

## 구동기 용량 산정시 적용되는 밸브 팩터의 타당성 평가

### The validation of the valve factor applied for the actuator sizing

정래혁, 박성근, 강신철, 이도환, 김양석  
한국 전력 연구원  
대전광역시 유성구 문지동 103-16

#### 요 약

모터구동밸브들은 원자력 발전소의 여러 주요 계통에 설치되어 유체의 흐름을 제어하며, 고장 발생시 발전소의 운전과 안전에 영향을 미칠 수 있으며, 고장 발생 주요 요인의 하나가 구동기 용량 부족이다. 구동기 용량은 밸브 설계 단계에서 결정되는데 일반적으로 밸브 디스크의 전후단에 작용하는 차압에 의한 힘(차압 쓰러스트)을 포함하여 밸브 동작에 요구되는 여러 힘의 합인 총 쓰러스트에 의해 결정된다. 차압 쓰러스트는 밸브 양단의 차압, 시트면적, 그리고 밸브 동작시 발생하는 마찰계수와 기계적 제원의 함수인 밸브 팩터와의 곱으로 표현되므로 밸브 양단에 작용하는 차압이 큰 밸브에 적용될 경우 밸브 팩터가 구동기 용량 결정에 큰 역할을 하게 된다. 따라서 고차압 밸브 설계시 적용된 밸브 팩터의 타당성을 평가하기 위하여 차압 조건에서 현장 동적 시험을 수행하고 이로부터 나온 밸브 팩터와 일부 제작사가 설계시 적용한 밸브 팩터를 비교 평가하였다. 평가 결과 게이트 밸브의 경우 현장 시험을 통하여 평가된 밸브 팩터 값이 설계 단계에서 적용된 값보다 크게 나타났고, 글로브 밸브의 경우 작게 나타났다.

#### Abstract

Motor-operated valves are installed in the various important systems of nuclear power plants and control the fluid flow. The failure of MOV could affect the safety as well as the operability of the plants. The inappropriate actuator sizing in the valve design is one of the major parameters of the failure for MOVs. Generally, actuator sizing is determined by the total thrust that means the sum of the forces required for the valve operation including the force (DP thrust) produced by the differential pressure (DP) of a valve disk. DP thrust is expressed in differential

pressure times seat area times the valve factor. Valve factor is a function dependent on the mechanical structure and friction coefficient produced in valve operation. Therefore valve factor play a important role at the actuator sizing if that is applied in the valves operated under the high DP condition. The site test was conducted for some valves to evaluate the validation of the valve factors applied in the valve design and the value factor was compared and analyzed with valve factor from the test. In case of gate valve, the valve factor from the testing shows a little bit larger than the design valves and the valve factor of globe valves shows a little bit smaller than the design value.

## 1. 서 론

모터구동밸브는 원자력발전소의 주요 안전 계통을 비롯한 여러 계통에 설치되어 방사성 물질의 외부 누출 차단 및 원자로의 냉각재 공급과 격리 등 유체의 흐름을 제어하는데 필수적으로 사용되어지는 기기이다. 따라서 모터구동밸브는 원자력발전소의 안전과 직결되어 있다고 하겠다. 모터구동밸브는 통상 열악한 환경에서 운전이 되기 때문에, 고장이 발생하기 쉬운 환경에 노출되어 있는데 안전 관련 모터구동밸브가 운전에 실패한다면 발전소 운전은 물론 안전에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 안전 관련 모터구동밸브의 운전성 확보는 발전소 안전성 확보에 필수적이라 하겠다.

해외 및 국내에 보고 된 모터구동밸브 주요 고장 사례 및 원인에는 구동기 용량 부족, 제어스위치 불량, 스템의 힘발생, 스템 패킹의 누설발생, 계전기 불량 등이 있다. 이 중 구동기 용량 부족은 밸브 설계 단계에서 적절한 구동기 용량 선정을 하지 못하여 발생하는 문제로서, 구동기 용량 선정은 밸브 동작에 요구되는 총 쓰러스트와 총토크의 정확한 예측이 매우 중요하다. 총 쓰러스트 예측은 일반적으로 다음과 같다.<sup>[1]</sup>

$$\text{총 쓰러스트[lbf]} = \text{디스크 및 스템 무게에 의한 쓰러스트} + \text{패킹 쓰러스트} \\ + \text{피스톤 효과} + \text{차압 쓰러스트}$$

$$\text{총 토크[ft-lbf]} = \text{스템 팩터} \times \text{총 쓰러스트}$$

여기서, 디스크 스템 무게에 의한 쓰러스트 : 자중 쓰러스트

패킹 쓰러스트 : 누설 방지용 패킹에 의한 쓰러스트

피스톤 효과 : 밸브 전단압력이 스템 단면에 작용하는 쓰러스트

차압 쓰러스트 : 밸브 디스크 양단에 걸리는 차압에 의한 쓰러스트

스템 팩터 : 스템과 스템너트 사이의 마찰 계수(0.15 또는 0.2)와 기하학적 형상에 의해서 결정되는 팩터

예측된 총 쓰러스트와 총 토크는 구동기의 정격 쓰러스트와 정격 토크를 낼 수 있는 규격과 모델 그리고 기어비, 제어스위치 등을 결정함으로써 구동기 설계가 완료된다. 총 쓰

러스트 예측시 저차압 밸브(50psid 이하)는 누설 방지를 위해 스템을 감싸고 있는 패킹에 의한 쓰러스트가 크게 작용하나, 본 논문에서 평가하고자 하는 고차압(설계기준 차압이 500psid 이상) 밸브는 디스크 양단에 걸리는 차압에 의한 쓰러스트가 지배적으로 작용한다. 차압 쓰러스트는 시트 평균 단면적과 설계기준 최대 차압 그리고 밸브 팩터에 의해서 계산된다. 여기서 시트 평균 단면적은 구조적으로 정해진 값이고, 설계 기준 최대 차압은 계통에 비상 사고 발생시 밸브에 작용하는 최대 차압이기 때문에 계통 설계변경이 발생하기 전에는 항상 일정하다. 따라서 차압 쓰러스트는 밸브 팩터에 의해서 결정되므로 고차압 밸브에 대한 총 쓰러스트 예측시 적절한 밸브 팩터 선정은 매우 중요하다고 할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 국내 원전에 설치된 모터구동밸브의 구동기중 가장 점유율이 높은 Limitorque 구동기의 제작사와 국내 밸브 제작사에서 구동기 용량을 산정하기 위해 적용하는 밸브 팩터들을 설계기준 최대차압 조건에서 동적 시험을 통해 측정된 밸브 팩터들과 비교 평가 하였으며, 각각의 밸브 팩터들에 설계기준 최대 차압을 적용하여 차압 쓰러스트를 평가한 후 그 차이값을 계산하여 Limitorque사와 국내 밸브 제작사에서 적용하는 밸브 팩터가 적절하게 반영되고 있는지를 알아보았다.

## 2. 본론

### 2-1. 밸브 팩터와 차압 쓰러스트

밸브 팩터(Valve Factor, VF)는 관로내 유체에 의한 차압이 작용할 때 밸브 디스크 이동에 요구되는 쓰러스트와 시트 평균 단면적에 작용하는 차압 힘의 비를 의미한다.<sup>[2]</sup> 게이트 밸브의 경우에는 디스크와 시트 사이의 표면 접촉 경사각(Contact surface angle,  $\theta$ )과 접촉 표면 재질들에 의한 마찰계수(Friction coefficient,  $\mu$ )에 의해서 결정되는 팩터로써 다음과 같이 정의된다.<sup>[3]</sup>

$$F_{DP} = \mu_s \Delta P A_o \frac{1}{\cos\theta \pm \mu_s \sin\theta}$$

(+ 열림시, - 닫힘시) 1)

여기서,

$\mu_s$  : 디스크와 seat 사이의 마찰계수

$\Delta p$  : 밸브 전후단의 차압

$A_o$  : 디스크 Seat ring 평균 직경

$\theta$  : 디스크/시트 경사각

$$\frac{F_{DP}}{\Delta P A_o} = \frac{\mu_s}{\cos\theta \pm \mu_s \sin\theta} = VF$$

2)

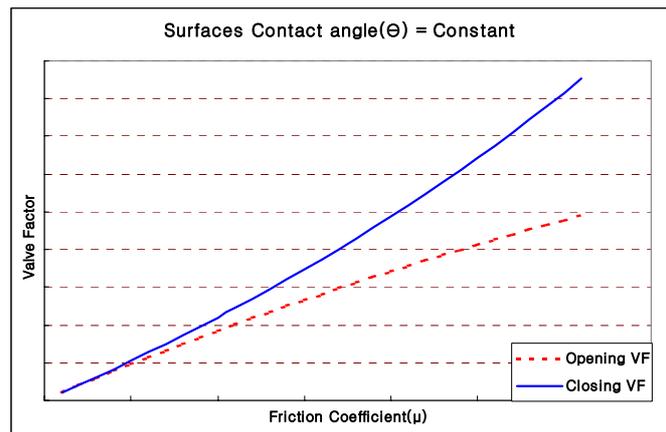


그림 1 마찰계수와 밸브 팩터 관계

밸브 팩터 결정에 지배적인 변수인 디스크와 시트 사이 마찰계수는 접촉 표면의 재질들(Surfaces material)과 접촉 응력(Contact stress), 표면 가공 마무리(Surfaces finish), 유

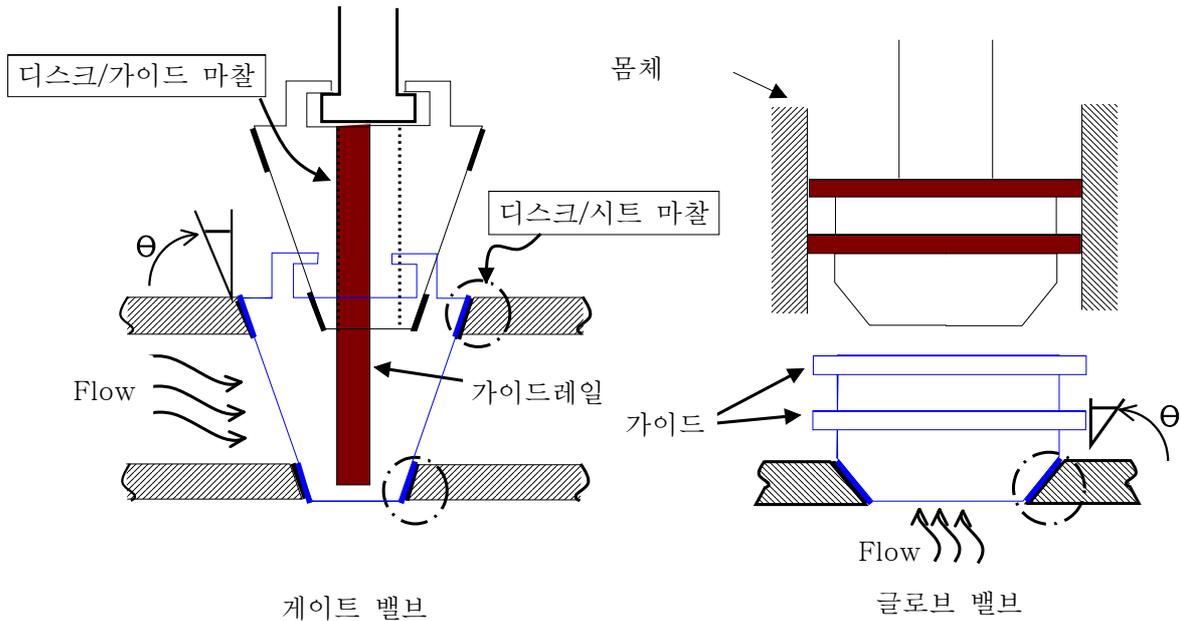


그림 2 게이트/글로브 밸브의 이동시 접촉영역<sup>[4]</sup>

체의 온도(Fluid temperature) 등에 의해서 다르게 나타난다.<sup>[4]</sup> 그림 1은 디스크와 시트사이 접촉표면의 마찰계수가 커짐에 따라서 밸브팩터가 증가하는 것을 보여준다. 그림 2는 게이트/글로브 밸브들에 대해서 일반적으로 디스크가 이동시 유체 유동에 의한 부하가 디스크에 작용하여 접촉이 발생하는 것을 보여주고 있다. 게이트 밸브의 경우 밸브가 완전히 열려있는 상태에서는 디스크가 스템 축과 평행 방향으로 스템을 지지해주는 가이드 레일에 접촉해 있고, 디스크에 작용하는 유체 부하가 작기 때문에 접촉 표면 사이에 작용하는 마찰이 매우 작다. 따라서 밸브 팩터가 작아지기 때문에 차압 쓰러스트에 의한 영향은 거의 없다. 그러나 완전 닫힘 행정이나 열림 행정 초기에 디스크가 일정한 경사각( $\theta$ )을 가지고 하류방향 시트영역을 미끄러지기 때문에 접촉 표면 사이에 마찰은 증가하게 된다. 그러므로 밸브 팩터도 증가하여 차압 쓰러스트는 밸브 이동시 요구되는 총 쓰러스트에서 지배적으로 작용하게 된다.

언밸런스 디스크를 가진 글로브 밸브는 완전 닫힘 근처에서 최대 스템 쓰러스트를 가질 때 차압이 작용하는 유효 단면적에 따라서 Seat-Based와 Guide-Based로 구분된다.

그림 3은 Seat based 글로브 밸브의 전형적인 쓰러스트 신호로써, 전 행정중에 차압에 의한 힘이 Seat 부위에만 작용하며 디스크가 시트에 시팅 되는 지점까지 유동에 의한 부하 증가와 밸브 디스크 시트 접촉시 유체를 씰링 하기위한 접촉응력 때문에 차압 쓰러스트는 총 쓰러스트에 지배적으로 작용하게 된다.

그림 4는 Guide based 글로브 밸브로써, 완전닫힘 근처에서 일부 행정중에 차압에 의한 힘이 가이드 부위에 작용하여 차압에 의한 최대 쓰러스트가 가이드에서 발생하는 밸브

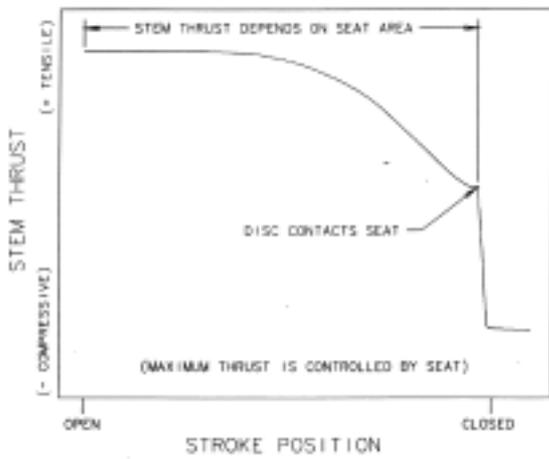


그림 3 Seat-based 글로브 밸브 쓰러스트 신호<sup>[3]</sup>

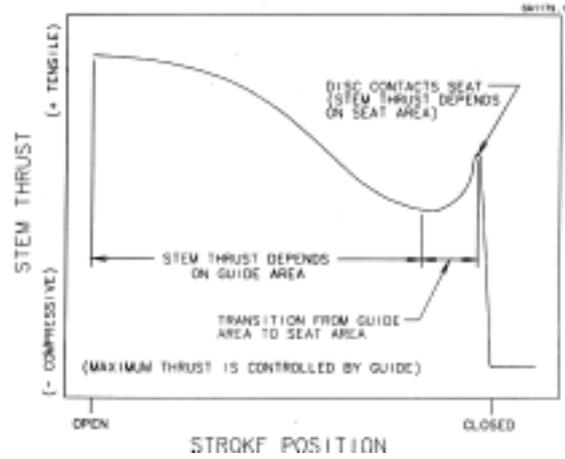


그림 4 Guide-based 글로브 밸브 쓰러스트 신호

를 말한다. 디스크가 완전 닫힘 부위 근처까지 도달할 때까지 쓰러스트가 점차적으로 증가하다 디스크가 시트에 안착하면 차압이 디스크의 시트 부위에 작용하게 된다. 차압이 작용하는 면적이 가이드에서 시트로 바뀌면서 면적의 감소로 인하여 차압에 의한 힘이 작아지게 된다.

## 2-2. 국내외 제작사별 밸브 팩터 적용 현황

표 1 Limitorque사 적용 밸브 팩터<sup>[4]</sup>

밸브 유형	밸브 팩터
게이트 밸브 (플렉시블 웨지형디스크)	0.3
글로브 밸브	1.1

표 2 국내 밸브 제작사 적용 밸브 팩터  
(게이트밸브)

작동 유체 온도	밸브 팩터
400°C 이하	0.3
400°C ~ 520°C	0.35~0.5
521°C 이상	0.55

구동기 제작사인 Limitorque사는 게이트/글로브 밸브들에 대해서 차압 쓰러스트를 예측하기 위해서 적용하는 밸브 팩터를 디스크 유형과 밸브 유형에 따라서 표 1과 같이 적용하고 있다. 국내 밸브 제작사는 게이트 밸브에 대해서 배관 내 작용하는 유체 온도에 따라서 표 2와 같이 적용하고 있다. 그러나 밸브 설계시 주어지는 기술 규격서상에 요구 조건이 명시되어 있을 경우에는 그 값을 적용하고 있다. 국내 제작사 글로브 밸브의 경우에는 차압 쓰러스트 계산 시 일반적으로 사용하는 밸브 팩터 방법을 사용하지 않고, 차압에 의한 쓰러스트와 디스크 부위에 누설을 방

지하기 위해 요구되는 Sealing effect가 동시에 고려된 조합식을 사용하고 있기 때문에 본 논문에서는 제외 하였다.

### 2-3. 평가 대상밸브 및 밸브 팩터 계산식

평가 대상 밸브는 국내 원전에 설치된 밸브이며 설계기준 최대 차압이 500psid이상이고 Limatorque사 구동기가 장착된 모터구동 밸브로써, 플렉시블 디스크를 가진 게이트 밸브 10대와 언밸런스 디스크를 가진 글로브 밸브 12대 총 22대를 평가하였다. 이들 밸브는 모두 열림 행정시 스템의 이동거리에 의해서 작동이 제어되는 리밋 스위치에 의해서 제어 되고, 닫힘 행정시 스프링 팩의 변위에 의해서 제어되는 토크 스위치 제어 밸브들이다.

표 3 게이트 밸브

밸브 번호	크기 (inch)	모터 정격 회전속도 (RPM)	구동기	
			모델/규격	기어비
VT1	4	1570	SMB00	43.64
VT2	4	1570	SMB00	47.64
VT3	4	1570	SMB00	43.64
VT4	4	1570	SMB00	47.64
VT5	3	1620	SMB000	54.40
VT6	3	1620	SMB000	54.40
VT7	6	1620	SMB2	37.00
VT8	6	1700	SMB2	39.19
VT9	6	1620	SMB2	37.00
VT10	6	1700	SMB2	39.19

표 4 글로브 밸브

밸브 번호	크기 (inch)	모터 정격 회전속도 (RPM)	구동기	
			모델/규격	기어비
VL1	10	3180	SB3	88.47
VL2	10	3180	SB3	88.47
VL3	10	3180	SB3	88.47
VL4	3	1750	SMB0	44.08
VL5	3	1750	SMB0	49.08
VL6	2	1570	SMB00	36.25
VL7	2	1570	SMB00	36.25
VL8	2	1570	SMB00	41.03
VL9	2	1570	SMB00	41.03
VL10	2	1570	SMB00	41.03
VL11	2	1570	SMB000	41.00
VL12	2	1570	SMB000	41.00

표 3과 4는 평가대상 게이트/글로브 밸브들에 대한 기초 자료이다.

데이터 측정을 위한 동적 시험(Dynamic Testing)은 설계기준 조건에 가까운 유동 및 압력조건을 형성한 후 수행하였다. 유체의 온도는 설계기준 온도와 같거나 낮은 온도 조건에서 정상 운전 유로의 유체 유동방향으로 수행 하였다. 밸브 차압 조건에 따라서 2회 이상 6회까지 수행하였다. 밸브 동작시 작용 부하를 측정하기 위해 진단장비는 UDS(Universal Diagnostic System)를, 쓰러스트/토크 측정 센서는 QSS(Quick Stem Sensor)는 사용하였다.

그림 5는 게이트 밸브에 대해서 유로의 유체가 정체되고 압력이 작용하지 않는 상태에서 실시하는 정적 시험과 동적 시험시 나타나는 전형적인 쓰러스트 신호를 비교한 그림이다.

평가 지점은 밸브 팩터 결정에 주요 함수인 접촉 마찰력이 크게 작용하여 차압에 의한 쓰러스트가 크게 작용하는 지점을 선정하였다(그림 5의 A, B 참조). 평가 지점은 다음과 같다.

● 게이트 밸브 열림 행정시

- ▷ 언웨징 직후 : 디스크가 움직이기 전 최대 쓰러스트 이후 상대적으로 쓰러스트가 일정해지기 시작하는 지점
- ▷ 언웨징 이후 최대점 : 언웨징 이후 최대 쓰러스트가 작용하는 지점
- ▷ 유동 시작점 : 디스크가 시트를 완전히 빠져나와 유동이 시작되는 지점

● 게이트 밸브 닫힘 행정시

- ▷ 웨징 시작점 : 디스크가 시트에 웨징되어 쓰러스트가 급격히 증가하는 시작점
- ▷ 웨징전 최대점 : 웨징 전에 쓰러스트가 가장 크게 작용하는 지점
- ▷ 유동 고립지점 : 유동에 의한 차압의 변화가 일정해지기 시작하는 지점

● 글로브 밸브 열림 행정시

- ▷ 언시팅 지점 : 디스크가 시트로부터 떨어져 움직이기 시작하는 지점
- ▷ 언시팅 이후 최대 쓰러스트 지점 : 열림 행정간 작용하는 최대 쓰러스트 지점

● 글로브 밸브 닫힘 행정시

- ▷ 시팅 시작점 : 디스크 시트가 바디 시트에 접촉하여 급격히 쓰러스트 증가하는 지점
- ▷ 시팅 전 최대점 : 시팅 전에 쓰러스트가 가장 크게 작용하는 지점

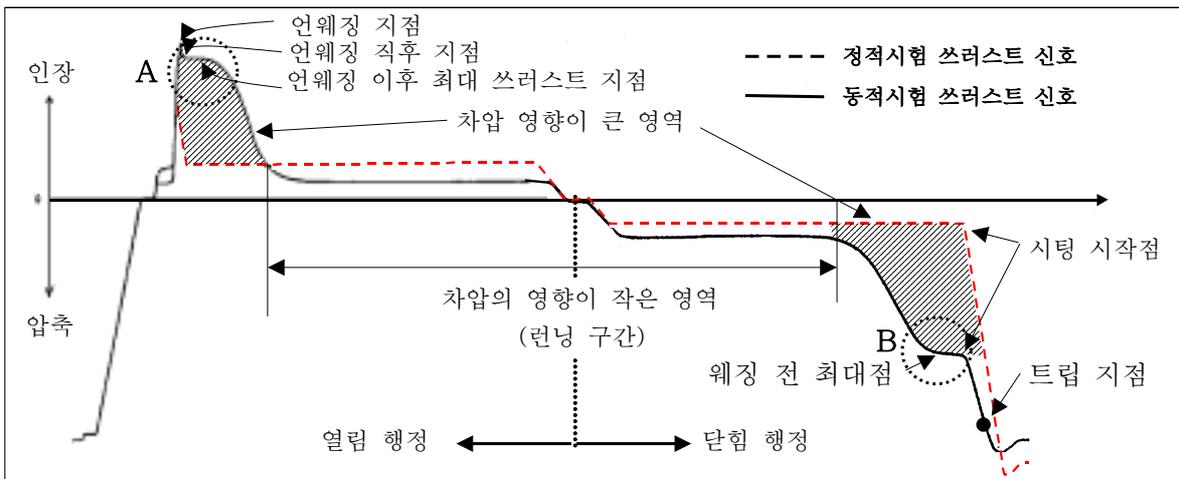


그림 5 게이트 밸브의 정·동적 시험시 나타나는 전형적인 쓰러스트 신호

런닝 지점은 디스크가 완전 열림 근처에서 차압과 쓰러스트가 더 이상 변화하지 않고 안정된 구간에서 선정하였다.

동적 시험 데이터를 이용한 밸브 팩터 계산은 1997년 MPR에서 밸브 유형과 유체 유동 방향별로 제시한 다음과 같은 식들을 이용하였다.<sup>[5]</sup>

● 플렉시블 디스크를 가진 게이트 밸브의 경우

$$VF_{열림,t} = \frac{|F_{열림,t} - F_{run,열림}| + (P_{up,열림,t} - P_{up,run,열림}) \cdot A_{Stem}}{A_{Seat} \cdot \Delta P_{열림,t}} \quad \langle \text{열림 행정시} \rangle \quad 3)$$

$$VF_{닫힘,t} = \frac{|F_{닫힘,t} - F_{run,닫힘}| - (P_{up,닫힘,t} - P_{up,run,닫힘}) \cdot A_{Stem}}{A_{Seat} \cdot \Delta P_{닫힘,t}} \quad \langle \text{닫힘 행정시} \rangle \quad 4)$$

여기서

$F_{열림,t}$  = 언웨징 직후/언웨징 이후 최대점/유동 시작점 측정 쓰러스트[lbf]

$F_{닫힘,t}$  = 웨징 전 최대점/웨징 시작점/유동 고립지점 측정 쓰러스트[lbf]

$F_{run,열림} / F_{run,닫힘}$  : 열림/닫힘 행정 런닝점에서의 쓰러스트[lbf]

$P_{up,열림,t} / P_{up,닫힘,t}$  : 열림/닫힘 각각의  $F_{열림,t} / F_{닫힘,t}$  점에서의 밸브 전단 압력[psi]

$P_{up,run,열림} / P_{up,run,닫힘}$  : 열림/닫힘 각각의 런닝점에서의 밸브 전단 압력[psi]

$\Delta P_{열림,t} / \Delta P_{닫힘,t}$  : 열림/닫힘 각각의  $F_{열림,t} / F_{닫힘,t}$  점에서의 밸브 전·후단 차압[psid]

$A_{Stem}$  = 스템 단면적[in<sup>2</sup>]

$A_{Seat}$  = 오리피스 단면적[in<sup>2</sup>]

● 유동 방향이 Flow Under Disk이고 불균형 디스크인 글로브 밸브

$$VF_{열림,t} = \frac{|-F_{열림,t} + F_{run,열림}| - (P_{down,열림,t} - P_{down,run,열림}) \cdot A_{Stem}}{A_{Seat} \cdot \Delta P_{열림,t}} \quad \langle \text{열림 행정시} \rangle \quad 5)$$

$$VF_{닫힘,t} = \frac{|F_{닫힘,t} - F_{run,닫힘}| - (P_{down,닫힘,t} - P_{down,run,닫힘}) \cdot A_{Stem}}{A_{Seat} \cdot \Delta P_{닫힘,t}} \quad \langle \text{닫힘 행정시} \rangle \quad 6)$$

여기서

$F_{열림,t}$  = 디스크 언시팅/언시팅 이후 최대점 측정 쓰러스트[lbf]

$F_{닫힘,t}$  = 시팅 전 최대점/시팅 시작점 측정 쓰러스트[lbf]

$F_{run,열림} / F_{run,열림}$  : 열림/닫힘 각각의 런닝지점에서 측정 쓰러스트[lbf]

$P_{down,열림,t} / P_{down,닫힘,t}$  : 열림/닫힘 각각의  $F_{열림,t} / F_{닫힘,t}$  점에서 밸브 후단 압력[psi]

$P_{down,run,열림} / P_{down,run,닫힘}$  : 열림/닫힘 각각의 런닝지점에서의 밸브 후단 압력[psi]

$\Delta P_{열림,t} / \Delta P_{닫힘,t}$  : 열림/닫힘 각각의  $F_{열림,t} / F_{닫힘,t}$  점에서의 밸브 전·후단 차압[psid]

### 3. 평가 결과

#### 3-1. 게이트 밸브

표 5는 평가대상 게이트 밸브에 대한 일반적인 정보 및 동적 시험 측정결과를 나타낸 것이다. 설계기준 차압(Design Basis Differential Pressure)은 설계기준조건(유량, 온도, 압력등)하에서 밸브의 닫힘 또는 열림시 발생하는 밸브 전·후단의 최대 압력차를 나타

표 5 게이트 밸브 동적 시험 결과

밸브번호	유체 온도 [°C]	설계기준 차압		평균시트 단면적 [in <sup>2</sup> ]	밸브 팩터			
		열림 [psid]	단힘 [psid]		Limitorque	국내 밸브 제작사	시험결과	
호							열림시	단힘시
VT1	177	998.3	998.3	9.11	0.3	0.3	0.4641	0.4476
VT2	343	1,003.2	1,003.2	8.59	0.3	0.3	0.3782	0.3900
VT3	177	998.3	998.3	9.11	0.3	0.3	0.4526	0.4837
VT4	343	1,003.2	1,003.2	8.59	0.3	0.3	0.3527	0.4280
VT5	108	1,995.2	1,995.2	4.24	0.3	0.3	0.3506	0.3950
VT6	108	1,995.2	1,995.2	4.24	0.3	0.3	0.4627	0.5285
VT7	60	1,919.3	1,919.3	20.89	0.3	0.5*	0.4665	0.5289
VT8	49	2,086.1	2,086.1	20.89	0.3	0.5*	0.2832	0.4102
VT9	60	1,919.3	1,919.3	20.89	0.3	0.5*	0.4565	0.5053
VT10	49	2,086.1	2,086.1	20.89	0.3	0.5*	0.3755	0.4836

(\*는 기술 규격서 요구 사항 적용값)

내는 것으로써, 차압 쓰러스트 예측시 사용되는 압력이다. 또한 Limitorque사와 국내 제작사 밸브에 반영하고 있는 밸브 팩터와 동적 시험을 통해서 측정된 밸브 팩터 값을 보여주고 있다. Limitorque의 경우에는 밸브의 디스크 유형에 따라서 0.3을 적용하였으나, 국내 밸브 제작사의 경우 통상적으로 유체 온도에 따라 반영하나 발전소의 밸브 기술 규격서상에 명시되어 있을 경우 그 값을 적용하고 있다.

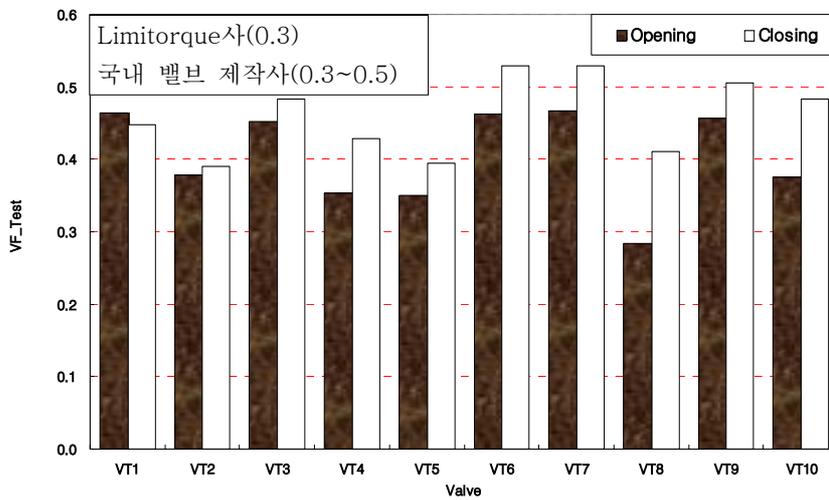


그림 6 게이트 밸브 열림/단힘시 동적 시험 측정 밸브팩터

그림 6은 동적시험 밸브들에 대한 밸브 팩터 측정결과분포를 나타낸 그래프이다. 전체 10대의 밸브 중에 1대 밸브를 제외한 9대 밸브에서 열림 행정보다 단힘 행정에서 밸브 팩터값이 크게 나타났고, Limitorque사에서 적용하고 있는 밸브 팩터값 0.3보다는 평균적

으로 약 0.1322정도 크게 나타났고, 국내밸브 제작사 적용값 보다는 0.0522 정도 크게 나타났다.

그림 7, 8은 제작사들이 설계시 적용하는 밸브 팩터들에 설계기준 최대 차압을 적용하여 계산한 차압 쓰러스트와 동적 시험을 통해서 측정된 밸브 팩터에 설계기준 최대 차압

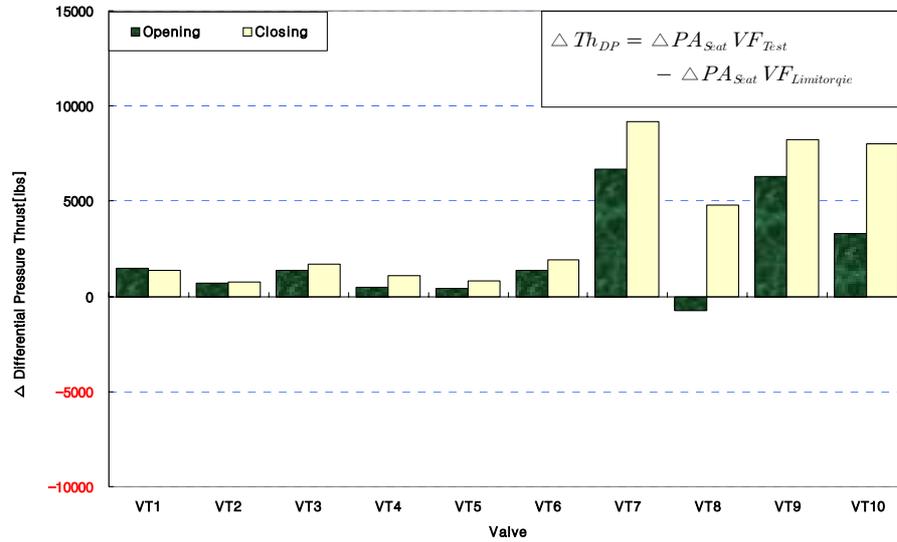


그림 7 게이트 밸브 차압 쓰러스트 차이 (Limitorque사)

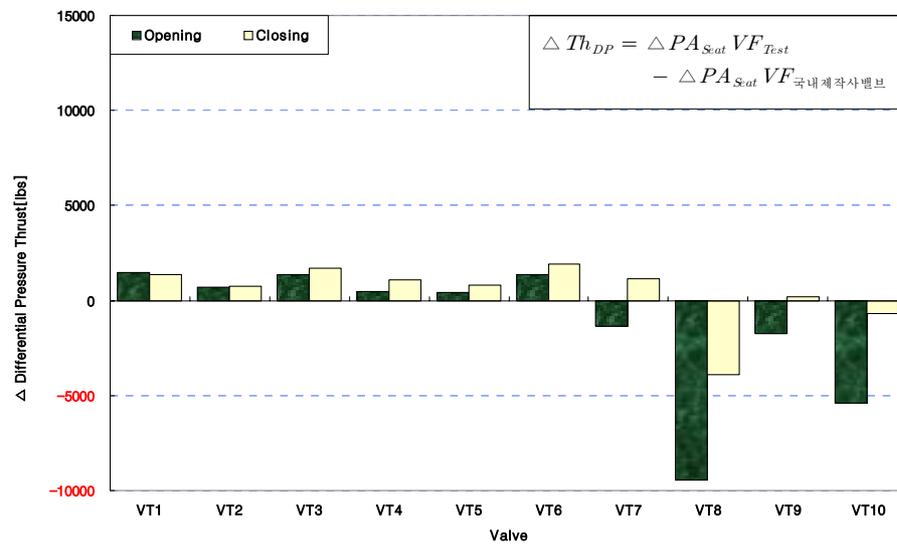


그림 8 게이트 밸브 차압 쓰러스트 차이(국내 밸브 제작사)

을 적용하여 계산한 차압 쓰러스트 사이에 차이값을 보여주고 있다. Limitorque사의 경우에는 게이트 밸브 전체 10대의 밸브중에 6대의 밸브에서 동적 시험 차압 쓰러스트가 설

계시 예측값 보다 1500lbf 이하로 큰 값을 가졌고, 4대의 밸브에서는 5000lbf~10000lbf사이에서 분포하였다. 국내 밸브 제작사의 경우에는 8대의 밸브에서 동적 시험 차압 쓰러스트가 설계시 예측값 보다 1500lbf이하로 크게 나타났고, 2대의 밸브 VT8, VT10에서는 동적 시험 차압 쓰러스트 보다 설계값이 크게 반영된 것으로 나타났다.

### 3-2. 글로브 밸브

표 6은 평가대상 글로브 밸브들에 대한 일반적인 정보 및 동적 시험 측정결과를 나타낸 것이다. Limitorque사에서는 글로브 밸브에 대해서 차압 쓰러스트 예측시 적용 밸브 팩터

표 6 글로브 밸브 동적 시험 결과

밸브 번호	유체 온도 [°C]	설계기준 차압		평균시트 단면적 [in <sup>2</sup> ]	밸브팩터		
		열림 [psid]	단힘시 [psid]		Limitorque	시험결과	
						열림시	단힘시
VL1	343	589.0	589.0	57.59	1.1	0.4427	1.4153
VL2	177	589.0	589.0	57.59	1.1	0.8861	1.0710
VL3	177	589.0	589.0	57.59	1.1	0.9089	0.7923
VL4	343	1,852.2	1,819.2	4.75	1.1	0.8490	1.0630
VL5	177	1,852.2	1,819.1	4.75	1.1	0.8293	1.0321
VL6	177	1,833.1	1,833.1	2.63	1.1	0.5884	0.6940
VL7	177	1,976.0	1,976.0	2.63	1.1	0.7080	0.8245
VL8	149	1,835.2	1,835.2	1.90	1.1	0.3878	0.9174
VL9	149	1,835.2	1,835.2	1.90	1.1	0.6174	0.8882
VL10	149	1,835.2	1,835.2	1.90	1.1	0.8510	0.7872
VL11	343	1,835.2	1,835.2	1.90	1.1	0.5092	0.7114
VL12	343	1,835.2	1,835.2	1.90	1.1	0.5272	0.7291

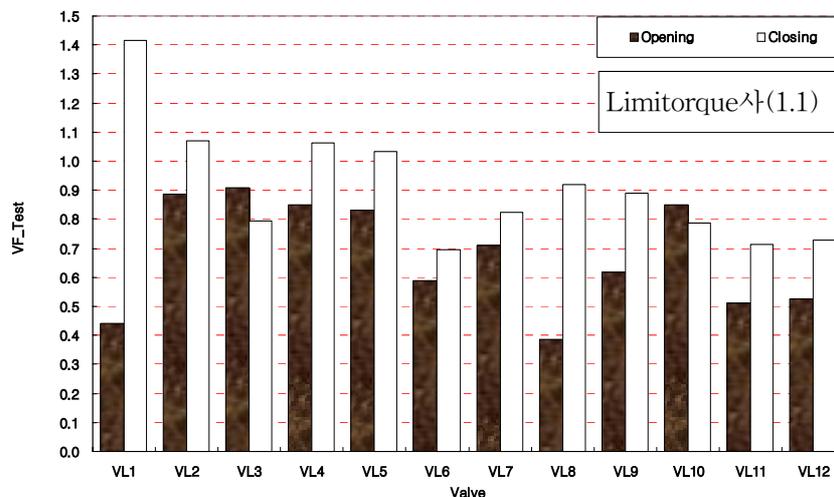


그림 9 글로브 밸브 열림/단힘시 동적 시험 측정 밸브팩터

1.1을 적용하고 있다. 국내 밸브 제작사의 경우에는 앞서 2-2에서 설명한 것처럼 차압 쓰러스트 예측시 일반적으로 사용하는 밸브 팩터 방법을 사용하지 않았기 때문에 본 논문에서는 제외하였다.

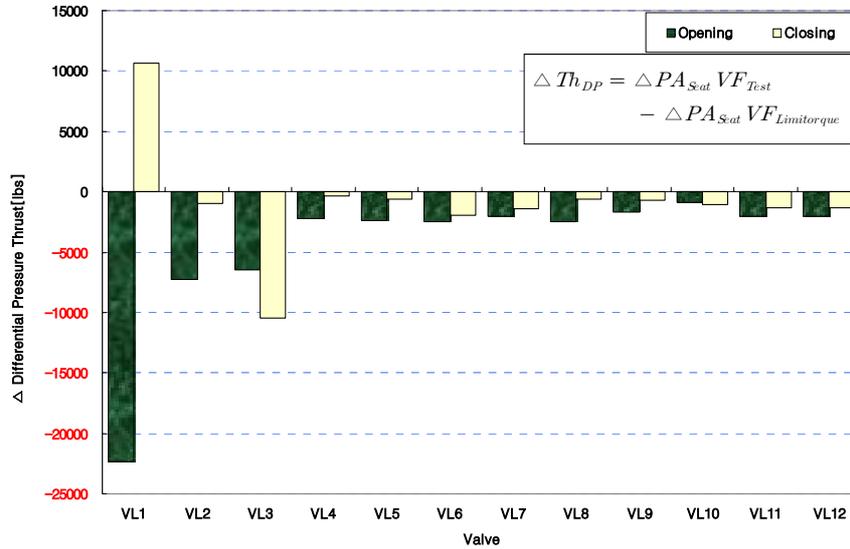


그림 10 글로브 밸브 차압 쓰러스트 차이(Limatorque 사)

그림 9는 글로브 밸브에 대한 밸브 팩터 측정결과를 나타낸 그래프로써, 게이트 밸브와 동일하게 열림 행정 보다는 닫힘 행정시 밸브 팩터가 크게 나타났으며 전체 밸브 총 12대 중에서 Limatorque사에서 사용하고 있는 밸브 팩터 1.1보다 크게 나타나는 밸브는 VL1 1대만이 닫힘시 1.415로 크게 나타났다. 게이트 밸브에 비해서 구동기 설계시 반영하는 밸브 팩터값이 실제 동적시험을 통해서 측정된 밸브 팩터보다 비교적 큰 값으로 반영되고 있다는 사실을 알 수가 있다.

그림 10은 동적 시험을 통해서 측정된 밸브 팩터와 Limatorque사 적용 밸브 팩터 1.1을 이용하여 차압 쓰러스트를 구한 후 그 차이값을 나타내는 그래프로써, VL1 밸브의 닫힘 행정 1대만을 제외한 나머지 밸브들에 대해서는 설계시 차압 쓰러스트가 크게 반영되고 있음을 보여주고 있다.

#### 4. 결론

모터구동 게이트/글로브 밸브의 구동기 용량 설계시 최초 수행되는 총 쓰러스트 예측에서 고차압 밸브에 지배적으로 작용하는 차압 쓰러스트를 계산하기 위해 Limatorque사와 국내 밸브 제작사가 적용하는 밸브 팩터값들을 설계기준 최대 차압에서 동적 시험을 통해 측정된 밸브 팩터와 비교 평가함으로써 제작사들이 적용하는 값의 타당성을 평가하였다. 평가 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 게이트 밸브는 Limatorque사와 국내 제작사 모두 차압 쓰러스트 계산시 적용하는 밸브 팩터가 설계기준 최대 차압에서 동적 시험을 통해 측정된 밸브 팩터보다 작게 나타났다. 그러나 제작사들이 차압 쓰러스트 예측시에는 기술 규격서에 명시된 밸브가 설치된 계통의 차압을 적용하는데 이 차압은 통상적으로 밸브의 차압보다 보수적이므로 제작사들이 설계시 반영하는 밸브 팩터와 차압에 대한 기술적 검토가 필요하다고 판단된다.
2. 글로브 밸브의 경우 Limatorque사에서 사용하는 밸브 팩터 1.1은 동적 시험을 통해서 측정된 밸브 팩터보다 대체적으로 크게 나타났고, 차압 쓰러스트 계산시 보수적으로 평가된 기술 규격서상에 차압을 적용한다는 사실로 볼때 충분하다고 판단된다.

## 5. 참고문헌

- (1) CRANE NUCLEAR INC., "Motor Operated Valve Program Documents and Related MOV Information", 1994. 12, NRC GL 89-10 Pilot Implimentation Program
- (2) U.S. NRC, "The Joint Owners' Group Program on MOV Periodic Verification(Volume 4)", 2002. 07, Proceedings of the Seventh NRC/ASME Symposium on Valve and Pump Testing
- (3) EPRI, "Application Guide for Motor-Operated Valves in Nuclear Power Plants ", 1999. 09. TR-106563-V1
- (4) MPR, "Application Guide for Motor-Operated Valves in Nuclear Power Plants",1990. 03, NP-6660-D
- (5) MPR, "Joint BWR, Westinghouse and Combustion Engineering Owners' Group Program on Motor-Operated Valve(MOV) Periodic Verification, 1997. 07, MPR-1870
- (6) U.S. NRC, "Results of the Motor-Operated Valve Engineering and Testing Program(Volume 1)", 1994, Proceedings of the Third NRC/ASME Symposium on Valve and Pump Testing
- (7) EPRI, "MOV Performance Prediction Program(Globe Valve Model)", 1994. 04, TR-10322
- (8) EPRI, "EPRI MOV Program Prediction Program(Gate Valve Design Effects Testing Results)", 1994. 07, TR-103225