

Flexible Wedge Gate 밸브의 운전 성능향상 방안에 관한 연구

김대웅*, 이도환, 강신철, 김인환, 박성근

A Study for the Improvement Method of Flexible Wedge Gate Valve Operation Capability

Dae Woong Kim*, Do Whan Lee, Sin Chul Kang, In Whan Kim, Sung Keun Park

Key Words : Stem Lubrication, Stem Factor, Packing Thrust, Torque Switch

Abstract

The purpose of this study is to develop the improvement method of MOV(Motor Operated Valve) operability without major modification or change of MOV which needs a great expense and manpower. We studied valve stem lubrication, stem packing thrust and actuator control switch which could give an major effect to MOV operability, and found the some consequences. First, the stem/stem-nut friction coefficient and stem factor is significantly effected by stem lubrication state. Second, the measured packing thrust value is appeared higer than the design value for tested valves and the preparation of optimal value selection criteria is needed. Finally, optimization of MOV control switch is another major factor for MOV operability and structural integrity.

1. 서 론

원자력발전소의 주요 안전계통에 설치되어 있는 모터구동밸브(MOV : Motor Operated Valve)는 방사성 물질의 외부 누출 차단 및 유체의 흐름을 차단 또는 제어하는데 필수적인 주요 기기이다. 만약 안전관련 기능을 수행하는 MOV가 작동에 실패한다면 발전소 운전 및 안전에 큰 영향을 미칠수 있기 때문에 MOV의 운전성 보장은 중요한 문제이다. MOV의 운전성에 영향을 미치는 인자는 MOV 자체의 기계적 건전성과 구동기

를 운전하기 위한 모터의 용량 등과 같은 MOV 부품의 건전성외에도 MOV 운전시 발생하는 차압이나 유체의 온도 등과 같은 외부적 운전 요인도 큰 영향이 있다. MOV의 동작시 구동기에서 발생된 힘은 각종 기계적 마찰력과 유체 차압에 의한힘, 각 부품들의 무게등 모든 부하를 극복할 수 있도록 충분하여야 한다. MOV의 운전성에 가장 큰 영향을 미치는 것은 모터와 구동기에서 발생하는 힘이지만, 이것외에도 스템과 패킹 사이에 발생하는 마찰력, 밸브 디스크와 밸브 시트 사이에 발생하는 마찰력 등 각종 마찰력과 제어 스위치의 제어 방식등도 영향을 미치는 중요한 요소이다. 본 연구에서는 국내 원전에 설치된 MOV중 가장 많은 모델인 Flexible Wedge Gate 밸브(추후 '밸브'로 명칭 통일)에 대해 모터나 구

* 한전 전력연구원

동기를 교체하지 않고서도 동작시 밸브의 운전 성능을 향상시킬수 있는 방안에 대해 몇가지를 제시하고, 제시된 방법론의 기술적 배경과 적절성을 연구하고, 추후 연구 방향을 제시하였다.

2. MOV 성능향상 변수 연구

2.1 윤활 성능 연구

밸브의 열림 혹은 닫힘 동작시 동력의 전달 경로는 모터에서부터 시작한 토크가 구동기를 통하여 쓰러스트로 변환되고 그 힘은 밸브 스템을 통하여 밸브 디스크에 전달된다. 이때 모터에서 발생된 토크는 각종 기어의 동작에 의해 구동기로 전달되며 전달되는 과정에서 기어의 마찰력에 의해 일부 힘의 손실이 발생된다. 이러한 현상은 구동기에서 밸브 스템으로 힘이 전달되는 과정에서도 마찬가지이다. 구동기 스템너트는 밸브 스템과 기어로 맞물려 있으며, 스템너트의 회전력은 밸브 스템의 상하운동으로 전환된다. 이때 스템너트와 스템 사이의 마찰력에 의해 일부 힘의 손실이 발생하게 된다. 또한 스템은 상하 운동 과정에서 스템과 패킹사이의 마찰력에 의해 일정한 힘이 손실된다. 이러한 기어간의 마찰력에 의한 힘의 손실을 최소화하고, 움직임을 원활하게 하기 위해 발전소에서는 구동기 혹은 스템에 윤활유를 주입하고 있으며, 윤활유의 성능에 의해 마찰력은 많은 영향을 받을수 있다.

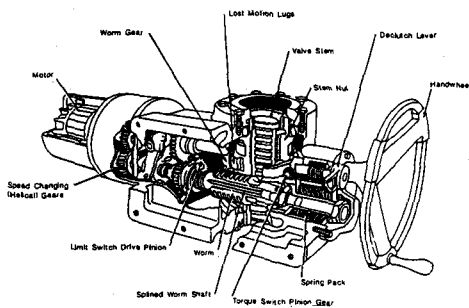


그림 2-1 Limitorque 구동기

2.1.1 스템너트와 스템의 마찰력 평가

스템 너트는 원통형 모양의 기어로서 스템과 연결되어 구동기에서 발생되는 토크를 스템의 쓰러

스트(이하 쓰러스트로 명칭)로 전환시키는 역할을 하고 있다[그림 2-1]. 토크와 쓰러스트는 스템 팩터라는 변수에 의해 정의될수 있다. 스템 팩터(SF : Stem Factor)란 토크가 쓰러스트로 변환되는 과정에 스템의 크기와 나사의 마찰력에 의한 영향을 고려한 변수이다. 스템팩터는 공식 [2-1]과 [2-2]에서 정의 되어진다. 스템팩터를 결정하는 가장 중요한 변수중 하나인 쓰레드 마찰계수(thread friction coefficient)는 일반적인 산업계의 경험에 의하면 0.08 ~ 0.2의 범위안에 있으며, 보통 0.15가 적용된다. 쓰레드 마찰계수는 쓰레드의 표면처리와 사용되는 윤활유의 종류에 적지 않은 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

SF(Stem Factor) =

$$\frac{d \times [(0.96815 \times \tan \alpha) + \mu]}{24 \times [0.96815 - (\mu \times \tan \alpha)]} \quad (2-1)$$

d = Pitch Diameter

= Stem Dia. - 0.5 × Stem Pitch
(For General ACME Pitch)

= Stem Dia. - 0.3 × Stem Pitch
(For Stub ACME Pitch)

tan α = Stem Lead / (π × d)

μ = thread friction coefficient

$$Th = \frac{Tq}{SF_{15}} \quad (2-2)$$

Th : 쓰러스트, Tq : 토크

SF₁₅ : 스템 팩터 (μ=0.15)

2.1.2 스템 윤활 효과 평가

윤활유의 사용은 밸브의 운전성능을 향상시키는 역할을 하지만, 만약 운전조건이나 환경조건에 적절하지 못한 윤활유를 사용하거나, 오랫동안 교체하지 않아 고화된 윤활유 상태로 운전을 계속하면 오히려 성능이 저하된 윤활유에 의해 마찰력이 증가하여 운전 성능이 저하되며, 심한 경우 윤활유에 의한 구동기 스프링팩의 동작 방해(hydraulic locking) 현상이 발생된다. 이와같이 밸브 운전성능에 윤활유가 미치는 영향이 작지 않으나, 발전소에서는 구동기 혹은 밸브제작사에서 제시하는 윤활유를 사용하고 있으며, 사용되는 윤활유의 성능이나, 구체적인 교체시기등은 알려져 있지 않은 실정이다. 최근 미국에서는

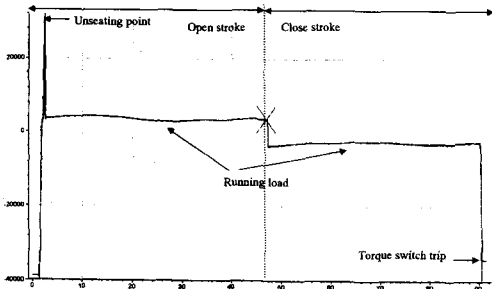
General Letter 89-10에 의해 원전 모터구동밸브의 설계기준 성능평가를 수행하면서 윤활유 역할의 중요성이 인식되었고, 이와 관련하여 윤활유에 대한 다양한 연구가 수행되고 있다. 그중 EPRI (Electric Power Research Institute)에서 수행된 연구 결과중 몇가지 중요한 점은 첫째, 윤활유에 의해 스템팩터가 상당히 개선되어 스템에서 쓰러스트가 증가한다는 점과 둘째, 밸브의 운전 환경에 따라 적합한 윤활유의 사용이 밸브 성능 향상에 중요하다는 것이다. 윤활유는 온도와 습도등에 민감한 영향을 받는데, 정상운전 또는 사고시 매우 높은 온도와 습도에서 운전이 되는 밸브의 경우 윤활유의 선택시 좀 더 신중하게 선택할 필요가 있다. 즉 일반적으로 윤활유는 고온에서 빨리 고화되며, 윤활성능이 빠르게 저하된다. 따라서 고온에서도 윤활성능이 유지될수 있는 적절한 윤활유를 선택하여 사용하는 것이 밸브 성능에 중요한 요건이 될 수 있다. 각 운전 환경에 따른 윤활유의 성능 저하 경향과 현상에 대해서는 추후 보다 많은 연구의 필요성이 나타나고 있다. 특히 국내에서 사용중인 윤활유에 대해 그 성능과 특성을 파악하고, 나아가서는 각 밸브들의 운전 조건과 환경조건에 가장 적합한 윤활유가 어떤 것인지 연구할 필요성이 있다.

본 연구에서는 우선 발전소 현장에서 운전중인 5대의 밸브(10inch gate valve)에 대해 윤활유가 밸브 성능에 미치는 영향을 알아 보았다. 즉 새로운 윤활유가 주입되지 않은 기존의 윤활유 상태에서 밸브를 운전하여 이때 나타나는 쓰러스트와 토크값을 측정하고, 동일 밸브에 대해 새로운 윤활유를 주입한 상태에서 밸브를 운전하여 이때 나타나는 쓰러스트와 토크값을 측정하여 상호 비교를 하였다. 윤활유는 현장 여건상 구동기에 있는 기존의 윤활유를 완전히 교체하지는 않고 스템에 충분한 양을 바른다음 시험전 열림/단함을 반복하여 스템과 스템너트사이 에 충분한 윤활막이 형성되도록 한 다음 시험을 수행하였다. 그림 [2-2]의 I ~ IV는 MOV 1.에 대한 진단 시험결과를 비교 분석한 것이다. 진단시험은 진단장비인 UDS (Universal Diagnosis System)와 진단센서인 QSS(Quick Strain Sensor)를 사용하여 밸브의 열림과 단함 행정에 대해 실시간으로 쓰러

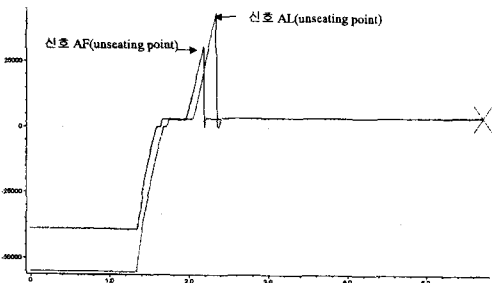
스트 및 토크 신호를 취득하였다. 시험 결과 새로운 윤활유 주입시 스템팩터가 상당히 개선되어 쓰러스트값이 크게 나타나는 것을 알수 있었다. 편의상 새로운 윤활유가 주입되지 않은 상태의 쓰러스트/토크 신호를 "AF(As-Found)"로 하고, 새로운 윤활유가 주입된 상태에서 취득된 쓰러스트/토크 신호를 "AL(As-Left)"로 나누었다. 그림 I.에서 신호 AF와 신호 AL가 거의 겹쳐 있어서 구분이 잘 안되지만 확대해서 보면 쓰러스트값이 상당한 차이가 발생됨을 알수 있다. 그림 II.는 밸브의 열림시 unseating 지점에서 취득된 쓰러스트값의 비교를 나타내고 있다. 신호 AL의 쓰러스트가 신호 AF의 쓰러스트보다 크게 나타나는 것을 알수 있으며, 이것은 윤활에 의해 스템너트와 스템사이의 마찰력이 감소하여 쓰러스트가 크게 발생되는 것을 보여주고 있다. 그림 III.은 torque switch trip때의 쓰러스트값을 비교한 것으로 신호 AF와 AL가 상당한 차이가 발생되는 것을 알수 있다. Torque switch는 밸브의 동작시 구동기에서 발생하는 토크를 제어하는 기능을 수행하는 제어 스위치이며, torque switch trip은 밸브의 단함이 완료되는 시점에서 쓰러스트가 급상승하여 사전에 설정해 놓은 토크스위치의 trip 설정값에 도달하면 torque switch trip이 발생되어 밸브의 동작이 멈추도록 설정되어 있다. torque switch trip값은 구동기 힘의 크기를 결정하는 중요 요소로서 신호 AF와 AL를 비교했을 때 신호AL의 값이 상당히 높게 나오는 것을 알수 있다. 이것은 동일한 구동기에서 새로운 윤활유를 주입했을 때 구동기의 쓰러스트가 높게 발생된다는 것을 의미하며, 윤활유의 주입과 교체가 밸브의 성능 향상에 중요한 역할을 한다는 것을 나타내고 있다. 그림 IV.는 running 행정때의 쓰러스트값을 비교한 것으로 unseating값이나, torque switch trip값 보다는 큰 차이가 나지 않지만 역시 신호 AL에서 높은 쓰러스트값이 발생됨을 알수 있다.

MOV 1. ~ MOV 5.의 시험결과 비교가 표 [2-1]에 나타나 있다. 시험 결과에 의하면 MOV 4.를 제외한 4대의 밸브에서 새로운 윤활유 주입 후 스템팩터가 평균적으로 78.3%정도가 감소한 것으로 나타났다. MOV 4.의 경우 윤활유 주입후

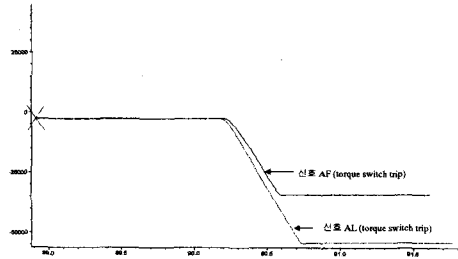
에도 스템팩터가 거의 변하지 않았는데, 그 이유는 첫 번째는 밸브/구동기의 제작시 스템과 스템너트 사이가 매우 밀착 가공되어 윤활유의 효과가 미비한 경우와, 두 번째는 윤활유가 스템에 발려져 주입되는 방법이어서 시험전 운전 반복에도 불구하고, 스템과 스템너트 사이에 충분한 윤활막이 형성되지 않은 경우로 추정해 볼수 있다. 두 번째 원인인 경우 구동기의 완전분해후 윤활유를 교체해 준다면 MOV 4.도 다른 밸브들과 유사한 결과가 나올것으로 판단된다. 위의 시험 결과로 윤활유의 적절한 주입이 스템과 스템너트의 마찰력을 감소시키고 밸브의 운전을 원활하게 하여 기계적 손상을 방지하며, 또한 스템팩터의 감소는 쓰러스트의 향상으로 이어져 밸브의 동작시 충분한 힘을 스템에 전달하게 되어 밸브의 운전성을 향상시키는데 중요한 변수로 작용할것임을 알수 있었다.



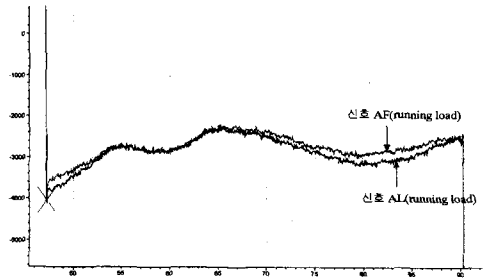
I. Thrust Signal Overlay(AF & AL)



II. Unseating Thrust Singal Overlay



III. Torque Switch Trip Signal Overlay



IV. Running Thrust Signal Overlay

[그림 2-2] 윤활유 상태에 따른 쓰러스트 비교

[표 2-1] 윤활유 주입에 따른 SF 감소율

밸브	신호	running	TQ SW trip	SF	SF감소율 (%)	
MOV1	AF	Torque(lbf)	68.2	624.1	0.0202	52.5
		Thrust(ft-lb)	3053.8	30904.4		
	AL	Torque(lbf)	39	540	0.0106	
		Thrust(ft-lb)	2875.9	51129		
MOV2	AF	Torque(lbf)	67.1	524.4	0.016	73.1
		Thrust(ft-lb)	3911.7	32768.9		
	AL	Torque(lbf)	56.0	469.0	0.0117	
		Thrust(ft-lb)	3963	40148		
MOV3	AF	Torque(lbf)	55.8	522	0.0132	78.8
		Thrust(ft-lb)	3912.1	39571		
	AL	Torque(lbf)	47	463.4	0.0104	
		Thrust(ft-lb)	3545.5	44365.6		
MOV4	AF	Torque(lbf)	52.1	555.9	0.0144	-1.3
		Thrust(ft-lb)	3441.3	38579.1		
	AL	Torque(lbf)	51.9	405.5	0.0146	
		Thrust(ft-lb)	3430.3	29879.5		
MOV5	AF	Torque(lbf)	59.9	503.6	0.0151	90.7
		Thrust(ft-lb)	3211.8	33415.1		
	AL	Torque(lbf)	49	470.7	0.0137	
		Thrust(ft-lb)	3127.1	34450		

2.2 패킹 마찰력 연구

구동기로부터 밸브 스템으로 전달된 힘은 밸브 스템과 패킹의 마찰에 의해 그 힘이 감소된다. 패킹은 밸브 본넷에 있는 유체가 밸브 외부로 누설되는 것을 방지하기 위해 밸브 스템과 본넷사이의 공간에 설치된다[그림 2-3 & 2-4]. 글랜드는 패킹 상부에 설치되어 패킹에 예비 부하를 가해주는 역할을 한다. 글랜드에서 패킹에 부하를 가하는 방식에 따라 패킹의 종류가 보통 2가지로 나누어 지는데, Belleville Spring에 의해 힘이 가해지는 Live Loaded Stem Packing과 Gland Bolt의 토크힘이 가해지는 Preloaded Stem Packing이 있다. 특히 Live Loaded Stem Packing의 경우 열팽창과 노화(aging), 다짐(consolidation)에 의한 패킹의 수축시에도 일정한 부하를 가할수 있는 장점이 있다.

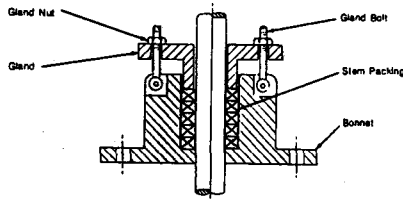


그림 2-3 Torque Preloaded Stem Packing

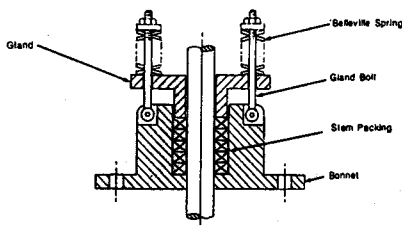


그림 2-4 Live Loaded Stem Packing with Belleville Springs

패킹 누설 사례로 미국 원자력발전소의 경우 '85년 ~ '96년동안 32건의 누설이 발생되었으며, 이중 13건은 원전 정지를 유발시켰다. 누설의 주

요 원인으로는 부적절한 Stuffing Box Design과 패킹 재질의 문제, Repacking시 다짐(consolidation) 불량 및 부적절한 패킹 토크등으로 알려져 있다.

2.2.1 패킹마찰력 평가

국내 원전에서는 Asbestos패킹과 Flexible Graphite 패킹이 주로 사용되고 있다. 성능면에서 Flexible Graphite패킹이 Asbestos패킹보다 우수함이 입증되면서 최근에는 Flexible Graphite패킹이 널리 사용되고 있다. 패킹 마찰력의 요소는 스템직경, 패킹높이, 스템 윤활, 내부 압력, 온도, 패킹과 스템의 마찰계수(friction coefficient), 패킹과 밸브 Body의 마찰계수, 패킹의 Preload등이 있다. 패킹마찰력은 정확하게 예측하기가 사실상 힘드나, 정비만 정확하게 되었다면 해석적 방법으로 예측이 가능하다. 하지만 해석적 방법은 이상적인 패킹 상황에서만 예측이 가능하며, 실제 발전소 현장에서는 널리 사용되지 않는다. 표 [2-2]에서는 EPRI의 연구결과, 밸브 및 구동기 제작사의 보고서 및 해석적 방법론등을 기준으로 하여 제시된 스템 직경별 패킹마찰력값을 보여주고 있다.

2.2.2 발전소현황과 개선 사항

국내 6개 원전 95개 밸브(MOV)의 현재 패킹 쓰러스트 상태에 대한 분석을 수행하였으며, [그림 2-5]는 분석 결과를 바탕으로 각 밸브에 설치된 패킹의 패킹 쓰러스트 설계값[표 2-2 기준]과 실제 현장에 설치된 패킹의 쓰러스트를 비교하여 백분율(%)로 나타내고 있다. 분석결과 상당수 밸브의 패킹 쓰러스트가 설계값보다는 높게 나타났다. 특히 설계값보다 100%이상 높은 쓰러스트를 나타내는 밸브는 패킹 체결력이 필요이상으로 과도한 것으로 판단되며, 이런 밸브의 경우 패킹 체결력을 완화시켜주면 밸브의 운전성 향상과 패킹 보호에 큰 도움이 될것으로 판단된다. 각 밸브에 대해 적절한 패킹 쓰러스트를 선정하기 위해서는 패킹 재질의 특성 및 계통압력등과 같은 밸브의 운전환경에 대해 보다 심도있는 연구를 수행하여 패킹 체결력 결정의 기술적 배경을 제시할 필요가 있다.

표 2-2 Packing Friction Load Estimates Based on Valve Stem Diameters

Stem Diameter	Asbestos Packing(lbs)	Flexible Graphite Packing(lbs)
up to 1 inch inclusive	1,000	700 - 1,200
1 to 1-1/2 inch inclusive	1,500	1,000 - 1,800
1-1/2 to 2-1/2 inches inclusive	2,500	1,600 - 3,000
2-1/2 to 4 inches inclusive	4,000	3,500 - 6,000
above 4 inches	5,000	4,000 - 7,000

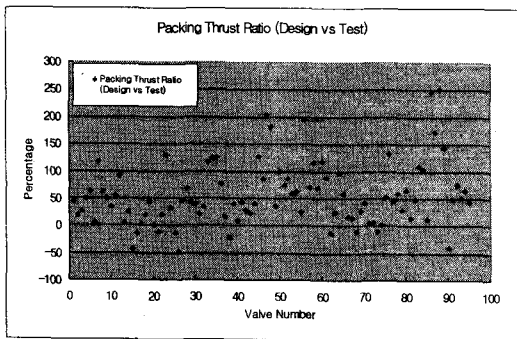


그림 2-5 Packing Thrust의 설계값과 측정값의 비교 (%)

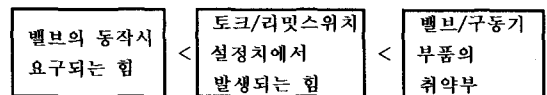
2.3 제어스위치 적절성 연구

구동기 제어 방식은 리미트스위치 제어방식과 토크스위치 제어방식이 있으며, 제어스위치는 밸브의 열림/단힘 동작을 시작 또는 종료하기 위해 모터의 전원을 차단/연결시켜주는 목적으로 사용된다. 구동기 제어 방식은 밸브행정(열림/단힘)에 대해 반드시 정해진 제어 방식은 없으며, 밸브 타입과 설계 요건, 밸브 제작사의 요건, 현장 운전 및 환경 요건, 밸브가 설치되는 계통의 요건, 구동기 및 밸브의 설계 제한성, 제어 장치의 기능 제한성등을 고려하여 가장 적절한 구동기 제어 방식을 선택하면 된다. 일반적으로 게이트밸브의 경우 단힘시는 토크스위치 제어방식, 열림시에는 리미트스위치 제어방식을 많이 사용하고 있다. 토크스위치 제어 방식은 설정된 토크 스위치에 따라 구동기의 출력토크를 제어하는 방식으로 단힘시 seating force가 강하게 발생하는 Flexible Wedge형 밸브에 주로 사용되며, leak-tightness

보장이 확실한 장점이 있다. 리미트스위치 제어방식은 밸브 스템의 이동거리를 제어하여 밸브의 열림 및 단힘 기능을 수행하는 방식으로, 밸브의 단힘시 seating force가 발생되지 않는 Parallel disk형 밸브에 주로 사용된다. 어떤 제어 방식이든지 제어스위치의 위치가 적절하게 설정되어야 밸브는 운전성과 안전성이 보장된다. 만약 제어스위치가 적절하지 못하여 밸브의 운전 도중에 작동된다면 밸브는 정지하게 되고, 또 만약 제어스위치가 과도하게 높게 설정되어 있다면, 밸브의 운전시 마다 부품에 손상을 주게되고 심한 경우는 밸브 부품의 파손이 발생하게 된다. 이런 측면에서 적절한 제어스위치 설정은 밸브의 성능 향상에 필수적인 요건으로 인식되어 진다.

2.3.1 제어스위치 설정 방법론

제어스위치의 설정범위는 아래 공식과 같다.



제어스위치의 설정은 정적시험을 통하여 설정하게 된다. 정적시험이란 밸브 디스크 양단에 유체에 의한 어떠한 압력도 형성되지 않는 상태에서 의 시험을 의미하며, 이 상태에서 해당 밸브의 각 행정방향에 대해 위의 공식 범위에 들어가도록 제어스위치를 적절하게 설정한다.

2.3.1 제어스위치 설정 평가 및 개선 사항

설계기준 성능평가가 수행된 밸브 95대에 대해 토크스위치 설정치의 변경 여부를 조사하였다.

변경은 정적시험을 통하여 토크스위치 설정값을 적절성을 판단하여 수행하였으며, 95대중 53대 (55.8%) 밸브의 토크스위치 설정값이 변경되었다. 토크스위치 설정값의 변경 원인은 3가지로 구분할수 있다. 첫 번째는 위의 공식을 만족하지만 최적의 운전성과 안전성을 확보하고, 밸브의 수명 연장을 위해 변경하는 경우이다. 두 번째는 기존의 설정값이 과도하여 밸브 운전시 부품의 손상이 우려되어 설정값을 낮추는 경우이다. 세 번째는 기존의 설정값에 의해 발생하는 힘이 밸브의 동작시 요구되는 힘보다 충분히 크지 못한 경우로 밸브의 운전성을 충분히 확보하기 위해 설정값을 올리는 경우이다. 분석결과 전체 밸브 중 55.8%에 해당하는 밸브의 설정값이 변경되었는데, 이 결과를 근거로 했을 때 현재 발전소에 설치된 밸브의 1/2 정도는 설정된 토크스위치 설정값이 운전성과 안전성 측면에서 최적의 설정값으로 가지고 있지 않다고 판단할수 있다. 55.8%에 해당하는 밸브중 밸브의 운전성 확보에 영향을 주는 경우는 10대의 밸브에서 나타나 약 10% 정도의 밸브가 설계기준 조건에서 운전성 확보가 충분하지 않을 가능성을 가지고 있었으며, 나머지 43대 밸브 (45.8%)는 밸브 동작시 필요로 하는 힘이 과다하게 설정되어 밸브의 운전시 부품에 마모와 침식, 손상, 피로등이 누적되고 있었던 것으로 나타났다. 특히 게이트 밸브의 경우는 과도한 힘에 의해 밸브 디스크나 시트면이 손상되고, 운전회수가 늘어날수록 손상 부위간의 마찰에 의해 보다 과도한 힘이 요구되어지는 악순환이 발생되어 밸브의 성능을 저하시킨다. 이러한 토크스위치 설정치는 설계기준 성능평가 수행기간동안 모두 점검되고, 각 밸브에 해당하는 최적의 설정치로 변경되었다.

4. 결론 및 향후 과제

지금까지 Flexible Wedge Gate 밸브의 성능향상에 영향을 주는 주요 몇가지 변수들에 대해 기술적 이론과 배경, 기능 및 개선효과 등에 대해서 알아 보았다. 본 연구의 목적은 비용이 많이 발생하는 구동기 혹은 밸브의 교체를 수행하지 않고 밸브의 운전성능을 향상시킬수 있는 방

안을 도출하고 현장에 적용할수 있는 기술적 근거를 마련하기 위해 수행되어야 할 연구 방향을 제시하는데 있다. 본 연구에서는 밸브의 운전성에 영향을 주는 요소중 윤활유의 효과와 패킹 쓰러스트 및 제어스위치에 대해 연구가 수행되었으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

[1] 윤활유의 경우 윤활유 주입이 구동기 쓰러스트를 향상시키는데 비교적 큰 효과가 있는 것으로 나타났으며, 추후 밸브의 운전환경에 적절한 윤활유의 선택과 교체시기 결정을 위한 윤활유 성능저하 평가에 대한 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

[2] 패킹 쓰러스트의 경우 과도한 패킹 체결력을 완화시키고 적절한 쓰러스트를 유지한다면 밸브의 운전성 향상과 패킹의 손실을 방지하여 경제적으로도 큰 효과가 있을것으로 판단된다. 다만 위에서 제시된 설계값의 적절성은 밸브의 운전조건에 따라 그 타당성이 재검토될 필요성이 있으며, 또한 패킹 쓰러스트를 완화시킬 경우 적절한 패킹 쓰러스트값을 제시해줄수 있는 체계적이고 기술적인 방법론을 정립할 필요가 있다.

[3] 제어스위치의 경우 밸브의 운전조건에 가장 적절한 제어스위치 설정값이 운전성 확보측면과 밸브 및 구동기 부품의 손상을 방지하는 측면에서 큰 효과가 있다. 따라서 스위치 설정은 가능한 밸브의 최적 운전 상태(운전성, 구조적 건전성)를 유지할수 있도록 설정해야 할것이다.

참고문헌

- (1) EPRI, 1990, "Application guide for Motor Operated Valves in Nuclear Power Plant, Final Report", NP-6660-D
- (2) EPRI, 1993, "Stem/Stem Nut Lubrication Test Report", TR-102135
- (3) EPRI, 1988, " Valve Stem Packing Improvements", NP-5697
- (4) Commonwealth Edison Company, 1995. 12 "As-Left Stem/Stem Nut Coefficient of Friction", MOV-WP-101
- (5) Commonwealth Edison Company, 1995. 1, "Stem/Stem Nut Lubrication Degradation"

[표 2-3] 토크스위치 변경 현황

NO	시험전	시험후	NO	시험전	시험후	NO	시험전	시험후
1	2	1.25	33	2.5	1.5	65	3	2.5
2	1.75	1.25	34	2.5	1	66	1.25	1.25
3	2	2	35	2.5	1.25	67	2	1.25
4	2.25	1.75	36	3	3	68	2	2
5	2.25	1.25	37	3	2.75	69	2	2
6	2	1.25	38	3	3	70	1	1
7	1.25	1	39	3	3	71	2.5	1.5
8	1.25	1.25	40	3	3	72	3	1.5
9	1.25	1	41	3	3	73	1	2
10	1.25	1	42	3	3	74	1.5	2.25
11	1.25	1	43	3	3	75	3	2.25
12	1	1.5	44	3	2.5	76	2	2
13	1.25	1	45	3	2.5	77	2	2
14	1.25	1.25	46	3	2.5	78	0.5	0.5
15	2.25	2.25	47	2.5	2.5	79	1	1
16	2	1.75	48	2.5	2.5	80	1	1
17	2.75	2	49	2.5	2.5	81	1	0
18	2	2	50	2.5	2.5	82	2	0
19	2	1	51	2.5	2.5	83	2	0
20	1	1	52	2.5	2.5	84	2	0
21	1	2	53	3	2.5	85	1	1
22	4	1	54	2.5	2.5	86	1	1
23	2	2	55	2.5	2	87	1	1
24	2.5	2	56	2	2.5	88	1	1
25	1.5	1.5	57	3	3	89	2	2
26	3	2	58	2.5	2.5	90	2	1
27	2	2	59	2.5	2.5	91	2	1.5
28	2.5	1	60	2.5	1.75	92	2	2.5
29	2.5	1	61	2.5	2.25	93	2	3
30	2.5	1	62	2.5	2.5	94	2	3
31	2.5	1	63	3	3	95	2.5	2.25
32	2.5	1	64	2	2.5			