韓國精密工學會 2003年度 春季學術大會論文集 pp.~

공기구동밸브의 진단시스템 개발

양상민*, 송동섭, 허태영, 김봉호, 신성기, 김찬용(한빛파워서비스),
조택동(충남대학교기계설계과)

Air-Operated Valve Diagnostic System Development

S. M. Yang, D. S. Song, T. Y. Huh, B. H. Kim, S. K. Sin, C. Y. Kim(HANVIT Power Service, Inc.)
T. D. Cho(Mech. Design Eng. Dept., CNU)

ABSTRACT

Air-operated valve is one of principal valves that are using to control fluid flow. A period diagnosis for safety of power plants is necessary. But there are many difficulties such as economic loss caused by income of high cost devices and a matter hard to deal with users. In this study, we developed the diagnosis system that usersofpower plants are easy to handle. The diagnosis system is composed of database module, reliability analysis module, design safety module and diagnosis test and evaluation module.

Key Words : AOV(Air-Operated Valve), Diagnosis(진단), DAS(Data Acquisition System)

1. 서론

공기구동밸브(AOV)는 원자력 발전소의 주요 안전계통의 유체 흐름을 제어하기 위해 사용되는 대표적인 밸브 유형 중의 하나이다. 따라서 원자력 발전소의 안전을 확보하기 위해 밸브의 안전성을 유지하는 것이 필요하다. 이를 위해 주기적인 밸브 시험을 통한 밸브의 신뢰성을 확보하는 것은 필수적이나 고가의 공기구동밸브의 진단을 위한 진단 시스템의 수입으로 인한 경제적인 손실과 외산 장비의 현장 적용에 어려움이 많았다. 따라서 국내 원전의 안전을 보장하고 현장 사용자의 실정을 고려한 국산 진단시스템의 개발이 요구됨에 따라 본 연구에서는 공기구동밸브의 진단장비 개발에 관한 연구를 수행하고 있다.

본 연구에서 개발하고 있는 공기구동밸브 진단 시스템은 기존의 진단 시스템의 기능인 밸브의 하드웨어적 진단에서 벗어나 원전에 적용된 공기구동밸브의 정보, 고장 신뢰도, 밸브의 전산해석 결과, 그리고 시험 및 분석을 할 수 있도록 구성함으로써 현장 사용자로 하여금 공기구동밸브에 대한 최대한의 접근이 용이하도록 개발하였다. 공기구동밸브의 진단 시스템을 위한 시험장비는 유체 유동부, 밸브 구동부, 신호 측정부, 그리고 진단 해석부로 구성되어 있다. 유체 유동부는 펌프, ON/OFF 밸브, 배관, 유체 탱크로 구성되어 있으며 밸브 구동부는 제어용 밸브의 개폐량을 제어하기 위한 모듈로서 공기 공급을 위한 압축기와 솔레노이드 밸브 그리고 제어밸브로 구성되어 있다. 신호 측정부는 유체의 압력 및 유량을 획득하기 위한 압력센서와 유량센서, 공기구동밸브의 공기 압력을 측정하기 위한 공압센서 및 밸브의 개도를 측정하기 위해 장착된 LVDT 센서와 신호 획득을 위한 DAQ 장비로 구성되어 있다. 밸브의 진단 평가부는 정적시험과 동적시험을 통해 얻은 센서의 신호를 처리하고 분석한 후 공기구동밸브의 건전성 진단을 수행하는 모듈로 공기구동밸브의 구동부와 유체부의 상태를 고려하여 밸브의 진단하도록 구성하였다.

2. 공기구동밸브(AOV)

원자력 발전소의 유체 흐름을 제어하는 밸브는 모터구동형 밸브와 공기구동형 밸브가 사용되고 있으며 공기 구동밸브의 유형은 크게 구동기(actuator)

와 body의 종류에 따라 다음과 같이 분류된다.

1) AOV Actuator Types
   - Diaphragm
     - Direct acting
     - Rnverse acting
   - Piston
     - Single acting
     - Double acting

2) AOV Valve Body types
   - Linear
     - Globe
     - Gate
   - Rotary
     - Ball
     - Butterfly

3. 공기구동밸브의 진단 변수 및 평가항목

공기구동밸브의 진단을 위해 고려해야할 측정변수는 다음과 같다.

1) Air pressure
   - Supply pressure
   - Regulator Pressure : regulator
   - I/P pressure : solenoid
2) I/P I/O signal
3) Positioner
   - Positioner I/O signal
   - Stem Displacement

밸브의 정적시험을 통해 얻은 구동부와유체부의 힘의 평형관계에 고려해야할 요소는 다음과 같다.

- Packing Friction
- Seating Force
- Air Pressure
- Differential Pressure

힘의 정보를 공기구동밸브의 진단에 고려해야하며 고려해야할 시험평가 항목은 다음과 같다.

- Signal to position
- Actuator pressure to travel
- Travel to input current

DIAPHRAGM INTEGRITY

Diaphragm은 공기구동밸브에서 취약한 부분 중 하나로 운전시간이 증가함에 따라 그 고장빈도가 높아지게 된다. Rubber 재질의 특성상 경화 및 핀홀에 의한 누설, 찢김 등의 현상으로 밸브 구동에 필요한 정상 압력을 유지하지 못하는 경우가 발생할 수도 있다.

RESPONSE TIME & STROKING TIME

제어신호가 입력된 순간부터 원하는 제어밸브의 위치까지의 도달시간을 Response Time으로 정의한다. 이 시험항목은 일반적으로 원전에 적용되는 제한시간과 비교 가능한 시험으로 제어밸브의 종합적인 건전성을 추측 가능하게 하는 데이터를 얻을 수 있다.

REGULATOR PERFORMANCE

제어용 밸브의 공기압력을 일정하게 유지시켜주는 기능을 하는 Regulator의 건전성을 확인하는 시험으로 Regulator 입력과 출력을 비교하여 그 건전성을 확인하는 방법을 사용한다.

SUPPLY AIR SURGE

공급되는 계기용 공기의 압력이 정상범위를 벗어나는 경우, 또는 순간적으로 공기압이 비정상적으로 상승하는 현상과 같은 이상 상태가 발생하는 경우 IP Converter 등의 계측기 오동작을 유발할 수 있을 뿐 아니라 공기구동밸브의 기능상실까지 유발할 가능성이 있다.

I / P Converter

IP Converter의 기능은 입력된 제어신호 (4 ~ 20 mA)를 공기압 신호 (3 ~ 15 Psig로 변환시켜주는 것으로 IP Converter의 건전성을 진단하는데 필요한 변수는 제어용공기 공급압력 (Instrument Air Pressure), 제어신호(Control Signal), IP Converter 출력(IP Out Pressure) 등이 있다.

Fig.1은 진단변수 및 진단알고리즘을 보여주고 있다.

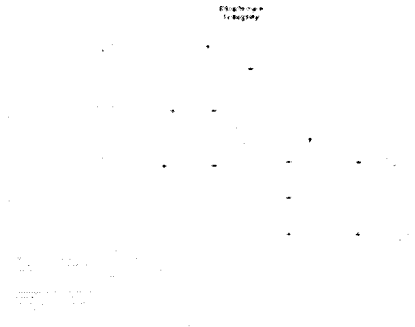

Fig. 1 Diagnostic Flow Diagram

4. 공기구동밸브의 진단시험장치 및 프로그램

4.1 공기구동밸브의 진단시험장치

공기구동밸브의 진단장비 개발을 위해 실제 발전소에서 운전 중인 시스템을 축소한 시험설비를 설계, 제작, 설치하였고 본 연구에서 개발한 공기구동밸브 진단시스템의 시험을 위한 시험장치는 유체유동부, 밸브 구동부, 신호 측정부, 그리고 진단시험 및 분석부로 구성되어 있다. 유체 유동부는 유체공급을 위한 펌프, 배관, 유체 탱크로 구성되어 있으며 밸브 구동부는 제어용 공기 공급을 위한 압축기와 솔레노이드 밸브 그리고 공기구동밸브로 구성되어 있다. 신호 측정부는 유체의 압력 및 유량을 획득하기 위한 압력센서와 유량센서, 공기구동밸브의 공기 압력을 측정하기 위한 공압센서 및 밸브의 개도를 측정하기 위한 LVDT 그리고 신호 획득을 위한 DAQ 장비로 구성되어 있다. 진단 시험 및 분석부는 신호 측정부에서 획득한 정보를 처리하여 공기구동밸브의 건전성 진단을 평가하는 모듈이다. Fig. 2는 밸브 진단시험을 위한 장치이다.

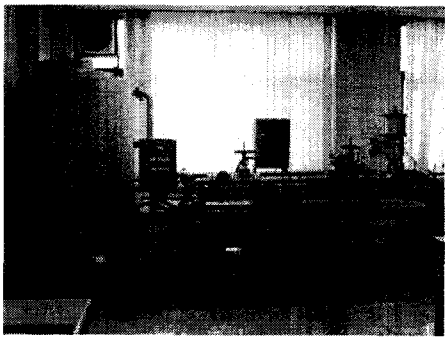

Fig. 2 Valve Test System

4.2 공기구동밸브의 진단 프로그램

공기구동밸브의 진단시스템의 프로그램은 데이터베이스 모듈(Fig.3), 밸브 신뢰도 모듈(Fig.4), 설계안전성 모듈(Fig. 5), 그리고 진단시험(Fig. 6) 및 분석(Fig. 7) 모듈로 구성되어 있고 진단시험 및 분석 모듈은 Calibration 모듈, P&ID 모듈, 진단시험 모듈 그리고 평가분석 모듈로 구성되어 있다.

Calibration 모듈은 시스템의 I/O channel과 sensor 등의 입출력 channel을 setting하는 모듈이고 P&ID 모듈은 시험장치의 작동상태를 모니터링하는 모듈이다. 밸브 시험 모듈은 밸브의 제어에 따른 각 진단변수의 동적특성을 센서를 이용하여 측정하는 모듈이다. 평가분석 모듈은 밸브시험 모듈에서 얻어진 신호를 개발된 알고리즘을 적용하여 밸브의 상태를 진단하는 부분이다. 프로그램 구성은 시스템의 ON/OFF 점검, 제어밸브의 점검, 센서의 점검, 실험정보의 입출력 등으로 구성되어 있으며 진단실험에 대한 평가 및 분석은 지속적인 실험을 통해 보완할 예정이다.

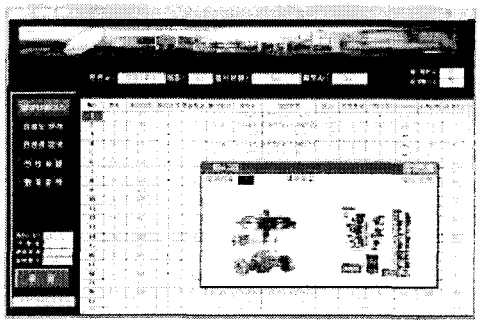

Fig. 3 Valve Database Module

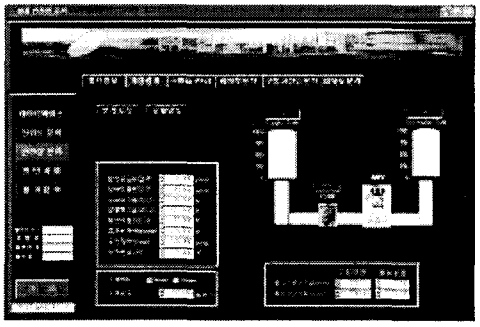

Fig. 4 Design Safety Module

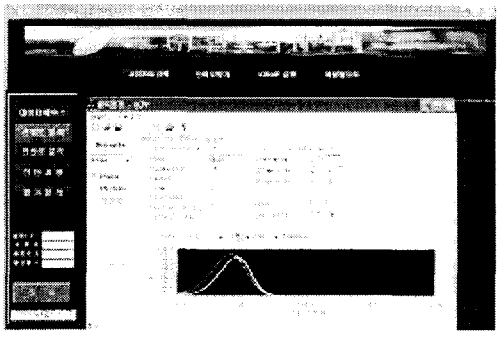

Fig. 5 Reliability Analysis Module

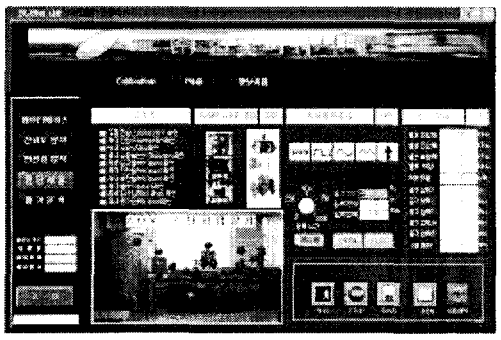

Fig. 6 Diagnostic Test Program

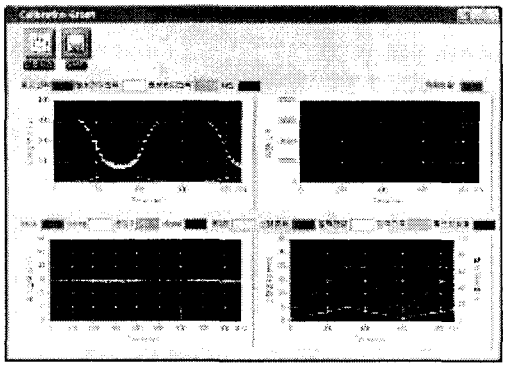

Fig. 7 Diagnostic Test Program(user)

5. 결론

공기구동밸브(AOV)의 진단시스템을 개발하기 위한 하드웨어(H/W) 및 소프트웨어(S/W)의 개발에 대한 연구를 수행하였으며, 본 연구에서 개발한 시스템은 원전 현장의 사용자가 공기구동밸브에 대한 최대한의 정보에 접근할 수 있도록 구성하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전 원전 발전소에 설치된 공기구동밸브의 검색을 위한 데이터베이스 모듈, 고장 신뢰도를 분석하기 위한 신뢰도분석 모듈, 유동해석 및 구조해석을 수행하기 위한 설계안전성모듈, 그리고 밸브 시험을 위한 밸브 시험 및 분석 모듈로 구성된 밸브 진단 시스템을 구축하였다.

(2) 공기구동밸브의 진단을 위한 진단 알고리즘의 개발과 하드웨어 구성을 하였고 진단 시험을 통한 밸브의 동적특성을 분석하였다.

(3) 정적시험과 동적시험을 통한 공기구동밸브의 정상적인 신호특성 및 각 요소의 고장 시 출력되는 신호특성의 분석과 함께 고장진단 분석을 위한 지속적인 연구와 전 원전 발전소에 설치된 공기구동밸브와 고장 정보 등을 취득해야할 것이다.

참고문헌

1. Tony Morris, "Comparing MOV and AOV Diagnostic Testing Techniques and Equipment," KINS 4th MOV/AOV Workshop, pp. 222-239, 2002.
2 Chosei Kaseda, Akira Ohtsuka, Fumio Nagasaka, "Online Control Valve Diagnostics," Yamatake Corporation, Japan
3. UltraCheck Diagnostic Group,"Benefits of AOV and MOV Diagnostic Systems," KINS 4th MOV/AOV Workshop, pp. 253-262, 2002.
4. OGATA,"Syatem Dynamics," Prentice-Hall.