한 switch setting으로 확인되었다. 이에 대하여 US NRC는 미국 원전 불시정비의 약 20%가 모터 구동밸브의 고장에 의한 것으로 확인하였으며, 이러한 밸브의 고장이 원자로 안전운전에 영향을 미칠 수 있다고 판단하고, 1985년 MOV(Motor

Operated Valve)에 대한 규제요건인 If Bullutin 85-03을 각 원전에 발행하였다.

최근 국내의 원전기기 EQ성능평가 기술자립을 위하여 대덕연구단지 연구기관(원자력 연구소, 기계연 및 표준연 등)을 중심으로 긴밀한 협조체제가 이루어지고 있으며, 특히 기계연구원은 원전기기 EQ와 관련하여 LOCA (Loss of Coolant Accident: 냉각수 손실사고) 및 내진에 대한 전문기관으로 위치를 잡아가고 있다. 외국의 경우도 원전기기 EQ성능평가 기술관련 제도 및 규정을 마련하여 실행하고 있다. 따라서 본 글에서는 기계연구원의 현황을 중심으로 POV(Power Operated Valve)의 내환경 성능시험과 관련된 장비 및 시설을 소개하고자 한다.

2. POV 내환경 성능시험 규정

2.1 개요

원자력 발전소에 있는 안전계통기기는 설계기준사고를 포함한 규정된 조건 하에서 만족스럽게 그 기능을 수행할 수 있어야 하며, 안전계통기기는 기기의 설치 수명 동안 성능 요건을 만족시킬 수 있음을 보증할 필요가 있다. 이는 설계, 검증, 생산품질관리, 설치 보수 및 감시 시험을 통해 이루어질 수 있다. 대부분의 구동기는 그 크기에 상당한 차이가 있더라도 유사한 재료로 제조되고, 유사한 설계 및 제작 과정을 갖는 고유 설계 그룹으로 설계 및 제작된다. 이러한 설계 그룹내의 개별 구동기는 광범위하게 적용하여 사용될 수 있으며, 각각의 고유 그룹 내에서의 가능한 설계 변형에 대하여 각각 독립적으로 검증하는 것은 현실적이지 못하기 때문에 특정한 구매 요구가 있을 경우, 그 특정 적용과 관련하여 검증 사항을 입증하여야 한다. 특수 검증은 각 구동기가 검증된 고유 집단에 포함됨을 입증하고, 또한 구동기 시장에서 충족되도록 제작되어 특정 적용을 위해서 요구되는 기능을 수행할

* 한국기계연구원
E-mail : kychung@kimm.re.kr

수 있음을 입증하여야 한다. 그러나 검증이 필요한 특정 구동기가 일반적으로 검증된 구동기와 관련이 없을 경우에는 그 특정 구동기의 표본에 대해서 검증 시험 절차를 수행하여야 한다. 구동기 검증 절차는 고유 구동기 그룹의 식별, 고유 구동기 그룹에서 선정된 구동기에 대한 검증 시험, 특정 적용을 위한 구동기 검증 단계로 분류된다.

2.2 요건

검증 방법에는 형식시험, 운전 경험 및 해석이 사용된다. 고유 구동기 그룹의 검증은 형식시험을 통해 이루어지며, 추가적으로 해석이 보충될 수도 있다. 또한 각각의 적용을 위한 특정 검증은 고유 그룹 검증 데이터의 시험 또는 해석, 운전 경험 및 필요할 경우 추가 시험으로 이루어질 수 있다. 표본 구동기 형식시험에서는 제작자의 품질관리 체계 및 시방서에 따라 제작된 생산품 중의 대표 유니트를 검증하고자 하는 해당 사용조건 및 안전성 관련 기능을 모의한 환경 및 동작 사이클에 노출시켜야 한다.

형식시험을 위해서 선정된 표본 구동기가 속한 고유 구동기 그룹은 확정되어 구별되어야 한다. 또한 설계, 재료, 제작공정, 한계 용력, 변형, 편향 동작원리, 설계 여유도를 포함한 세부 사항들을 고려해야 하며, 고유 구동기 그룹의 설계에는 다음의 공통적인 특성을 가져야 한다. 우선 구동기가 동일한 유형 즉, 전기기계식, 공기식, 유압식, 기계식, 전기식 또는 이들 조합이어야 하며, 전체 크기, 무게 및 정격에는 큰 차이가 있지만 기능적 및 기하학적으로는 유사한 구조적 배열이어야 한다. 또한 구동기 장착 구성 및 출력 구동방법과 기능적 부속물의 장착 및 내부 제어장치가 유사하여야 한다.

2.3 POV 구동기의 검증시험

고유 구동기 그룹의 검증에 사용될 파라미터 값은 원자력 안전 기준에 규정되어 있는 값들을 이용하며, 형식시험 계획은 위에서 언급한 형식시험의 요건을 만족하여야 한다. 시험계획에는 각각의 구동기에 대한 제작자, 카탈로그 확인, 부품 목록 및 도면이 포함된 시험할 구동기의 식별, 구동기의 적절한 기능 수행에 중요한 구동 매체의 품질을 포함한 동력원의 범위 및 품질 요건, 제어신호 요건과 장착, 접속, 특정 방향, 연결부분 요건, 압력 밀폐 형식을 포함한 케이블과 전선

관 인입 지점 및 필요시 설치요건, 설치 수명 보수 프로그램과 관련하여 형식시험 기간중에 수행되어야 할 보수, 시험할 구동기 및 그 부속품에 대한 정상 또는 정격 성능 시방서, 검증 수명 목표, 입증되어야 할 안전 기능 수행능력, 허용 성능 한계, 시험 실패를 구성하는 조건 부하모의 시험, 시험절차 환경 시험 파라미터 목록, 특정조건 및 참고 자료 등이 포함되어야 한다.

형식시험의 절차는 우선 구동기 생산품 중 대표적인 것을 시험 구동기로 선정하고 검증 형식시험에 따라 시험을 적용하기 위한 방법이 제공되어야 하며, 동력원을 공급하기 위한 전기, 공기 또는 유압 연결부도 요구되는 대로 구비되어야 한다. 검증 형식시험은 기준 안전성 시험, 정상 열적 노화 시험, 정상 가압 사이클 시험, 정상 방사선 노화 시험, 진동 노화 시험, 지진 모의 시험, 설계기준 사건 방사선 피폭 시험, 설계기준 사건 환경시험의 순서로 수행된다. 검사는 시험 계획에 따라서 일련의 검증 시험 이전 및 완료 시점에 시험할 구동기의 검사를 수행하는 것으로서 시험전 검사는 제어 설정, 조임장치의 견고성, 원동력 구동 계통, 시험 기기 교정 등에 대하여 구동기 제작자가 작성한 시험 계획에 따라 수행하며, 중간검사는 시험할 구동기의 평가를 지원하기 위하여 운전성 시험을 포함한 검사는 검증 시험 프로그램 기간중에 수행할 수 있다. 시험후 검사는 시험 구동기를 분해하고 검사하여 구동기 부품의 상태를 기록한다.

2.3.1 기준 운전성 시험

기준 운전성 시험은 검증 시험 프로그램의 다른 단계에서의 성능과 비교하기 위하여 구동기 성능 데이터 기준을 설정하는 것으로 제작자가 권고한 방법에 따라서 구동기에 전기, 유압 또는 공기 연결부를 부착하며, 최대, 최소 및 공칭 입력 조건을 제공할 수 있도록 다양한 동력원을 확보하고, 구동기 성능을 기록하기 위한 계측 설비를 마련한다. 시험의 수행은 구동기를 동작시키고, 구동 방식에 따라서 공칭 입력 공급상태의 무부하 및 정격 출력 속도, 동작시간, 규정된 최소 입력 공급상태에서 동작출력 토크 또는 추력 특성, 각종 스위치 작동 확인, 누설율, 시험유체 및 그 품질 특성 등의 데이터를 기록한다.

2.3.2 정상 열적 노화 시험

열적 노화 모의 시험은 기기의 설치 수명 기간중에

Table 1. Desired qualified life and accelerated aging time for normal thermal aging test

Desired qualified life at 104°F(40°C) (years)	accelerated aging time at 280°F(138°C) (hours)
10	100
20	150
40	300

예상되는 정상적인 열적 노화와 동등한 가속 열적 노화 환경에 노출되는 기간중 및 기간 후에 시험 구동기의 운전성을 입증하는 것이며, 시험 계획에 명시된 대로 케이블 및 밀폐장치와 같은 연계 부분과 함께 시험 챔버내에 구동기를 장착한다. 시험의 수행은 구동기를 온도 138°C까지 가열시키고, 정상적인 사용기간 중 주위 온도가 40°C일 경우에는 Table 1에서 선정된 시간 동안 그 온도로 구동기를 유지시켜서 정상적인 열적 노화 모의 시험을 수행하며, 다른 주위 온도에 대해서는 열적 노화 조건을 계산하여 적용한다.

2.3.3 정상 가압 사이클 시험

정상 가압 사이클 시험은 정상 동작 기간중 예상되는 일련의 가압 사이클에 노출되는 기간중 및 기간 후에도 동작하기 위한 시험 구동기의 능력을 입증하는 시험으로서 제작자가 권장하는 방법에 따라서 전기, 유압 또는 공기 연결부를 구동기에 부착시키고, 구동기의 방향은 적용하고자 하는 의도에 따라서 결정하거나 가압 사이클에 대해서 최대 부하 방향으로 결정한다. 시험의 수행은 격납용기 내부에 적용할 때에만 적용되며 65psig의 외부 가압 상태에서 15회 노출시키고, 각각의 가압 사이클에서 최소한 3분 동안 외부 가압 상태를 유지한다.

2.3.4 정상 방사선 노화 시험

방사능 노화 시험은 정상적인 방사선 노화 이후의 시험 구동기의 운전성을 입증하는 것이며, 준비조건으로서 구동기는 시험 계획에 명시된 대로 케이블 및 밀폐장치와 같은 연계부분과 함께 시험 챔버내에 장착하고, 전기, 유압 또는 공기 연결부는 제작자가 권장하는 방법을 따른다. 시험의 수행은 정상적인 열적 노화 기간 동안에 수행되는 사이클이외에 추가로 요구되는 마모 노화 동작 사이클의 1/2을 수행하며, 구동기의 설치 수

명 기간중에 예상되는 정상 자연 집적 방사선량을 모의한 감마 방사선 선원에 구동기를 노출시킨다. 구동기의 성능 특성은 방사선 노출 시험 기간전 및 기간 이후에 측정되어야 하며, 방사선 피폭 기간중에 과도 특성을 나타내는 부품은 조사 기간 동안 감시되어야 한다. 공기 등가 선량 및 피폭을 고려하여야 할 규정된 조사 선량은 공기등가 체적의 어떠한 부분에도 규정된 최소값 이하의 선량을 받지 않도록 수행되어야 하며, 요구되는 나머지 마모 노화 동작 사이클을 수행한다.

2.3.5 진동 노화 시험

진동 노화 시험은 계통 운전 과도현상 및 기타 동적 진동 환경을 포함하여 발전소에서 정상적으로 유발되는 진동을 대표하는 진동 환경을 제공한다. 이 시험은 설계 기준 사건 시험 전에 임의적이지만 합리적인 진동 노화의 양을 발생시키도록 하여야 한다. 시험 준비요건은 구동기를 밸브에 부착시키는 것과 동일한 방법으로 진동 테이블의 고정부에 장착하고, 제작자가 권장하는 방법에 따라서 전기, 유압 또는 공기 연결부를 구동기에 부착한다. 진동을 유발하는 수단 및 진동수와 가속도를 측정하는 적절한 방법을 선택한다. 시험의 수행은 구동기를 0.75g의 가속도 또는 분당 2옥타브 비율로 5Hz에서 100Hz, 그리고 다시 5Hz로 스위프하는 진동수를 갖는 2배의 진폭에서 0.025를 초과하지 않는 낮은 진동수에서 필요한 감소된 가속도에 노출시켜서 정현파 운동을 인가한다. 각각의 직교 축마다 90분 동안 진동을 가하고, 온-오프 구동기는 매 15분마다 모의 부하 상태에서 동작시키며, 조절 구동기는 20%와 80% 스트로크 사이의 연속적인 부하 상태 하에서 작동시킨다. 구동기 장착 표면에 인접한 시험 고정부에 위치한 가속도계를 사용하여 구동기에 대한 입력 운동을 감시 및 제어한다. 기능적 운전성을 입증하기 위하여 시험 전 및 시험 이후의 부하 상태 하에서 충분한 감시 기기와 함께 구동기를 작동시킨다. 계속 설비를 구동기 및 그 부속물에 장착시키고, 오동작을 적절히 감지할 수 있도록 한다.

2.3.6 내진 모의 시험

내진 모의 시험은 검증 안전 정지 지진에 후속되는 5회의 운전 기준 지진의 동적 영향과 동등한 노출 기간 동안 및 노출 이후에 시험 구동기의 운전성을 입증한다.

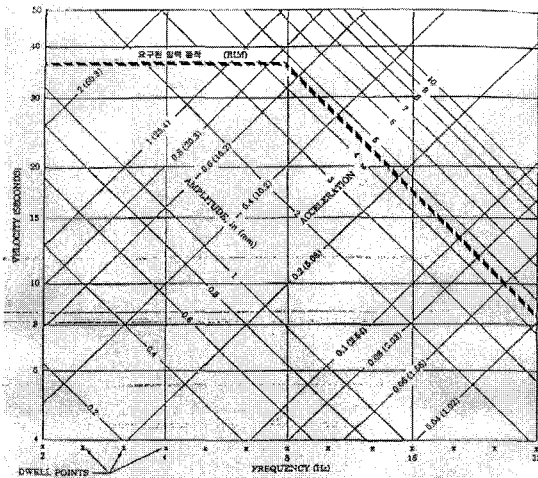


Fig. 1. Seismic qualification required input motion(RIM)

시험준비 요건은 벨브에 부착시키는 것과 동일한 방법으로 진동 테이블 고정부에 구동기를 장착시킨다. 구동기의 방향은 진동 여기작용의 1축이 구동기의 걸보기 최대 부하 방향과 동일 선상에 있도록 하여야 한다. 최대 부하 방향을 선택한 이론적 근거는 검증 보고서에 명시하여야 하며, 중력과 관련하여 시험 방향 선택에 대한 이론적 근거도 검증 보고서에 명시하여야 한다. 제작자가 권장하는 방법에 따라서 전기, 유압 또는 공기 연결부를 구동기에 부착하고, 구동기 장착 표면에 인접한 시험 고정부에 위치한 가속도계를 이용하여 구동기에 대한 입력 운동을 감시 및 제어한다. 공진 검색 데이터를 제공하기 위하여 기능적 운전성을 입증할 충분한 감시 기기를 마련한다. 계측 설비는 오동작을 적절히 감지할 수 있도록 구동기 및 그 부속물에 부착하여야 한다. 시험의 수행은 벨브 구동기가 배관 장착하거나 하드 장착 할 수 있으므로 단일 진동수 및 복수 진동수 시험 두 가지 모두를 수행하는 것이 권장된다. 구동기는 장착 조건에 따라 구조에 대한 구동기 검증을 위하여 각각의 직교 축에 있어서 요구입력 운동 수준의 2/3에서 두가지 정현파 스위프에 구동기를 노출시켜서 운전 기준 지진의 진동 운동을 모의하여야 한다. 분당 1옥타브를 초과하지 않는 비율로 2Hz에서 35Hz로, 그리고 다시 21Hz로 각각 스위프 되어야 한다. 1회의 스위프는 벨브 구동기가 개방된 상태에서 수행되고, 또 1회의 스위프는 벨브 구동기가 폐쇄된 상태에서 수행되어야 한다. 각각의 축에서의 운전 기준 지진 스위프는 벨브 구동기가 폐쇄된 상태에서 수행되어야 하며, 각각 축에서의 운전 기준 지진 스위프는 동

일 축에서 안전 정지 지진 시험 이후에 수행할 수 있다. Fig. 1은 내진 모의 시험을 위해 필요한 입력 운동을 나타내고 있다.

2.3.7 설계 기준 사건에서의 방사선 노출 시험

설계기준 사건에서의 방사선 노출 시험은 설계 기준 사건에서의 방사선 노출 이후에 시험 구동기의 운전성을 입증하며, 시험 준비 요건은 시험 계획에 명시된 대로 케이블 및 밀폐 장치와 같은 연계부분과 함께 시험 챔버내에 구동기를 장착하여야 하며, 전기, 유압 또는 공기 연결부는 제작자가 권장하는 방법에 따라야 한다. 시험의 수행은 구동기가 설계 기준 사건 기간중 및 기간 이후에 더 이상 안전성관련 기능을 수행할 필요가 없는 시간에 이를 때까지 받게 될 것으로 예상되는 선량을 모의하는 감마 방사선원에 구동기를 노출시킨다. 구동기 성능 특성은 방사선 피폭 이전과 이후에 측정하여야 하며, 방사선 피폭 기간중 과도특성을 나타내는 부품을 갖는 구동기는 방사선 조사 기간중에 감시되어야 한다. 공기 등가 선량 및 노출을 고려하여야 할 명시된 조사 선량은 공기 등가 체적의 어떠한 부분에도 명시된 최소값 이하의 선량을 받지 않도록 수행시켜야 한다.

2.3.8 설계 기준 사건에서의 환경 시험

설계 기준 사건에서의 환경 시험은 설계 기준 사건에서의 온도, 압력, 습도 또는 살수 환경에 시험 구동기가 노출되는 기간중의 운전성을 입증한다. 시험 준비 요건은 시험 계획에 명시된 대로 케이블, 밀폐장치 및 독특한 포설 경로와 같은 연계부분과 함께 시험 챔버내에 구동기를 장착시킨다. 시험 챔버는 온도/압력과도 현상에 노출시키기 이전에 설계 기준 사건 이전에 존재하는 정상환경 조건을 설정하여야 하며, 설계 기준 사건 모의 기준 데이터를 제공하기 위하여 구동기를 동작시켜야 한다. 시험의 수행은 정격 부하조건 하에서 완전한 시험 동작 사이클 동안 구동기를 작동시킨다. 구동기가 다중 동작이 요구되는 적용에 대하여 검증되어야 한다면 시험 파라미터는 요구되는 검증 수준에 따라서 변화한다. 단일 방향으로 단지 1회의 동작 또는 동작하지 않고 한 위치에서 유지되도록 하는 요건의 적용에 대하여 구동기가 검증되어야 할 경우, 구동기는 첫 번째 과도 현상의 침투 조건 기간중 부하가

가장 많이 걸리는 방향으로 동작되어야 하거나 전혀 동작되지 않아야 한다. 설계 기준 사건에서의 환경 모의 기간중 다른 작동은 요구되지 않는다.

3. POV 성능시험 장비

한국기계연구원에서 보유하고 있는 동력구동밸브 구동기의 기기 검증 성능시험을 위한 기본측정장비로는 각종 측정센서와 측정기가 있으며, 밸브의 성능평가를 위한 것으로는 VIPER 20(Fig. 2)이다. 이는 밸브 진단장비(Diagnostic System)로서 Motor Operated Valves (MOV), Check Valves(CV), Air Operated Valve(AOV), other industrial components을 대상으로 한다. 이 시험장비의 기능은 첫째, 밸브의 기계적, 전기적, 공기역학적 작동상태의 평가할 수 있고, 둘째 밸브의 성능유지 및 사고예방 프로그램의 신뢰성 확보를 할 수 있으면, 셋째 설계검증(Design Verification) 및 문제해결(Trouble Shooting)의 도구로 사용된다. VIPER 20의 외형은 다음과 같다.

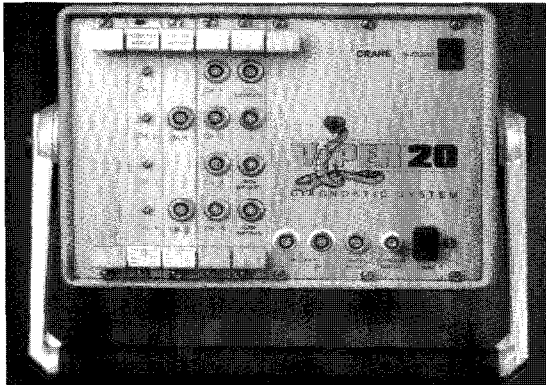


Fig. 2 VIPER 20

VIPER 20을 이용한 동력구동밸브 구동기의 모의시험 구성도는 Fig. 3과 같다. 본 장비는 제어부로부터 모터의 구동 동력을 입력하고, 시험하중을 인가하여 모터의 동작시간, 동작출력 토크 및 추력 특성, 스위치 작동 등의 성능시험 데이터를 VIPER 20의 데이터 입력단으로부터 검출하여 밸브 및 구동기의 성능을 평가하게 된다.

이러한 조작은 검증 형식시험의 순서에 따라 수행되며, 시험의 전후에 걸쳐 시험검사가 이루어진다. Fig. 4는 모터구동밸브의 배치형식과 실제 성능시험 장작 사진을 나타내고 있다.

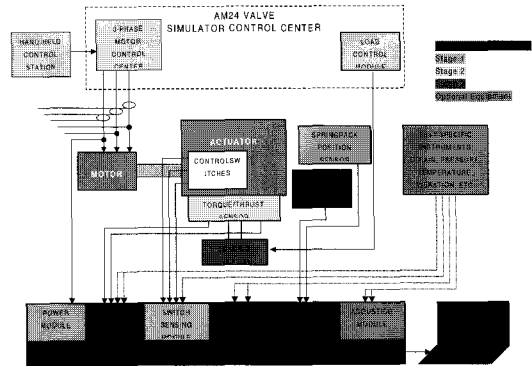


Fig. 3 AM40/250 valve simulator system block diagram(MOV mode)

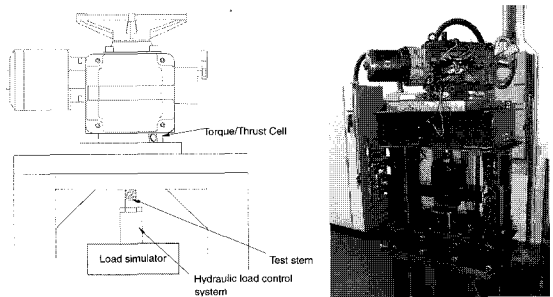


Fig. 4. MOV mount with torque/thrust cell

그 외에 성능시험을 위한 장비 목록은 Table 2에 나타내었다.

4. POV 내환경 성능시험 시설

한국기계연구원은 선박관련 성능시험을 오랫동안 수행해 온 경험을 바탕으로 하여 원전기기 성능검증 체계를 구축하고 있으며, 밸브 성능시험 및 구동기 내환경 및 내진 시험을 수행하기 위해 지속적인 기술개발 및 시설구축을 수행하고 있다. 현재 국제협력 및 정부지원 사업 등을 통하여 관련업무를 수행하고, RTD 및 ICI를 통해 내환경 시험을 수행한 경험이 있으며, 관련 시험 설비는 다음과 같다.

4.1 LOCA 시험 설비

현재 한국기계연구원에서 구축하고 있는 LOCA 시험시설의 개략도는 다음과 같다.

LOCA 시험을 수행하기 위해서는 Fig. 5에서 보듯이 증기발생장치와 제어기와 함께 온도, 압력을 측정하는

Table 2. Instruments of POV environment qualification

Aparatus	Model	Remarks
System Electrometer	6514	
Pressure Transducer & Transmitters	C206	Range(0-500 PSIG)
Platinum Resistance Thermometer	5612/5613/5614	Range (-25-125°C)
Thermometer, Black Stack Base unit	1560AB	to 99Ch
Module, PRT Scanner, 8-channel	2562AS	±0.01°C
Standard RTD	5614CK	±0.01°C
Program Logic Controller	PCD1 / PCD2	
Multimeter/Scanner Card	2000	
Control System Analyzer	3563A	
Humidity/Temperature Transmitter	EE28/EE30	0~100% RH -40~180°C
Digitizing Oscilloscope	11402	
Super Heater		to 210°C, 40kW
Steam Flow Meter	VTX1200-S-1-A-2-X-A	100~1000kg/hr
Liquid Flow Meter	1100-F-B-T	
RTD Isolation Converter	MRS-1A2-1	4-20mA
Pressure Transmitter	PR25HTC/8585	300°C 10kg/cm2
Low Temperature Bath	CBN 18-50/HMT300	-50~120°C

Table 3. Environmental condition of LOCA for ICI, RTD

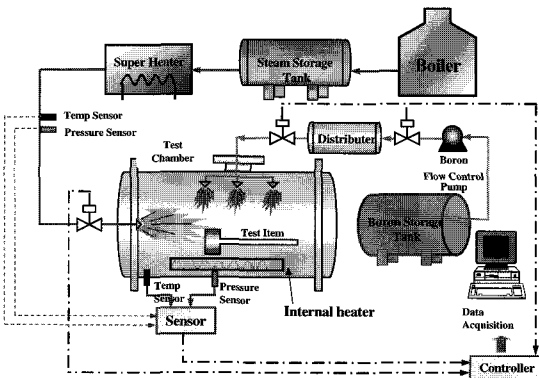
Environmental Parameters	Range and Duration
Temperature F	EQ Std.
Pressure, psig	EQ Std.
Relative Humidity, %	100
Radiation : 40 Yr. TID Plus MSLB, Gy	2.045×10 ⁴ Gamma
Chemical Spray	4,400 ppm Boron as H3BO3
50ppm Hydrazine as N2H4	
pH of 7.0-8.5 after 4hours	
Using Trisodium phosphate	
Submergence	EQ Std.
Vibration	EQ Std.
Aging	EQ Std.
Seismic	EQ Std.

모니터링 시스템이 필요하며, Table 3과 같이 냉각수 손실사고 환경설정을 위한 조건을 설정하여야 한다. 현재 파일럿 수준의 성능시험을 수행중이며, 향후, 원전기기의 성능검증에 적용 가능한 수준의 성능평가를 위한 연구를 진행중이다.

4.2 온·습도 시험 설비

원전의 안전관련 기기는 정상 또는 비정상 환경 조건하에서 성능평가를 받게 된다. Fig. 6은 POV 구동기 검증시험의 환경설정을 위한 장비로써 온·습도 조정을 통해 원전 안전관련 기기의 성능시험 여건을 조성한다.

실제 시험결과를 Fig. 7에 나타내었는데 점선으로 나타낸 요구조건을 보수적으로 만족한다. 이 시험은 약 1달간 진행되었으며 시험이력곡선을 잘 추종했다고 판단된다.



챔버크기	최대 2m(D)×3m(L)
보일러 용량	20kgf/cm ² , 30ton/hour
전력	2000kW
기타	화학살수
활용	LOCA/HELB/MSLB
적용코드	IEEE 323

Fig. 5. Diagram of LOCA test facilities and spec.

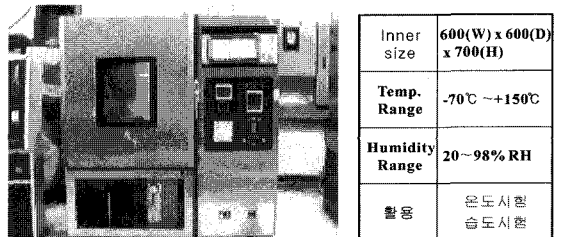
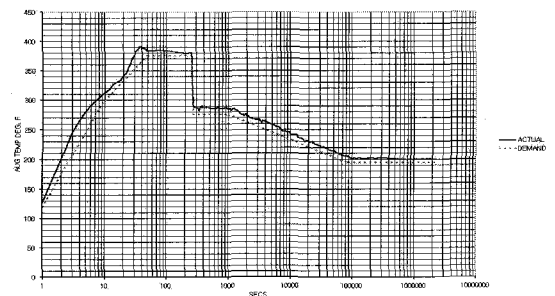


Fig. 6. Picture of temperature and humidity chamber



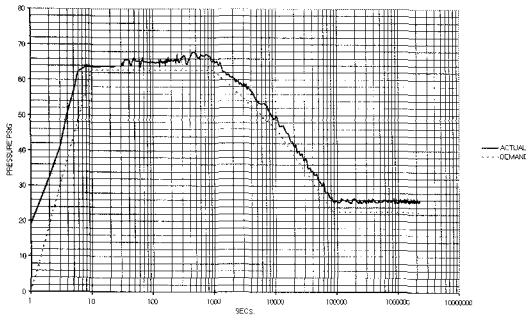


Fig. 7. Temperature and pressure histogram for ICI, RTD

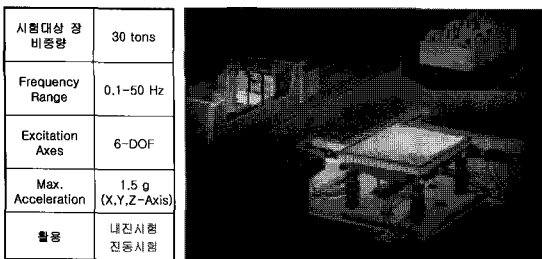


Fig. 8. 6D.O.F vibration table for seismic and vibration test

4.3 내진 시험 설비

Fig. 8의 내진 및 진동 시험설비는 원전계통 운전 과도현상 및 기타 동적 진동 환경을 포함하여 발전소에서 정상적으로 유발되는 진동 환경을 제공하며, 지진에 대한 동적 영향과 시험 구동기의 운전성을 입증하기 위한 설비이다.

4. 결론

원자력 발전소의 안전관련 기기는 정상 또는 비정상 환경 조건과 지진 발생과 같은 설계기준 사고 조건에서도 그 기능을 유지하고, 설계 조건에 대한 기기 설계의 적합성이 입증되어야만 한다. 이러한 이유로 국외에서는 원전의 안전관련 기기 관련 정책에 대해 성능진단시험을 수행함으로써 기술적으로 대응을 하고 있으며, 이미 안전관련 모터 구동밸브의 성능진단 수행에 대한 요구에 대해 진단장비를 가지고 시험을 수행하고 있다. 또한 진단시험 특히 Load Simulator에 의한 정적·동적시험을 수행하면서 새로운 문제를 제기하고 해결 방안을 개발해 오고 있다.

그러나 국내에서는 주로 외국에서 확립된 진단장비를 가지고 시험을 수행하고 있으나 현재 문제되고 있는

많은 현안에 대해 적극적으로 대체하고 있지 못하였으며, 아울러 국내에서 수행해야 할 진단시험은 많으나 관련 전문기술 및 인력이 부족하여 외국 시험기관에 의뢰하고 있는 실정이다. 이에 따라 막대한 비용이 들며 아울러 관련기술을 제대로 인수받지 못해서 기술적으로 증속되는 현상이 발생하고 있다. 한편 관련규제가 점점 강화되고 있으며, 공기구동밸브에 대한 규제도 고려해야 하는 상황이어서 동력구동밸브의 진단시험에 대한 문제가 중요시되고 있다. 그러므로 적극적으로 동력구동밸브의 진단시험을 하는데 필요로 하는 시설구축 및 전문기술 축적이 요구되고 있는 실정이다.

최근에 원자력 연구소, 기계연구원, 표준연구원 등이 중심이 되어 원전기기 EQ의 개발 및 기초 시설확보를 위한 연구를 수행해오고 있으며, 각 기관별 EQ Test 기술의 전문화와 고도화를 위해서 기계연구원의 경우 LOCA 시험분야 및 내진 시험분야의 전문기관으로 시험업무를 담당할 예정이다. 이러한 전문화의 일환으로 기계연구원은 LOCA 시험에 관련 기초 시험시설(보일러, 과열기, 증기 저장기, 시험 chamber, 전기설비 등)을 갖추었으며, 국내의 원전기기 안전관련 규정분석과 기초 실험을 통해 동력구동밸브의 진단시험을 하는데 필요로 하는 시설구축 및 전문기술 축적하고, 기술력을 확보해 나아가고 있다.

참고문헌

1. IEEE 382-1996, IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants.
2. IEEE 323-1974/1983, IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations.
3. IEEE 344-1987, IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Station.
4. ANSI B16.41-1983, Functional Qualification Requirements for Power Operated Active Valve Assemblies for Nuclear Power Plants.
5. ASME QME-1-1994(Section QV), Qualification of Active Mechanical Equipment Used in Nuclear Power Plants-Revision and Redesignation of ANSI B16.41-1983.

6. KINS/PR-016 Vol.2, 제4회 MOV/AOV 설계기준 성능 평가기술 Workshop
7. C98NT03, Optimization of Environmental Qualification Resources for Nuclear Equipment.
8. CENPD-255-A Rev 3, Qualification of Class 1E Electrical Equipment
9. 시범원전(영광 1) 모터구동밸브 설계기준 시험결과 분석 보고서(MOVATS-3500 결과를 중심으로), 1999. 11., 한국원자력안전기술원.
10. 모터구동밸브 및 동력구동 게이트밸브 안전성 확인방안 검토 용역(최종보고서), 1997. 12, 한국전력공사.
11. IEEE Guide for Motor Operated Valve(MOV) Application Protection, Control, and Teseting in Nuclear Power Generating Stations.
12. Environmental Qualification Assessment of Limitorque SMB series Valve Actuator.
13. IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-Operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants, 21 Mar, 1996, IEEE Standards Board.
14. A study of MOV Diagnostic Testing Method (Engineering Implementation Trending/Periodic Verification), 1996. 12. 31. 한진기공주식회사(KPS)
15. Qualification of Active Mechanical Equipment Used in Nuclear Power Plants, ASME QME-1-1997.
16. Desing Standard: Generic Letter 89-10 Motor-Operated Valve Program(Doc No: MS-123-125 Rev. 2), Southern California Edison San Onofre Nuclear Generating Stations Units 2 & 3.
17. Application Guide for Motor-Operated Valve in Nuclear Power Plants(Vol. 1, Rev. 1: Gate and Globe Valves), Sept. 1999, EPRI Project Manager V. Varma.
18. Air Operated Valves & Solenoid Operated Valve, 1992, General Physics Cop.
19. 원자력 발전소 기자재 기기검증, 1997. 6, 한국전력공사