

# 발전설비 통풍기 날개각 제어작동기 신뢰성평가 모델 개발

손태하<sup>†</sup> · 허준영<sup>\*</sup>

## A development of reliability evaluation model for power plant fan pitch blade control actuator

Tae-Ha Son, Jun-Young Huh

**Key Words:** Reliability(신뢰성), Hydraulic(유압), Powerplant(발전소), Boiler(보일러), Pitch blade control actuator(날개각 제어작동기),

### Abstract

This paper describes the proceedings of creating countermeasures after analysis and maintenance to be able to conduct operation safely in a power plant. In order to operate the power plant in a stable and reliable way, the best condition of the governor system can be maintained through the response characteristic analysis of the control device for the pitch blade control hydraulic actuator. The fan pitch blade control hydraulic actuator of a 500MW large-scale boiler is frequently operated under normal operation conditions. Common problems or malfunctions of the pitch blade control hydraulic actuators leads to the decline of boiler thermal efficiency and unexpected power plant trip. The inlet and outlet gas can be controlled by using the fan pitch blade control hydraulic actuator in order to regulate the internal pressure of the furnace and control the frequency in the power plant facility which utilizes soft coals as a power source.

### 1. 서 론

전력산업 구조개편의 시행에 따라 2001년 4월 2일부터 우리나라에도 전력시장이 개설되어 다수의 전기사업자가 전력시장에서 경쟁적으로 전력을 공급하고 있으며, 산업기술의 수준이 향상됨에 따라 전기에너지도 그 품질의 향상이 요구되고 있다. 이에 따라, 전기사업법 제18조(전기의 품질 유지)에서는 계통주파수 조정 및 유지범위를 지정하였는 바, 전기사업자는 전력거래소의 급전지시에 따라 발전력 조정 등의 방법으로 계통주파수를 정상시  $60\pm 0.2\text{Hz}$ 의 범위 이내로 유지

해야 하는 의무가 있다.

보일러 통풍기 날개각 제어작동기는 주파수추종운전시 발전기 출력변동에 따라 연소에 필요한 공기량과 보일러 노내의 압력을 조절하여 속도조정률을 유지하여 적정 계통주파수로 운영하는 설비로, 고장 시에는 발전소의 정지와 효율 저하에 의한 계통주파수의 적정 유지에 지장을 초래하는 주요 설비이다.

제어작동기는 기력발전소의 한 호기당 6대, 계통 전체에 약 180여대가 설치되어 운전되고 있으며 약 5년 주기로 완전 분해정비 및 성능을 평가하여야 하나, 설비 자체가 정밀 부품으로 이루어지고 정비신뢰도 확보가 중요하며 정비와 건전성 평가에 고도의 청결과 정밀성이 요구되어 최근까지 외국 제작사의 기술용역에 의존하여 왔다.

한국전력공사 전력연구원에서는 그 동안 축적된 기술을 기반으로 제어작동기의 운전특성 분석을 통한 조립도면 및 부품 제작도면을 직접 제작

<sup>†</sup> 한전전력연구원 수화력발전연구소

E-mail : thson@kepcoco.kr

TEL : (042)865-5466 FAX : (042)865-5304

<sup>\*</sup> 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부 교수

하였으며, 정밀 청정작업실을 마련하여 고장의 응급복구, 예방정비 기술지원뿐만 아니라 주요 부품에 대한 국산화를 달성하여, 삼천포화력을 포함한 4개 표준화력 8개호기에 대하여 약 40여 대의 제어작동기에 대한 완전 분해정비 및 건전성 평가를 수행하였다.

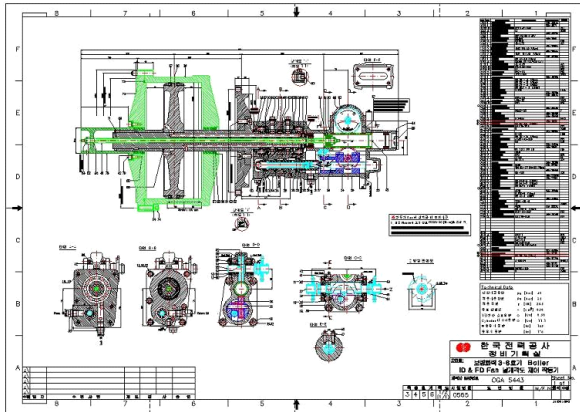


Fig. 1 Drawing of boiler fan pitch blade control actuator

그러나, 이러한 분해정비를 수행한 후에 실제 발전소에 부착하여 사용하기 전, 정비의 완성도와 성능 상태를 확인할 수 있는 성능평가시스템이 갖추어져 있지 않은 상황이어서, 산업자원부의 전력산업연구개발기금을 지원받아 제어작동기의 신뢰성을 평가할 수 있는 성능평가시스템을 제작하기 위한 성능시험의 기준 정립과 평가 항목개발을 통한 신뢰성평가모델을 개발하였다.

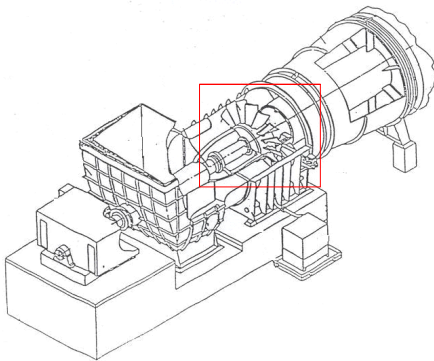


Fig. 2 Location of pitch blade control actuator in boiler fan

## 2. 제어작동기 성능시험 기준 개발

### 2.1 제어작동기 시험 조건

제어작동기는 원칙적으로 진동, 대기 중 오염, 습도, 고온의 환경에서 사용하므로, 과도한 부식 등 특수한 환경에서의 평가항목도 기준이 정립되어야 하므로, 이를 위한 시험 조건은 아래와 같이 설정하였다.

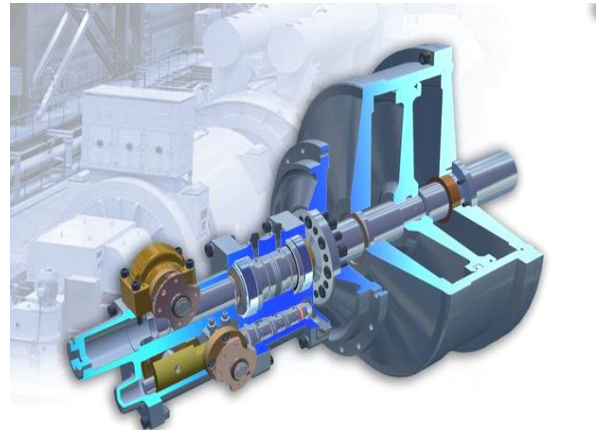


Fig. 3 3-Dimension drawing of boiler fan pitch blade control actuator

#### 2.1.1 작동유 종류

ISO VG 68 계열의 Mineral Oil로서 청정도는 NAS-5등급 이상으로 여과된 것으로 사용한다.

#### 2.1.2 작동유 온도 : 50±5℃

#### 2.1.3 입력 신호

입력 신호는 아래의 순서를 따른다.

- HPU 기동시 : Blade 개도 완전 폐쇄
- 운전전류 4mA경우 : Blade 개도 완전 폐쇄
- 운전전류 8mA경우 : Blade 개도 25% 개방
- 운전전류 12mA경우 : Blade 개도 50%개방
- 운전전류 16mA경우 : Blade 개도 75%개방
- 운전전류 20mA경우 : Blade 개도 완전개방

#### 2.1.4 공급 압력

정격 압력에 귀환 압력을 더한 것으로 한다.

#### 2.1.5 귀환 압력

정격 압력의 5%를 초과하지 않아야 한다.

#### 2.1.6 시험 압력, 입력 신호의 허용차

- 시험 압력 : ±0.5% 단, 최소치는 0.1 MPa [1kgf/cm<sup>2</sup>]로 한다.
- 입력 신호 : ±0.5% 단, 최소치는 정격 입력 신호의 0.1%로 한다.

### 2.2 시험 측정 허용차

### 2.2.1 압력

±0.5% 절대 정밀도. 단, 최소치는 0.1 MPa [1kgf/cm<sup>2</sup>]로 한다.

### 2.2.2 유량

±1.5% 정적 절대 정밀도. 단, 최소치는 정격 전류의 1%로 한다.

### 2.2.3 온도 : ±2℃

### 2.2.4 입력 신호

±2.5% 절대 정밀도

### 2.2.5 전기 저항

±2.5% 절대 정밀도

## 3. 성능시험 평가항목 설정

### 3.1 출력효율시험

제어작동기의 출력효율 저하는 실 마찰(Seal friction)과 누유 등으로 인하여 압력형성이 이루어지지 않을 때 발생하는 것으로서, 초기 성능과 수명 예측의 중요한 척도가 된다.

### 3.2 내구성시험

내구성 시험은 아래 표의 작동 조건에 따라 피스톤의 이동 거리를 300km 실시하고, 1회의 연속 운전 시간은 8시간 이상으로 한다. 다만, 시험 운전 중 시험용 제어작동기의 각 부분을 조정하여서는 안 된다. 또한 시험을 하였을 때, 헐거움, 영구 변형, 이상 마모 등이 생기지 않고 정상적으로 작동하여야 한다.

Table 1. Condition for durability test

시험 회로 설정 압력	호칭 압력
피스톤 속도	최고 속도 ± 10%
부하 하중	등가부하 주량 : 등속도상에서 속도를 최고 속도로 한 경우의 허용 부하 하중 이상

### 3.3 작동 시험

시험 회로의 압력을 최저 작동 압력으로 설정하고, 제어작동기는 부하를 걸지 않고 전 스트로크에 걸쳐 수회의 길들임 운전을 한 후, 쿠션부를 제외한 스트로크에서 피스톤의 최저 속도로

운전을 한다. 무부하작동시험을 위한 HPU의 회로구성은 아래와 같다.

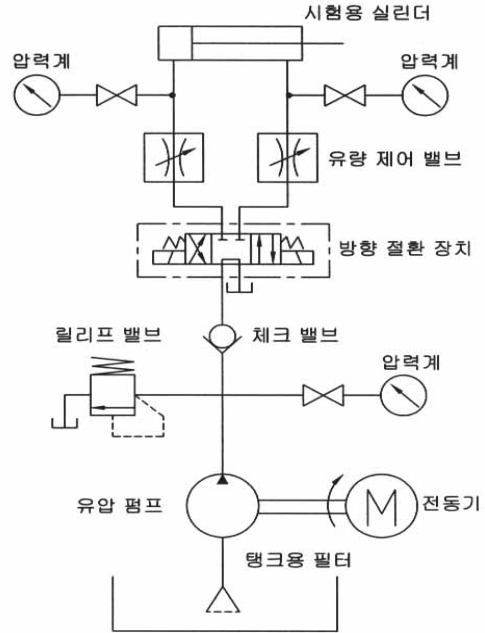


Fig. 4 HPU Circuit diagram

### 3.4 내압성 시험

제어작동기 및 구성부품(나사부분의 헐거움, 튜브 및 배관부분의 영구변형, 부품 및 Seal의 파괴 등)에 대한 강성을 평가하기 위하여 제어작동기를 최고 사용압력의 150%에서 2분간 유지하는 시험이다. 최고 사용압력의 150%에서 2분간 유지 후 외부누유, 파손, 기타 이상 유무를 검사하여 이상이 없어야 한다.

### 3.5 누유 시험

누유 시험은 외부 누유시험 및 내부 누유시험으로 나뉜다.

#### 3.5.1 외부 누유시험

외부 누유시험은 작동성시험, 내구성시험 및 내압성시험에서 로드의 와이퍼부에서의 누유량을 측정한다. 외부 누유는 시험을 하였을 때, 로드의 와이퍼부로부터의 누유를 피스톤의 이동거리 100m의 총량으로 나타낸다. 로드의 와이퍼부를 제외한 어떤 장소에서도 외부로 누유가 있어서는 안 된다. 외부 누유의 경우 피스톤이 100cycle 되었을 때 발생하는 총 누유량으로 나타내며, 허용 누유량은 0.002×dml(참고 기준치) 이어야 한

다. (d : 로드 지름)

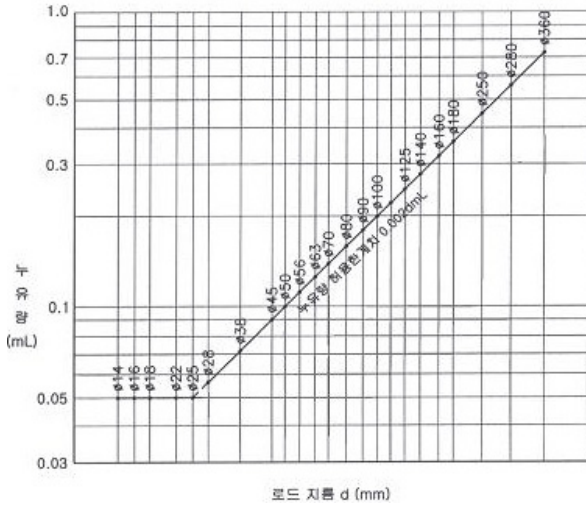


Fig. 5 External oil leakage quantity

### 3.5.2 내부 누유시험

내부 누유는 내압성시험 때에 피스톤의 한 쪽에 최고 허용 압력을 걸어, 피스톤을 통과하여 압력이 걸리지 않은 쪽에 새는 작동유의 양을 측정한다. 또한, 개도별로(10%, 20%, 30%, 40, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%) 누유량의 측정이 가능하여야 한다.

### 3.6 압력에 의한 최저작동압력시험

제어작동기는 성능 시험시에 시험장비에 수평으로 설치한 후 최저작동압력시험 및 시동압력시험을 실시하여야 한다. 최저작동압력시험은 제어작동기의 기본 시험항목으로서 피스톤을 작동시키는데 요구되는 최저압력은 정상 견인력의 3%에 해당하는 압력으로 정한다.

Table 2. Minimum pressure test

(단위 : MPa)

피스톤 패킹 종류	U·X·OS	P
최저 작동 압력	0.05	0.25

### 3.7 환경조건시험

환경조건시험은 고온시험을 적용한다. 고온시험은 국방규격인 MIL-STD-810F를 사용 환경에 맞추어 채택한다.

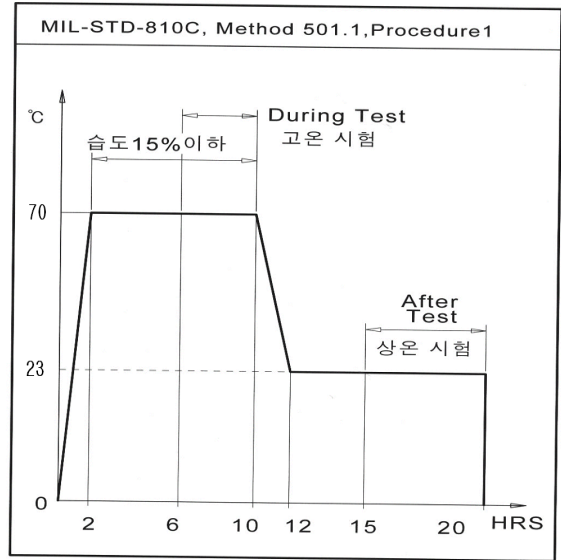


Fig. 6 Test method and procedure for high temperature

## 5. 결론

발전소의 보일러 통풍기 날개각 제어작동기는 국내 발전 설비에 약 180여대가 설치되어 있으며, 대부분 대용량 화력발전소에 설치가 집중되어 운전되고 있으므로 국내 전력생산량의 약 30%에 해당되는 설비에 부착되어 있는 중요한 설비이다.

국내 발전설비에서 사용되고 있는 제어작동기의 전량이 해외에서 제작되어 수입되고 있는 실정이므로, 국내 전력기술의 해외 종속에서 탈피하기 위해 제어작동기의 성능평가시스템을 개발하고 있으며, 이의 제작을 위한 성능시험의 기준 정립과 평가 항목 개발을 통한 신뢰성평가모델을 개발하였다.

또한, 전력산업연구개발사업의 진행에 따라 성능평가시스템이 개발되면, 발전소의 운전 신뢰성을 확보하게 됨으로써 고장 발생률 저감에 따른 안정적 전력공급과 전력 품질향상에 크게 기여할 것으로 판단한다.

## 후 기

이 논문은 2006년도 산업자원부 전력기반조성

사업센터의 전력산업연구개발사업 지원에 의하여 연구되었음 (R-2005-7-158).

## 참 고 문 헌

- (1) Merrit, H. E., 1967, "*Hydraulic Control Systems*", John Wiley & Sons, New York.
- (2) Son, B. J., Kang, M. S., Park, Y. C., 1997, "*Fluid Power Engineering*", HeeJungDang
- (3) Ha, J. H., 2003, "*The Latest Hydraulic Engineering*", pp 66~80.
- (4) Shin, K. Shin., 1999, "*A Study on the Reliability Improvement of Digital Governor System*", pp 48~51.
- (5) Ha, D. K., Rho, C. J., and Ryu, H. W., 1997, "*Development of a 10MW Intelligent Digital Governor*", pp 93~95.
- (6) Son, T. H., Lee, B. H., and Huh, J. Y., 2006, "*Control Response Characteristic Analysis for Power Plant Fan Pitch Blade Control Actuator*", KSME 2006 Fall Conference, pp 1~7.
- (7) Son, T. H., and Lee, B. H., 2006, "*Analyze the Cause of Electric Motor Current Increase and Turbine Hydraulic System Maintenance in a Power Plant*", KFPS 2006 Conference, pp 1~5.
- (8) Chung, T. H., 1997 "*Control of Prime Mover Speed*", Korea Electric Power Corporation, pp 20-22.