

분산제어시스템 기능점검 방법에 관한 연구

마복렬, 이주현, 정 문식,
전력연구원, 전력연구원, 산업기술시험원.

A Study of the performance test method of DCS for a large industrial plant

B.R. Ma, J.H. Lee, M.S. Jung,
KEPRI, KEPRI, KTL.

Abstract - Recently, with the development of computer technology, field instrument and control system using in industrial fields have changed from mechanical, electrical systems to digital electronic systems. Distributed control system(DCS), control functions are dispersed for grading up reliability and informations are combined for effective management, has been developed and sold. As this system has been enlarged and complicated, it is difficult to testing the system and very important to verifying functions systematically.

In this report, function test procedure which is performed spontaneously by domestic or foreign DCS manufacturer was searched and analyzed. As its results, the test procedure of DCS functions were proposed. The proposed procedure was applied to DCS being used for a thermal power plant.

The function test for DCS requires continuous and dynamic input/output signals, therefore we proposed the method to compose virtual plant which simulate the DCS functions with. And we suggested the test procedure of each DCS function.

1. 서 론

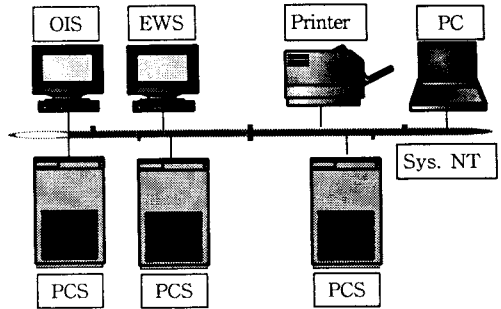
최근들어 컴퓨터기술의 발달과 더불어 각종 산업현장에서 사용되고 있는 계장시스템이 종래의 기계적, 전기적 시스템에서 디지털시스템으로 바뀌어져왔다. 시스템의 신뢰도를 높이기 위한 방법으로 제어기능의 분산과 효율적인 관리를 위한 정보의 통합화가 갖추어진 분산제어시스템이 개발되어 출시되고 있다. 이러한 시스템은 대형화, 복잡화되어 왔으며 이 시스템의 기능을 체계적으로 점검하는 것은 매우 중요한 일이다. 본 논문에서는 국내외 분산제어시스템 제조업체에서 자체적으로 실시하는 기능점검 방법을 조사하여 이를 바탕으로 분산제어시스템의 기능항목별 점검방법을 제안하였으며, 제안된 점검방법으로 화력발전소용 분산제어시스템에 적용하고 시험결과를 제시하였다. 특히, 제어시스템의 기능은 연속, 다이내믹한 신호의 입출력을 요구하게 되므로 이를 시뮬레이션할 수 있는 모의 플랜트를 구축하여 시스템의 기능을 점검하는 방법을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 DCS의 구성 및 기능정의

2.1.1 DCS의 구성 및 기능

DCS의 구성은 각 제조사에 따라 다소 다르게 구성하는 경우도 있지만, 일반적으로 <그림.1>과 같이 구성된다. DCS는 정보의 통합관리를 위한 OIS(Operator Interface Station)부분과 현장 장비의 제어를 담당하고 있는 PCS(Process Control Station)으로 구분할 수 있다.



<그림.1> DCS의 기본구조도

현장제어 부분인 PCS는 제어루프별로 분산제어가 가능하도록 되어 있으며 상위인 OIS로부터 명령을 받아 수행하지만 제어기능은 자체적으로 확보되어 있어 상위 시스템에 고장이 발생하더라도 자체적으로 주어진 명령을 수행하도록 설계되어있다.

DCS의 기능점검 내용은 각 제조업체 별로 보면 <표.1>에서 나타난 바와 같다. 각 제조사에서 자체점검하는 방법은 크게 두 가지로 구분된다. 한 가지는 공장출하시 발전설비와 관련된 기능으로 정의하여 기능점검을 실시하는 경우와 [1]-[2] DCS의 기능에 따라 점검하는 경우로 구분되어진다 [3]-[5].

위 방법 모두 각 사의 취향에 따른 것으로 각각의 장단점을 갖는다. 전자의 경우, 제어대상설비 위주로 기능항목이 구성되어 있어 현장적용에 유리한 반면 MMI(Man Machine Interface) 부분의 기능항목이 소홀히 취급되는 단점을 가지며, 후자의 경우는 전자의 경우와 반대의 장단점을 가진다. 본 논문에서는 DCS의 각 기능을 충실히 대표하고 제어대상설비의 특성에 따라 제어 가능하도록 기능별로 구분된 DCS 위주의 점검방법을 제시하였다.

2.1.2 DCS의 기능정의

기본적으로 DCS에 갖추어져 있어야 된다고 판단되는 기본기능 항목의 설정은 <표. 1>에서 나타난 각사의 기능항목과 관련된 자료 및 국내 DCS 제조사의 관련자료를 참고로 하여 작성되었다. DCS의 기본기능은 운전관련기능, 공정제어관련기능 및 이종화관련기능으로 크게 나눌 수 있으며 세부내용은 다음과 같이 구분될 수 있다.

- 운전관련기능
 - 데이터베이스기능,
 - 화면표시기능,
 - 알람표시기능,
 - 보고서기능,
 - 이력관리기능
- 공정제어관련기능

<표. 1> 각 업체별 DCS 기능항목 및 점검항목 비교표

점검항목	Bailey社	L&N社	G.E.社	국내A社	국내B社
System Hardware	System Hardware - hardware config. - moule and loop redundancy - power supplies	Hardware Testing - A/M station testing - Process Interface testing - Engineering station testing - Operator station testing	Design and Configuration - control system - Operation center - plant control system - Printers - Video copier - Aux. equip. & device * power supply * bypass station	System configuration - CCS(OIS) - DPC - PCS - Power supplies	System configuration - OIS - PCS - Power supplies
Communication	Data links - Gas turbine to DCS - Steam turbine to DCS - DCS to steam turbine - Gas turbine/steam turbine data link failover - PLC to DCS	Application Programming Testing - Miscellaneous control loops - Turbine bypass pressure & temp. control - superheat & reheat temp. control - feedwater control - Mill hot air inlet pressure control - fuel oil burner air damper pressure control - furnace pressure control - air flow control - fuel control - pulverizer control coordinated master control	Communication - DCS data highway - Steam turbine data - gas TBN data comm. motor control switch	Communication - process station to i/o module - OIS to PCS	Communication - process station to i/o module - OIS to PCS
Process Control	Process Configuration - I/o Verification - Configuration testing - Plant load control - auto sequence - protection logic	Failure Mode Testing - power supply failure mode testing - controller file failure failover testing - data highway failure testing	Software - Data center software - Custom software - Other software * language compiler * data historian	Process controller	Process programming
Man Machine Interface	Management Command system(MCS) - MCS Database - Displays - Alarms/ADS panel - Logs	Management Command system(MCS) - MCS Database - Displays - Alarms/ADS panel - Logs	Operation center - Operations Event log - Alarm log - Alarm History - System summaries - Operations report	Operation function - CRT display - Operation control - alarm monitoring - mal-operation protection - historical data storing - report output - graphic building - function block building	Operation function - CRT display - Operation control - alarm monitoring - mal-operation protection - historical data storing - report output - graphic building - function block building
Data Logging	Vax - Historian - Performance Monitoring	Sequence Of Events(SOE) testing	SOE		

- 공정신호 입출력기능
- 공정제어기능
- 제어기 튜닝기능
- 이중화관련기능
- 모듈의 이중화기능
- 통신루프의 이중화기능

2.1.3 기능항목별 점검방법

기능점검은 시스템이 당초 설계된 대로 의 기능이 유지되는지를 점검하기 위하여 시행되며 정의된 기능항목에 따라 실시되어진다. 또한 기능점검은 환경시험 및 신뢰성 시험에 있어서 시스템의 상태를 각 시험 전후에 점검함으로써 해당 시험과 관련하여 어떠한 영향을 받았는지를 알기 위한 필수 수단이 된다. DCS의 기능항목별 점검방법은 외국 DCS 제조 각사의 점검방법 및 디지털공정 제어 시스템의 점검방법(6)을 참고로 하고 국내 DCS 제조사 개발담당자의 협조를 거쳐서 결정되었다. DCS의 기능점검 순서 및 항목별 점검방법 요약은 다음 <표.2>와 같다.

대분류 (항목)	소분류 (항목)	내용	비고
시스템 하드웨어 점검	구성품점검	시험품의 구성상태 점검, 도면과 비교, 구성품의 형명, 수량, 관리번호 및 주요제원 등 기록	
	결선상태점검	구성품사이 신호전달용케이블 점검, 적절한 라벨 부착상태 기록	
	전원장치점검	전원장치의 종류, 형명, 수량, 관리번호 등을 기록, 전원결선상태, 절연특성 및 냉각장치의 점검	
	이중화구조의 구성점검	모듈, 통신루프 및 전원장치 등의 이중화 구성상태 점검	
	신호변환기점검	각 신호변환기의 입출력 종류, 형태, 범위, 절연종류 및 교정방법 등 점검	

<표.2> 기능점검 순서 및 항목별 점검방법 요약(계속)

대분류 (항목)	소분류 (항목)	내용	비고
운전 관련 기능 점검	DB기능점검	DB 종류, 등록된 포인트의 수, 공학단위변환방법, 작동범위의 설정, 알람치 설정, 스캔주기, 그룹설정, 변경/저장 기능 등 점검	
	화면 표시 기능	운전메뉴의 트리를 확인 설명서와 일치여부 점검	
	알람 처리 기능	알람의 설정확인, 알람의 표시방법 확인, 알람관련데이터 또는 화면의 호출 가능성, 알람 해제시 변화내용 확인, Bad데이터관련 알람표시방법 등 점검	
	보고서 작성 기능	보고서의 종류, 형식, 내용 점검	
	이력 관리 기능	수집된 파일의 저장위치, 관리주기, 출력형태 등 점검	
공정 제어 기능 점검	자기 진단 기능	시스템의 자기진단기능 보유여부, 저장파일위치, 진단주기, 이력내용, 진단범위 등 점검	
	공정신호 입출력 기능	공정신호용 입출력 특성에 따라 입출력기능 점검 입력데이터계획 및 수집된 데이터의 보관(파일명, 보관위치)	시뮬레이터 이용
	공정 제어 기능	제어기능에 대한 다이내믹 특성을 점검(SV, PV, MV값 저장) 시퀀스제어의 경우 디지털입출력 및 시퀀스 로직 기록/점검	"
	제어기 튜닝 기능	제어기 튜닝 가능여부, 튜닝범위, Plant 특성별 튜닝값 기록/점검	"

〈표.2〉 기능점검 순서 및 항목별 점검방법 요약(계속)

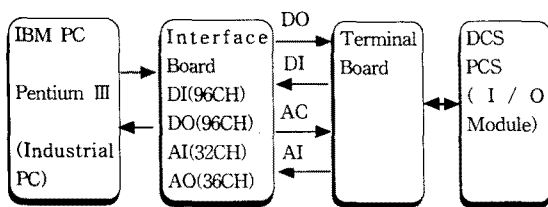
대분류 (항목)	소분류 (항목)	내용	비고
이 중 화 관련 기능 점검	모듈의 이중화 기능	이중화 기능성 확인(작동모듈의 고장시 백업모듈로 천이여부, 소요시간, 반복가능여부, 제어기능에 미치는 영향 점검)	..
	통신 루프의 이중화 기능	통신루프의 이중화 기능성 점검(천이여부, 소요시간, 반복가능여부, 제어기능에 미치는 영향 점검)	..

2.2 DCS기능점검용 시뮬레이터의 구축

일반적으로 DCS의 기능은 기존의 일반산업용으로 사용되고 있는 제어시스템에 비하여 시스템의 규모 및 기능면에서 매우 방대하고 복잡한 제어시스템으로 구성되어 있다. 이러한 제어시스템의 모든 루프의 제어기능을 점검하는 것은 현장에 적용하여 실제상황에서 점검하는 것을 제외하고는 매우 어려운 문제가 대두(각종 신호특성에 맞는 다이나믹한 플랜트 구현의 요구 등)된다. 신호의 입출력 포인트 수가 약 5000포인트에 달하며 제어여야할 루프수도 시퀀스제어를 제외하더라도 수십 루프에 해당되며 복잡한 구조를 갖는 제어루프로 구성되어 있다. 이와 같은 제어시스템의 제어특성을 점검하기 위하여 점검 루프의 단순화 및 샘플 루프를 선정하여 점검함으로써 유사 제어 루프의 특성을 비교 점검할 수가 있다.

이번 DCS의 제어특성 시뮬레이션용으로 설계 제작된 시뮬레이터는 아날로그 입출력 각각 32CH, 디지털 입출력 각각 96CH를 갖는 시스템으로 구축되었다. 이 시뮬레이터는 아날로그/디지털 입출력기능을 기초로 하여, 데이터 프로그램밍과 데이터로깅이 가능하도록 구성되었으며 이 장치를 이용함으로써 제어특성 점검에 필수적인 다이나믹 데이터 입출력이 가능하고 또한 대량의 데이터 처리가 가능하며 항상 일정한 시험조건을 유지하는 것이 가능하게 되었다.

2.2.1 시뮬레이터의 하드웨어 구성



〈그림.2〉 DCS 제어특성 점검용 시뮬레이터 구성

위 〈그림.2〉에서 보는 바와 같이 IBM PC를 이용하여 시뮬레이터를 구축하였으며, 디지털 입출력 Interface Board는 96CH용 보드를 각 1개의 사용하였고, 아날로그 입출력 Interface Board는 16CH ADC 보드를 2개, 12CH DAC 보드를 3개 사용하여 구현하였다. 각 보드는 외부 신호와 절연되도록 설계되었다.

2.2.2 시뮬레이터의 기능

시뮬레이터는 DCS에 대하여 다음과 같은 기능을 점검할 수 있도록 구성되었다.

(1) 공정신호의 모의구현

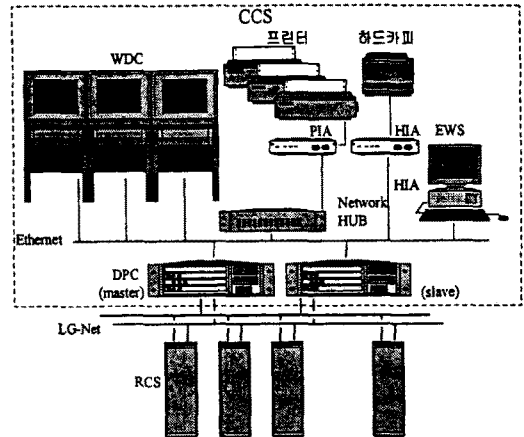
- 아날로그/디지털 신호를 DCS에 공급
- 시간경과에 따른 신호의 변화를 미리 결정함.

- 신호의 입력 데이터제획에 따라 데이터 입력가능.
- (2) 공정의 동특성(Dynamic Characteristic) 모의 구현
- DCS 제어기의 기능을 점검하기 위한.
 - DCS에 SV를 공급하고, DCS로부터 MV(Manipulated Value)를 받고, PV(Process Value)를 계산하여 출력시킴.
 - 아날로그 신호의 입출력을 이용.
 - 간단한 2차(Second-Order)시스템으로 구현.
 - 각 플랜트를 구현하기 위하여 특성값 변경가능.
 - (특성주파수, damping factor, Sampling time)
- (3) 시퀀스제어기능 점검
- 디지털 입출력 신호를 이용.
 - Function Block의 특성 점검 (AND, OR, NOT, XOR, Delay, S/R F/F 등)
 - 시퀀스제어기능에 대한 입출력 특성점검.
- (4) DCS 출력신호의 측정, 수집, 보관 기능.
- DCS로부터 아날로그/디지털 출력을 읽어들이.
 - 데이터파일로 보관.

2.3 적용사례

2.3.1 대상 시험품

대상 시험품의 구성은 〈그림.3〉과 같다.



〈그림.3〉 대상 시험품의 구성도

2.3.2. 기능항목별 측정결과

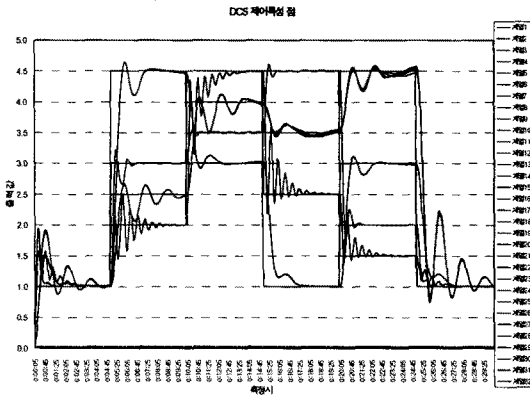
DCS의 기능항목은 앞 절에서 언급한 바와 같으며 특히 시뮬레이터의 이용이 필수적인 항목인 공정제어 기능에 대하여 기술한다. 모의 플랜트의 시뮬레이션은 4개의 그룹으로 나누어 구성하였으며 각 그룹은 8개의 루프로 구성하였다. DCS와 시뮬레이터의 각 그룹별 제어 파라미터는 〈표.3〉과 같이 주고 측정하였다.

〈표.3〉 DCS 및 시뮬레이터의 각 그룹별 제어파라미터

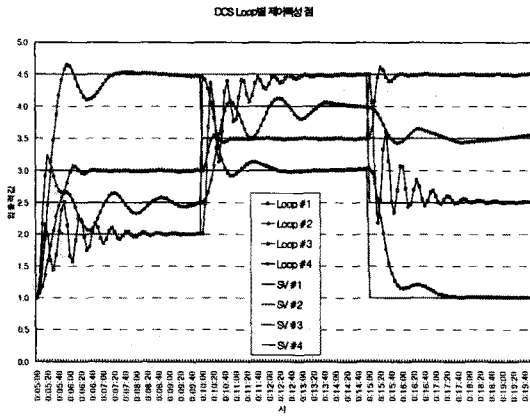
Group	DCS PID Parameter		Simulator Parameter	
	P.G.	I.G.	N.F.	D.F.
Group A	70%	30%	0.05Hz	0.3
	150%	25%	0.02Hz	0.3
Group B	95%	10%	0.05Hz	0.7
	100%	25%	0.02Hz	0.7

※ P.G. : Proportional Gain, I.G. : Integral Gain
N.F. : Natural Frequency, D.F. : Damping Factor

또한 이중화 특성 점검용으로도 사용하였으며 각 루프의 Transient 상태에서 이중화 구조의 시스템을 모의 고장 야기시 DCS 제어특성의 변화를 점검할 수 있었다. DCS의 제어특성을 점검한 결과 출력파형은 <그림.4>와 같은 형태로 주어지며 출력파일로 저장되어진다.



<그림.4> 제어특성 점검결과 자료(graph) I



<그림.5> 제어특성 점검결과 자료(graph) II

시뮬레이터를 이용하여 점검함으로써 DCS의 동특성을 점검할 수 있었고, 점검시간을 대폭 단축할 수 있었으며 한번 점검으로 여러기능을 동시에 점검할 수 있는 장점이 있었다.

3. 결 론

대형 시스템인 발전소용 분산제어시스템을 현장에 적용하기 전에 각종 기능을 점검하는 것은 필요한 일이며 또한 매우 복잡한 일이기도 하다. 본 논문에서는 이러한 기능점검을 효율적으로 하기 위하여 DCS 기능을 체계적으로 정의하고, 정의된 기능을 점검하기 위한 방법을 제시하였다. 또한 제어시스템의 기능을 점검하기 위하여 필수적인 다이나믹한 신호를 시뮬레이션할 수 있는 시뮬레이터의 구성을 제시하였다. 제시된 기능점검 방법과 시뮬레이터를 이용하여 현장에 적용할 발전소용 DCS에 직접 적용함으로써 효율적(시간단축 및 한번 점검으로 여러 기능 동시점검 가능)으로 기능점검을 할 수 있었다.

향후 DCS의 기능점검을 실시할 경우 본 내용을 준용함

으로써 체계적인 DCS 기능 분류가 가능하고, 제시된 기능을 갖는 시뮬레이터를 이용함으로써 효율적으로 DCS의 기능을 점검할 수 있을 것으로 기대된다. DCS의 기능은 제조사 및 사용자의 요구에 따라 변경되는 내용인 만큼 기능이 고정되지 않고 끊임없이 추가되거나 삭제되어질 것이다. 그러므로 이번 에 제시된 내용은 현재까지의 DCS 내용을 기준으로 작성된 것이므로 이후 기능정의의 참고용으로 사용되는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] Bailey Co., "Test Procedure for Distributed Control and Management Command Systems", Test procedure NO. 510A0001D.
- [2] Leeds & Northrup, "Engineering Standards Specification", Quality Control Procedure.
- [3] G.E. Co., "Equipment Specification for Stag Combined-Cycle Power Plant Distributed Control and Information System", Item No. R-010.
- [4] LG_산전(주), "발전소 보일러제어시스템 평가항목".
- [5] 삼성데이터시스템(주), "디지털분산제어시스템 시작품 성능 평가".
- [6] ANSI/ISA, "Hardware Testing of Digital Process Control", Recommended Practice of ANSI/ISA, 1983.
- [7] LG산전(주), "CCS 엔지니어링 설명서", 1999. 3.