

# 원자로, 보일러 및 압력용기의 과압보호를 위한 압력방출장치 용량인증제도

박 태 종

대한전기협회 전력기준처 인증심사실장

## 1. 머리말

전력산업기술기준(KEPIC)의 내용은 기술적인 요건과 제도적인 요건이 함께 규정되어 있다. KEPIC 원자력기계(MN), 일반 압력용기(MGB) 및 보일러(MBB) 등에서는 압력용기에 관한 과압보호 요건과 압력방출장치(안전밸브)에 대한 용량인증 요건을 규정하고 있다. 한편, 최근 국내 일부 제조업체에서는 안전밸브를 개발중에 있어 국내외에서 KEPIC의 활용여건 조성을 위하여 안전밸브의 용량인증 대책이 시급하게 필요한 시

점이다. 협회는 이를 위하여 다양한 검토를 하고 있는데 이 글에서는 안전밸브의 용량인증제도에 관한 정보를 전력산업계에 소개하고자 한다.

참고로 압력방출장치에는 여러 종류가 있어 그 명칭에 혼선이 있는데 이를 체계적으로 분류하면 표 1과 같다.

## 2. 관련법령 검토

### 가. 원자력법

원자력법 및 시행규칙에 근거한 과학기술부 고시

〈표 1〉 압력방출장치의 분류

총 정	중 분 류	세 분 류
압력방출장치 (Pressure Relief Devices)	압력방출밸브 (Pressure Relief Valve)	안전밸브 (Safety Valve) ※ 증기용
		방출밸브 (Relief Valves) ※ 물용
		안전방출밸브 (Safety Relief Valve) ※ 증기/물 겸용
		파일럿불이 압력방출밸브 (Pilot Operated Pressure Relief Valve)
		기 타
	되닫힘되지 않는 압력방출장치 (Non-Reclosing Pressure Relief Devices)	파열판 (Rupture Disk Devices)
		파열핀 (Breaking Pin Devices)
		기 타

2000-17호에서는 'KEPIC 2000년판, 1995년판의 원전 적용을 인정하고 있으며 다른 고시 2001-38호' '원자로시설의 안전밸브 및 방출밸브에 관한 기준'에서 KEPIC-MN 또는 이와 동등한 기술기준을 준수하도록 한 규정을 볼 때 KEPIC 적용시 협회(또는 ASME) 지정기관에 의한 원자력발전소용 안전밸브 용량인증이 필요하다고 판단된다.

원자력법에 의한 원자로 및 관계시설의 법정검사(사용전검사, 정기검사, 품질보증검사)는 한국원자력안전기술원에서 수행하고 있다.

#### 나. 전기사업법

전기사업법에 의한 산업자원부 고시 제118호 '발전용 화력설비 기술기준'에서도 KEPIC 적용을 허용하고 있으며 전기사업법에 근거하여 한국전기안전공사에서 원전 터빈/발전기(2차계통)설비 및 화력발전설비에 대한 법정검사(사용전검사, 정기검사)를 수행하고 있다.

#### 다. 산업안전보건법

산업안전보건법 제33조(유해·위험기계·기구 등의 방호장치 등)에서 방호장치는 노동부 장관이 실시하는 성능검정을 받아 합격 후 사용하도록 규정하고 동법 시행령 제27조 별표 7에서는 방호장치에 보일러 및 압력용기를 포함하고 있다.

한편, 한국산업안전공단법 제6조(사업), 위험기계기구의 안전장치 성능검사 조항에 의거 한국산업안전공단은 저압의 분출시험설비를 보유하고 일반산업용 안전밸브를 시험하고 있으나 KEPIC/ASME 코드에 의한 방출용량시험설비는 보유하지 못하고 있다.

현재의 법정검사체제로 미루어 볼 때 산업안전공단은 원자력법 및 전기사업법에 의한 법정검사기관은 아니라고 판단된다.

### 3. 국내 산업계 현황

그 동안 국내 발전설비용으로 필요한 각종 압력방출장치는 주로 수입품에 의존하던 중 최근 일부 업체(3~4개사)가 안전밸브를 개발 중에 있어 KEPIC에서 규정한 협회 지정기관을 신속하게 확보하여 산업계의 안전밸브 개발이 순조롭게 진행될 수 있도록 제도적인 지원을 할 필요가 있다.

### 4. KEPIC에 의한 압력방출장치의 용량 인증

여기서는 KEPIC 원자력기계(KEPIC-MN)을 중심으로 방출용량시험 및 인증요건을 요약하여 소개하고자 한다. 일반압력용기(KEPIC-MGB), 보일러(KEPIC-MBB) 요건도 이 글의 내용과 대동소이하다.

#### 가. 일반사항

##### <용량인증기관>

KEPIC에서는 협회(또는 ASME) 지정기관에서 압력방출장치의 설계도면을 검토하고 실제 용량인증시험은 지정기관을 포함한 ASME 승인시험실(미국 9개, 유럽 2개)에서 수행하며 지정기관 시험실에서 다시 확인시험을 하도록 규정하고 있으며, 협회(또는 ASME)가 시험실을 승인시에 지정해준 시험실 소속의 전문가인 '공인입회인'이 용량인증시험을 감독하도록 규정한다.

##### <인증에 관한 책임>

인증업체(KEPIC 자격인증서 보유업체)는 KEPIC에 따라 압력방출장치에 대한 용량인증을 받을 책임이 있다.

## 나. 유량모델 시험의 방법

### <유동 용량>

시험장치의 한계 때문에 실제크기의 압력방출밸브에 대한 용량시험이 불가능한 경우에는 3가지의 다른 크기의 유량모델을 용량 인증에 사용할 수 있다.

### <기능의 실증>

인증해야 할 설계로 제조한 밸브 3개를 시험해서 기능을 실증해야 하며 3개의 밸브는 특정설계에 대해 그 입구 크기 및 오리피스 크기가 가장 큰 것과 가장 작은 것들을 포함하도록 선정해야 한다.

## 다. 용량 인증방법

### <기술기법>

특정설계의 압력방출밸브의 경우, 입구 크기와 오리피스 크기의 각 조합에 대해 밸브 4개를 사용하여 시험을 수행하여 각 시험점에서의 순간기울기를 계산해서 평균값을 구하는데 여기서 기술기법 측정된 용량을 입구측 절대압력으로 나눈 값을 말하며 시험으로 결정된 기울기 중 어느 한 기울기라도 평균기울기의  $\pm 5\%$  범위 바깥에 있으면 동일한 크기 및 설정압력을 가진 다른 두개의 밸브로서 불합격된 밸브를 교체해야 한다. 이들 밸브를 시험하여 교체된 밸브의 시험결과는 제외하고 새 평균기울기를 구하며 만약 어느 한 기울기라도  $\pm 5\%$  범위 바깥에 있게 되면 시험은 불합격으로 간주하여 용량인증이 거부된다. 인증용량은 평균기울기에 유동정격압력( $P_{sia}$ )을 곱한 값의 90%가 되어야 한다.

### <배출계수법>

각 설계에 대하여 3개의 다른 크기별로 3개 이상의 밸브를 시험하며 주어진 크기에 해당하는 각각의 밸브는 서

로 다른 압력을 설정하여 시험해야 하며 시험에 사용되는 유체에 대한 밸브의 리프트, 개방 그리고 분출압력 및 용량을 결정하기 위하여 각각의 압력방출밸브를 시험해야 한다.

배출계수  $K_D$ 는 매 시험마다 다음과 같이 계산한다.

$$K_D = \text{실제유량} / \text{이론유량} = \text{배출계수}$$

요구시험에서의 배출계수  $K_D$ 의 평균값은 0.90을 곱해야 하며 이 곱한 값은 그 설계에 해당하는 계수  $K$ 로 간주해야 한다.

시험으로 결정된 계수 중 어느 하나라도 평균계수의  $\pm 5\%$  범위 바깥에 있으면 동일한 크기 및 설정압력을 가진 다른 두개의 밸브로서 불합격된 밸브를 교체해야 하며 이들 밸브를 시험하여 교체된 밸브의 시험결과는 제외하고 새 평균계수를 구해야 하고 만약 어느 한 계수라도  $\pm 5\%$  범위 바깥에 있게 되면 시험은 불합격으로 간주하여 용량 인증을 거부한다. 유량면적을 결정하기 위해 리프트가 사용되는 부분의 설계에서 모든 밸브는 동일한 호칭 리프트-시트 지름비( $L/D$ )를 가져야 한다.

### <단일밸브법>

시험시설 한계 내에 있는 밸브용량인증에 적용하며 단일밸브를 용량 시험할 때 용량인증을 요구하는 각각의 설정압력에서 3회씩의 시험을 실시하여 인증용량을 결정하는데 각각의 설정압력에 대한 인증용량은 시험으로 구한 평균용량의 90%를 초과해서는 안된다. 개별 시험용량이 각 설정압력에 대한 평균용량의  $\pm 5\%$  이내에 있어야 이 시험을 인증할 수 있다.

## 5. KEPIC에 의한 추진경위

압력방출장치의 용량인증제도 정립을 위하여 협회가 취한 조치는 다음과 같다.

- 2001년 3월 : 최초로 KEPIC에 의한 용량 인증대책이 필요함을 보고
- 2001년 4월~6월 : 안전밸브 제조/개발 업체 및 관련기관 방문/조사
- 2001년 7월~2002년 1월 29일 : 압력방출장치 시험기관 자격인증 지침 수립
- 2002년 3월 : 추가 조사, 분석 후 2002년 말까지 대책을 수립하기로 보고
- 2002년 5월 : 제1회 발전설비용 안전밸브 용량 인증 세미나
- 2002년 8월 : 미국 NBBI에서 용량시험을 하는 경우 KEPIC에 의한 안전밸브 제조자 자격인증서를 발행할 수 있도록 적용사례 MN-C-023 발행
- 2002년 8월 : 3차 종합보고
  - 제1단계 : 외국 시험기관을 KEPIC에 의한 용량인증기관으로 지정
  - 제2단계 : 외국 시험기관의 시험결과를 KEPIC 위원회가 평가 및 인증
- 2002년 9월~10월 : 외국 시험기관 및 제조사 방문
  - 기간 : 9. 24~10. 6(13일간)
  - 방문기관 : 미국 NBBI 등 3개 시험기관 및 2개 제조사
  - 결과 : 다음 항목 참조

## 6. 해외출장 보고

### 가. 출장 목적

협회 직원 2명이 압력방출장치 용량인증 대책 수립에 관련하여 해외 밸브 시험기관에게 협회 지정기관 지정을 제안하고 양해각서(MOU) 체결방안 등을 협의하고 파 일렛불이 압력방출밸브(POSRV)의 제조사와 KEPIC 적용방안을 협의하기 위하여 아래와 같이 해외 출장을 하여 좋은 성과를 거두고 돌아왔다.

### 나. 출장기간 및 방문기관

- 출장기간 : 2002년 9월 24일(화)~10월 6일(일)
- 방문기관 :
  - 압력방출장치 시험(인증)기관
    - 미국 NBBI(보일러 및 압력용기검사자협회)
    - 프랑스 EDF(프랑스전력공사)
    - 독일 Framatome ANP(구, SIEMENS)
  - POSRV 제조사
    - 프랑스 WEIR(구, SEBIM) - EDF와 연석회의
    - 스위스 CCI AG(구, Sulzer)
- 출장자 : 대한전기협회 박태중 실장, 윤석찬 부장

### 다. 방문기관별 협의결과

각 방문기관별 협의 결과는 표 2와 같다.

### 라. 출장 소감

예상외로 해외기관이나 제조사는 KEPIC을 이해하고 수용하고자 노력하고 있음을 알았고 미국 NBBI보다는 프랑스 EDF, 독일 Framatome ANP가 좀더 좋은 설비를 갖춘 것으로 확인되었으며 이들 우수한 설비의 활용 방안이 필요할 것으로 사료된다.

## 7. 향후 계획

KEPIC을 국내외에서 적용하기 위해 압력방출장치 용량인증권이 필수적으로 필요하므로 전기협회는 향후 아래와 같이 대안 및 방안을 마련하여 산업계의 KEPIC 활용에 차질이 없도록 하며 안전밸브 개발이 순조롭도록 지원할 계획이다.

- 제1단계 : 국내의 기술수준이 미약하므로 당분간 해외의 우수한 시험기관(NBBI, EDF, Framatome ANP)을 지정기관으로 위임하여 KEPIC에 의한

〈표 2〉 방문기관별 협의 결과

방문 기관명 접촉 인원 설비 능력	주요 의제	방문기관 의견/협의 결과
<b>미국 NBBI</b>  S. F. Harrison Director : Pressure Relief Department 등 7명  증기 : 4inch, 500psi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NBBI/협회/KEPIC 상호소개</li> <li>• 협회 지정기관 제안</li> <li>• 양해각서(MOU) 체결 협의</li> </ul>	<p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MOU만으로도 가능 2주 내에 NBBI 공식의견 제시</li> <li>• 찬성 ※ 협회직원 교육(미국) 및 NBBI 초청 교육(한국)에 관심</li> </ul>
<b>프랑스 EDF</b>  Jean-Francois Berail : Water-Steam Testing Group Manager 등 5명  증기 : 3inch, 1,400psi 14inch, 190bar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EDF/협회/KEPIC 상호소개</li> <li>• 협회 지정기관 제안</li> <li>• 양해각서 체결 협의</li> </ul>	<p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 찬성 ※ 수요가 없어 시험설비의 폐쇄를 고려하고 있었으며 시험수량에 관심</li> <li>• 찬성</li> </ul>
<b>독일 Framatome ANP</b>  Heinrich Schäfer : Testing Group Manager 등 4명  증기 : 8inch, 157bar 28inch, 116bar (Full Scale 시험 가능)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Framatome/협회/KEPIC 상호소개</li> <li>• 협회 지정기관 제안</li> <li>• 양해각서 체결 협의</li> </ul>	<p>—</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 적극 찬성</li> <li>• 적극 찬성</li> </ul>
<b>프랑스 WEIR</b>  Stephane Lamotte : Nuclear Department Manager  <b>스위스 CCI AG</b>  Rolf Vetsch : Industry Manager Power 등 6명	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WEIR, CCI 소개</li> <li>• 협회, KEPIC, 인증제도 소개</li> <li>• KEPIC 적용방안 협의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KEPIC 적용가능하며 문제 없음</li> <li>• KEPIC/인증제도 영문 안내서를 사전 검토하였으며 KEPIC 적용에 문제점 없음</li> </ul>

용량시험 및 용량인증을 하도록 조치  
- 제2단계 : NBBI 파견교육 등을 통하여 협회의 역  
량을 제고한 후, 가칭 “안전밸브인증위원회”를 구성  
하여 해외시험기관에서 수행한 시험결과를 검토, 평  
가하여 용량 인증을 수행

### 8. 맺음말

전력산업계의 기술자립 및 경쟁력 확보를 위해 개발된

KEPIC을 적용하면서 좀더 새로운 상황 전개에 따른  
제도적 지원을 하는 일은 매우 중요한 일이다. 발전설  
비 압력용기의 안전성 확보에 중요한 안전밸브의 용량  
인증제도는 매우 민감한 사항으로서 검토에 어려움이  
많았는데 그 동안 보여준 산업계의 높은 관심과 적극적  
인 지원에 감사를 드리며 관련기관 및 산업계 의견을  
모아 산업계에 필요한 인증제도 마련을 위하여 최선을  
다할 것이다.